



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“LECTURA, CORTE Y RECONEXIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA USANDO LA RED GSM/GPRS”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN COMPUTACION, SISTEMAS
TECNOLÓGICOS**

e

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES**

Presentada por:

FRANZ BERMEO QUEZADA
JOSÉ PACHECO DELGADO
JORGE CASTRO DE LA CRUZ

GUAYAQUIL – ECUADOR

2009

AGRADECIMIENTO

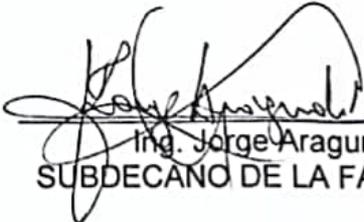
Agradecemos a Dios por darnos serenidad para haber enfrentado todas las circunstancias que se presentaron en el transcurso de este proyecto. A nuestros padres y familia por su amor, apoyo y sus oraciones a cada instante.

A todas las personas que de una u otra forma ayudaron a la realización de nuestra tesis, a Christian por su ayuda en las pruebas con el GR64 así como también a "San" por su tiempo en las pruebas con el medidor y por sus conocimientos de electrónica.

DEDICATORIA

A nuestros padres ya que sin su amor y ayuda a lo largo de toda nuestra carrera no hubiéramos podido alcanzar esta meta de convertirnos en profesionales.

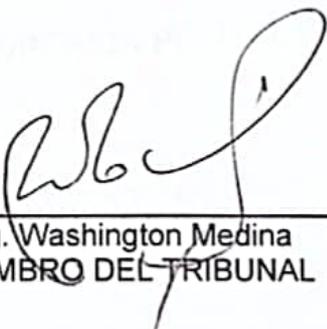
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Jorge Aragundi
SUBDECANO DE LA FACULTAD



Francisco Novillo
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Washington Medina
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Gómer Rubio
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

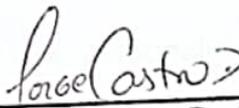
DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

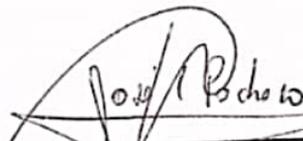
(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Franz Bermeo Quezada



Jorge Castro De la Cruz



José Pacheco Delgado

RESUMEN

En la actualidad, en el país la gran mayoría de los usuarios del servicio de energía eléctrica poseen un medidor electromecánico instalado en sus hogares.

Para la empresa eléctrica encargada de brindar este servicio, las operaciones de corte y reconexión de energía así como también la toma de lectura en los medidores es un trabajo realizado por personal humano, por lo cual está sujeto a errores de diversas índoles, dando como resultado un mal servicio y por ende la insatisfacción del abonado al cual se debe.

Nuestra propuesta es la de automatizar todos estos pasos con ayuda de las tecnología de transmisión de datos a través de la red celular vigentes en nuestro país logrando así otorgar un mejor servicio para los abonados y reduciendo para la empresa eléctrica costos de personal ya que las operaciones se las realizaría de manera remota y por su tiempo de respuesta mínima se la consideraría en tiempo real.

ÍNDICE GENERAL

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION.....	4
1.1. Antecedentes	5
1.2. Descripción del proyecto	5
1.3. Justificación del proyecto	8
1.4. Objetivos	9
1.4.1. Objetivo General	10
1.4.2. Objetivos Específicos.....	10
IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	12
2.1. Tecnología Utilizada.....	13
2.1.1. Codificación de rutas.	13
2.1.2. Digitalización y entrega de datos.	17
2.1.3. Facturación.	18
2.1.4. Corte y Reconexión del servicio.	20
2.2. Limitaciones Operacionales	21
2.3. Justificación para los cambios.	21
2.3.1. Digitalizar la lectura de los medidores.	22

2.3.2.	Transmitir de forma remota la lectura de los medidores	23
2.3.3.	Automatizar el proceso de corte y reconexión	23
2.3.4.	Notificación con SMS.....	24
TEORÍA		25
3.1.	Medidores Eléctricos.....	26
3.1.1.	Historia.....	26
3.1.2.	Medidor Electromecánico.	28
3.1.3.	Medidores Digitales.	30
3.2.	Red GSM	36
3.3.	Arquitectura de Red GSM.	42
3.3.1.	GPRS.....	45
3.3.2.	SMS	53
3.4.	Protocolos RS-232.....	55
IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....		58
4.1.	Solución planteada.....	59
4.2.	Sistemas AMR.	67
4.2.1	Centro de Control.....	69
4.2.2.	Módulo de comunicación celular GR64.	73
4.2.3.	Circuito de control para lectura y corte.....	76
4.2.4.	Comunicación entre centro de control y módulo GR64.....	77
4.2.5.	Comunicación entre módulo GR64 y circuito de control.	78
4.2.6.	Comunicación entre el circuito de control y el medidor.....	79

COSTO DE IMPLEMENTACIÓN	80
5.1. Costo de Diseño.....	81
5.2. Costo de Implementación.	86
5.3. Usuarios Potenciales	90

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Anexos

Bibliografía

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.- Descripción del proyecto y su bloque de Comunicación.....	6
Figura 2.1.- Recorrido del lector dentro de una ruta	16
Figura 3.1.- Medidor Rex	31
Figura 3.2.- Medidor Alpha	33
Figura 3.3.- Estructura celular GSM.....	38
Figura 3.4.- Arquitectura GSM	42
Figura 3.5.- Estructura de una Red GSM.....	43
Figura 3.6.- Conjunto multiplexor-demultiplexor por división de tiempo.....	49
Figura 3.7.- Interfaz RS-232	55
Figura 4.1.- Solución planteada utilizando tecnología celular GSM.....	60
Figura 4.2.- Trama enviada para solicitud de lectura.....	61
Figura 4.3.- Trama de respuesta en lectura.....	62
Figura 4.4.- Proceso de la lectura remota.....	63
Figura. 4.5.- Proceso de Corte y Reconexión Automática	67
Figura 4.6.- Infraestructura de AMR para la telemedición de agua, electricidad y gas.	69
Figura.4.7.- Interfaz del Servidor TMR en el centro de Control.....	71
Figura 4.8.- Interfaz del EMS Manager donde se administra la Base de Datos del Centro de Control.....	72

Figura 4.9.- Transceiver GSM – GR64	74
Figura 4.10.- Diagrama de bloques del Módulo GR64.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Frecuencias de GSM a nivel mundial.....	37
Tabla 3.2. Tecnologías usadas en GSM.....	51
Tabla 3.3. Pines de un conector serial DB-9.....	56
Tabla 3.4. Señales seriales en los conectores DB-25 y DB-9.....	57
Tabla 5.1. Costo del diseño del Circuito digitador, corte y reconexión.....	82
Tabla 5.2. Costo del diseño de comunicación celular con el GR-64.....	84
Tabla 5.3. Costo del diseño del servidor de comunicaciones	86
Tabla 5.4. Resumen de costos de Implementación.	88
Tabla 5.5 Costo mensual en la toma de LECTURA [20].....	89
Tabla 5.6.Costo mensual en las operaciones Corte/Reconexión [20].....	89

ABREVIATURAS

- GSM:** Global System for Mobile Communications.
Sistema Global para Comunicaciones Móviles.
- GPRS:** General Packet Radio Service.
Servicio general de paquetes vía radio.
- SMS:** Short Message Service.
Servicio de Mensaje Corto.
- TMR:** Abreviatura de Telemedición Remota.
- AMR:** Automatic Meter Reading.
Sistemas para Lectura Automática de Medidores.
- GR64:** GSM/GPRS Modem.
Modem para conexión con red GSM/GPRS.
- UART:** Universal Asynchronous Receiver-Transmitter Protocol.
Protocolo Transmisor-Receptor Asíncrono Universal.
- RS232:** Interfaz para el intercambio de datos binarios.
- M2M:** Machine to Machine, intercambio de información entre 2 máquinas remotas.

SIM CARD: Subscriber Identify Module.

Módulo de Identificación del Suscriptor.

TCP/IP: Transmission-Control-Protocol/Internet Protocol.

Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet.

EDGE: Enhanced Data rates for GSM of Evolution.

Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país, las empresas eléctricas ofrecen el servicio de energía eléctrica para los hogares en su mayoría ofreciendo medidores electromecánicos y en cierto grupo de abonados los modernos medidores digitales.

Para ambos abonados, el servicio de toma de lectura, corte y reconexión ofrecidos por la empresa son realizados en forma manual siendo el personal respectivo de la empresa los encargados de ejecutar dichas operaciones. Al ser éstas realizadas por personal humano, están sujetas a varios errores por ejemplo en la toma de lectura y al momento de la digitalización para el almacenamiento en la base de datos provocando así que existan datos erróneos y por ende causa malestar al abonado al recibir la planilla con un consumo no real.

El objetivo del proyecto es proveer tanto a las empresas eléctricas como también al abonado un mejor servicio ya que con ayuda de la telemedición se obtendrán datos reales, serán directamente almacenados en la base de datos y la ejecución de las operaciones será realizada en línea.

Otro punto importante es que al medidor se le incorporara una memoria externa, de esta forma se respaldará la lectura tomada por los sensores en una memoria no volátil, asegurando así que la última lectura tomada este también del lado del abonado.

En el capítulo I, se describe el proyecto en su forma general, haciendo un análisis y seguimiento de lo que debe realizar para el proceso de facturación de una planilla de suministro eléctrico, así como la solución presentada por nuestro proyecto.

En el capítulo II, se explica cada uno de los factores que permiten la identificación de la problemática actual de las empresas eléctricas, particularmente la de algunos procesos que manejan.

En el capítulo III, se analiza la historia y funcionamiento de los medidores de luz eléctrica, así como el mecanismo utilizado para calcular el consumo de energía. Además se describen los avances tecnológicos que se han realizado para construir medidores digitales de estado sólido.

En el capítulo IV, se explica todas las partes que conforman la solución del proyecto, la infraestructura usada y la comunicación que existe entre cada módulo.

En el capítulo V, se realiza un análisis de costos de diseño y el tiempo requerido para su implementación.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

A continuación se explicará los motivos que justifican el proyecto y el uso de tecnología móvil, la misma que permitirá bajar los costos operativos y minimizar los tiempos de toma de datos haciéndolo eficiente.

1.1. Antecedentes

Las Empresas Eléctricas del Ecuador durante muchos años vienen acumulando pérdidas por concepto de transmisión, distribución y facturación de energía, siendo esta última controlable según las políticas de cada ente [1].

Estas políticas están encaminadas a reducir al mínimo la brecha que existe entre: la energía comprada (mercado eléctrico mayorista) y la energía vendida (consumidor final), registrando pérdidas cuantiosas que van en perjuicio no solo de la empresa, sino del usuario final, por comprar energía con tarifas altas [1].

1.2. Descripción del proyecto

Para llevar una implementación más ordenada se ha dividido al proyecto en tres etapas, como se muestra en la Figura 1.1, la misma que se explica brevemente a continuación.

Terminal del abonado.- Conformada por los siguientes componentes:

- **Medidor electromecánico**, el mismo que las empresas eléctricas lo proporcionan a sus abonados.

- **Módulo de Control**, conformado por el circuito de fuerza (corte y reconexión de energía eléctrica), y el circuito de lectura y memoria (recepción y almacenamiento de lectura), es un módulo adicional.
- **Módulo de Comunicación.-** Equipo que permite la transmisión y recepción de datos mediante el modem GR64 a través de la red.
- **Centro de Control.-** Conformada por los siguientes componentes:

Teléfono Móvil.- Dispositivo celular con capacidad para red GSM y servicio Bluetooth.

Aplicación Servidor.- Software con capacidad para comunicación TCP/IP y puerto serial.

Bases de Datos.- Repositorio de tramas de datos.

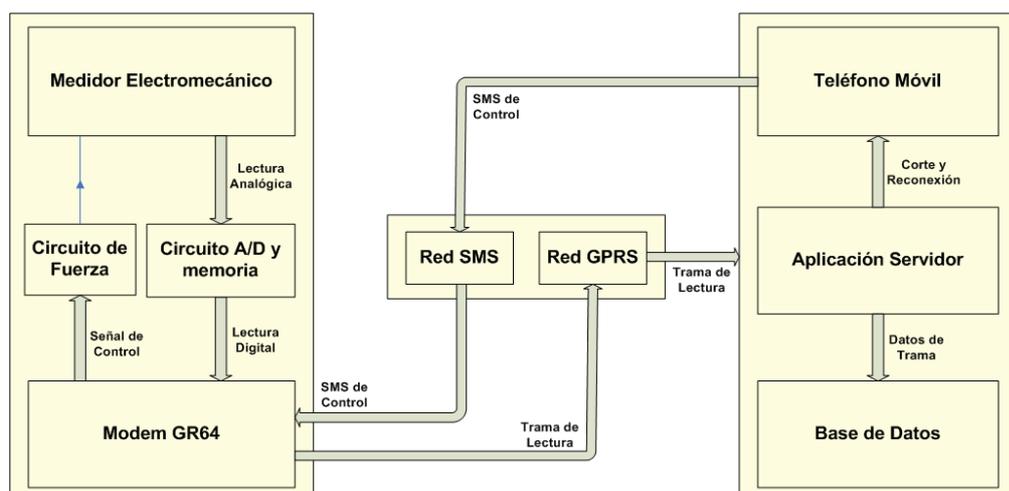


Figura 1.1. Descripción del proyecto y su bloque de Comunicación

Para la realización de este proyecto se pretende analizar en primer lugar el porcentaje de recuperación de energía, analizando los tiempos que toma las diferentes actividades dentro del proceso de facturación, tales como: codificación e impresión de rutas; toma, ingresos y verificación de datos, facturar, corregir lecturas mal tomadas y/o mal ingresadas.

Esto se puede lograr con un sistema de facturación digital, sin intervención humana en la manipulación de datos, esto brinda un servicio de excelente calidad y de esta manera evita los robos constantes de suministro eléctrico.

Para cumplir con lo expuesto anteriormente, debemos diseñar un sistema que permita digitalizar la información que es tomada en el medidor. Una forma de alcanzar este propósito es incorporar componentes electrónicos a los medidores electromecánicos (General Electric clase 100). Una vez digitalizados estos datos estaremos listos para transmitir la información hasta nuestro centro de control utilizando un *transceiver* GR64 transmisor y receptor que permite transmitir datos usando la red GPRS. Además para completar todo el proceso, es necesario ejecutar el corte o reconexión de energía en forma

automática, esto lo realizaremos mediante señales de control por medio de SMS desde el centro de control hacia el *transceiver*. [2, 5]

Como un valor agregado al proyecto, se implementó la notificación con mensajes de texto por SMS, sobre el subproceso corte o reconexión, enviando mensajes de advertencia al abonado para que tome las medidas necesarias con sus artefactos eléctricos y también para notificar vía SMS el valor facturado.

1.3. Justificación del proyecto

En los subcapítulos anteriores se explica las partes que involucran el proceso de facturación, por lo expuesto en ellos se conoce la problemática actual del proceso y se propone inicialmente y de forma general una de las posibles soluciones. Por tal razón uno de los objetivos principales de nuestro trabajo consistirá en mejorar el proceso de facturación, utilizando para ello varias tecnologías, que se integrarán en diferentes etapas del proyecto.

Con los antecedentes expuestos se pretende entonces fomentar la utilización de las nuevas tecnologías, que actualmente se encuentran disponibles en el mercado, como son la telefonía móvil y el Internet, que permitan automatizar los procesos y simplificar las actividades de varias empresas que utilizan al recurso humano como su principal

fuentes de desarrollo. Cabe aclarar que el presente trabajo, no fomenta en grado significativo el desempleo en estas áreas, sino todo lo contrario, nuestra propuesta integrará el recurso humano y la tecnología lo que permitirá que dicho recurso reciba capacitaciones constantes y permanentes.

Con la realización de nuestra solución, se aspira que las Empresas Eléctricas del Ecuador, automaticen el proceso de corte y reconexión, además de que sean más eficientes y rentables, disminuyendo sus costos operativos para que puedan brindar el servicio a todas las personas dentro de su área de concesión.

Además se notificará al usuario información sobre la fecha de vencimiento, día del corte y reconexión, valor adeudado, entre otros anuncios importantes, mediante el uso de SMS, utilizando un número telefónico celular fijados por la distribuidora, es decir, cada empresa promocionará este servicio haciendo publicidad sobre los números que deberá usar el usuario para consultar y recibir los mensajes de textos.

1.4. Objetivos

El objetivo del proyecto es ofrecer una alternativa económica para la automatización del proceso de facturación de las Empresas Eléctricas.

1.4.1. Objetivo General

Ofrecer una alternativa que permita la automatización del proceso de facturación de las Empresas Eléctricas, capaz de realizar tareas como lectura, corte y reconexión de forma remota a los medidores electromecánicos utilizando como medio de comunicación la telefonía móvil y el Internet.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Diseño e implementación del módulo de control, que se encargara del circuito de fuerza, el circuito lectura de los medidores de luz electromecánicos, y el circuito de memoria capaz de almacenar su consumo en dispositivos no volátiles.
- Diseño e implementación del módulo de comunicación, que se encargará de la transmisión de la lectura de los medidores de luz electromecánicos, utilizando la red celular, a través de un transceiver GPRS llegando así a nuestro servidor como tramas IP.
- Implementación del subproceso de corte y reconexión de energía eléctrica de manera remota, mejorando así los tiempos de ejecución que tarda el mismo actualmente.

- Notificación con mensajes de textos SMS al abonado sobre el valor total consumido.
- Notificación con SMS al abonado la fecha de corte de la energía eléctrica, mejorando así el servicio prestado y evitando los inconvenientes que se presentan con respecto al daño de electrodomésticos.

CAPÍTULO 2

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Debido a que existen muchos procesos que actualmente son deficientes dentro de las empresas eléctricas, la facturación no es la excepción, para resolver estas necesidades se requiere hacer una reingeniería de este proceso luego de haber detectado todo tipo de problemas. Desde que el abonado tiene el servicio hasta el pago, corte o reconexión, es manual e ineficiente por la falta de uso de tecnología de vanguardia.

2.1. Tecnología Utilizada

En la actualidad todo el proceso de toma de lectura, corte y reconexión se lo realiza manualmente, siendo la fuerza laboral su único recurso utilizado.

Estos mecanismos en las empresas eléctricas tales como los altos costos operativos, el servicio de corte parcial y la falta de información oportuna son los principales problemas que están a la vista.

2.1.1. Codificación de rutas.

Las Empresas Eléctricas, tienen el deber y la obligación de brindar su servicio a todos los habitantes dentro de su área de concesión.

Al nuevo cliente se le llena un formulario, con información personal, ubicación geográfica croquis e información adicional. Cada cliente será identificado con un código único llamado **Referencia** y además con un código geográfico de ubicación llamado **Ruta**, donde cada cliente se lo pueda localizar fácilmente en forma ordenada y rápida. Cada ruta fue diseñada para optimizar el recorrido del lector y contiene información del

cantón, parroquia, barrio o sector y número de casa, piso o departamento.

Posterior al pago por la instalación del servicio pero no por el medidor, los inspectores llegan al domicilio del cliente y pueden verificar los datos registrados, para luego generar un informe junto con la ruta para este nuevo usuario.

La nueva ruta es ingresada al sistema en forma de texto codificado, por una cadena de número *cantón – parroquia – barrio* y es la forma más fácil de ubicar un abonado.

Una vez instalado el nuevo servicio en el domicilio del cliente, a partir del próximo mes comenzará a pagar el valor del servicio, ya que hasta este momento no cuenta en el sistema como usuario deudor.

La codificación correspondiente a la casa se la realiza en secuencia, es decir, la primera casa corresponde a 100, la segunda 200 y así sucesivamente; dando de esta forma la facilidad para insertar nuevas codificaciones a usuarios dentro de una misma casa o edificio.

Impresión y entrega de rutas.

El departamento de Clientes recibe la información de las lecturas tomadas por el personal de la empresa en forma manual, como se describe:

- La impresión de las rutas se los realiza a partir del 15 de cada mes.
- Cada formulario impreso está identificado por ruta y es asignado a un lector.
- Cada ruta tiene un promedio de 300 a 500 abonados aproximadamente y corresponde a un sector o barrio de una parroquia.
- A cada lector se le asigna varias rutas, aproximadamente ocho.

Cada lector se traslada al lugar que le fue asignado, es decir, la ruta codificada. Ellos tienen pleno conocimiento de la codificación de las rutas y por eso es fácil ubicarse rápidamente e identificar su ubicación.

Una vez ubicado en la ruta, el lector inicia caminando en forma de L bordeando las manzanas como se muestra en la Figura 2.1. Así sigue hasta que tenga que regresar, y su fin es el punto de partida.

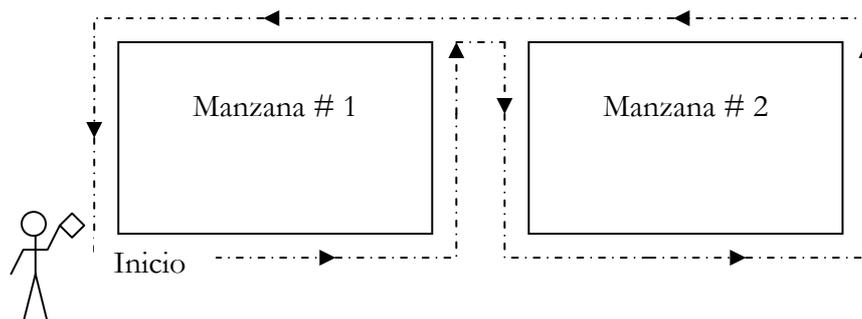


Figura 2.1. Recorrido del lector dentro de una ruta

El lector en cada medidor que visita, debe de verificar lo siguiente datos:

- Que la secuencia de la ruta sea la correcta, es decir, que el orden impreso coincida con el orden de los medidores visitados.
- Que el número del medidor de la vivienda coincida con el número del medidor impreso.

Para que el lector pueda realizar una correcta lectura de los medidores, debe de saber qué tipo de medidor está instalado. Es decir la forma de leer los datos es diferente dependiendo del tipo del medidor.

Después de las verificaciones de estos datos, se procede a escribir con esferográfico en el formulario impreso y firmadas por el lector. Cada lector se demora entre 1 a 2 días, dependiendo de la densidad de la ruta.

Cada ruta concluida por el lector es devuelta inmediatamente a su respectiva empresa para llevar el control y verificación de la misma.

2.1.2. Digitalización y entrega de datos.

Las rutas llenadas por los lectores, son inmediatamente enviadas al Departamento de Clientes. Ahí se procede a revisar que la información esté completa, y después de tomar una serie de muestras y que los datos son los correctos se avanza a la siguiente fase, caso contrario se corrige la lectura.

Luego estos datos son pasados al personal de digitación, los cuales se encargan de ingresar manualmente al computador la información de las rutas generadas por los lectores.

Los digitadores comienzan a ingresar la información y cada ruta que se ingresa al computador contiene la misma secuencia de información que el impreso.

Para garantizar que los datos entregados sean los reales, se hace una encuesta telefónica al azar de ciertas rutas, y de cada ruta a ciertos abonados, preguntando si le tomaron la lectura a sus medidores.

Este tiempo de inspección que consiste en actualizar, encuestar y validar los datos, se demora aproximadamente cinco días.

El tiempo estimado es de una semana aproximadamente en la ciudad, y en el campo por condiciones de difícil acceso a los abonados puede ser mayor.

2.1.3. Facturación.

Cuando se termine de ingresar todas las rutas, se procede a realizar el proceso de facturación. El cual consiste en realizar una verificación de los datos ingresados en el proceso anterior (digitalización), es decir, si la lectura actual es menor que la anterior, o está detenido el medidor, entonces se procede a realizar un promedio de los últimos 3 meses, y éste será su

nueva lectura, de esta forma se cambia el estado de la lectura real a estado de lectura promedio.

Finalmente, se calcula el valor en dólares con los respectivos vistos buenos de lo todos los responsables de este proceso y la nueva emisión está lista para el público al siguiente día en la matriz, y en la agencias dos días después.

Debido a que todo este proceso ha sido manual, puede existir una cadena de errores humanos, que pueden ser los siguientes:

- El lector interpreta mal la lectura del medidor.
- El lector interpreta bien, pero lo escribe mal.
- El digitador interpreta incorrecto lo escrito por el lector
- El digitador escribe incorrecto los datos del lector

Esto errores humanos dan como resultado a reclamos por parte de los usuarios, que se sienten perjudicados por tener consumos altos.

2.1.4. Corte y Reconexión del servicio.

Una vez cargada la nueva emisión, los usuarios finales pueden acercarse a las ventanillas de recaudación, para realizar sus pagos. Los usuarios pueden cancelar sin recargo durante los primeros 10 días después de la nueva emisión, en caso contrario entra en ejecución la fase de corte o suspensión del servicio [21].

Los cortes se programan por las mañanas, en el cual se imprime una lista de usuarios deudores con los valores y los meses impagos, estos son entregados a las diferentes cuadrillas de corte, ordenados por ruta [21].

Cada cuadrilla está formada por un supervisor y como mínimo dos cortadores. Cada cortador tiene que realizar un promedio entre 20 a 30 cortes diarios. Esta cuadrilla es la responsable de realizar los cortes y reconexión durante todo el día de labores, de esta forma se optimiza los tiempos por cuadrilla [21].

Si un usuario que ha sido suspendido el servicio, y procede a cancelar inmediatamente, se lo podrá reconectar ese mismo día

en la tarde, si es que los cortadores están en esa ruta, en caso contrario deberán esperar hasta el siguiente día.

2.2. Limitaciones Operacionales

Debido a que todo el proceso de la toma de lectura se lo realiza manualmente, esto genera múltiples inconvenientes, tales como:

- Alto costo operativo en la toma de lectura, deben de utilizar vehículo para trasladarse, herramientas de trabajo y la mano de obra.
- Errores humanos en la toma de lectura, producido por el lector.
- Errores humano en la digitación de la lectura.
- Tiempo de entrega de la información de 15 días aproximadamente.
- Demora en la notificación del valor facturado, entrega de la factura.
- Es mayor el costo operativo en el corte y reconexión (\$4.00) que el costo operativo de lectura \$0.23 [20].

2.3. Justificación para los cambios.

Los altos costos operativos para ejecutar el corte y reconexión del servicio eléctrico, los constante errores en la toma de lecturas o digitación de la misma, y los retrasos en la entrega de la información, hace que este proceso sea deficiente y no se logre atender a todos los clientes como lo establece la normativa. Para mejorar estos procesos

se harán pequeños cambios en los medidores electromecánicos para digitalizar la lectura, además se incorporará un circuito de fuerza para cada medidor que realizará la acción de corte y reconexión remota, y la utilización de la red celular facilitara la comunicación de datos entre el medidor y el servidor.

2.3.1. Digitalizar la lectura de los medidores.

El consumo de energía eléctrica se lo calcula en Kilo Watt / Horas. Cada medidor tiene una constante de fábrica que relaciona el consumo KW/H vs. Número de vueltas del plato giratorio en el medidor. Ej. 300 vueltas = 1KW/H [22].

Para digitalizar el consumo de energía se incorpora en el interior del medidor electromecánico los siguientes elementos:

- Sensor óptico.- Cuenta las vueltas del plato giratorio del medidor.
- Un micro controlador.- El micro controlador PIC 16F87X almacena las vueltas y las convierte en su equivalente KW/H.

La proceso de digitalización se lo realiza en el modulo de control según se demuestra en la Figura 1.1.

2.3.2. Transmitir de forma remota la lectura de los medidores

La transmisión de los datos de lectura de cada uno de los medidores es enviada a través del modulo de comunicaciones (ver Figura 1.1). Estos datos son enviados sobre la red de telefonía celular al centro de control, el cual realiza el proceso de corte o reconexión de acuerdo a una regla de negocio establecida. El componente principal de este modulo es un MODEM GPRS.

2.3.3. Automatizar el proceso de corte y reconexión

El circuito de fuerza del modulo de control actúa como un breaker digital y necesita una señal que le permita realizar el proceso de corte o reconexión.

La automatización del corte y reconexión es llevada a cabo por el circuito de fuerza, este proceso se inicia cuando el modulo de control envía una señal al Terminal del abonado (a través de un mensaje de texto) indicándole el tipo de proceso a realizar.

2.3.4. Notificación con SMS

El proceso de corte y reconexión se ejecuta en forma automática desde el Servidor de Aplicaciones que forma parte del Centro de Control. Esto se lo hace enviando un SMS desde el Servidor de Aplicaciones hacia los transceiver celulares que se encuentran en los medidores.

La notificación al abonado se realiza a todos los usuarios sobre su valor facturado y notificaciones previas al corte.

CAPÍTULO 3

TEORÍA

Se explica acerca de la tecnología celular GSM usada para transmitir datos, sus protocolos de comunicaciones GPRS y SMS. Además se describe el protocolo de comunicación serial RS-232 usado para intercambiar información entre los medidores de luz y el dispositivo móvil [4].

3.1. Medidores Eléctricos.

Los medidores de luz eléctrica, es un dispositivo que mide la cantidad de energía eléctrica consumida en un hogar, empresa, industria, etc.

La unidad de medida común que tiene un medidor eléctrico es el Kilovatio/Hora (KWH), es decir, la cantidad de energía consumida por una carga de un Kilovatio en el periodo de una hora. Así también, la demanda de consumo es medida en Vatios (W)

En la actualidad, los medidores eléctricos operan midiendo de manera continua el voltaje instantáneo y la corriente y así calcular su producto que es la potencia (Watts) y finalmente ser medido contra el tiempo de energía usada (KWH). Por ejemplo, un foco de 100 Watt durante 10 horas consume 1000 Watts, o decir que consumió 1 KWatts en una Hora.

3.1.1. Historia.

Arriba de los años de 1870, la electricidad tuvo un pequeño uso en lo que era el teléfono y el telégrafo. El uso propio de la electricidad en potencia fue para operar cordones de lámparas conectadas en serie todas estas controladas por un interruptor.

En **1872**, Samuel Gardiner puso la primera patente de medidor eléctrico conocido. Este fue un medidor DC de Lámparas/Hora el cual tenía un reloj con un electro magneto que iniciaba y detenía el mecanismo.

Luego de la invención de la lámpara de Thomas Edison en 1879 y la subdivisión a circuitos de control individuales de control, la medición de lámparas/hora ya no era la práctica correcta.

En **1882**, Edison levanta su primera compañía de electricidad. Desarrollo un medidor químico Amperio/Hora que consistía en 2 platos de zinc conectados en el circuito del cliente. Para la facturación de consumo, cada mes los electrodos se pesaban y la cantidad a pagar era de acuerdo al peso. Este medidor fue ineficiente.

Westinghouse compra los derechos a un transformador patentado en Europa, este tuvo que ser rediseñado para su uso comercial. Este transformador fue de gran ayuda para los sistemas de transmisión y distribución AC. Mientras tanto Elihu Thompson empezó a desarrollar un vatímetro.

En **1889**, Thompson introdujo su vatímetro. Éste fue el verdadero primero medidor de Vatios/Hora y su éxito comercial fue inmediato y muchas utilidades adoptaron su modelo como un estándar.

Thompson-Houston Electric Co. y Edison General Electric se fusionan para formar General Electric Co.

En **1903**, General Electric introduce en masa al mercado el primer vatímetro AC. Éste modelo fue considerado el primer medidor moderno, pues la mayoría de sus características se las puede encontrar en los medidores de hoy.

Actualmente, existen 2 categorías básicas de los medidores, mostradas a continuación:

3.1.2. Medidor Electromecánico.

Es el medidor de energía eléctrica más común. Este medidor de Inducción Electromecánica fue inventado por Eliu Thompson en 1889.

Su método de operación es por conteo de revoluciones de un disco de aluminio, el cual está hecho para rotar a una velocidad proporcional a la energía usada. Este proceso consume energía pero en una cantidad pequeña, alrededor de 2 Watts.

En el disco, actúan en él 2 bobinas. Uno de ellos es conectado de manera que éste produzca un FLUJO MAGNÉTICO en proporción al voltaje, la otra así mismo un flujo en proporción a la corriente, ejerciendo así una fuerza vectorial sobre el disco la cual lo hace girar. El magneto creado ejerce una fuerza opositiva proporcional a la velocidad de rotación del disco, trabajando como freno deteniendo al disco cuando el consumo de energía detenga también. El monto de energía consumida es representado por una revolución del disco.

Los voltajes máximos que soportan los medidores electromecánicos son de 600 V y las corrientes máximas de 200 A. Cuando estos parámetros van a exceder de dichos valores, se requerirán de transformadores de voltaje y corriente.

Otro punto importante de mencionar es que hay una bobina la cual esta cortocircuitada, esta bobina posee una resistencia despreciable y por lo cual por ahí circulará una corriente considerable, ésta al estar sometida al campo magnético generará una cupla motora la misma que eliminará el coeficiente de rozamiento de los engranes.

3.1.3. Medidores Digitales.

Estos medidores muestran la potencia usada en un LCD además de grabar otros parámetros de carga y suministro como: factor de potencia, potencia reactiva, rangos de energía consumida, precio de consumo variando el día o la semana, etc.

Usan un transformador de corriente para medir la misma, lo que significa que los conductores de corriente no necesitan pasar a través del medidor y puede ser localizado remotamente, lo cual es una ventaja en instalaciones grandes.

Los medidores electrónicos en la actualidad vienen equipados con tecnologías de comunicación: Radio de Poder, GSM, GPRS, Bluetooth y enlaces de cable como RS232 y RS485. El consumo del cliente es almacenado en perfiles de carga y los

Estas características reducen las costosas visitas del personal de la empresa a la ubicación del medidor. Así mismo, una vez instalado el Rex, éste se registra automáticamente a la red de comunicación, evitando la necesidad de programarlo en ese instante, haciendo la instalación del mismo más fácil.

Al usar un Rex, se disminuyen los costos de lectura, provee lecturas mas exactas y mejora la satisfacción de los clientes por la reducción de las dudas con respecto a lecturas incorrectas.

Si las condiciones de la red cambian, el Rex automáticamente descubre la mejor nueva vía de comunicación.

El servicio de control remoto para corte o reconexión de energía al consumidor es una de las características que posee el medidor Rex. Está en la práctica reemplaza el servicio manual como normalmente lo hacen las empresas eléctricas.

- **Medidores ALPHA.**

El medidor A3 Alpha es una plataforma de comunicaciones y puede fácilmente integrarse a una variedad de soluciones AMR (Medición de Lectura Automática) así como también a una AMI (Infraestructura de Medición Avanzada).

Cada medidor A3 Alpha contiene un MODEM de teléfono interno, una red de área local (LAN), una placa controladora RF (Radio Frecuencia) de 900Mhz para capacidades de transmisión y recepción de datos.



Figura 3.2. Medidor Alpha

Un A3 Alpha puede administrar una red de hasta 1.024 Kb, la placa controladora soporta registro automático de medidores por RF, medidores designados como repetidores de RF y optimiza las rutas de comunicación de cada medidor basado en la intensidad de las señales y otros factores.

La placa que administra los 900Mhz de RF y LAN de los medidores REX, colecta, guarda los datos de los medidores y maneja otra variedad de funciones. Estas funciones incluyen almacenamiento y descarga en horarios de tiempo de usos para medidores REX, tiempo de transmisión, señales de sincronización y demanda de reinicio de medidor.

El medidor A3 Alpha es el primer medidor con soporte completo de protocolos de comunicación ANSI, C12.18, C12.19 y C12.21. Otras características avanzadas incluyen 4 cuadrantes métricos, transformador, línea de compensación de pérdida y almacenamiento de intervalo de datos de instrumentación.

El medidor A3 Alpha puede proveer la función equivalente de los siguientes dispositivos:

- Voltímetro.
- Potenciómetro.
- Medidor de Voltaje alterno.
- Indicador de distorsión
- Amperímetro.
- Medidor de ángulo de fase.
- Indicador de rotación de fase.

El circuito principal de los medidores A3 ALPHA tienen capacidad de almacenamiento y lectura de datos de más 40 Kb en memoria no volátil.

Los datos pueden ser recuperados usando el puerto estándar de comunicación óptica, adicionalmente están disponibles las interfaces de comunicación como:

- MODEM telefónico integrado de 2400 bps
- RS-232.
- RS-485.

- Interfaz serial externa.
- Lazos de Corrientes de 20 mA.
- Controlador interno LAN (ILC1).
- Nodo interno LAN (ILN1).

Las Interfaces de comunicaciones pueden ser combinadas con opciones de alarmas en el medidor A3 ALPHA para la notificación inmediata de eventos críticos.

3.2. Red GSM

GSM (Global System for Mobile Communications) o Sistema Global para Comunicaciones Móviles es el estándar más popular en lo que respecta a telefonía móvil a nivel mundial. La GSM Association estima que el mercado global de telefonía móvil es dominado un 82% por GSM [4].

Es una red celular de 2.5G, donde el teléfono móvil se conecta para buscar la celda más cerca a su ubicación. Es un servicio portador que permiten enlazar a voluntad dos equipos terminales móviles mediante un canal digital que se establece específicamente para la comunicación y que desaparece una vez que se ha completado la misma.

La red GSM opera en 4 rangos de frecuencias:

- 900 MHz y 1800 MHz en Europa y Asia.
- 850 MHz y 1900 MHz en las Américas.

Banda	Nombre	Canales	Uplink (Mhz)	Downlink (Mhz)	Notas
GSM 850	GSM 850	128 - 251	824 - 849	869 – 894	Usada en EEUU, Sudamérica y Asia
GSM 900	P-GSM 900	1 - 124	890 - 915	935 – 960	GSM de Europa
	E-GSM 900	975 - 1023	880 - 890	925 – 935	Extensión de GSM
	R-GSM 900	n/a	876 - 880	921 – 925	GSM Ferroviario
GSM 1800	GSM 1800	512 - 885	1710 - 1785	1805 – 1880	
GSM 1900	GSM 1900	512 - 810	1850 - 1910	1930 – 1990	Usada en EEUU, no es compatible con GSM 1800

Tabla 3.1. Frecuencias de GSM a nivel mundial

Las estructuras celulares consisten en la división del ámbito de cobertura de la red en zonas más pequeñas denominadas células, a las que se les asigna un cierto número de radiocanales, dotándolas de

otras tantas estaciones base transmisoras y receptoras. Esta estructura celular se presenta en la siguiente figura 3.3.

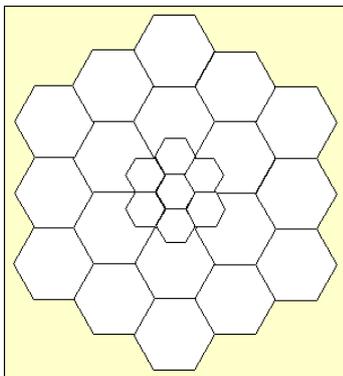


Figura 3.3 Estructura celular GSM

Generación 2.5 G

Es la generación de tecnología celular que se encuentra entre 2G y 3G. Se describe como sistemas 2G que tienen implementada conmutación de paquetes sobre conmutación de circuitos.

El término 2.5G no existe, fue creado por propósitos de mercado. La 2.5G provee algunos beneficios de la 3G así como también usa la infraestructura de la red GSM.

Módulo Subscriptor de Identidad (SIM).

También conocida como SIM Card es una tarjeta la cual contiene la información de suscripción del usuario. Esto significa que el usuario puede cambiar de operadora con solo cambiar la SIM Card [6].

Algunas operadoras bloquean el móvil permitiendo que sea aceptada una única SIM Card que para el caso sería la del operador. Pero esto no es impedimento para el usuario ya que en la actualidad existen disponibles en Internet muchos programas para liberar el móvil.

Canales Lógicos GSM.

La comunicación en una determinada frecuencia se realiza a través de tramas temporales, divididas en 8 slots cada una. En esos slots se alojan los canales lógicos, que agrupan la información a transmitir entre la estación base y el móvil de la siguiente manera:

Canales de tráfico (Traffic Channels, TCH): Albergan las llamadas en proceso que soporta la estación base.

Canales de control.

- **Canales de difusión (Broadcast Channels, BCH).**

Canal de control broadcast (Broadcast Control Channel, BCCH):

Comunica desde la estación base al móvil la información básica y los parámetros del sistema.

- **Canal de control de frecuencia** (Frequency Control Channel, FCCH): Comunica al móvil (desde la EB) la frecuencia portadora de la EB.
- **Canal de control de sincronismo** (Synchronization Control Channel, SCCH): Informa al móvil sobre la secuencia de entrenamiento (training) vigente en la EB, para que el móvil la incorpore a sus ráfagas.
- **Canales de control dedicado** (Dedicated Control Channels, DCCH).
- **Canal de control asociado lento** (Slow Associated Control Channel, SACCH).
- **Canal de control asociado rápido** (Fast Associated Control Channel, FACCH).
- **Canal de control dedicado entre EB y móvil** (Stand-Alone Dedicated Control Channel, SDCCH).
- **Canales de control común** (Common Control Channels, CCCH).

- **Canal de aviso de llamadas** (Paging Channel, PCH): Permite a la EB avisar al móvil de que hay una llamada entrante hacia el terminal.
- **Canal de acceso aleatorio** (Random Access Channel, RACH): Alberga las peticiones de acceso a la red del móvil a la BS.
- **Canal de reconocimiento de acceso** (Access-Grant Channel, AGCH): Procesa la aceptación, o no, de la BS de la petición de acceso del móvil.
- **Canales de Difusión Celular** (Cell Broadcast Channels, CBC).
La Difusión de Celda (también conocida por Difusión Celular) es una tecnología disponible por algunas operadoras móviles, diseñada para el envío simultáneo de mensajes a múltiples usuarios en un área específica. El servicio permite que los mensajes sean comunicados a múltiples clientes de telefonía móvil que estén localizados en una determinada área de cobertura de la red.

Esta tecnología permite crear canales de comunicación con los móviles que se encuentren en un área geográfica específica, lo que la convierte en un potente instrumento para servicios de información locales o asociados a la posición, haciendo posible la selección del tema o canal de interés para el usuario (Noticias, Deporte, Información Meteorológica, Tránsito, Farmacias de guardia, Taxis, etc.).

3.3. Arquitectura de Red GSM.

La comunicación se origina desde el usuario final o Terminal Móvil (TM), que mantiene una sincronización de señales de control con la estación base más cercana (BTS) y ésta tiene el Módulo de Identificación del Abonados (MIA), que se conecta vía microonda con la Central de Conmutación de Servicios Móviles tal como se muestra en la Figura 3.4.

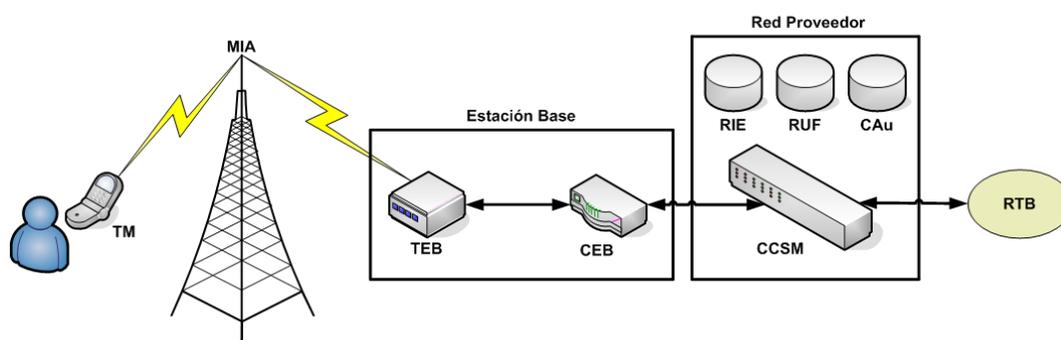


Figura 3.4. Arquitectura GSM

En la Figura 3.5 se muestra la estructura de una red GSM y sus elementos principales. Donde se puede realizar una comunicación de voz que parte del equipo terminal (TE) o móvil que se encuentra dentro de la cobertura de una estación base (BTS) que está conectada con una central de estaciones bases (BTC) que enruta su llamada hacia una Central de Switchero Móvil (MSC) quien define si su llamada está dentro de la misma operadora o corresponde a otra operadora, la cual la enruta por la Red de Telefonía Pública (PSTN); en caso de ser una comunicación de datos tipo parte del dispositivo móvil, que está bajo dentro de la cobertura de una estación base (BTS) se comunica con la estación base central (BTC) quien enruta los datos hacia la red de datos [4].

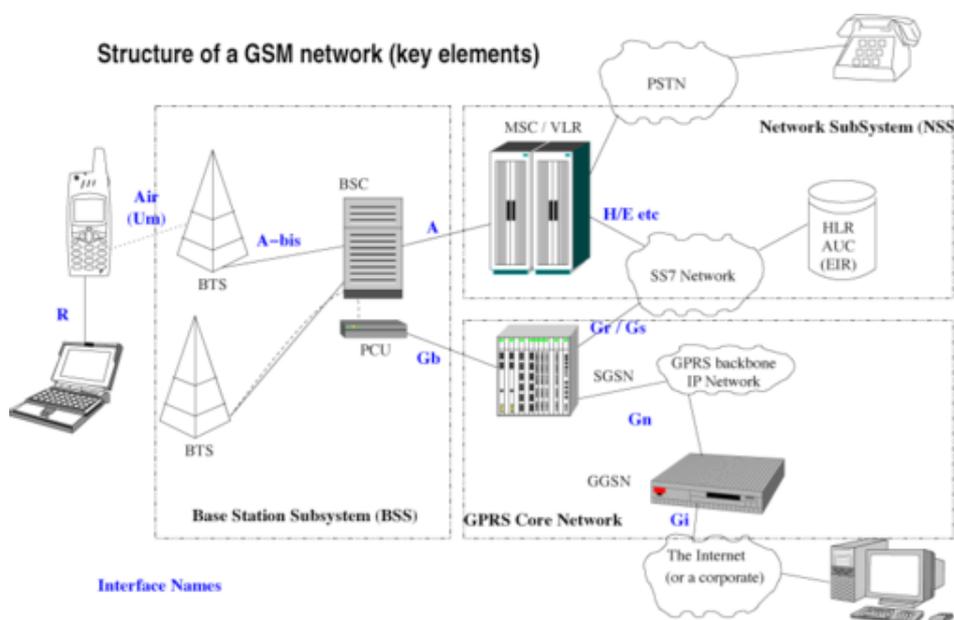


Figura 3.5. Estructura de una Red GSM

Para la función de localización, todo abonado móvil está inscrito en un registro local denominado RUF que es una base de datos que contiene información del abonado.

Si en el curso de una comunicación la estación móvil (EM) sale de la zona de cobertura de la Estación Base (EB) donde está en curso la llamada, para evitar que ésta se corte debe transferirse a la EB de otra célula. Para ello, se acompaña a la señal de voz de un tono de supervisión no audible, que es devuelto por el móvil. La EB mide la calidad de esta señal de retorno. Si no resulta satisfactoria, se envía una alarma al CCSM, quien ordena a la EB en cuestión y a sus vecinas una medición del campo producido por la EM. Los resultados se envían al CCSM, el cual conmuta la llamada a la EB en que se tengan las mejores condiciones de recepción. La conmutación en curso, al efectuarse en función de los niveles de señal recibidos, asegura siempre una calidad de señal superior a cierto umbral mínimo.

Para nuestro caso, a continuación veremos 2 de los servicios brindados por GSM:

3.3.1. GPRS

General Packet Radio Service (GPRS) es un servicio de datos móvil orientado a paquetes. Está disponible para los usuarios del Sistema Global para Comunicaciones Móviles (Global System for Mobile Communications o GSM), así como para los teléfonos móviles que incluyen el sistema IS-136. Permite velocidades de transferencia de 56 a 114 kbps [2].

GPRS se puede utilizar para servicios tales como Wireless Application Protocol (WAP), servicio de mensajes cortos (SMS), servicio de mensajería multimedia (MMS), Internet y para los servicios de comunicación, como el correo electrónico y la World Wide Web (WWW).

La transferencia de datos de GPRS se cobra por megabyte de capacidad, mientras que la comunicación de datos a través de conmutación de circuitos tradicionales se factura por minuto de tiempo de conexión, independiente de si el usuario utiliza la capacidad o está en un estado de inactividad. GPRS da mejor rendimiento a la conmutación de paquetes de servicios, en contraposición a la conmutación de circuitos, donde una cierta

calidad de servicio (QoS) está garantizado durante la conexión para los no usuarios de móviles.

Tecnología utilizada

El acceso al canal utilizado en GPRS se basa en divisiones de frecuencia sobre un dúplex y TDMA. Durante la conexión, a cada usuario se le asigna un par de canales de frecuencia, uno para subida y otro para bajada. Esto se combina con la multiplexación estadística en el dominio del tiempo, permitiendo a varios usuarios compartir el mismo canal de frecuencia. Los paquetes tienen longitud constante, correspondiente a la ranura de tiempo del GSM. El canal de bajada utiliza una cola FIFO (**First In, First Out** (primero en entrar, primero en salir)) para los paquetes en espera, mientras que el canal de subida utiliza un esquema similar al de ALOHA con reserva. En resumen, se utiliza un sistema similar al ALOHA ranurado durante la fase de contención, y TDMA con una cola FIFO durante la fase de transmisión de datos.

Un usuario GPRS sólo usará la red cuando envíe o reciba un paquete de información. Todo el tiempo que esté inactivo podrá ser utilizado por otros usuarios para enviar y recibir información.

Esto permite a los operadores dotar de más de un canal de comunicación sin miedo a saturar la red, de forma que mientras que en GSM sólo se ocupa un canal de recepción de datos del Terminal a la red y otro canal de transmisión de datos desde la red al Terminal, en GPRS es posible tener terminales que gestionen cuatro canales simultáneos de recepción y dos de transmisión.

Permite velocidades de transferencia moderadas mediante el uso de canales libres con multiplexación por división de tiempo, como por ejemplo el sistema GSM.

La **multiplexación** por división de tiempo (**MDT**) o (**TDM**), del inglés Time División Multiplexing, es la más utilizada en la actualidad, especialmente en los sistemas de transmisión digitales. En ella, el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).

En la siguiente Figura 3.6 se representa, de forma muy esquematizada, un conjunto multiplexor-demultiplexor para

ilustrar como se realiza la multiplexación-desmultiplexación por división de tiempo.

En este circuito, simplificando mucho el proceso, las entradas de seis canales llegan a unos denominados interruptores de canal, los cuales se van cerrando de forma secuencial, controlados por una señal de reloj. De forma que cada canal es conectado al medio de transmisión durante un tiempo determinado por la duración de los impulsos de reloj.

En el extremo distante, el demultiplexor realiza la función inversa, esto es, conecta el medio de transmisión, secuencialmente, con la salida de cada uno de los seis canales mediante interruptores controlados por el reloj del demultiplexor. Este reloj del extremo receptor funciona de forma sincronizada con el del multiplexor del extremo emisor mediante señales de temporización que son transmitidas a través del propio medio de transmisión o por un camino.

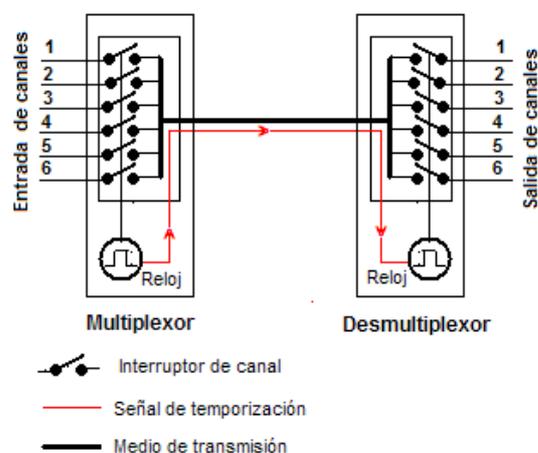


Figura 3.6.- Conjunto multiplexor-demultiplexor por división de tiempo

Las únicas redes en las que el GPRS se utiliza actualmente son las redes GSM. El primer estándar de GPRS se debe al European Telecommunications Standards Institute (ETSI).

En la teoría, el GPRS original soportaba los protocolos IP y P2P. En la práctica se utiliza IPv4, puesto que IPv6 aún no tiene implantación suficiente y en muchos casos los operadores no lo ofrecen. Para asignar la dirección IP se utiliza DHCP, por lo que las direcciones IP de los equipos móviles son casi siempre dinámicas.

Desde el punto de vista del operador de telefonía móvil, es una forma sencilla de migrar la red desde GSM a una red UMTS

puesto que las antenas sufren sólo ligeros cambios y los elementos nuevos de red necesarios para GPRS serán compartidos en el futuro con la red UMTS.

Servicios ofrecidos

La tecnología GPRS mejora y actualiza a GSM con los servicios siguientes:

- Servicio de mensajes multimedia (MMS).
- Mensajería instantánea.
- Aplicaciones en red para dispositivos a través del protocolo WAP.
- Servicios P2P utilizando el protocolo IP.
- Servicio de mensajes cortos (SMS).
- Posibilidad de utilizar el dispositivo como módem USB.

Clases de dispositivos

Existen tres clases de dispositivos móviles teniendo en cuenta la posibilidad de usar servicios GSM y GPRS simultáneamente:

Clase A: Estos dispositivos pueden utilizar simultáneamente servicios GPRS y GSM.

Clase B: Sólo pueden estar conectados a uno de los dos servicios en cada momento. Mientras se utiliza un servicio GSM (llamadas de voz o SMS), se suspende el servicio GPRS, que se reinicia automáticamente cuando finaliza el servicio GSM. La mayoría de los teléfonos móviles son de este tipo.

Clase C: Se conectan alternativamente a uno u otro servicio. El cambio entre GSM y GPRS debe realizarse de forma manual.

Velocidad de transferencia.

Dependiendo de la tecnología utilizada, la velocidad de transferencia varía sensiblemente. La tabla inferior muestra los datos de subida y bajada para cada tipo de tecnología.

Tecnología	Descarga (kbit/s)	Subida (kbit/s)
CSD	9.6	9.6
HSCSD	28.8	14.4
HSCSD	43.2	14.4
GPRS	80.0	20.0 (Clase 8 y 10 y CS-4)
GPRS	60.0	40.0 (Clase 10 y CS-4)
EGPRS (EDGE)	236.8	59.2 (Clase 8, 10 y MCS-9)
EGPRS (EDGE)	177.6	118.4 (Clase 10 y MCS-9)

Tabla 3.2: Tecnologías usadas en GSM

EDGE

Enhanced Data rates for GSM Evolution o Enhanced GPRS es una tecnología digital para teléfonos móviles que permite incrementar los rangos de transmisión de datos así como mejorar la fiabilidad de la misma. Esta tecnología fue incorporada a las redes GSM desde el 2003.

EDGE es usado en la conmutación de paquetes, conexión a Internet, servicios de video y otros beneficios multimedia. Con una velocidad de datos superior a 236.8 Kbits/s para 4 timeslots en modo paquete que la ITU (Internacional Telecommunications Union) tiene como requisito para una red 3G [3].

La implantación de EDGE en el núcleo de GSM no requiere de cambios bruscos. La estación base y las subredes necesitan actualización para el soporte de EDGE, además de un Decodificador/Codificador para los nuevos esquemas de modulación y los altos rangos de datos.

Puesto que EDGE es una tecnología implantada en otra que pertenece a 2.5G como lo es GSM, esta generalmente es clasificada como red 3G.

3.3.2. SMS

Short Message Service es un protocolo de comunicación que permite el intercambio de mensajes de textos entre teléfonos móviles. Es el servicio móvil más usado con 2.4 billones de usuarios activos los cuales envían y reciben mensajes de texto [5].

SMS fue diseñado originalmente como un servicio de GSM, pero en la actualidad se encuentra disponible en otras redes móviles incluyendo redes 3G.

El tamaño máximo de un mensaje de texto en SMS es de 160 caracteres de 7 bits, 140 caracteres de 8 bits o de 70 caracteres de 16 bits, este último en idiomas como el chino, coreano, japonés, ruso y arábico.

Existe también el SMS segmentado, el cual es un mensaje que sobrepasó su máximo de caracteres pero es enviado en múltiples partes. Esto lo logra ya que cada segmento iniciará con una Cabecera de Dato de Usuario o UDH la cual contiene información de su segmento respectivo y la longitud de cada

segmento ahora será de 153 caracteres de 7 bits, 134 caracteres de 8 bits y 67 caracteres de 16 bits.

El dispositivo móvil es el encargado de recibir cada segmento y re ensamblar el mensaje para poder ser mostrado al usuario como un mensaje de texto largo.

El servicio de mensajes esta disponibles para no subscriptores de la operadora usando E-mail, esto es gracias a que el mensaje es enviado a través del servidor de correo en Internet de la operadora. Ejemplo: Si se desea enviar un mensaje de texto al número 086808202, en su proveedor de correo favorito, el destinatario deberá ser 86808202@dominiocorreoperadora.

Este tipo de mensaje de texto no es pagado, lo único que lo diferencia del servicio normal desde un móvil es que el límite de caracteres se reduce a 150.

Muchos transceiver y teléfonos móviles tienen soporte para enviar y recibir mensajes de texto usando Comandos AT, para estos poder ser ejecutados, el móvil o el transceiver debe ser conectado a una PC a través de un conexión Serial, ya sea por

cable o una virtual como es el caso que crean los dispositivos Bluetooth. Por ejemplo:

- Formato de mensaje: AT+CMGF="1" (0 tipo binario, 1 tipo texto)
- Envío de mensaje: AT+CMGS="número de móvil"
- Lectura de mensajes: AT+CMGR="0" (0 todos los mensajes)

El SMS es también usado para comunicaciones M2M, dispositivos, localización vehicular, proyectos de telemetría, etc.

3.4. Protocolos RS-232.

RS-232 o EIA RS-232 es una interfaz para el intercambio serial de datos binarios entre un DTE (Equipo Terminal de datos) y un DCE (Equipo de Comunicación de datos).



Figura 3.7. Interfax RS-232

La EIA (Electronics Industry Association) elaboró la norma RS-232, la cual define la interfase mecánica, los pines, las señales y los protocolos que debe cumplir la comunicación serial [7].

Todas las normas RS-232 cumplen con los siguientes niveles de voltaje:

- Un "0" lógico es un voltaje comprendido entre -5v y -15v en el transmisor y entre -3v y -25v en el receptor.
- Un "1" lógico es un voltaje comprendido entre $+5\text{v}$ y $+15\text{v}$ en el trasmisor y entre $+3\text{v}$ y $+25\text{v}$ en el receptor.

El RS-232 consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DB-9), más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos (como el ratón serial del PC). Cada pin puede ser de entrada o de salida, teniendo una función específica cada uno de ellos:

Pin	Función
TXD	Transmitir Datos
RXD	Recibir Datos
DTR	Terminal de datos listo
DSR	Equipo de datos listo
RTS	Solicitud de envío
CTS	Libre para envío
DCD	Detección de Portadora

Tabla 3.3: Pines de un conector serial DB-9

Las señales TXD, DTR y RTS son de salida, mientras que RXD, DSR, CTS y DCD son de entrada. La masa de referencia para todas las señales es SG.

Pin DB25	Pin DB9	Señal	Descripción	E/S
1	1	-	Chasis	-
2	3	TXD	Transmit Data	S
3	2	RXD	Receive Data	E
4	7	RTS	Request to Send	S
5	8	CTS	Clear to Send	E
6	6	DSR	Data set Ready	E
7	5	SG	Signal Ground	-
8	1	CD/DCD	(Data) Carrier Detect	E
15	-	TXC *	Transmit Clock	S
17	-	RXC *	Receive Clock	E
20	4	DTR	Data Terminal Ready	S
22	9	RI	Ring Indicator	E
24	-	RTXC *	Transmit/Receive Clock	S

* = No conectados en el DB25

Tabla 3.4: Señales seriales en los conectores DB-25 y DB-9

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Existen muchas alternativas para dar solución al problema de la medición manual de energía eléctrica, aprovechando que en la actualidad la red de comunicaciones móviles brinda muchos servicios para la transmisión de datos, se llegó a la conclusión de que la respuesta es la implementación de un sistema AMR usando la red GPRS/GMS como vía de comunicación [14].

4.1. Solución planteada.

La idea de la digitalización de las lecturas nació con la analogía del funcionamiento que realiza el mouse, éste trabaja con un sistema una haz de luz infrarroja que pasa por las hendiduras de un sistema de engranaje, así el circuito calcula los desplazamientos horizontales o verticales que se genera al mover el mouse. El medidor tiene algo similar, tiene un plato giratorio que siempre se gira en la misma dirección y mueve un sistema de engranaje, y si podemos introducir un haz de luz infrarroja que cense la marca negra de dicho plato, podemos saber cuantas vueltas dio el plato. Es así que es considerado equipos que sean resistentes a las condiciones ambientales que están expuesto el medidor, y además utilizar elementos que no alteren o afecten el funcionamiento electro mecánico, su normal funcionamiento, como es la calibración que se realiza en el laboratorio y que mantenga un margen de error según el estándar de cada medidor.

Además de estudiar el comportamiento del medidor de luz electro mecánico, se analiza la forma de almacenar la información en un dispositivo no volátil que permita almacenar la información por muchos años y se eligió al micro controlador de la familia PIC 16F876 que también funciona como controlador para coordinar las acciones que deben de realizar el sensor Infra rojo y el circuito de fuerza.

Tomando en cuenta que en nuestro país, la mayor parte de los abonados de las Empresas Eléctricas tienen medidores electromecánicos, y después de haber realizado investigaciones con respecto a las tecnologías que se pueden usar y aplicar en lo que respecta a dispositivos para transmisión de datos a través de la red celular y teniendo en cuenta que en la actualidad todas las operadoras de telefonía celular utilizan tecnología GSM con una cobertura que tiene presencia en casi todo el territorio ecuatoriano, es una solución idónea para la transmisión de datos, ya que permite realizar medición remota de la energía eléctrica, así como también el corte y reconexión del servicio, tal como se muestra en la Figura 4.1

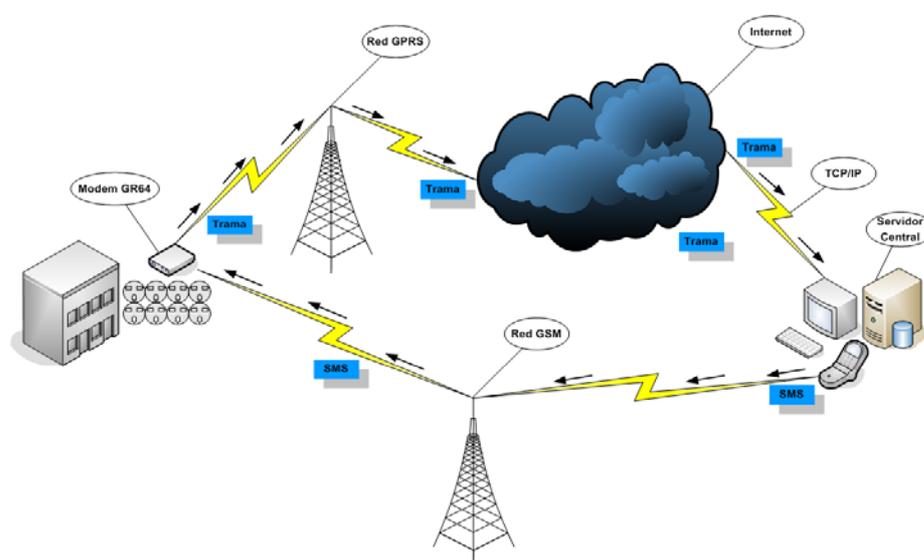


Figura 4.1. Solución planteada utilizando tecnología celular GSM

Esta trama es enviada por SMS a través de la red GSM hacia el módulo de comunicación (donde reside el GR64) y éste inmediatamente envía la trama al circuito de control a través de protocolo UART – RS232 donde será recibido por un microcontrolador el mismo que identifica la orden receptada y extrae de su memoria EPROM la última lectura almacenada.

El retorno de la lectura iniciará desde el Módulo de Control, el microcontrolador formará una nueva trama, con el siguiente formato:

$$\begin{array}{c} \text{\$}<\mathbf{Lectura},\mathbf{L}>\% \\ \uparrow \qquad \qquad \uparrow \\ \mathbf{Inicio Trama} \quad \mathbf{Fin Trama} \end{array}$$

Figura 4.3 Trama de respuesta en lectura.

En donde **Lectura** es un numero entero positivo de los KWH consumidos y la letra **L** representa la operación Lectura como se muestra en la Figura 4.3.

Ésta trama es enviada hacia el módulo GR64 utilizando el bus de datos con el protocolo UART-RS232, una vez receptada por el módulo GR64 inmediatamente es enviada a través de la red de datos GPRS hacia el Centro de control, éste la recibe y almacenará en la base de datos.

En la figura 4.4. Se muestra el proceso que se realiza durante la Lectura remota.

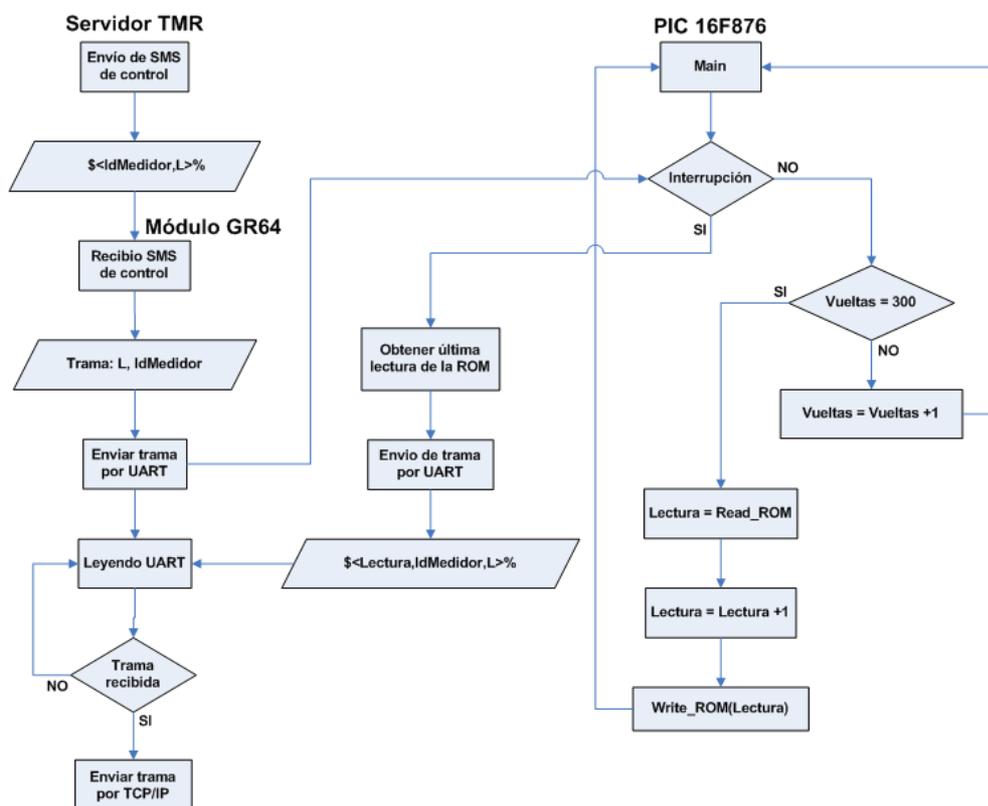


Figura 4.4. Proceso de la lectura remota

- **Corte y Reconexión de Servicio.**

Operación de Corte y Reconexión manual.

De la misma forma que la orden de Lectura se inicia desde el centro de control, se elegirá el medidor del que se necesita su última lectura. Enviamos la orden de Corte o Reconexión, con el siguiente formato:

\$<IdMedidor,C>% para Corte

\$<IdMedidor,R>% para Reconexión

En donde IdMedidor es el identificador del medidor que se escogió y la letra C o R es la operación.

Esta trama es enviada por SMS a través de la red GSM hacia el módulo GR64 y éste inmediatamente envía la trama al módulo de control a través de protocolo UART – RS232 donde será recibida por el microcontrolador PIC 16F876 el mismo que identifica la orden receptada y posteriormente enviará un pulso hacia el circuito de fuerza por la puerta de salida respectiva a la orden enviada, la salida RB5 (Pata 26) para Reconexión y la RB4 (Pata 25) para el Corte.

La confirmación de la operación iniciará desde el Módulo de Control, donde se formará una nueva trama, con el siguiente formato:

\$<OK,C>% para Corte

\$<OK,R>% para Reconexión

En donde la letra C/R representa la operación realizada por el módulo de fuerza.

Ésta trama es enviada desde el módulo de control hacia el módulo GR64 así mismo por protocolo UART-RS232, una vez receptada por el módulo GR64 inmediatamente es enviada a través de la red de datos GPRS hacia el Centro de control, éste la recibe y almacenará en la base de datos.

Operación Automática.

Existirán procesos en el Centro de Control los cuales estarán monitoreando constantemente la base de datos preguntando por los abonados que han llegado a su fecha de vencimiento y aun no han cancelado la planilla.

Para estos casos se enviará un SMS automático advirtiendo que ha llegado a su fecha límite y que debe acercarse a pagar. Estos mensajes son enviados a los abonados el día de su fecha máxima para que estén advertidos. Al siguiente día de la fecha máxima, en caso de que no se haya cancelado la planilla, el Centro de Control enviará automáticamente una orden de

CORTE al medidor. Así mismo, se realizará la reconexión automática del servicio.

Existirá otro proceso que este monitoreando la base de datos en busca de los abonados que tengan el servicio cortado pero que ya hayan cancelado su deuda total, al encontrarlos, se enviará una orden de reconexión del servicio a dicho medidor.

En la Figura 4.5 mostramos el proceso de realizar el Corte del servicio de energía. Para el caso de la Reconexión sería el mismo, solo cambiaría el identificador de la operación.

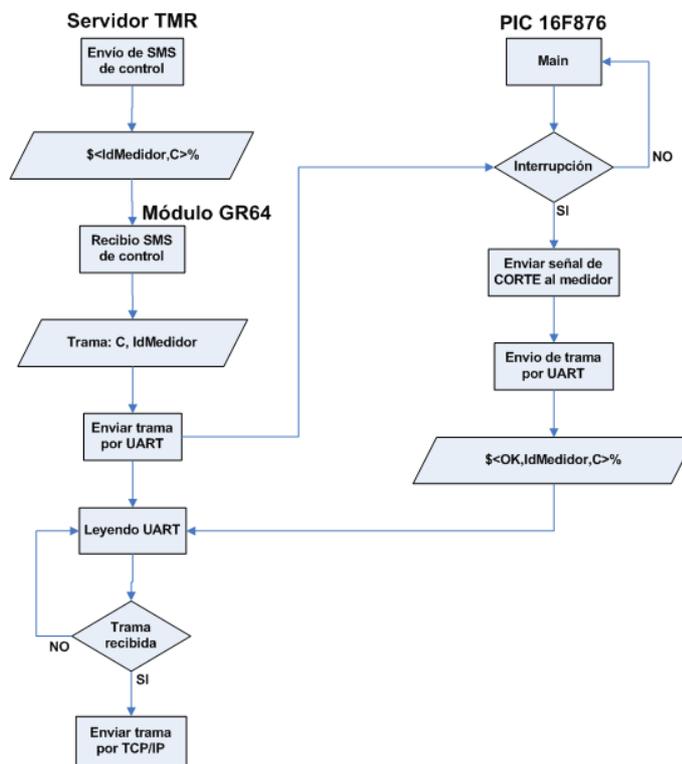


Figura. 4.5. Proceso de Corte y Reconexión Automática

4.2. Sistemas AMR.

AMR (Automatic Meter Reading) son sistemas usados en la recolección automática de datos para dispositivos de medición de agua, gas o electricidad hacia una base de datos central para su posterior análisis y manipulación según convenga. El objetivo de estos sistemas es disminuir la intervención de personas en los procesos de toma de lecturas, corte de servicio logrando reducir la carga operativa en la empresa y por el lado de los abonados aumentando la satisfacción al recibir un mejor servicio [8].

Los sistemas AMR incluyen tecnologías móviles (handheld, smartphone), redes de computadores, red celular, redes inalámbricas y radio frecuencia.

AMR de Red.- O su nombre técnico en inglés Fixed Network AMR, es un sistema donde su infraestructura es la de una red de transmisión de datos, donde los datos son recolectados en el medidor y luego digitalizados para viajar a través de esta red hasta un computador central en donde se almacenarán en una base de datos. Todo este proceso de manera automática sin la presencia de persona alguna en la ubicación del medidor.

Como podemos observar en la Figura 4.6, los AMR de Red pueden ser implementados no solo para la medición remota de energía eléctrica que es nuestro caso, sino también para las compañías que ofrecen servicios de gas y agua.

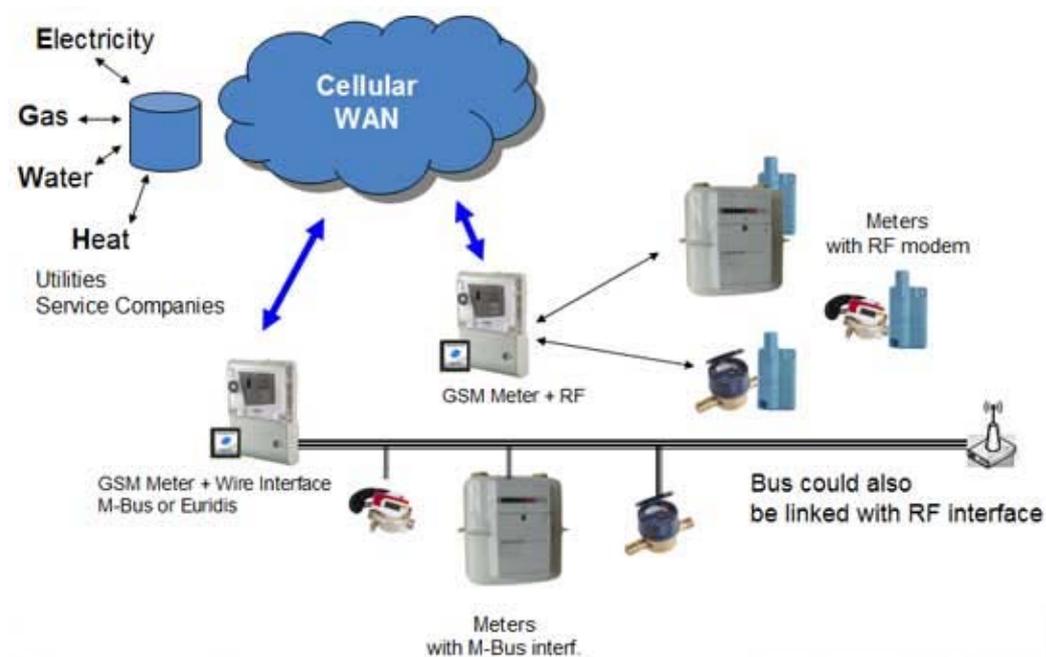


Figura 4.6 Infraestructura de AMR para la telemedición de agua, electricidad y gas.

Para nuestra solución hemos optado por implementar un AMR de Red, por tanto, el sistema de Telemedición de medidores eléctricos está conformado por las siguientes partes:

4.2.1 Centro de Control.

Estará ubicado en las instalaciones de la Empresa Eléctrica, desde aquí se enviarán las órdenes de lectura, corte y reconexión. Está conformado por: Servidor TMR, Base de Datos y un Teléfono Móvil con capacidad para Bluetooth con puerto COM virtual.

- **Servidor TMR.**

Software desarrollado en VB .NET 2005 con capacidad de comunicación de dos vías: envío de mensajes de textos y recepción de tramas TCP/IP de confirmación. Su nombre TMR es el derivado de TELEMEDICIÓN REMOTA que se lo escogió por el objetivo del proyecto. Para enviar mensajes de textos utiliza comandos AT estándares desarrollados por los modem y dispositivos móviles, a través de puertos COM virtuales generados por el bluetooth. También realiza operaciones de mantenimiento para la base de datos de los medidores, configuración del puerto de escucha para el modem GR64 y visualización de operaciones realizadas de lectura, corte o reconexión que se han ejecutado remotamente, tal como se muestra en la siguiente figura 4.7.

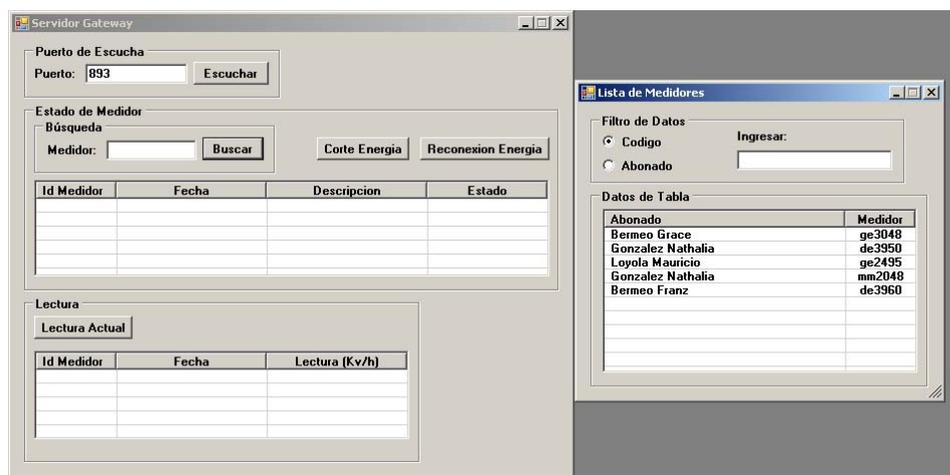


Figura.4.7. Interfaz del Servidor TMR en el centro de Control

- **Base de Datos.**

Se trabaja con una base de datos libre como es MySql 5.0 en donde se almacena todo el tráfico generado para los mensajes de textos masivos, notificaciones, corte y reconexiones. Además se guardan la bitácoras de las confirmaciones de las cadenas GPRS que generan los GR64, es decir, el tráfico de red TCP/IP.

Cabe mencionar que esta base de datos creada deberá ser utilizada en un inicio en conjunto con la base real de la Empresa Eléctrica, es decir, almacena, procesa y responde de forma automática los mensajes recibidos (SMS) por parte de los usuarios. Conforme se vaya

acoplado tanto abonados como empleados al nuevo sistema, se deberá migrar poco a poco toda la lógica a una sola base de datos. Para la administración de la base, se usará el software EMS Manager 2005 que se muestra en la Figura 4.8.

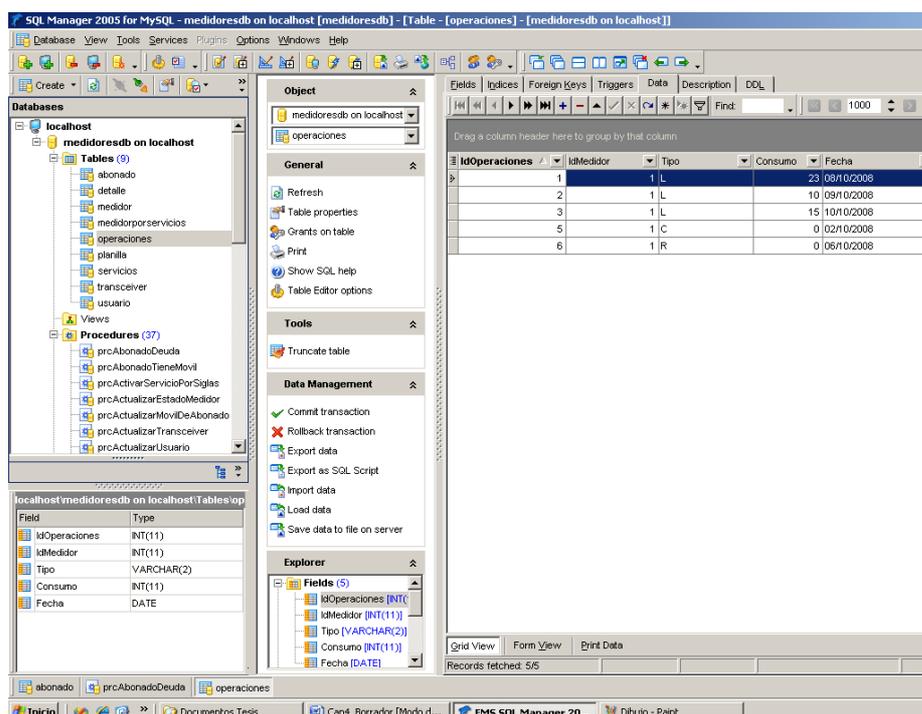


Figura 4.8. Interfaz del EMS Manager donde se administra la Base de Datos del Centro de Control

- **Dispositivo Móvil para lectura, corte y reconexión.**

Este dispositivo móvil tiene capacidad para comandos AT es el encargado de enviar las tramas hacia el medidor escogido en el Servidor TMR. Para que el Centro de

Control se comunique con el módulo de comunicaciones, necesitaríamos otro módulo GSM GR64 solo así podríamos usar SMS para el envío de mensajes con las ordenes de las operaciones.

Este dispositivo no es un módulo GSM pero por sus características técnicas se lo usa como puerta de salida hacia la Red GSM. Esto se lo logra por medio de una conexión virtual COM entre un dispositivo Bluetooth instalado en la máquina servidor y el Bluetooth del dispositivo, una vez conectados, todas las tramas son enviadas por el Servidor TMR usando comandos AT, el dispositivo reconocerá las ordenes y las enviará como mensaje de texto a través de la red GSM.

4.2.2. Módulo de comunicación celular GR64.

Dispositivo GSM Sony-Ericsson GR64 con capacidad SMS, TCP/IP, UDP y UART que estará ubicado en el lado del abonado y controlará un número determinado de medidores. Tiene capacidad de almacenar aplicaciones embebidas para su funcionalidad, programados en lenguaje C.

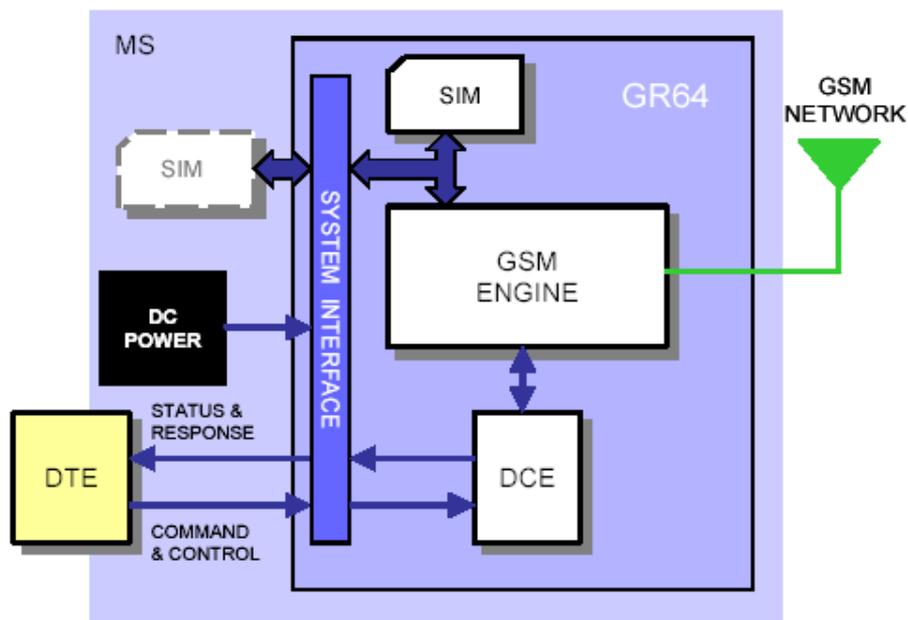


Figura 4.9. Transceiver GSM – GR64

Requiere una tarjeta SIM para conectarse a la red celular, la misma que debe tener disponible el servicio para conexión a la red GPRS.

Capacidad para SMS, que al igual que un teléfono móvil solo pueden transmitir hasta 160 bytes por paquete

Es un módulo Quatri banda, es decir, trabaja en las cuatro bandas de frecuencia 850/900/1800/1900 MHz, lo que implica que puede trabajar con cualquier operadora en el país y del mundo.



4.10. Diagrama de bloques del Módulo GR64.

Fue diseñado para integrar aplicaciones máquina – máquina, o aplicaciones hombre – máquina. Sus funciones son basadas en comandos AT sobre su interfaz serial.

Posee bajo consumo de energía, en bandas de 850-900 un consumo de 200 mA, y en bandas de 1800-1900 llega hasta 1450 mA de consumo, interpolalidad GPS, protocolo de comunicaciones serial RS-232 y convertidor análogo digital [13]

4.2.3. Circuito de control para lectura y corte.

Encargado de recibir y ejecutar las órdenes enviadas desde el Centro de Control. Su cerebro es el micro controlador PIC 16F876, el cual toda su función está programada en lenguaje C.

- **Circuito de Lectura**

Formado por sensores infrarrojos los cuales se los incorporará dentro del medidor. Para lo cual se desarmará por completo el medidor, se ubicará a los infrarrojos uno en cada lado del disco del medidor y de tal forma que al pasar el orificio del disco mientras éste gira, el receptor pueda ver al emisor y así emitir una salida baja de voltaje, la cual irá conectada hacia el microcontrolador que se encargará de contar y almacenar en ROM la lectura.

Luego de ubicar todo el circuito de lectura, se procede a armar de nuevo el medidor y deberá ser calibrado para que la medición de energía eléctrica sea la correcta.

- **Circuito de Corte/Reconexión**

Este circuito estará conectado con el microcontrolador y en el medidor se instalará en la línea de alimentación, para

interrumpir o ceder el paso de la electricidad a la vivienda del abonado y en donde un LED indicador servirá para verificar en qué estado se encuentra, claro está, adicional de comprobar si se tiene o no el servicio disponible.

4.2.4. Comunicación entre centro de control y módulo GR64.

Las comunicaciones entre estos módulos es la Red GSM y el medio de transporte usado es el servicio de mensajes de textos [SMS] ya que toda orden de cualquier tipo enviada desde el Centro de Control hacia el Módulo GR64, es un mensaje de texto.

El contenido del mensaje es una cadena con formato, el mismo que al ser recibido por el módulo GR64 es verificado y solo los datos válidos serán enviados al circuito de control, caso contrario no realiza nada.

Para la confirmación de las operaciones, el GR64 enviará tramas a través de la red GPRS, donde el módulo GR64 trabaja con una IP suministrada por la operadora e inicia la comunicación hacia el Centro de Control donde se encuentra el Servidor TMR con una IP pública abriendo un socket con un

puerto de destino para crear el canal por donde enviará las tramas de confirmación

4.2.5. Comunicación entre módulo GR64 y circuito de control.

En esta parte, el canal de comunicación es el Protocolo RS232. Una vez recibido el mensaje proveniente desde el Centro de Control, el Módulo GR64 abre un puerto UART y envía la trama hacia el microcontrolador que usando su característica de interrupción RS232 recibe los datos y ejecuta la operación solicitada.

Si la operación recibida es L, el microcontrolador sacará de la ROM el último valor almacenado de la lectura del medidor y ese valor es enviado de regreso por UART al módulo GR64 en donde lo recibirá y enviará inmediatamente al Centro de Control.

Para los casos de las operaciones C y R, el microcontrolador tiene asignada una salida de control para Corte y otra para Reconexión, de modo que al llegar al microcontrolador la operación, la identifica y envía un voltaje por su respectiva salida. De la misma forma luego de ejecutar la operación, el

microcontrolador enviará una confirmación al módulo GR64 el cual lo recibirá y enviará hacia el Centro de Control.

4.2.6. Comunicación entre el circuito de control y el medidor.

El micro controlador de la familia PIC 16F876 es el responsable de comunicarse con los módulos del circuito de control. Para el caso de la lectura, una de las entradas del microcontrolador le llegará variaciones entre 0 V (si la señal entre los 2 es continua) y 5 V (si la señal es interrumpida) enviadas por los sensores infrarrojos, para que pueda contar y almacenar en ROM. Mientras que para las operaciones de Corte/Reconexión tendrán asignadas sus salidas respectivas y voltajes de 0 – 5 V serán enviados desde cada una de ellas hacia un 7400 de puertas NAND que permitirán o restringirán el paso de energía eléctrica al medidor.

CAPÍTULO 5

COSTO DE IMPLEMENTACIÓN

Realizaremos cuadros de tiempos de hora-hombre en la realización de las distintas partes de proyecto, además de realizar un cuadro comparativo de la relación costo-beneficio entre el actual proceso manual y la automatización del mismo.

5.1. Costo de Diseño.

El costo del diseño para este proyecto se ha dividido en tres partes:

- Costo de diseño del circuito digitalización de lecturas, sistema de corte y reconexión.
- Costo de diseño del módulo de comunicaciones remota utilizando el transceiver GR64 de la Sony Ericsson
- Costo del diseño del software del servidor de comunicaciones.

Costo del circuito digitalización de lecturas, sistema de corte y reconexión.

Para la construcción de estos circuitos se escogió usar sensores infrarrojos para la toma de lectura, un triac 12-600 para las operaciones de corte y reconexión y el pic 16F876 que será el cerebro de todo el módulo de control.

Con estos elementos y equipos, se decidió construir una placa con circuitería adicional para la fuente de poder y se probó bajo diferentes condiciones y escenarios, como es el comportamiento durante el día y la noche. Así se llegó al circuito ideal con un bajo consumo de energía menor tal como se detalla en tabla 5.1.

Para el diseño del circuito de fuerza que realiza la tarea de corte y reconexión, se estudió el rango de corriente en Amperios que consume un usuario de tarifa residencial y se calculó una corriente promedio a base de Triac de uso industrial que puede soportar nuestro circuito de fuerza para realizar la función de corte y reconexión. Otro factor que se tomó en consideración fue un bajo consumo de energía, ya que debe ser despreciable, tal como se resume en la tabla 5.1.

Descripción	Horas Hombre
Circuito digitador de lectura	100
Circuito de corte y reconexión	120
Programar PIC16F876	100
Pruebas de la placa integrada con el medidor	40
TOTAL	380

Tabla 5.1 Costo del diseño del Circuito digitador, corte y reconexión

Costo del módulo de comunicaciones remota (Transceiver GR64).

Se buscó un modem celular que cumpla con las siguientes características.

- Funcione con las bandas de las operadoras que están trabajando acá en el país, como son PORTA, MOVISTAR y ALEGRO, es decir, que trabajen en la banda 850 y 1900.

- Que tenga entradas y salidas digitales; esto permite integrar con circuitería digital.
- Permita el uso de algún sistema de comunicación serial como es el protocolo RS-232
- Que permita transmitir y recibir datos en formato SMS.
- Que permita transmitir datos usando tramas GPRS.
- Que sea un producto comercial y sin restricciones de uso.

Con todas estas características se buscó en el Internet productos que puedan cumplir con estas necesidades, se encontraron productos de la familia Sony Ericsson, que nos brinda algunos productos: GR47, GR48 y GR64.

Los primeros dos productos GR47 y GR48 en la actualidad se encuentran discontinuos, trabajaban con la banda 850 y 900 y cumplían con todas las características de nuestros requerimientos.

En la actualidad existen modem celulares mejores que los anteriores de la misma familia como es el GR64, que entre otras cosas tiene las siguientes características.

Como adicional y para ser utilizado en la verificación de transmisión de datos, se diseñó una interfaz serial entre el modulo de comunicación y la computadora utilizando para ello dispositivos MAX232 que permitieron realizar pruebas de laboratorio sobre el comportamiento del GR64. De las pruebas realizadas se llegó a las siguientes recomendaciones:

- De las tres operadoras existentes en el mercado ecuatoriano, PORTA es la brinda información sobre la configuración necesarias para transmitir datos y se adapta a nuestras necesidades, con una tarifa plana de \$0.01 USD por Kilo byte transmitido.
- La transmisión de datos SMS es posible en cualquier plan, y es recomendable activar paquetes de mensajes ilimitados para que su costo sea económico.

Descripción	Horas Hombre
Instalación Transceiver GR-64 y comandos AT	40
Pruebas de transmisión de datos SMS	80
Pruebas de transmisión de datos GPRS	160
Pruebas de comunicación con el PIC16F876	80
Programar GR-64 en lenguaje C	40
Pruebas de la placa impresa GR-64	40
TOTAL	440

Tabla 5.2 Costo del diseño de comunicación celular con el GR-64

Costo del software del servidor de comunicaciones.

Para el desarrollo de la aplicación, el tiempo que se invirtió fue en la investigación minuciosa de programación con Sockets para la comunicación TCP/IP con el Módulo de Comunicación ya que era un tema desconocido por el grupo. Y al tener conocimientos de la tecnología Microsoft, se decidió desarrollar la aplicación en el ambiente Visual Studio .NET 2005.

La elección del motor de Base de Datos MySql fue por la robustez de la base y por ser de libre licencia, además de que al igual que .NET 2005 el grupo tenía ya conocimientos básicos del uso de este motor de base.

Otro punto que consumió tiempo de investigación, era encontrar el modelo ideal de celular para que pueda trabajar con el Servidor de comunicaciones y permita enviar y recibir SMS usando el puerto COM de comunicación del computador.

Un paso intermedio que se tuvo que integrar fue la utilización del bluetooth como dispositivo que permite comunicar el teléfono celular con la computadora a través de puertos virtuales seriales. Para esta

tesis la marca del bluetooth fue indiferente, pero si tuvo incidencia la clase, donde la utilizada fue de clase 2.

Por otro lado teníamos que trabajar con paquetes GPRS, definición usada en la operadora celular para transmitir datos, pero en la práctica no es más que tramas TCP/IP. Nuestro servidor que construimos, debe de tener un socket que esté escuchando por un puerto específico y que tenga una IP pública, de otra manera nuestro paquete de datos enviado por el GR64 nunca lo podíamos recibir. En la tabla 5.3 se muestra el costo de diseño de este servidor de comunicaciones.

Descripción	Horas Hombre
Investigar el celular ideal para transmitir SMS desde el computador	40
Pruebas de comunicación serial generadas por el Bluetooth	40
Pruebas envío y recepción de SMS	80
Implementación del Servidor de Comunicaciones	160
TOTAL	320

Tabla 5.3 Costo del diseño del servidor de comunicaciones

5.2. Costo de Implementación.

Los costo de implementación, se refieren netamente a los costos económicos que se incurrieron para lograr con los objetivos. Estos costos se los puede clasificar en diferentes grupos:

- Costos de hardware.- Todos los equipos y materiales que se compraron, como son: Transceiver GR64, dispositivo móvil, bluetooth, medidor, sensores infrarrojos, circuitería en general, etc.
- Costo de software.- Todas las licencias que se tuvieron que comprar, que para nuestro caso, los lenguajes utilizados y la base de datos MySQL no tienen costo alguno.
- Costo del servicio de comunicaciones.- La telefonía celular es un servicio de comunicaciones que tiene a su vez una serie de servicios que ofrecen con costos como son: paquetes de mensajes de textos, paquetes de transmisión de datos GRPS. También tiene un costo el alquiler del Internet, como medio para intercambiar datos con los paquetes GPRS.
- Costos por mano de obra.- Existen tareas que son ajenas a nuestras habilidades y que de alguna manera se tenía que contratar para cumplir con el objetivo, y fue el caso en el diseño de las tarjetas.

En los anexos se detallan cada rubro usados en cada grupo, y en la tabla 5.4 se resumen los costos que se incurrieron.

Costo	Detalle	Subtotal
Hardware	Tranceiver GR64	270,00
	Teléfono Móvil con Bluetooth	160,00
	Bluetooth MSI clase 2	29,00
	Circuitería general	37,00
	SUBTOTAL	496,00
Software	Licencia de Base de datos MySQL	0,00
	Aplicación en Visual Estudio 2005	0,00
	SUBTOTAL	0,00
Transmisión de Datos	Paquetes de mensajes SMS-Ilimitados	13,00
	Internet banda ancha 300 Kbps	30,00
	SUBTOTAL	43,00
Mano de Obra	Circuitos impresos	25,00
	SUBTOTAL	25,00
TOTAL		564,00

Tabla 5.4. Resumen de costos de Implementación.

Los costos de Hardware, software y mano de obra son únicos al inicio de la implementación del proyecto, solo los costos de transmisión de datos se repetirían de manera mensual, por lo que nuestro gasto mensual de las operaciones de corte, reconexión y lectura de energía eléctrica sería de \$43.

Por el lado de la empresa eléctrica, los costos mensuales en las operaciones de lectura y corte/reconexión las detallamos en las siguientes tablas:

Cantidad	Descripción	Costo	Subtotal
42	Personal Emelesa	218	9156
9	Vehículos	218	1962
2	Digitadores	500	1000
1	Jefe de Digitación	1300	1300
1	Adicionales	110	110
Total mensual			13528

Tabla 5.5 Costo mensual en la toma de LECTURA [20]

Cantidad	Descripción	Costo	Subtotal
34	Personal Emelesa	218	7412
17	Supervisores de Corte/Reconexión	600	10200
17	Vehículos	500	8500
17	Escaleras	20	340
34	Herramientas de trabajo	63	2142
Total Mensual			28594

Tabla 5.6 Costo mensual en las operaciones Corte/Reconexión [20]

Recursos Necesarios.

Una limitante en nuestra tesis de grado fue encontrar un modem celular que se ajuste a nuestras necesidades y que exista en el mercado. La búsqueda dio como resultado el transceiver GR64 que no está disponible en el mercado del Ecuador pero si en China. Se tuvo que importar con todos los problemas que demandan y los tiempos de espera.

Los paquetes de mensajes SMS por ser parte del estándar GSM se mantienen presente con las nuevas generaciones, pero tiene sus limitantes que son la velocidad, tamaño y no garantiza su entrega.

5.3. Usuarios Potenciales

Debido al alto costo operativo que representa actualizar cada medidor electro mecánico, para que realice operaciones remotas de lectura, corte y reconexión, lo más recomendable es buscar un mecanismo que minimice el impacto económico por la implementación.

La implementación en un comienzo sería puesta para los abonados de los bloques de departamentos donde encontraremos un banco de medidores y donde un solo GR64 será el encargado de recibir los datos y direccionarlos a cada uno de ellos. Otro tipo de abonados a los que se les debería escoger son los llamados de tarifa Industrial, ya que a ellos se los debe de monitorear las 24 horas del día y realizar su cálculo del valor del kilo watt hora de acuerdo a la hora que se realizó el consumo.

Pero también se puede implementar esta solución, en lugares donde exista una alta densidad de medidores, de esta manera se puede minimizar el costo que representa el transceiver GR64 al ser utilizado

como el único modem de comunicación. Esta agrupación de más de 10 medidores se puede encontrar en edificios, bancos, o casas de alquiler.

La solución se justificará para su implementación en aquellos usuarios calificados como especiales, que tienen sus consumos altos, son de difícil acceso y sobre todo que estemos obligados a monitorearse.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo presentamos todas las conclusiones obtenidas a través de la implementación y pruebas realizadas, así como también varias recomendaciones para el perfecto funcionamiento operativo y mejoras en la infraestructura del proyecto.

1. Elegimos un AMR de red para sacar provecho a la red GSM/GPRS que las 3 operadoras vigentes en nuestro país usan para dar sus servicios de SMS y transmisión de datos. Además, su cobertura en la actualidad llega a los rincones más alejados lo cual beneficia a nuestro proyecto.
2. La infraestructura puesta para nuestro proyecto puede ser mejorada para el caso del envío de datos desde el Servidor TMR hacia el Módulo GR64. Para esto, se deberá hacer contrato con la operadora celular para adquirir un SIM con IP pública, con esto la transmisión de datos sería totalmente usando la red GPRS.
3. Al usar la red celular para la transmisión de los datos, tendremos una ejecución de las órdenes de corte, reconexión y solicitud de lectura en un intervalo entre 4 a 7 segundos, lo que podríamos considerar que el servicio que se ofrecerá a los abonados en donde se implemente nuestro proyecto es en línea.
4. La ventaja de usar la red GPRS es la movilidad, ninguna otra forma de comunicación permite transmitir datos desde 100 sitios en el mismo día o transmitir datos mientras vas en movimiento.

5. El GR64 está en capacidad de transmitir hasta 1275 bytes por el puerto UART por lo que estará en capacidad para controlar más de un Módulo de Control ya que éste será el que ira incorporado en el medidor electromecánico. Es por esta razón que en primera instancia nuestro proyecto se lo recomienda para los abonados que viven en bloques de departamentos ya que aquí en planta baja esta un banco de medidores correspondiente a cada uno de los departamentos.

6. Para el caso del Centro de control, en lugar de usar un teléfono móvil, para tener una implementación tecnológica adecuada, se lo reemplazará por un módulo GR64 de las mismas características que el ubicado en el Módulo de Comunicación del lado del abonado. Así se dará una mejor imagen ya que al estar un teléfono móvil del lado de la empresa Eléctrica, puede generar desconfianza en la funcionalidad del proyecto.

7. Para el caso de administrar varios medidores, se podría adicionar un módulo con ROM externa usando otro PIC de la familia 16F8X para que en este se almacene de manera remota los códigos de los medidores a los cuales el GR64 va a controlar, de ésta forma cada vez que se envíe una trama de datos con el código del medidor desde el

Servidor TMR, el GR64 la recibirá y verificará el código enviado y enviará sin error la orden cualesquiera que ésta sea al medidor.

8. Los mensajes de textos además son usados para enviar a los clientes notificaciones sobre acciones de corte o reconexión con 1 día de anticipación, a fin de proteger sus electrodomésticos. Además, el abonado podrá realizar consultas en línea de su valor pendiente de pago o consultar el código asignado a su medidor, enviando un mensaje dirigido al Servidor TMR el cual está sincronizado con el teléfono móvil que recibirá el mensaje y contestará automáticamente lo solicitado.

9. Al ser un servicio en tiempo real, con la implementación de nuestro proyecto se podrá mejorar el servicio hacia los abonados ya que estos podrán consultar su saldo pendiente, así como también se les informará con tiempo el corte de energía para evitar cualquier tipo de molestia. Por otro lado, la empresa eléctrica se beneficiará enormemente ya que no necesitará del factor humano para realizar las operaciones de corte y reconexión del servicio, reduciendo sus gastos operativos y toda la información se almacenará directamente en la base de datos evitando así la digitalización de las tomas de lecturas que se da actualmente.

Anexos

Anexo A

Código para el Módulo GR64.

```

ReceiveDataFromPc()
{
  int smssize;
  int datalen;
  int smsslot;
  char smsdata[40];
  char smsnum[13];
  char *ptInicio;
  char *ptFin;
  char IdOper[2];
  int i=2;
  int j=0;
  int baudrate_9600=3;

  smsslot = smsrs();
  dlyms(2);

  if (smsslot > 0) /* Si acabo de recibir un mensaje de texto */
  {
    smssize = smsrm (smsdata, 40, smsslot);

    if (smssize > 0) /* Si se guardó el mensaje en smsdata*/
    {
      ptInicio = sstr(smsdata,"$<");
      ptFin = sstr(smsdata,">%");

      /* Si el mensaje recibido tiene el INICIO y FIN de trama*/
      if ((ptInicio != 0) && (ptFin != 0))
      {
        while(smsdata[i]!=';')
        {
          i++;
          j++;
        }
        IdOper[0]=smsdata[i+1];

        utc(1,baudrate_9600,0);
        dlyms(7);
        uts(IdOper,2);
        dlyms(7);

        utc(0,0,0);
      }
    }
  }
}

```

```

    dlyms(7);
  }
  else{ /* Si el formato es invalido, retornará un mensaje*/
    smsra(smsnum,13,smsslot);
    smss(smsnum, "Formato NO VALIDO", 145, slen(smsnum),17);
  }
  smsd (smsslot);
}
}
}

```

```

ReceiveDataFromPic()

```

```

{
char gprsdata[12];
char datapic[15];
char *ptInicio;
char *ptFin;
int indIni=0;
int i=0;
int datasize=12;
char tcpSocket;
int pdpContext=1;
int tcp_connection=1;
int pdp_active=1;
int attach_gprs=1;
int Port = 80; /* 0x50 */
int IPAddr = 0xC809B012; /* 200.9.176.18 */
int rslt;
int envioOK=0;

dlyms(5);
utc(1,3,0);
dlyms(5);

while(envioOK==0)
{
  scpy(datapic,"");
  scpy(gprsdata,"");

  dlyms(5);
  utr(datapic,15);
  dlyms(10);

  ptInicio = strstr(datapic,"$<"); /* $<L,5>% */
  ptFin = strstr(datapic,">%");

  if ((ptInicio != 0) && (ptFin != 0))
  {
    while(datapic[indIni]!='$')
    {
      indIni++;
    }
    while(datapic[indIni]!='%')

```

```

{
    gprsdata[i] = datapic[indIni];
    i++;
    indIni++;
}
gprsdata[i] = datapic[indIni];

dlyms(5);
uts("Z",1);
dlyms(7);
envioOK=1;
i=0;
indIni=0;

pdpcont(1, 1, "internet.porta.com.ec");
dlys(5);
rslt = pdpatt(attach_gprs);
if(!rslt)
{
    rslt = pdpa(pdp_active, 1);
    if(!rslt)
    {
        rslt = ipo(tcp_connection,&tcpSocket);
        if(!rslt)
        {
            /* Abro un canal TCP con el puerto y la IP de destino*/
            rslt = tcpc(tcpSocket,Port,IPAddr,pdpContext);
            if(!rslt)
            {
                /* Envio los datos de gprsdata por el canal TCP creado*/
                rslt = tcps(tcpSocket,gprsdata,&datasize);
                dlyms(5);
                if(!rslt)
                {
                    ipc(tcpSocket);
                    pdpa(0,1);
                    pdpatt(0);
                }
            }
        }
    }
}

dlyms(5);
utc(0,0,0);
dlyms(5);
}

main ()
{
    int ArriveNewSms=29;

```

```

int Config=2;
int Input=0;

io(Config,"IO5",Input);
smsi(1,1);

while(1)
{
  dlyms(4);

  if (gtf(ArriveNewSms)) /* Verificación de Arribo de Mensaje */
    ReceiveDataFromPc();
  else{
    if(io(0,"IO5",0))
      ReceiveDataFromPic();
  }
}
}
}

```

Anexo B.

Código para PIC 16F876.

```

#include "D:\Tesis Franz\PIC\PIC_OneMeter\pic_one.h"
#include <stdlib.h>

int senal_sensor;
static char operac=' ';
int recibido=0;

#int_RDA
void RDA_isr()
{
  operac=0x00;

  if(kbhit()){ //Formato de la cadena es Op,IdMed, por ejemplo: L,24
    operac= getc(); //Capturo la cadena enviada desde el GR64

    if(operac=='L' || operac=='R' || operac=='C'){
      output_high(PIN_B6);
    }
  }
}

```

```

    recibido=1;
}

if(operac=='Z'){
    output_low(PIN_B6);
    recibido=0;
    operac=0x00;
}
}
}

// Función que escribe en la memoria del PIC
void write_eeprom_16bits(int address, long* val){
    int pLow, pHigh;
    pLow = val;
    pHigh = val>>8;
    write_eeprom(address,pHigh);
    delay_ms(12);
    ++address;
    write_eeprom(address,pLow);
    delay_ms(12);
}

//Función que lee de la memoria del PIC
long read_eeprom_16bits(int address){
    int pLow, pHigh;
    long result;
    pHigh = read_eeprom(address);
    ++address;
    pLow = read_eeprom(address);
    result=(pHigh<<8);
    result+=pLow;
    return result;
}

```

```
void main()
{
    long consumo=0;

    setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
    setup_adc(ADC_OFF);
    setup_spi(FALSE);
    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
    enable_interrupts(INT_RDA);
    enable_interrupts(GLOBAL);

    senal_sensor=0;
    consumo=read_eeeprom_16bits(0); //Saco el ultimo valor almacenado en la memoria
interna del PIC
    if(consumo===-1){
        consumo=0;
    }

    output_low(PIN_A0);
    output_low(PIN_B7);
    output_low(PIN_B6);
    output_low(PIN_B5);
    output_low(PIN_B4);
    printf("PIC Start\n\r");

    while(TRUE){
        if(!input(PIN_B0)){
            senal_sensor=senal_sensor+1;
            delay_ms(300);
            if(senal_sensor==3){
                output_high(PIN_B7);
                delay_ms(2000);
                output_low(PIN_B7);
            }
        }
    }
}
```

```

        consumo=consumo+1;
        write_eeprom_16bits(0,consumo);
        senal_sensor=0;
        printf("L: %Ld\n\r",consumo);
    }
}
if(operac=='L') // Orden de LECTURA
{
    while(recibido==1){
        printf("$<%Ld,L>%%", consumo); //Tramas enviadas al GR64
        delay_ms(10);
    }
}

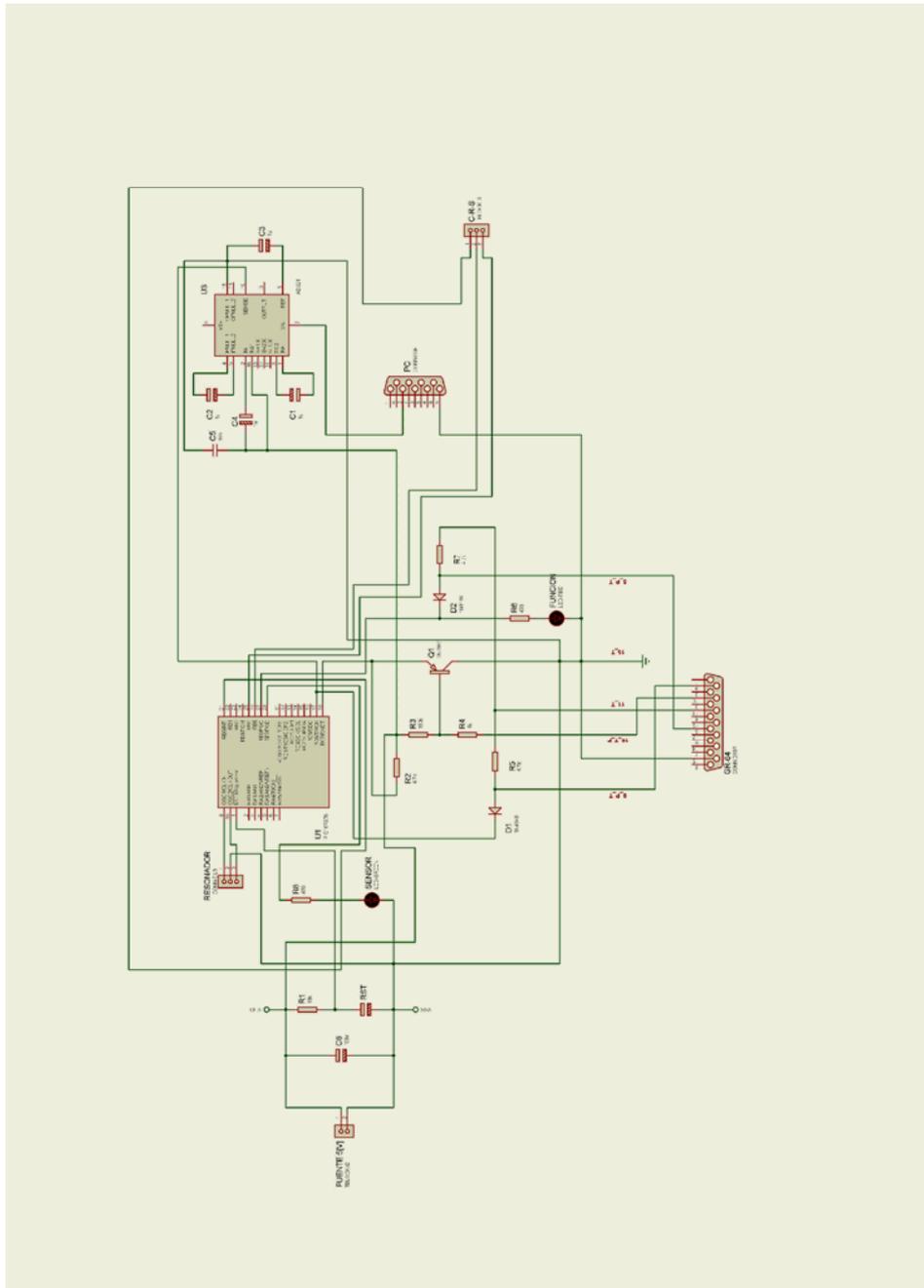
if(operac=='R') //Orden de RECONEXION
{
    output_high(PIN_B5);
    delay_ms(1800);
    output_low(PIN_B5);
    while(recibido==1){
        printf("$<OK,R>%%"); // Tramas enviadas hacia el GR64
        delay_ms(10);
    }
}

if (operac=='C') //Orden de CORTE
{
    output_high(PIN_B4);
    delay_ms(1800);
    output_low(PIN_B4);
    while(recibido==1){
        printf("$<OK,C>%%"); // Tramas enviadas hacia el GR64
        delay_ms(10);
    }
}
}
}

```

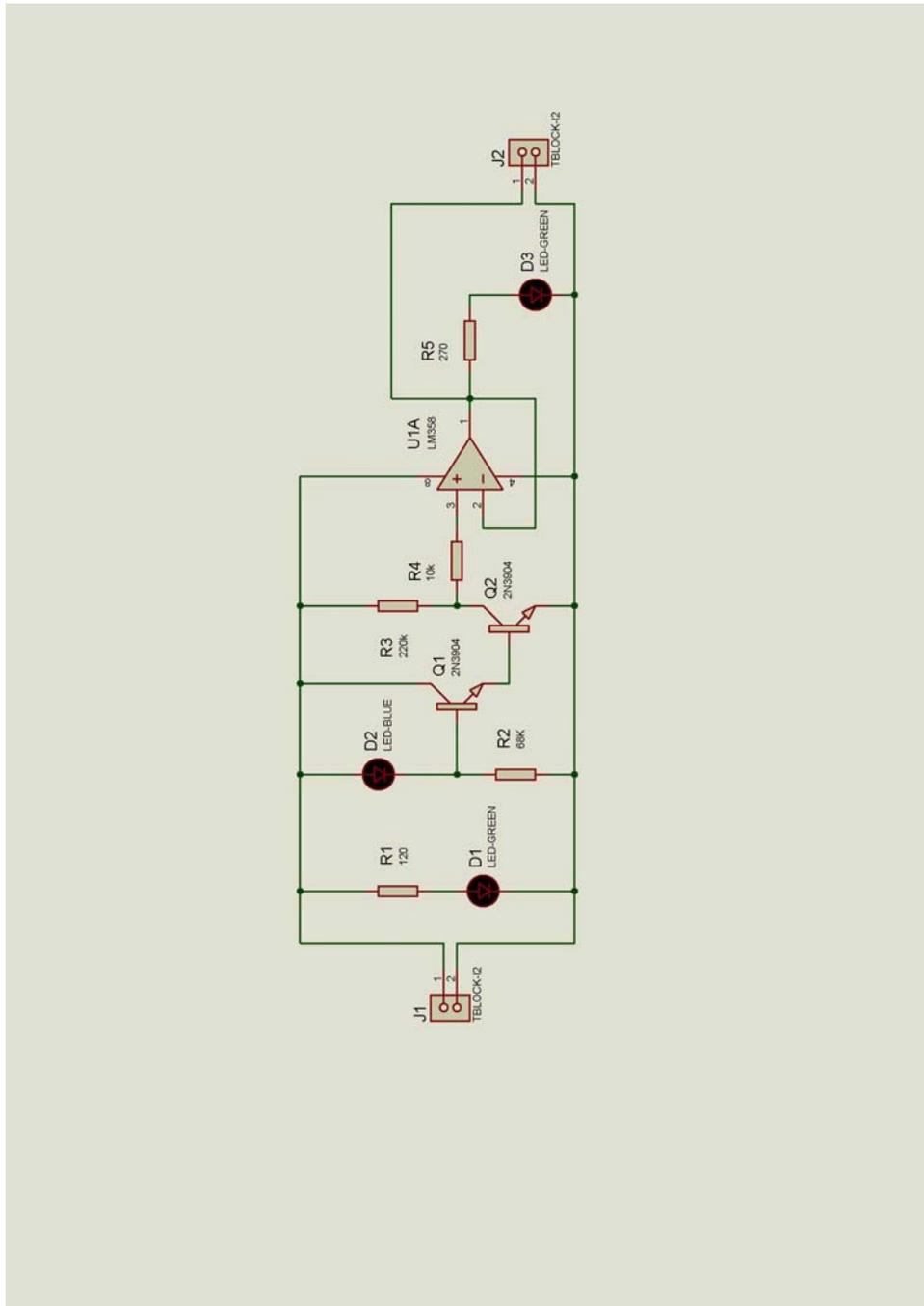
Anexo C.

Diagrama del Circuito de Memoria y Control.



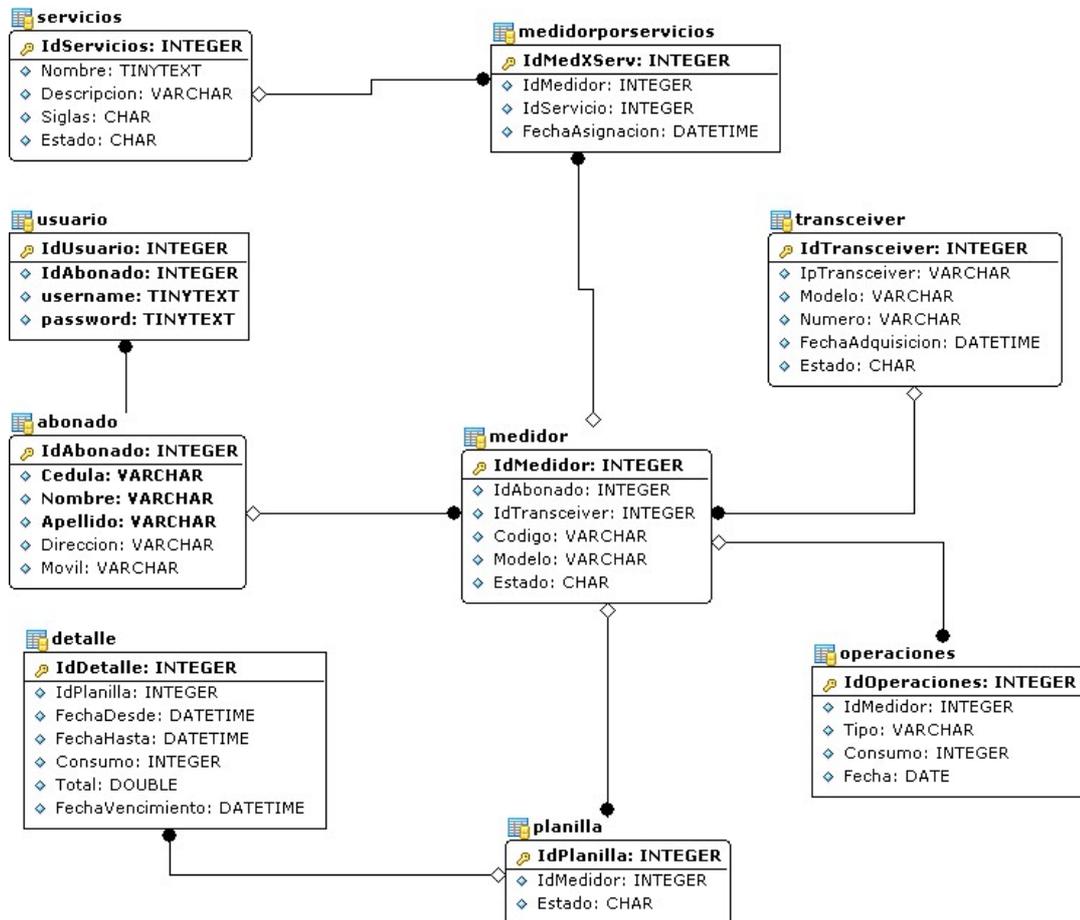
Anexo E.

Circuito de Lectura por sensor



Anexo F.

Modelo de la Base de Datos del Proyecto.



Bibliografía

[1] Consejo Nacional de Electricidad

www.conelec.gov.ec. Última visita: 8 de Febrero del 2009

[2] Servicio general de paquetes vía radio.

<http://es.wikipedia.org/wiki/GPRS>. Última actualización: 12 de Mayo del 2009

[3] Enhanced Data Rates for GSM Evolution.

<http://es.wikipedia.org/wiki/EDGE>. Última actualización: 26 de Mayo del 2009

[4] GSM.

<http://en.wikipedia.org/wiki/GSM>. Última actualización: 1 de Junio del 2009

[5] SMS

http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_de_mensajes_cortos. Última actualización: 8 de Junio del 2009

[6] Subscriber Identity Module (SIM Card).Ú

http://en.wikipedia.org/wiki/SIM_Card#Usage_in_mobile_phone_standards.
Última actualización: 27 de Mayo del 2009

[7] RS232 Protocol.

<http://en.wikipedia.org/wiki/rs232>. Última actualización: 8 de Junio del 2009

[8] Automatic meter Reading.

http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_meter_reading. Última actualización: 4 de Mayo del 2009

[9] Electricity meter.

http://en.wikipedia.org/wiki/Electricity_meter. Última actualización: 2 de Junio del 2009

[10] Telemetry.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Telemetry>. Última actualización: 8 de Junio del 2009

[11] Machine to Machine.

http://en.wikipedia.org/wiki/Machine_to_Machine. Última actualización: 27 de Mayo del 2009

[12] Telemetry via wireless GSM GPRS data networks.

<http://www.multenet.com/news/?p=21>. Última visita: 7 de Marzo del 2009

[13] GPRS Module with RS232.

<http://www.gsm-modem.de/gprs-module.html>. Última visita: 7 de Marzo del 2009

[14] An architecture for telemetry-based systems to control devices via GPRS.

http://www.unibratec.com.br/revistacientifica/n2_artigos/n2_jones.pdf

[15] Wireless Solutions for Telemetry in Civil Equipment and Monitoring.

<http://bmf.hu/conferences/saci2006/Ciubotaru.pdf>

[16] A Low-Cost Internet Connection for Intelligent Appliances.

<http://www.itcon.org/2002/3/paper.pdf>

[17] Aplicaciones de Telemetría vía Telefonía Móvil.

http://www.cefisaproyectos.com/cefisa/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=39. Última visita: 20 de Febrero del 2009

[18] Telemetry System Overview.

<http://www.comtechm2m.com/m2m-telemetry-system/m2m-telemetry-system.htm>

[19] Wavecom Wireless Company

<http://www.wavecom.com/modules/movie/scenes/home/>

[20] Empresa Eléctrica de Esmeraldas EMELESA, Departamento Financiero, Esmeraldas – Ecuador.

[21] Empresa Eléctrica de Esmeraldas EMELESA, Dirección Comercial, Esmeraldas - Ecuador

[22] Empresa Eléctrica de Esmeraldas EMELESA, Laboratorio de Medidores, Esmeraldas – Ecuador