

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

MEDIDOR ELECTRÓNICO DE CONSUMO DE AGUA CON  
INTERFAZ INALÁMBRICA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y CONTROL

CALERO CORELLA PAOLA CRISTINA

SARANGO CUENCA JUAN CARLOS

DIRECTORA: ING. ANA RODAS

Quito, Julio 2008

## DECLARACIÓN

**Nosotros, Calero Corella Paola, Sarango Cuenca Juan, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.**

**A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.**

---

**Calero Corella Paola**

---

**Sarango Cuenca Juan**

## CERTIFICACIÓN

**Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Calero Corella Paola y el Sr. Sarango Cuenca Juan, bajo mi supervisión.**

---

Ing. Ana Rodas  
DIRECTORA DEL PROYECTO

## AGRADECIMIENTO

**Agradezco a Dios por haberme regalado a todas las personas increíbles que llegaron a ser parte de mi vida, así como las personas que partieron para siempre de mi vida.**

**Agradezco a mi familia por ser incondicional en todo momento.**

**Expreso mi más sincero agradecimiento a la Ing. Ana Rodas, por toda la paciencia y conocimientos brindados para el desarrollo del presente trabajo.**

**Así como al Dr. Luis Corrales por toda la alegría y optimismo dado cada día de forma incondicional.**

**Agradezco a todos mis amigos y amigas de la poli, del colegio, de la iglesia y a mis amigas del fútbol por luchar junto a mí cada día.**

**Paola**

## AGRADECIMIENTO

**Agradezco a Dios por haberme permitido conocer personas tan maravillas que forjaron en mí cada experiencia de su vida.**

**Expreso a mi sincero agradecimiento a mi Directora de Tesis Ing. Ana Rodas que fue y será un apoyo incondicional por todo su conocimiento impartido en el presente trabajo desarrollado. Al Dr. Luís Corrales por habernos brindado su apoyo incondicional como maestro y amigo.**

**A todos mis amigos y compañeros que empezamos la carrera que gracias a todo nuestro esfuerzo hemos culminado.**

**Juan C**

## DEDICATORIA

**Dedico este pequeño trabajo a las personas que siempre han creído en mi aun cuando yo no creía en mí, a Dios por darme la fuerza diaria para vivir, a mi Padre por enseñarme a ser una mujer honesta, a mi Madre por enseñarme a ser constante, a mis Hermanas Geoconda y Gabriela por apoyarme siempre en todas mis locuras, a mis sobrinos por enseñarme a ser libre, a mi tía Martha por comprender mis sueños, a mis amigos por regalarme su tiempo cuando necesito estudiar, pelear, jugar fútbol, repetir semestres, orar e ir a la montaña.**

**Paola**

## DEDICATORIA

**Dedico este proyecto de todo corazón, a todas las personas que siempre han estado ahí en las buenas y en las malas, primero a Dios por haberme permitido estar a lado de las personas que más quiero y la fuerza que me brindaba cada día, a mi madre que esta el cielo, a mi padre que nunca se aparto de nosotros, a mis hermanos Darwin, Jimenita, Diana y Mary, a mis Tíos Mariano, Rosario, Alejandro, Mariana, abuelitos, primos y especialmente a mis amigos de estudio, que nunca dejamos de reír ya sea en las buenas y en las malas, a Roberto, Edwin, Diego, Viví, que a pesar de haber terminado una etapa más en nuestra vida nunca dejamos de vernos. Gracias por estar ahí.**

**Juan C**

## RESUMEN

La facturación mensual por concepto del suministro de servicio de agua potable es uno de los problemas que tienen planteados las compañías proveedoras, como la EMAAP (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable) ubicada en la ciudad de Quito-Ecuador. Como resultado del crecimiento del número de clientes, las compañías proveedoras de este servicio se ven en la necesidad de realizar importantes inversiones tanto en recursos humanos como en tiempo, para evitar errores por la operación manual de las lecturas de consumo, lo que ocasiona el reclamo de los clientes.

El desarrollo de las tecnologías de la información y la electrónica han hecho factible la implementación de sistemas de medición remota. Estos sistemas permiten obtener de cada residencia las medidas de consumo, sin emplear personal de campo; de esta forma se logra una facturación eficaz.

En el presente trabajo se procederá a diseñar e implementar un sistema de medición de consumo de agua electrónico, el mismo que presenta una solución al sistema de medición manual implementado actualmente en la ciudad de Quito-Ecuador. El mismo podrá ser aplicado en la medición y facturación de servicios de agua en zonas residenciales, en zonas remotas de gran dispersión geográfica, parques industriales, mantenimiento preventivo y servicios de atención al cliente.

Con el fin de automatizar la medición de consumo de agua se utiliza un sistema de medición remota compuesto de:

- Sensor de flujo electrónico
- Sistema microprocesado basado en microcontrolador PIC 16F877A
- Red celular GSM
- Celular Sony Ericsson T290a
- Hosting

## PRESENTACIÓN

El proyecto consiste en desarrollar un sistema propio de medición de consumo de agua con una interfaz inalámbrica de tal manera que los datos puedan ser vistos en una página Web. Para ello se utilizará un sensor comercial con salida digital de precio moderado.

La adquisición de datos del sensor se realiza a través de un microcontrolador PIC16F877A.

Para la transmisión inalámbrica de datos del sistema se utiliza la red celular GSM.

Con el objetivo de transmitir, recibir información y comandos de control, se emplea como elementos inalámbricos dos celulares Sony Ericsson T290a, los mismos que son manipulados a través de comandos AT (attention command). El protocolo de comunicación empleado entre el celular y el sistema desarrollado es RS232.

Uno de los celulares Sony Ericsson está montado cerca del sensor de flujo que está instalado en la residencia del cliente, con el propósito de transmitir los datos a un servidor local.

El otro celular está conectado permanentemente a un computador, que funciona como un servidor local. El software implementado en el servidor local permite adquirir los datos de consumo, para luego ser procesados. El procesamiento de datos consiste en almacenar la información adquirida, en una base de datos relacional desarrollada en MySQL, una vez almacenados los datos, el administrador del sistema se encarga de enviar la información procesada hacia el Internet.

Las herramientas computacionales utilizadas son: Visual Basic 6.0 y MySQL 5.1.11.

Para la visualización de los requerimientos del cliente como: datos personales; información del sistema de medición y obtención de la respectiva factura, se implementó y desarrolló una aplicación Web para el cliente, con la ayuda del programa computacional Adobe Dreamweaver.

Esta aplicación se encuentra disponible en: <http://www.meca-electronica.com>

## CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	2
<b>CAPÍTULO 1: ESTUDIO DE SENSORES Y NORMAS PARA MEDIDORES DE AGUA RESIDENCIALES</b> .....	4
<b>1.1. SISTEMAS DE MEDICIÓN REMOTOS</b> .....	4
<b>1.1.1. Instrumentación de campo o medidores</b> .....	4
1.1.1.1. <i>Instrumentos de presión diferencial</i> .....	5
1.1.1.2. <i>Medidores de impacto</i> .....	6
1.1.1.3. <i>Medidor de turbina</i> .....	6
1.1.1.4. <i>Medidor electromagnético</i> .....	7
1.1.1.5. <i>Totalizadores</i> .....	8
<b>1.1.2. Sistema de comunicación</b> .....	8
<b>1.1.3. Sistema de recolección y procesamiento de datos</b> .....	9
<b>1.2. SISTEMA DE MEDICIÓN DE CONSUMO DE AGUA IMPLEMENTADO EN ECUADOR EN LA CIUDAD DE QUITO</b> .....	9
<b>1.2.1. Números de sectores en los que está dividida la ciudad</b> .....	11
<b>1.2.2. Costo del metro cúbico de agua por sector</b> .....	12
<b>1.2.3. Impuestos y alcantarillado</b> .....	14
<b>1.3. NORMA ISO 4064</b> .....	15
<b>1.3.1. Introducción</b> .....	15
<b>1.3.1. Principios básicos de la medición</b> .....	17
1.3.1.1. <i>Definición de conceptos básicos</i> .....	17
1.3.1.2. <i>Medición</i> .....	19
1.3.1.3. <i>Clases metrológicas según norma ISO 4064</i> .....	21
<b>1.3.2. Tecnologías Disponibles</b> .....	22
1.3.2.1. <i>Componentes de un medidor</i> .....	22
1.3.2.2. <i>Clasificación</i> .....	23
1.3.3.2.1. <i>Clasificación según el elemento de medición</i> .....	23
1.3.3.2.2. <i>Clasificación de acuerdo al tipo de registrador y transmisión</i> .....	25
<b>1.3.3. La medición como un sistema</b> .....	26
1.3.3.1. <i>Elección de los medidores</i> .....	26
1.3.3.2. <i>Instalación</i> .....	27
1.3.3.2.1. <i>Recomendaciones de instalación</i> .....	27
1.3.3.3. <i>Lectura</i> .....	31
1.3.3.3.1. <i>Lectura manual</i> .....	31
1.3.3.3.2. <i>Lectura automatizada</i> .....	31
1.3.3.4. <i>Mantenimiento</i> .....	31
1.3.3.4.1. <i>Preventivo</i> .....	31
1.3.3.4.2. <i>Correctivo</i> .....	32
1.3.3.4.3. <i>Estudios de optimización de gestión</i> .....	32
<b>1.4. MEDIDOR ELECTRÓNICO DE CONSUMO DE AGUA “MECA”</b> .....	33

1.4.1. Sistema Microprocesado .....	34
1.4.2. Uso de la red GSM.....	34
1.4.3. Procesamiento de datos .....	35
1.4.4. Envío de datos al hosting .....	36
1.4.5. Software del cliente.....	36
<b>CAPÍTULO 2: ESTUDIO Y DISEÑO DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE</b>	
<b>DATOS .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1. DESARROLLO INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO .....</b>	<b>37</b>
2.1.1 Características del agua: Impurezas, temperatura.....	38
2.1.2. Metrología del medidor: Caudales esperados, presión de servicio, clase precisión.....	40
2.1.3. Características del sensor a utilizar.....	41
2.1.3.1. Principio de funcionamiento .....	41
2.1.3.2. Características técnicas .....	42
2.1.3.3. Unidades de medida y conversión .....	44
2.1.3.4 Acondicionamiento del Sensor de Caudal.....	44
<b>2.2 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA GSM.....</b>	<b>46</b>
<b>2.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA TELEFONÍA CELULAR .....</b>	<b>46</b>
2.3.1. Las generaciones de la telefonía inalámbrica .....	47
2.3.1.1. Cuarta generación (4G) .....	47
<b>2.4. TECNOLOGÍA GSM .....</b>	<b>48</b>
2.4.1. Arquitectura de red GSM.....	48
2.4.1.1. La unidad móvil (MS, Mobile Station) .....	49
2.4.1.2. BSS (Base Station Sistem) .....	49
2.4.1.3. El controlador de estaciones base BSC(Base Station Controllers) .....	49
2.4.1.4. La estación de transmisión recepción (BTS, Base Transceiver Station) 49	
2.4.1.5. El centro de comunicación móvil (MSC, Mobile Switching Center)...	50
2.4.1.6. La HLR (Home Location Register).....	50
2.4.1.7. EL VLR (Visitor Location Register) .....	50
<b>2.5. SISTEMA DE RED CELULAR.....</b>	<b>50</b>
<b>2.6. LOS SMS.....</b>	<b>51</b>
2.6.1. Características de un SMS.....	52
<b>2.7. SERVICIOS SMS .....</b>	<b>53</b>
2.7.1. Servicios de Información .....	53
<b>2.8. ARQUITECTURA DE UNA RED SMS .....</b>	<b>54</b>
2.8.1. SME (Short Messanging Entity) .....	55
2.8.2. SMSC (Short Message Service Center) o SC .....	55
2.8.3. SMS- Gateway/Interworking MSC (SMS-GMSC) .....	56
<b>2.9. MODELO DE CAPAS DE LOS SMS Y PROTOCOLOS .....</b>	<b>56</b>
2.9.1. SM-AL (Short Message Aplication Layer) nivel de aplicación .....	56
2.9.2. SM-TL (Short Message Transfer Layer) nivel de transferencia.....	57
2.9.3. SM-RL (Short Message Relay Layer) nivel de repetición .....	57
2.9.4. SM-LL (Short Message Lower Layers) niveles inferiores.....	58
<b>2.10. OPERACIONES PARA ENVÍO DE MENSAJES.....</b>	<b>58</b>
2.10.1. Solicitud de información de Enrutamiento .....	58
2.10.2. Envío del mensaje punto a punto .....	59
2.10.3. Indicación de espera del mensaje corto. ....	59

2.10.4. Alerta del centro de servicio .....	59
<b>2.11. PASOS DE ENVÍO Y RECEPCIÓN DE SMS, CLASES DE SMS</b> .....	59
2.11.1. Pasos para el envío.....	59
2.11.2. Pasos para la recepción .....	60
2.11.3. Clases de mensajes cortos .....	61
<b>2.12. TRANSMISOR-RECEPTOR SONY ERICSSON T290a 3GSM.</b> .....	61
2.12.1. Terminal de Transmisión.....	61
2.12.1.1. Requisitos que debe cumplir el Terminal de Transmisión .....	62
2.12.1.2. Tecnología GSM .....	62
2.12.1.3. Capacidad de enviar y recibir mensajes .....	63
2.12.1.4. Puerto de comunicación de datos.....	63
2.12.1.5. Puerto de comunicación .....	63
<b>2.13. SELECCIÓN DE LOS TERMINALES DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN</b> .....	63
<b>2.14. SONY ERICSSON T290a 3GSM.</b> .....	64
2.14.1. Características Generales .....	64
2.14.2. Nivel y calidad de señal para terminales GSM.....	65
2.14.3. Puerto de comunicaciones.....	66
2.14.3.1. Pines del puerto de comunicación.....	67
2.14.3.2. Pines utilizados en la comunicación .....	68
2.14.3.3. Comandos AT y el teléfono Sony Ericsson T290a 3GSM.....	69
2.14.4. Problemas que presentan los teléfonos celulares .....	69
<b>2.15. COMANDOS AT</b> .....	74
2.15.1. Descripción .....	74
2.15.2. Objetivo de los comandos AT .....	74
2.15.3. Ejecución de comandos AT.....	75
2.15.3.1. Comandos de configuración.....	75
2.15.3.2. Comandos para envío de SMS.....	77
2.15.3.3. Comandos para recepción de SMS.....	79
2.15.3.4. Comandos para borrar un SMS .....	82
2.15.4. Código de resultado y error .....	83
<b>CAPÍTULO 3: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MEDIDOR ELECTRÓNICO</b>	
<b>DE CONSUMO DE AGUA</b> .....	85
<b>3.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	85
<b>3.2. DESCRIPCIÓN DEL MICROCONTROLADOR PIC16F877A.</b> .....	86
3.2.1. Adquisición de datos del sensor de flujo.....	86
3.2.2. Protocolo de comunicación I2C.....	87
3.2.2.1 Bus no Ocupado .....	88
3.2.2.2. Inicio de Transferencia de datos .....	88
3.2.2.3. Parada de transferencia de datos.....	88
3.2.2.4. Datos válidos .....	88
3.2.2.5. Confirmación (Acknowledge).....	89
3.2.2.6 Selección de Resistencias del bus I2C.....	89
3.2.2.7. Cálculo de la Velocidad del Bus I2C. ....	90
3.2.3. Respaldo de datos del sistema .....	90
3.2.4. Reloj DS1307 (RTC, Reloj en tiempo real) .....	91
3.2.4.1 Modo escritura del DS1307 (modo receptor esclavo).....	91
3.2.4.2 Modo lectura del DS1307 (modo transmisor esclavo).....	92

<b>3.2.5. Sistema de visualización</b> .....	93
<b>3.2.6. Modo de operación maestro-esclavo</b> .....	94
3.2.6.1. Descripción del maestro .....	94
3.2.6.1.1 Medición .....	98
3.2.6.1.2 Interrupción externa INT .....	98
3.2.6.1.3 Modo RTC .....	98
3.2.6.1.4 Modo EEPROM .....	99
3.2.6.1.5 Tamaño de la EEPROM .....	100
3.2.6.2. Descripción del esclavo .....	100
3.2.6.2.1 Comunicación Serial .....	103
3.2.6.2.2 Lista de Comandos Recibidos por SMS para el Control del Medidor Electrónico de Consumo de Agua. ....	104
<b>3.2.7. Protocolo de comunicación RS-232</b> .....	105
<b>3.2.8. Fuente de alimentación</b> .....	106
3.2.8.1 Protecciones .....	107
3.2.8.2. Cargador de baterías .....	108
3.2.8.3. Selección de la batería .....	108
<b>3.3. DESCRIPCIÓN DEL TELÉFONO RECEPTOR</b> .....	110
<b>3.3.1. Interfaz de comunicación serial</b> .....	110
<b>3.4. CONTROL DE APERTURA Y CERRADO DE LA ELECTROVÁLVULA</b> .....	110
<b>3.2. ASPECTOS TECNOLÓGICOS Y CONSTRUCTIVOS</b> .....	111
<b>3.2.1. Diseño de circuitos impresos</b> .....	112
<b>3.2.2. Construcción y ensamblaje del sistema</b> .....	113
<b>CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE SOFTWARE PARA ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS</b> .....	116
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	116
<b>4.1. DESCRIPCIÓN</b> .....	117
<b>4.1.1. Interfaces de comunicación.</b> .....	117
4.1.1.1. Interfaz .....	117
4.1.1.2. Interfaz 2 .....	118
4.1.1.3. Interfaz 3 .....	118
4.1.1.4. Interfaz 4 .....	118
4.1.1.5. Interfaz 5 .....	119
4.1.1.6. Interfaz 6 .....	119
<b>4.2. BASE DE DATOS</b> .....	119
<b>4.2.1. Definición</b> .....	119
<b>4.2.2. DBMS</b> .....	120
<b>4.2.3. Objetivo</b> .....	120
<b>4.2.4. Soluciones de las BDD (Base de datos)</b> .....	120
<b>4.2.5. Abstracción de datos</b> .....	120
<b>4.2.6. Modelo de datos</b> .....	121
4.2.6.1. Modelo Relacional .....	121
4.2.6.2. Modelo Jerárquico .....	121
4.2.6.3. Modelo de Red .....	121
<b>4.2.7. Base de datos implementada</b> .....	121
<b>4.3. DESARROLLO DE SOFTWARE DEL ADMINISTRADOR</b> .....	126
<b>4.3.1. Adquisición y almacenamiento de datos del módulo transmisor “MECA”.</b> .....	126

4.3.1.1. Modo de Operación Manual .....	126
4.3.1.2. Modo de Operación Automática. ....	128
4.3.1.3. Filtro del Mensaje .....	129
4.3.1.4. Almacenamiento de datos.....	132
4.3.1.5. Conexión Visual Basic - MySQL.....	135
4.3.2. Software diseñado para almacenar los datos.....	135
4.3.3. Administración del sistema remoto de datos .....	138
4.4. DESARROLLO DE SOFTWARE DEL CLIENTE .....	148
4.4.1 Desarrollo de la página Web .....	148
4.4.1.1. Página principal.....	149
4.4.1.2. Autenticación del usuario.....	150
4.4.1.3. Información del cliente.....	151
4.4.1.4. Información del sistema de medición .....	151
4.4.1.5. Facturación .....	152
4.4.1.6. Generar factura .....	152
4.5. ANALISIS DEL HOSTING .....	154
4.5.1. Información Preliminar .....	154
4.5.1.1. Acceso al Website .....	154
4.5.1.2. Acceso a CPANEL.....	154
4.5.1.3. Acceso a SITEBUILDERS .....	154
4.5.1.4. Cuentas POP E-MAIL.....	154
4.5.1.5. Información de carga de FTP .....	155
<b>CAPÍTULO 5: PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>	<b>156</b>
<b>5.1. PRUEBAS Y CÁLCULOS DE ERRORES DEL MEDIDOR DE ACUERDO A LA NORMA ISO 4064 .....</b>	<b>156</b>
<b>5.2. PRUEBAS Y CÁLCULOS DE ERRORES DEL MEDIDOR ELECTRÓNICO REALIZADAS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN.....</b>	<b>161</b>
5.2.1. Cálculo de Errores de Medida de Consumo de Agua .....	162
<b>5.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN EN INTERNET .....</b>	<b>164</b>
5.3.1. Autenticación de usuarios.....	164
5.3.2. Autenticación del medidor.....	166
5.3.3. Factura Obtenida.....	166
<b>5.4. GENERACIÓN DE REPORTES DEL SISTEMA EN EL SOFTWARE DEL ADMINISTRADOR.....</b>	<b>167</b>
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>168</b>
<b>6.1. CONCLUSIONES .....</b>	<b>168</b>
<b>6.2. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>170</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>171</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>172</b>

## RESUMEN

La facturación mensual por concepto del suministro de servicio de agua potable es uno de los problemas que tienen planteados las compañías proveedoras, como la EMAAP (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable) ubicada en la ciudad de Quito-Ecuador. Como resultado del crecimiento del número de clientes, las compañías proveedoras de este servicio se ven en la necesidad de realizar importantes inversiones tanto en recursos humanos como en tiempo, para evitar errores por la operación manual de las lecturas de consumo, lo que ocasiona el reclamo de los clientes.

El desarrollo de las tecnologías de la información y la electrónica han hecho factible la implementación de sistemas de medición remota. Estos sistemas permiten obtener de cada residencia las medidas de consumo, sin emplear personal de campo; de esta forma se logra una facturación eficaz.

En el presente trabajo se procederá a diseñar e implementar un sistema de medición de consumo de agua electrónico, el mismo que presenta una solución al sistema de medición manual implementado actualmente en la ciudad de Quito-Ecuador. El mismo podrá ser aplicado en la medición y facturación de servicios de agua en zonas residenciales, en zonas remotas de gran dispersión geográfica, parques industriales, mantenimiento preventivo y servicios de atención al cliente.

Con el fin de automatizar la medición de consumo de agua se utiliza un sistema de medición remota compuesto de:

- Sensor de flujo electrónico
- Sistema microprocesado basado en microcontrolador PIC 16F877A
- Red celular GSM
- Celular Sony Ericsson T290a
- Hosting

## PRESENTACIÓN

El proyecto consiste en desarrollar un sistema propio de medición de consumo de agua con una interfaz inalámbrica de tal manera que los datos puedan ser vistos en una página Web. Para ello se utilizará un sensor comercial con salida digital de precio moderado.

La adquisición de datos del sensor se realiza a través de un microcontrolador PIC16F877A.

Para la transmisión inalámbrica de datos del sistema se utiliza la red celular GSM.

Con el objetivo de transmitir, recibir información y comandos de control, se emplea como elementos inalámbricos dos celulares Sony Ericsson T290a, los mismos que son manipulados a través de comandos AT (attention command). El protocolo de comunicación empleado entre el celular y el sistema desarrollado es RS232.

Uno de los celulares Sony Ericsson está montado cerca del sensor de flujo que está instalado en la residencia del cliente, con el propósito de transmitir los datos a un servidor local.

El otro celular está conectado permanentemente a un computador, que funciona como un servidor local. El software implementado en el servidor local permite adquirir los datos de consumo, para luego ser procesados. El procesamiento de datos consiste en almacenar la información adquirida, en una base de datos relacional desarrollada en MySQL, una vez almacenados los datos, el administrador del sistema se encarga de enviar la información procesada hacia el Internet.

Las herramientas computacionales utilizadas son: Visual Basic 6.0 y MySQL 5.1.11.

Para la visualización de los requerimientos del cliente como: datos personales; información del sistema de medición y obtención de la respectiva factura, se implementó y desarrolló una aplicación Web para el cliente, con la ayuda del programa computacional Adobe Dreamweaver.

Esta aplicación se encuentra disponible en: <http://www.meca-electronica.com>

# **CAPÍTULO 1: ESTUDIO DE SENSORES Y NORMAS PARA MEDIDORES DE AGUA RESIDENCIALES**

## **1.1. SISTEMAS DE MEDICIÓN REMOTOS**

Los sistemas de medición remota de agua potable tienen por objetivo realizar una facturación más precisa y rápida eliminando el factor error humano.

Los sistemas de medición remota están compuestos por los siguientes elementos:

- Instrumentación de campo o medidores.
- Sistema de Comunicación.
- Sistema de recolección y procesamiento de la información.

### **1.1.1. Instrumentación de campo o medidores**

La instrumentación de campo o medidores son dispositivos electrónicos inteligentes que constan principalmente de un sensor de medición y un transductor. Estos elementos también poseen integrado un elemento de comunicación que les permite integrarse en una red de medidores, la misma que se comunica con un sistema de adquisición de datos centralizado, con la opción de recibir y enviar comandos para la solicitud de información. Una de las últimas innovaciones en este campo es el desarrollo de circuitos integrados, que permiten la comunicación de esta instrumentación vía Internet con el centro de control sin necesidad de una red LAN o una computadora con módem conectada a una línea telefónica.

A continuación se describen los diferentes tipos de sensores que se utilizan en la mayor parte de operaciones realizadas en los procesos industriales, laboratorios y plantas pilotos para la medición de caudales de líquidos.

SISTEMA	ELEMENTO
Presión Diferencial	Placa Orificio
Área Variable	Rotámetros
Desplazamiento positivo	Totalizador Mecánico
Velocidad	Sondas Ultrasónicas, Turbinas
Tensión Inducida	Medidor Magnético

Tabla 1.1. Descripción de Medidores Volumétricos

#### 1.1.1.1. Instrumentos de presión diferencial

Se basa en la diferencia de presiones provocada por un estrechamiento en la tubería por donde circula el fluido. El flujo es proporcional a:  $Q = K \sqrt{H}$ ,  $H$  es la diferencia de alturas de presión del fluido,  $K$  es una constante empírica.

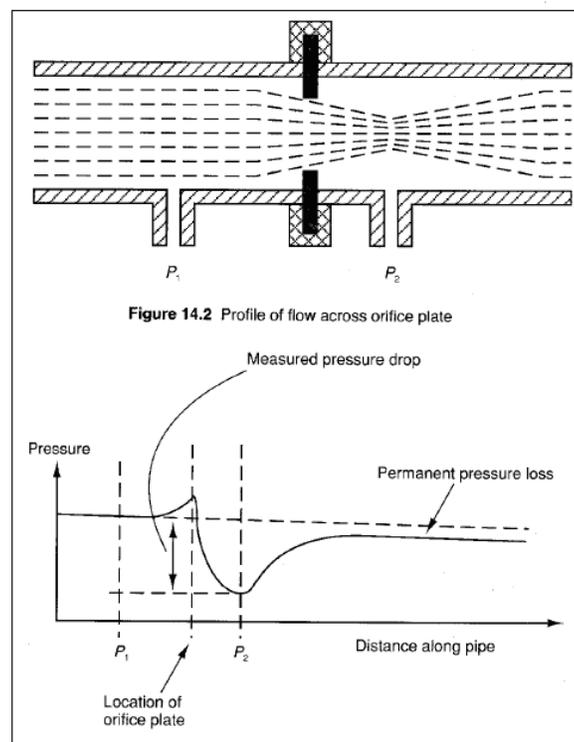


Figura 1.1. Principio de funcionamiento sensor de presión diferencial.

### 1.1.1.2. Medidores de impacto

Miden la fuerza sobre una placa (generalmente un disco circular) que se coloca en contra del flujo.

Tienen baja precisión (0.5 - 5%), pero son adecuados para fluidos sucios, de alta viscosidad y contaminados.

### 1.1.1.3. Medidor de turbina

El fluido entra en el medidor y hace girar un rotor a una velocidad que es proporcional a la del fluido, y por tanto al caudal instantáneo. La velocidad de giro del rotor se mide por conexión mecánica (un sensor registra el número de vueltas) o por pulsos electrónicos generados por cada giro.

Son los más precisos (Precisión 0.15 - 1 %).

Son aplicables a gases y líquidos limpios de baja viscosidad.

Sus problemas son: Pérdida de carga y partes móviles.

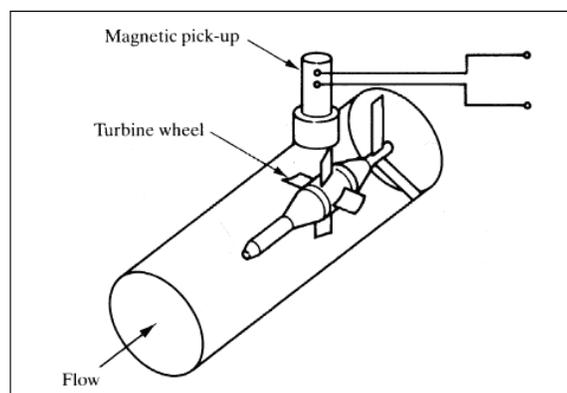


Figura 1.2. Principio de funcionamiento medidor de turbina

#### 1.1.1.4. Medidor electromagnético

Se basan en la Ley de inducción electromagnética de Faraday:

“el voltaje inducido en un conductor que se mueve en un campo magnético, es proporcional a la velocidad del conductor, dimensión del conductor, y fuerza del campo magnético” ( $E=K V D B$ ).

El medidor consta de:

- Tubo de caudal: el propio tubo (de material no magnético) recubierto de material no conductor (para no cortocircuitar el voltaje inducido), bobinas generadoras del campo magnético y electrodos detectores del voltaje inducido en el fluido.
- Transmisor: el cual se alimenta eléctricamente (C.A. o C.C.) a las bobinas. Elimina el ruido del voltaje inducido. Convierte la señal (mV) a la adecuada a los equipos de indicación y control (mA, frecuencia, digitales).
- Es poco sensible a los perfiles de velocidad y exigen conductividad de  $5\mu\Omega/\text{cm}$ .
- No originan caída de presión .
- Se usan para líquido sucios, viscosos. y contaminados.
- Precisión: 0.25 - 1%

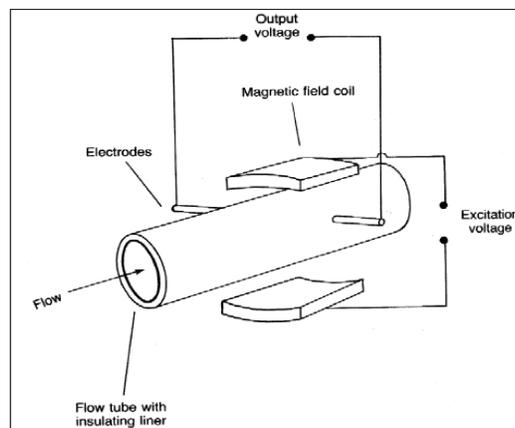


Figura 1.3. Principio de funcionamiento medidor electromagnético

### 1.1.1.5. Totalizadores



Figura 1.4. Totalizador

El principio de funcionamiento de este medidor es de desplazamiento positivo y transmite el movimiento producido por la velocidad del agua. Posee una parte móvil dentro del agua, que es la turbina de plástico, girando sobre un eje de acero inoxidable y sentada en un cojinete de tungsteno.

### 1.1.2. Sistema de comunicación

La comunicación o integración de la instrumentación inteligente con el centro de control o facturación se hace de diversos modos, utilizando diversos medios.

La comunicación entre los instrumentos de medición y su centro de control, se puede hacer a través de:

- Cable coaxial
- Fibra óptica
- Inalámbrica
- Telefonía tradicional

- Telefonía celular
- PCS
- Internet

### **1.1.3. Sistema de recolección y procesamiento de datos**

Los sistemas de recolección y procesamiento de información están ubicados en las unidades de cobro o facturación de la compañía suministradora del servicio.

Estos sistemas de procesamiento están conformados por equipos (hardware) basados en computadoras personales o estaciones de trabajo, módem como equipo de comunicación y software desarrollado para este tipo de aplicaciones. Esta plataforma permite recolectar y procesar la información suministrada por cada medidor. En base a la información recolectada y procesada el sistema es capaz de generar de forma automática la facturación del servicio.

## **1.2. SISTEMA DE MEDICIÓN DE CONSUMO DE AGUA IMPLEMENTADO EN ECUADOR EN LA CIUDAD DE QUITO**

La EMAAP-Q (Empresa Metropolitana Alcantarillado y Agua Potable Quito) dispone de un Catastro de clientes del Distrito Metropolitano de Quito que se define por la disponibilidad de redes matrices (de agua potable y alcantarillado) existentes en la zona de acuerdo a la planificación de la instalación de nuevas redes de servicio que faciliten realizar las debidas conexiones domiciliarias.

Para el proceso de medición se consideran solo los clientes que disponen de conexiones de agua potable y alcantarillado en servicio, que registren un número de cuenta que lo identifica como cliente “real” de la empresa.

Con la finalidad de administrar y controlar los procesos comerciales de medición y facturación, se ha convenido distribuir de manera uniforme a los clientes, para ello

se han creado “ciclos de facturación” que no son sino una agrupación de sectores, rutas y manzanas.

La Empresa tiene tercerizado el servicio de toma de lecturas y entrega de facturas a domicilio tanto en la ciudad como en parroquias: Hasta el mes de enero 2008 la facturación para la ciudad y las parroquias (suburbanas y rurales) se la efectuaba siguiendo los procesos:

- Elaboración del Calendario de facturación mensual
- Extracción del Sistema Comercial los datos de clientes con estado de cuenta en servicio para emitir los “Listados de Lecturas” generado por sectores y rutas de cada ciclo.
- Entrega de los listados de lecturas a los Contratistas
- Generación del archivo magnético de lecturas
- Recibo de ingreso al Sistema Comercial las lecturas ( a través de un medio magnético). Las mismas son captadas de acuerdo al ciclo correspondiente de facturación correspondiente al calendario.
- Proceso de Prefacturación que permite corregir las lecturas inconsistentes para facturar los consumos reales.
- Procesamiento de facturación y validación de los procesos comerciales de la EMAAP-Q para que se registren en el Sistema de Consultas de la EMAAP-Q.

Este proceso se mantiene para los clientes ubicados en las parroquias (suburbanas y rurales), y a partir de febrero de 2008 en la ciudad se encuentra en funcionamiento el Sistema de Facturación Inmediata.

Para la ejecución de este nuevo sistema esto es, en la automatización de la lectura del consumo, el envío de estos datos a una central y en la emisión de la factura, se debe realizar las siguientes actividades:

- La EMAAP-Q proporciona al Contratista una base de datos de clientes por ciclos y de acuerdo al Calendario de Facturación Inmediata enviada a través de la página Web.
- El contratista luego de realizar la Facturación Inmediata, valida los datos y envía a la EMAAP-Q la información procesada de igual manera por la Web de la empresa.
- La información es levantada al Sistema Comercial de la EMAAP-Q para que se registre en el Sistema de Consultas.

### 1.2.1. Números de sectores en los que está dividida la ciudad

La identificación de la ubicación física de un predio se lo realiza considerando la distribución física asignada por la EMAA-Q al área del Distrito Metropolitano de Quito, dividido en ciclos y sectores.

Parroquias Urbanas: Corresponden a los ciclos de facturación del 01 al ciclo 18 con sus respectivos sectores. (Desde el sector 001 hasta el sector 075)

CICLO	SECTORES
1	73,75
2	25,35,37,39,41,55
3	57,63,71
4	29, 31
5	67, 69
6	51, 61, 65
7	33, 49, 59
8	7, 10, 16, 18, 32, 34
9	14, 20, 22, 24, 26, 30, 36
10	40, 42, 44, 50
11	45, 47, 53
12	11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 27, 43
13	28, 38, 48
14	52, 54, 62
15	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12
16	46, 56, 64, 68
17	60, 72
18	58, 66, 70

Tabla 1.2 Ciclos de medición correspondientes a los diferentes sectores de la ciudad de Quito.

Parroquias Suburbanas: Corresponden a sectores pertenecientes a los ciclos de facturación 19 y 20.

Ciclo 19.- Los sectores de Cumbayá (405), Tumbaco (410) y Conocoto (510).

Ciclo 20.- Los sectores de San Antonio (605), Pomasqui (610) y Calderón (705).

- Parroquias Rurales: Corresponden a los sectores que conforman los ciclos de facturación 19 y 20 a excepción de los considerados como parroquias suburbanas.

CICLOS Y SECTORES			
CICLO 19		CICLO 20	
NOMBRE	No. SECTOR	NOMBRE	No. SECTOR
PUEMBO	305	SAN ANTONIO	605
PIFO	310	POMASQUI	610
TABABELA	315	CALDERON	705
YARUQUI	320	LLANO CHICO	710
CHECA	325	ZAMBIZA	715
EL QUINCHE	330	NAYON	720
GUAYLLABAMBA	335	LLOA	805
CUMBAYA	405	PUELLARO	905
TUMBACO	410	PERUCHO	910
GUANGOPOLO	505	CHAVEZ PAMBA	915
CONOCOTO	510	ATAHUALPA	920
ALANGASI	520	SAN JOSE DE MINAS	925
LA MERCED	525	CALACALI	930
AMAGUAÑA	530	NONO	935
PINTAG	535	NANEGAL	940
		NANEGALITO	945
		GUALEA	950
		PACTO	955

Tabla 1.3. Ciclos de medición correspondientes a Parroquias Suburbanas.

### 1.2.2. Costo del metro cúbico de agua por sector

“La EMAAP-Q aplica tarifas de acuerdo a la Ley de Régimen Municipal, Código Municipal y sus respectivas Ordenanzas resumidas en un Pliego Tarifario

aprobado por la Gerencia General. Este pliego Tarifario se elabora por rangos de consumo que van desde 0 m<sup>3</sup> hasta consumos mayores a 25m<sup>3</sup>; se diferencian los valores para consumo doméstico, comercial e industrial sin depender de los sectores en los que se encuentre ubicado el cliente, sin embargo se aplica una rebaja por la condición socioeconómica la mismo que viene definida en la zona catastral municipal.

Al momento, la tarifa se encuentra aplicando de acuerdo a los siguientes valores:

RANGO DE CONSUMO					
0- 20 m <sup>3</sup>		21 - 25 m <sup>3</sup>		> 25 m <sup>3</sup>	
Tarifa básica US\$	Tarifa adicional US\$	Tarifa básica US\$	Tarifa adicional US\$	Tarifa básica US\$	Tarifa adicional US\$
	0.2994	5.988	0.4172	8.074	0.6633

MESES	CARGO FIJO CONEXIÓN US \$
Feb-08	2.1

Tabla 1.4. Pliego tarifario consumo doméstico, oficial, municipal vigente a partir de noviembre de 2007.

MESES	CARGO FIJO CONEXIÓN US \$	TARIFA US\$/m <sup>3</sup>
Feb-08	2.1	0.6972

Tabla 1.5. Pliego tarifario consumo comercial e industrial vigente a partir de noviembre de 2007.

Así mismo, este pliego tarifario contempla una rebaja del 50 % en el valor de hasta 20m<sup>3</sup> facturados en todos los clientes con cuentas en servicio en todas las parroquias Rurales del Distrito Metropolitano de Quito que no se abastece de agua potable de plantas de tratamiento ubicadas en la ciudad.

Por lo que la tarifa o valor de la factura depende exclusivamente del consumo que efectúe cada cliente en su domicilio. ”<sup>1</sup>

### **1.2.3. Impuestos y alcantarillado**

“La ordenanza que reglamenta la determinación y recaudación de la tasa por servicio de operación y mantenimiento del Sistema de Alcantarillado Público publicada en el Registro Oficial No. 244 del 30 de julio de 1993, estipula:

Art.6 BASE IMPONIBLE Y TARIFAS.- “La base imponible para la determinación de esta tasa será igual al valor que el usuario pague mensualmente por el consumo de agua potable, sin tomar otros conceptos. Sobre esta base imponible, se aplicarán los siguientes porcentajes:

Durante el año 1993 el 20%, hasta cubrir un incremento del 38.60% que es el valor de los costos de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado.”

Es decir que al momento, se está aplicando el porcentaje del 38.60% del valor del consumo de agua potable por concepto de alcantarillado y no se aplica otros impuestos. ”<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> EMAAP, Oficio No CIEC-004-2008 SISDOC No GGS-2527-08, Pág. 3

<sup>2</sup> EMAAP, Oficio No CIEC-004-2008 SISDOC No GGS-2527-08, Pág. 4

## 1.3. NORMA ISO 4064

### 1.3.1. Introducción

“La Norma ISO 4064 especifica la terminología, características técnicas, metrológicas y de pérdida de presión de agua potable fría. Se aplica a los medidores de agua que pueden soportar presiones de trabajo máximo admisible (MAP) al menos 1MPa (0.6 MPa de metros para su uso con tuberías de diámetros nominales (DN), al menos 50mm) y una temperatura máxima admisible (MAT) dependiendo de la clase.

Las especificaciones de la norma ISO 4064-1 se aplican a los medidores de agua, independientemente de la tecnología, que se define como la integración de los instrumentos de medida continuamente para determinar el volumen de agua que fluye a través de ellos. ”<sup>3</sup>

En la Norma ISO 4064 se consideran diferentes aspectos; entre ellos los antecedentes históricos en los que se hace un enfoque desde el punto de vista ecológico del agua junto con el uso adecuado del medidor para obtener una relación coherente entre el medio ambiente y el consumidor.

Los antecedentes históricos de un sistema de medición son:

- **Recurso escaso.** En la Figura 1.5 se evidencia que el porcentaje de agua utilizable directamente por el hombre es escaso en relación a la cantidad de agua existente en el mundo, esta es la razón por la que se denomina que es un recurso escaso y limitado.

---

<sup>3</sup> EMAAP, Oficio No CIEC-004-2008 SISDOC No GGS-2527-08, Pág. 4

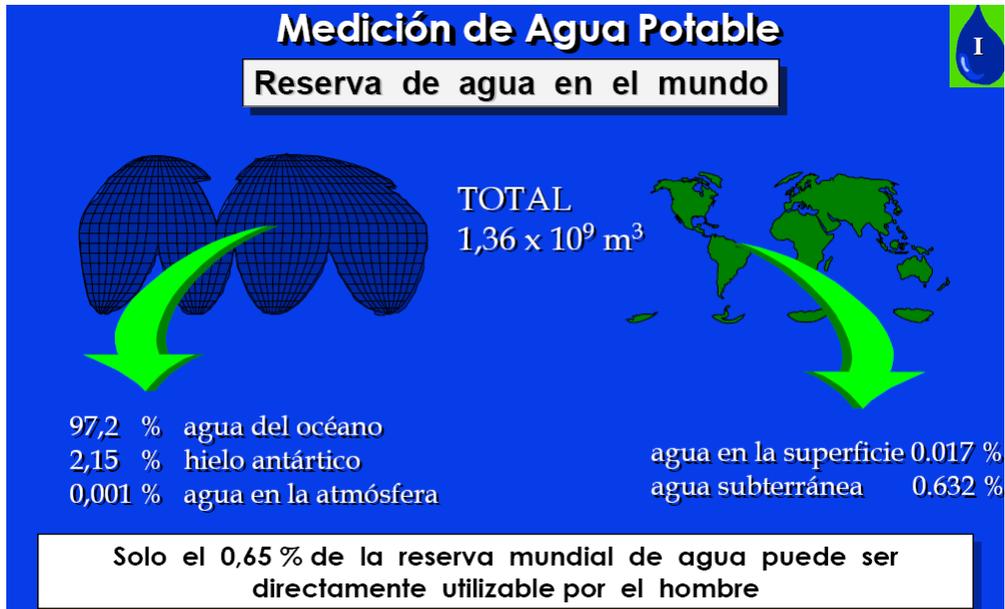


Figura 1.5 Porcentajes de la Reserva de agua en el mundo.

- Bien esencial, se considera un bien esencial debido a que un ciudadano común promedio, consume grandes cantidades de agua en actividades diarias como ducharse, cocinar, uso del servicio higiénico, tal como se indica en la Figura 1.6



Figura 1.6. Distribución del consumo diario de agua potable en clientes residenciales.

El rol del medidor es:

- Vigilante del usuario, pues permite la lectura de consumo de agua al cliente a cualquier hora del día.
- Racionalizador del consumo. Se cobra un valor agregado directamente proporcional al consumo de agua del cliente, es decir el usuario que consume mayores cantidades de agua, tendrá que pagar un valor más alto por metro cúbico de agua consumido.
- Herramienta para una buena administración. Permite al administrador realizar tareas como proyecciones de consumo mayor o menor en diferentes localidades geográficas.
- Posibilita un reparto equitativo del agua, es decir todos los clientes tienen instalado un medidor de consumo de agua idéntico el mismo que posee un rango máximo y mínimo de consumo.

### **1.3.1. Principios básicos de la medición**

Para la medición del consumo de agua se debe poner en práctica un conjunto de normas y procedimientos que permitan calcular, controlar, uniformar y gestionar un abastecimiento de agua. Los Objetivos de la medición son lograr un equilibrio entre la macro medición y micro medición. Se entiende por macro medición al agua producida y aportada a la red. Micro medición se entiende por el agua utilizada y facturada a los usuarios.

#### *1.3.1.1. Definición de conceptos básicos*

CAUDAL: Volumen de agua que circula por el medidor en un lapso de tiempo determinado (  $m^3 / h, l / h, etc$  ).

**PÉRDIDA DE CARGA:** Disminución de la presión de agua originada por la presencia del medidor en el circuito de alimentación.

**VOLUMEN MEDIDO:** Cantidad de agua registrada por un instrumento de medición.

**ERROR (EXACTITUD) RELATIVO:** Diferencia porcentual entre el volumen registrado por el medidor respecto al volumen medido por un instrumento patrón en un caudal determinado.

**PRESIÓN NOMINAL:** Presión de servicio admisible para un medidor.

**CAUDAL MÁXIMO ( $q_{max}$ ):** Es el caudal más alto en el cuál el medidor puede trabajar sin deteriorarse en períodos cortos de operación.

**CAUDAL NOMINAL ( $q_n$ ):** Es el caudal al cual el medidor debe funcionar satisfactoriamente, en utilización normal, a régimen permanente o intermitente. Equivale al 50 % del caudal máximo.

**CAUDAL MÍNIMO ( $q_{min}$ ):** Caudal a partir del cual el medidor debe funcionar dentro del máximo error relativo permitido. Corresponde a un porcentaje del caudal nominal.

**CAUDAL DE TRANSICIÓN ( $q_t$ ):** Caudal a partir del cual el valor del máximo error relativo de un medidor cambia de valor.

### 1.3.1.2. Medición

Para validar el funcionamiento de un medidor de agua se procede a realizar los siguientes cálculos de errores:

$$\text{Flujo} = \frac{\text{Volumen\_de\_agua}[m^3]}{\text{Tiempo}[h]}$$

$V_a$  : Volumen, registrado, por, el, medidor.

$V_c$  : Volumen.registrado.por.el.sist.patrn

$$\text{Error}(\%) = \frac{V_a - V_c}{V_c} * .100$$

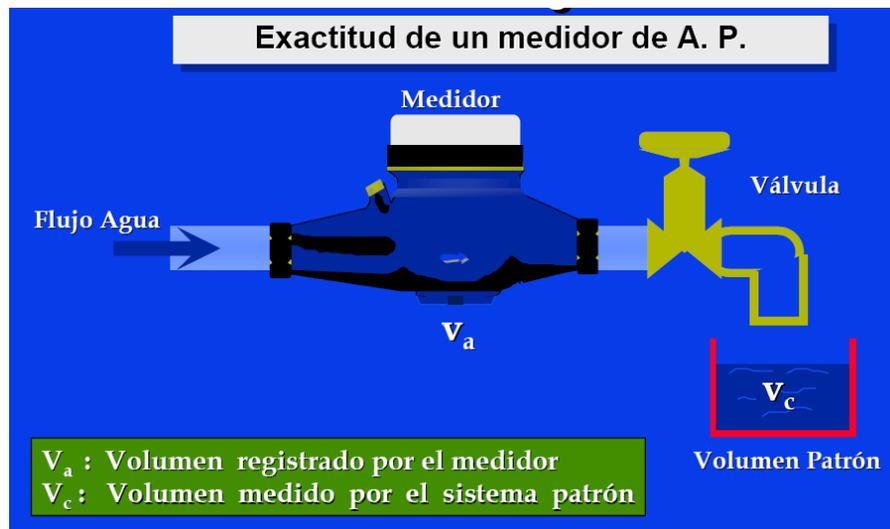


Figura 1.7. Relación de volúmenes en un medidor de agua potable.

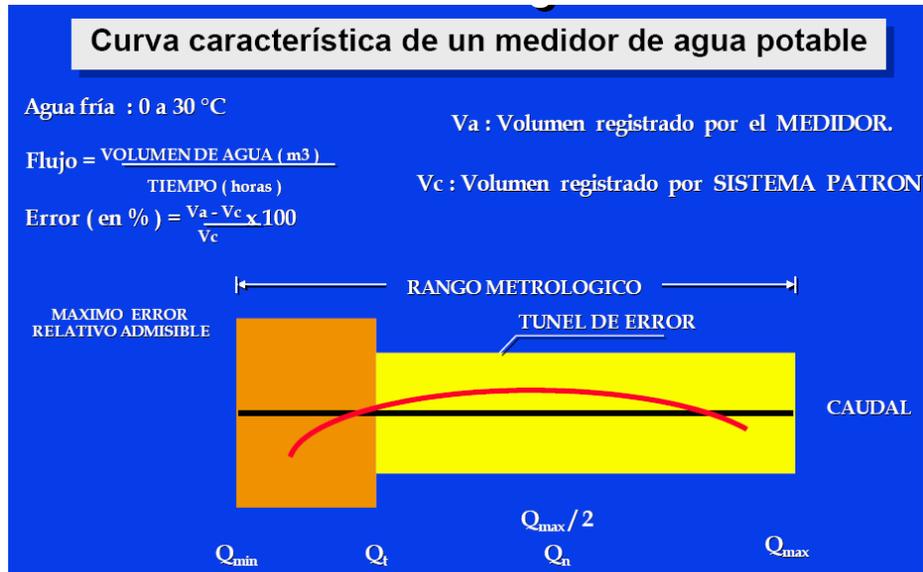


Figura 1.8. Ejemplo de cálculo de errores en un medidor de agua potable y curva característica.

Una vez obtenidos los respectivos errores, hay que tomar en cuenta los siguientes lineamientos:

- No existe un medidor ideal con un error del 0% en todo su rango metrológico.
- De acuerdo a la aplicación, debe escogerse el medidor que mejor se adapte a la misma.
- En general los máximos errores permitidos para un medidor en uso corresponden al doble de los valores exigidos en la verificación permitida.

1.3.1.3. Clases metrológicas según norma ISO 4064.

CLASE	$q_n < 15 \text{ m}^3/\text{h}$		$q_n > 15 \text{ m}^3/\text{h}$	
	$q_{\min}$	$Q_t$	$Q_{\min}$	$Q_t$
A	$0.04 \times q_n$	$0.100 \times q_n$	$0.080 \times q_n$	$0.300 \times q_n$
B	$0.02 \times q_n$	$0.080 \times q_n$	$0.030 \times q_n$	$0.200 \times q_n$
C	$0.01 \times q_n$	$0.015 \times q_n$	$0.006 \times q_n$	$0.015 \times q_n$

Tabla 1.6. Tabla de clases metrológicas según norma ISO 4064

- Máximo error permitido:  $\pm 5\%$  para  $q_{\min} \leq q \leq q_t$
- (Verificación primitiva)  $\pm 2\%$  para  $q_t \leq q \leq q_{\min}$
- La zona  $q_{\min} \leq q \leq q_t$  se denomina campo inferior de medición
- La zona  $q_t \leq q \leq q_{\min}$  se denomina campo superior de medición

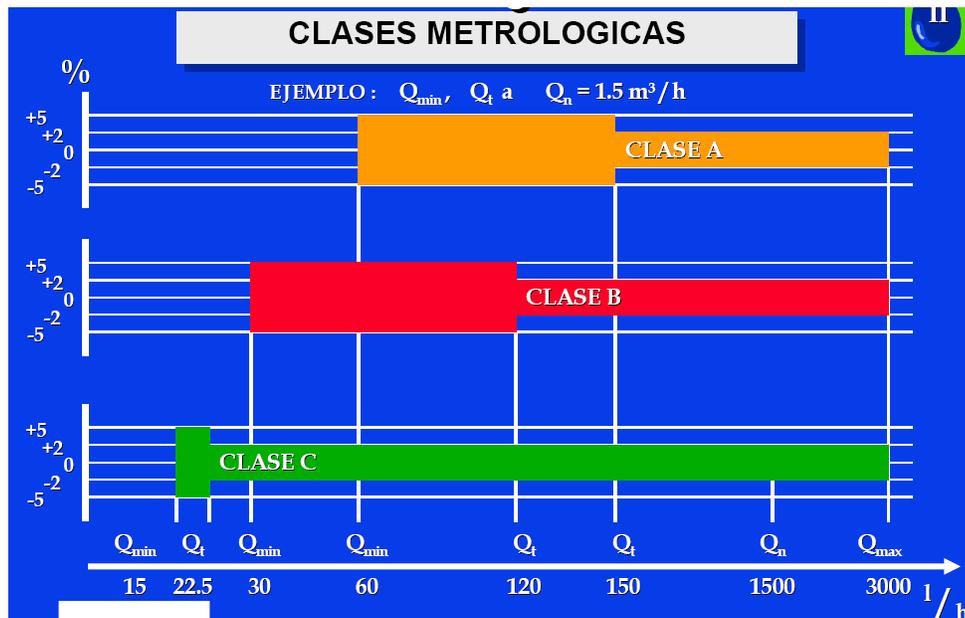


Figura 1.9. Distribución en clases metrológicas según la norma ISO 4064

### 1.3.2. Tecnologías Disponibles

#### 1.3.2.1. Componentes de un medidor

Un medidor de agua está conformado de:

- Registrador
- Tren de reducción
- Elemento de medición

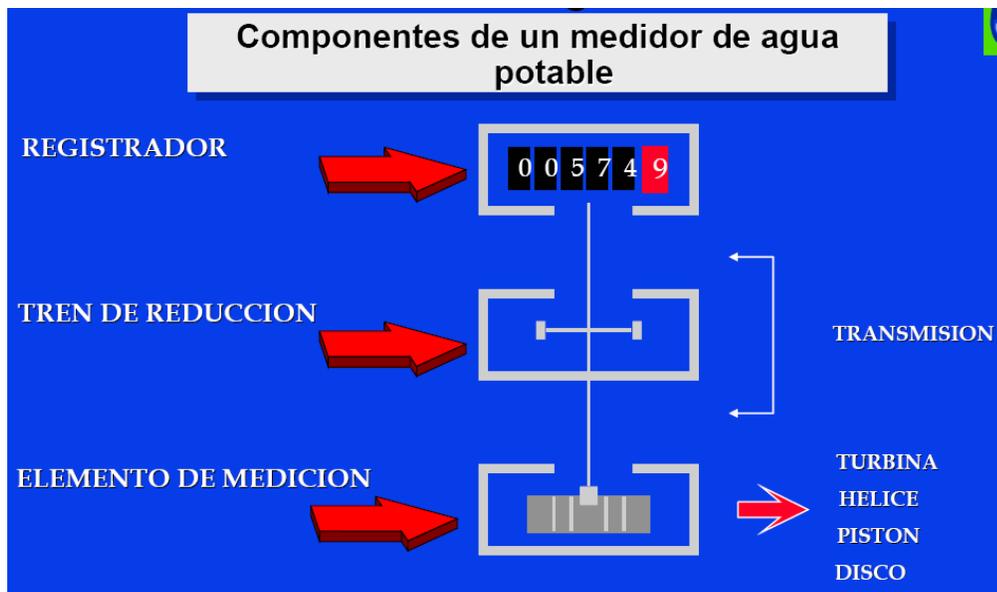


Figura 1.10. Componentes estructurales de un medidor de agua potable mecánico.

### 1.3.2.2. Clasificación

#### 1.3.3.2.1. Clasificación según el elemento de medición

**PISTON ROTATIVO:** Es un medidor de tipo volumétrico, presenta medición directa del volumen del agua, tiene sensibilidad a las impurezas del agua.

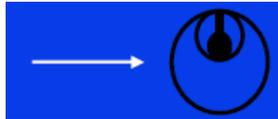


Figura 1.11. Medidor de pistón rotativo

**DISCO NUTATIVO:** Es un medidor de tipo volumétrico, presenta medición directa del volumen del agua, tiene sensibilidad a las impurezas del agua.

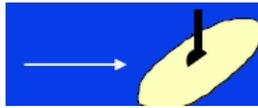


Figura 1.12. Medidor de disco nutativo

**TURBINA CHORRO ÚNICO:** Es un medidor de tipo velocimétrico, presenta un mayor tamaño, menor cantidad de piezas en contacto con el agua, razón por la cual posee mayor tiempo de vida útil.

Como desventajas se puede añadir que presenta menor estabilidad en flujos intermitentes.

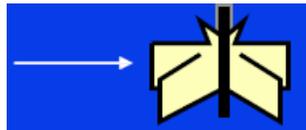


Figura 1.13. Medidor de turbina chorro único

**TURBINA CHORRO MÚLTIPLE:** Es un medidor de tipo velocimétrico, posee mayor de vida útil, mayor versatilidad y un menor tamaño.

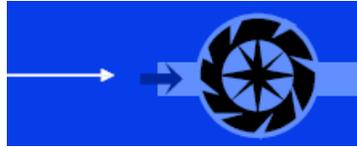


Figura 1.14. Medidor de turbina chorro múltiple

**HÉLICE VERTICAL:** Es un medidor de tipo velocimétrico



Figura 1.15. Medidor de hélice vertical

**HÉLICE HORIZONTAL:** Es un medidor de tipo velocimétrico

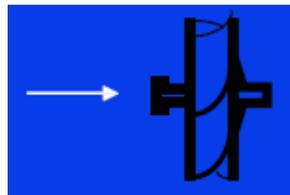


Figura 1.16. Medidor de hélice horizontal

**SISTEMA COMBINADO:** Es un medidor velocimétrico y volumétrico.

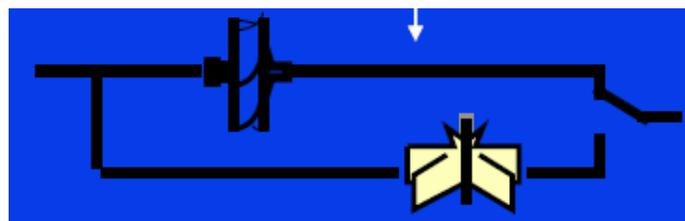


Figura 1.17. Medidor de sistema combinado

### 1.3.3.2.2. Clasificación de acuerdo al tipo de registrador y transmisión

**HÚMEDO:** Este medidor presenta menor roce (auto lubricado). Como desventajas su lectura es dependiente de la calidad del agua y posee menor número de piezas en contacto en el agua.

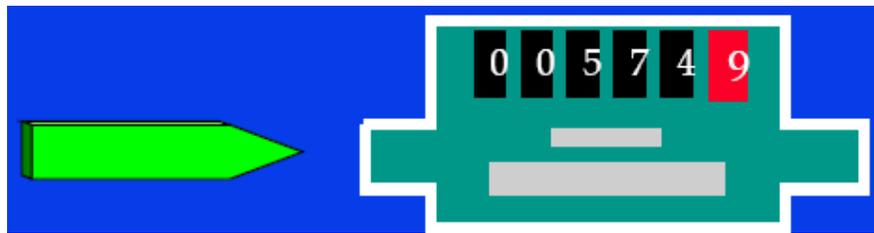


Figura 1.18. Registrador húmedo

### REGISTRADOR CON LÍQUIDO

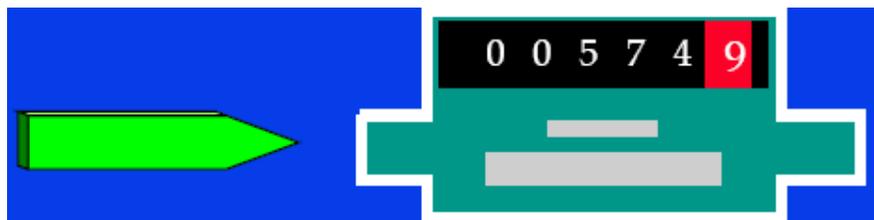


Figura 1.19. Registrador con líquido

**REGISTRO SECO:** Este medidor presenta un menor roce, una lectura menor, además conlleva la probabilidad de falla por vida útil, posee menor número de piezas en contacto con el agua.

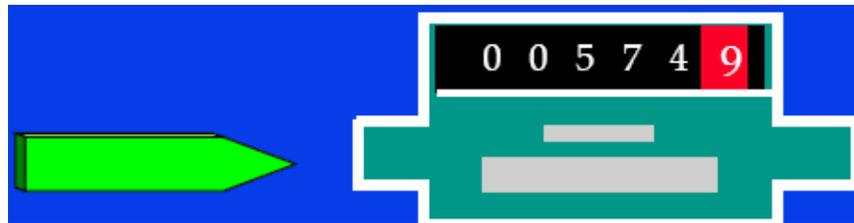


Figura 1.20. Registrador seco

REGISTRO EXTRA SECO: Este medidor posee una menor lectura, ninguna pieza en contacto con el agua, es menos compacto y es menos complejo en su construcción.

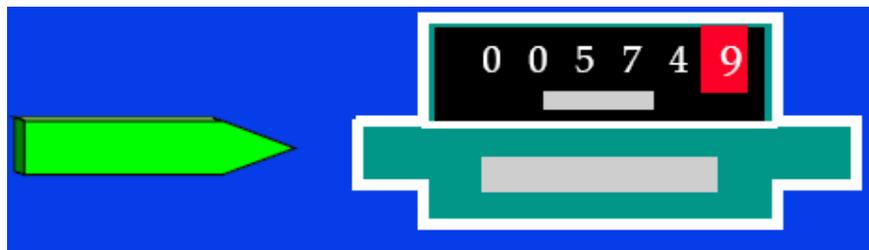


Figura 1.21. Registrador extra seco

### 1.3.3. La medición como un sistema

La medición es una actividad multidisciplinaria y requiere esfuerzos sistemáticos.

#### 1.3.3.1. Elección de los medidores

Para la selección de un medidor se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Características del agua: Impurezas, temperatura, estado de la red.
- Metrología del Medidor: Caudales esperados, presión de servicio, clase de precisión.

- Normas de instalación: Posición del medidor, tipos de accesorios.
- Estructura tarifaria: Valor del metro cúbico de agua.
- Precio del Medidor: Monto de la inversión en tiempo.

#### *1.3.3.2. Instalación*

Se procede a realizar la instalación bajo los siguientes parámetros:

- Instalación según especificaciones del fabricante.
- Evitar accesorios que inyecten turbulencias.
- Controlar la eliminación de aire.
- Educación y capacitación a los instaladores.
- Estudio y revisión permanente de las técnicas de instalación.
- Control periódico de la instalación.

##### *1.3.3.2.1. Recomendaciones de instalación*

- a. Jamás soldar sobre la tubería con el sensor instalado. La conducción del calor a través de la tubería puede producir drásticas deformaciones en los componentes del medidor.

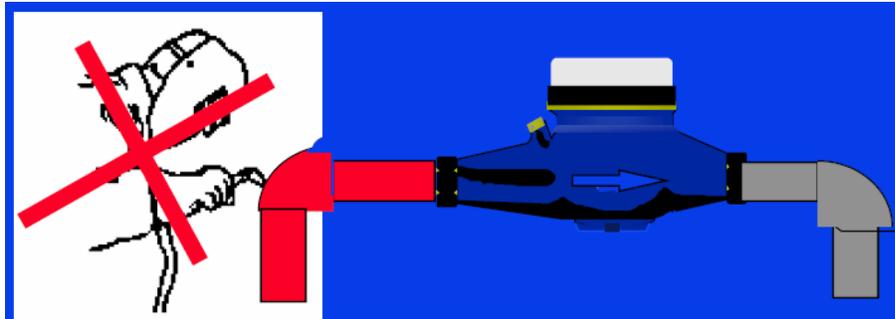


Figura 1.22. Recomendación de instalación referente a soldadura en la tubería.

- b. Poner la conexión en servicio abriendo la llave de paso en forma progresiva. La apertura de la llave de paso en forma brusca provoca el “Golpe de ariete” que puede dañar al medidor.

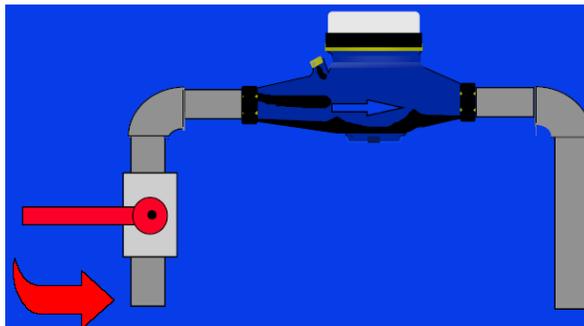


Figura 1.23. Recomendación de instalación para evitar Golpe de Ariete

- c. Instalar el medidor en una tubería horizontal y con el totalizador orientado hacia arriba.

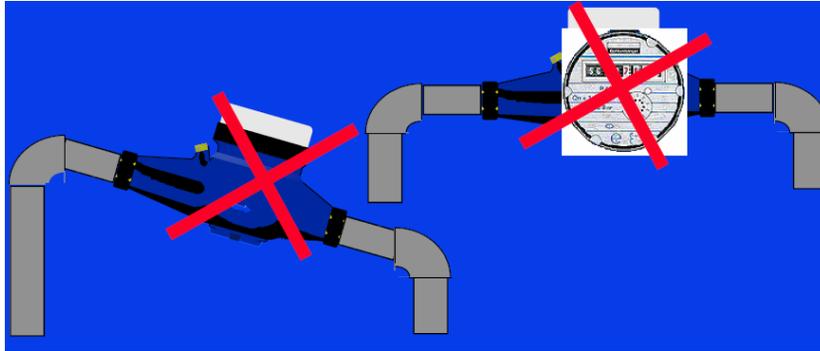


Figura 1.24. Recomendación de instalación para orientación correcta del totalizador.

- d. La flecha del cuerpo debe coincidir con el sentido de circulación del agua.

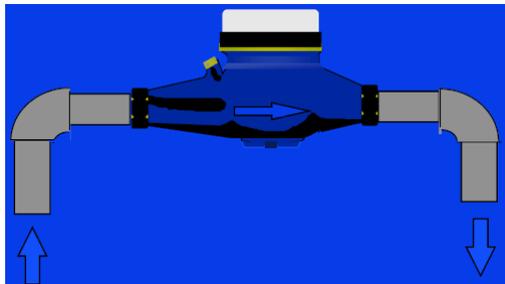


Figura 1.25. Recomendación de instalación para circulación del agua potable

- e. Purgar el aire contenido en el medidor al terminar la instalación. Para realizar la purga proceder de la siguiente manera:

- Conectar al medidor orientado su totalizador hacia abajo.

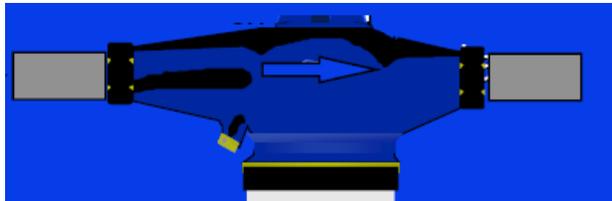


Figura 1.26. Forma de purgar el contenido de aire en el medidor de agua potable.

- Pasar un gran caudal durante 30 segundos.
- Ajustar al medidor con el totalizador orientado hacia arriba.

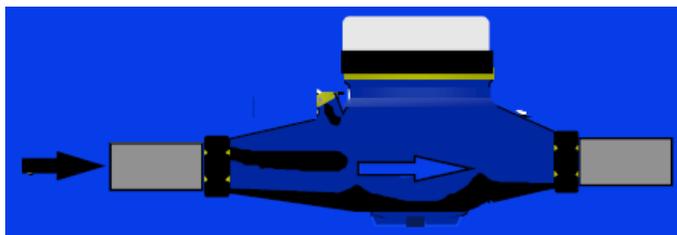


Figura 1.27. Forma de purgar el contenido de aire en el medidor de agua potable.

### 1.3.3.3. Lectura

Una buena gestión de lectura mejora la eficiencia de la empresa.

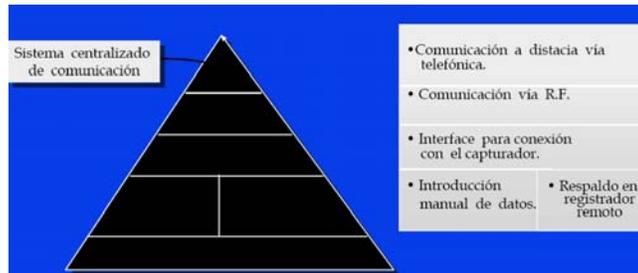


Figura 1.28. Escala de comunicación.

#### 1.3.3.3.1. Lectura manual

Este tipo de lectura es difícil de administrar y controlar, lo que ocasiona un deficiente servicio a los usuarios.

#### 1.3.3.3.2. Lectura automatizada

Este tipo de lectura permite recoger y procesar información adicional. Obteniendo con esto optimización en el proceso de facturación brindando un servicio con calidad concertada.

### 1.3.3.4. Mantenimiento

Se efectúa dos tipos de mantenimiento los cuales son preventivo y correctivo.

#### 1.3.3.4.1. Preventivo

Este tipo de mantenimiento se basa en los siguientes aspectos:

- Estudios de vida útil

- Limpieza y cambio de filtro ( sin abrir el medidor)
- Detección de fraude

#### *1.3.3.4.2. Correctivo*

Fundamentalmente se realiza el reemplazo del medidor.

#### *1.3.3.4.3. Estudios de optimización de gestión*

Estos estudios se basan en los siguientes aspectos:

- Conocer la demanda de los usuarios
- Escoger los medidores más adecuados a las necesidades
- Estudios de optimización de instalación y sectorización de redes.
- Seleccionar la mejor alternativa de captura y procesamiento de la información entregada por los medidores.
- Determinación de las pérdidas asociadas a cada subsistema (Captación – Distribución – Depuración).
- Revisión permanente de normas.

## 1.4. MEDIDOR ELECTRÓNICO DE CONSUMO DE AGUA “MECA”

En el presente trabajo se diseña e implementa un sistema de medición remota de consumo de agua, el mismo que ha sido concebido bajo con las siguientes consideraciones:

1. Sensor de flujo evaluado bajo la norma ISO 4064 para medidores de consumo de agua.
2. Confiabilidad de funcionamiento del sistema.
3. Confiabilidad de la información adquirida y enviada al sistema.
4. Alcance de la comunicación directamente proporcional al área de comunicación de la red celular GSM.
5. Diseño e implementación de software para tareas administrativas.
6. Diseño e implementación de software para usuarios.

En la Figura 1.29. se muestra el Diagrama de bloques del Medidor Electrónico de Consumo de Agua “MECA”, el cual está conformado por cinco bloques importantes.

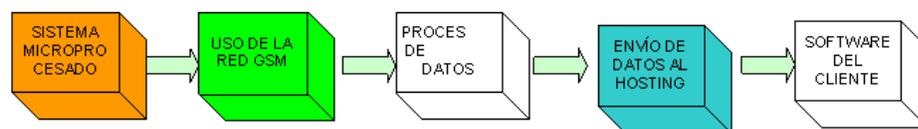


Figura 1.29. Diagrama de bloques del “MECA”

A continuación se indica el funcionamiento de cada bloque

### **1.4.1. Sistema Microprocesado**

El Sistema Microprocesado está basado en el microcontrolador Pic 16f877A, el mismo que realiza las siguientes tareas:

- Adquisición de datos del sensor de flujo OMEGA BT4600
- Envío de datos a la red GSM
- Recepción de datos de la red GSM
- Comunicación serial RS232
- Implementación del Protocolo I2C
- Control de un display de datos
- Control de apertura y cerradura de una electroválvula normalmente abierta
- Respaldo de energía
- Respaldo de datos

### **1.4.2. Uso de la red GSM**

Se utiliza un teléfono celular para hacer uso de la red GSM tanto en el sistema microprocesado como en procesamiento de datos.

Para la lectura y envío de datos se trabaja con comandos AT, los mismos que facilitan la manipulación de la información en el teléfono celular.

El alcance del sistema es directamente proporcional al alcance de la red GSM, en el desarrollo de este proyecto se trabaja con la operadora PORTA.

### **1.4.3. Procesamiento de datos**

Para el procesamiento de datos se requiere inicialmente realizar la adquisición del mensaje enviado por el sistema microprocesado a través de la red GSM.

Con un celular receptor se adquiere los respectivos mensajes con la siguiente información:

- Número de medidor
- Lectura actual de metros cúbicos consumidos
- Fecha de la medición

El procesamiento de datos y almacenamiento se ejecuta con la ayuda de los programas computacionales Visual Basic 6.0 y MySQL 5.1.11.

En este lugar reside el software desarrollado para el administrador, el mismo que está en capacidad de realizar las siguientes tareas:

- Lectura de todos los clientes del sistema
- Lectura de todas las facturas del sistema
- Lectura de todos los medidores del sistema
- Generación de reportes del sistema
- Generación de diagramas estadísticos de consumo
- Adquisición de datos de cualquier medidor

- Corte y activación del servicio

#### **1.4.4. Envío de datos al hosting**

Una vez almacenados y procesados los datos en la respectiva base de datos, el administrador del sistema sube los datos al respectivo hosting([www.meca-electronica.com/cpanel](http://www.meca-electronica.com/cpanel)) con el objetivo de publicar la información en una página WEB para uso de los clientes del sistema.

El administrador del sistema puede realizar las siguientes tareas en el hosting:

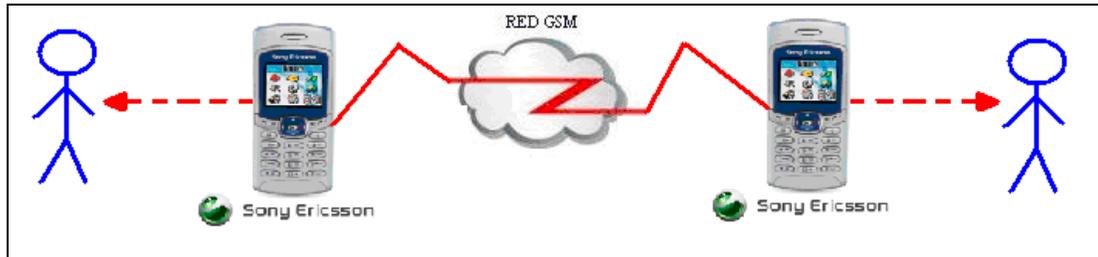
- Creación de subdominios
- Creación de bases de datos

#### **1.4.5. Software del cliente**

El software del cliente es una aplicación WEB desarrollada en Dreamweaver con lenguaje php y html. El usuario está en la capacidad de revisar información perteneciente a él como datos personales, medidores registrados a su nombre y obtención de la factura consumo de agua.

El lugar en el que reside esta aplicación es: [www.meca-electronica.com](http://www.meca-electronica.com).

## CAPÍTULO 2: ESTUDIO Y DISEÑO DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE DATOS



### 2.1. DESARROLLO INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO

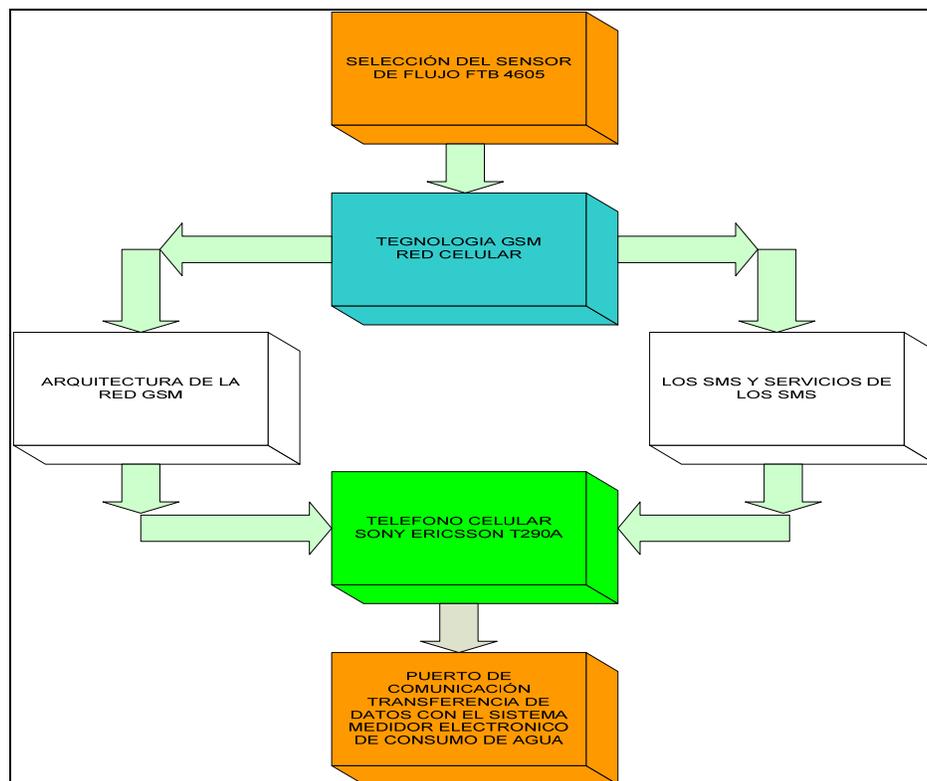


Figura 2.0 Diagrama de bloques Sensor de Flujo y la Tecnología GSM

Se realiza el acondicionamiento del sensor de flujo FTB 4605 seleccionado para dicha aplicación. El sensor de flujo entrega una señal digital, la cual será procesada y enviada inalámbricamente con la ayuda de la tecnología GSM utilizando como dispositivo el teléfono celular Sony Ericsson T290a, que posee todas las características necesarias de comunicación.

### **2.1.1 Características del agua: Impurezas, temperatura.**

El sensor que se va a utilizar en el desarrollo del proyecto. Va a ser instalado en el laboratorio de Instrumentación de la Escuela Politécnica Nacional en la ciudad de Quito el mismo que se conecta al suministro de agua potable con el que cuenta la ciudad.

El fluido circulante es agua por lo que se aplica a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 108, primera revisión, oficializada como obligatoria, Registro Oficial 108 del 21-09-2005, Acuerdo Ministerial 05684 del 08-09-2005.

La norma ISO 4064-1:2005 se aplica a los medidores de agua que pueden soportar presiones de trabajo máximo admisible de 1MPa (0.6MPa para uso con tuberías de diámetros nominales) y una temperatura máxima admisible de 30° C para agua fría y 180° C para agua caliente.

A continuación se presentan los índices máximos permitidos según la Norma Técnica Ecuatoriana:

PARÁMETRO	UNIDAD	Límite máx.
p.H.		6.5 - 8
Color	pt-Co	15
Turbiedad	NTU	5
Sólidos totales disueltos	mg/l	1000
INORGÁNICOS		
	mg/l	
Manganeso	(Mn <sup>2+</sup> )	0.1
Aluminio	(Al <sup>3+</sup> )	0.25
Hierro total	(Fe)	0.3
Amoníaco	(NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> )	1
Nitritos	(NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0
Nitratos	(NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	10
Sulfatos	(SO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>	200
Cloro residual	(Cl <sub>2</sub> )	0.3 - 0.5
MICROBIOLÓGICOS		
Coliformes totales	NMP/1000 ml	<2
Coliformes fecales	NMP/1000 ml	<2

Tabla 2.1. Parámetros del contenido máximo permitido de elementos orgánicos, inorgánicos y microbiológicos en agua potable.

### 2.1.2. Metrología del medidor: Caudales esperados, presión de servicio, clase precisión.

El medidor de agua potable que se instala en las residencias de Quito presenta las siguientes características:

Caudales esperados			Metrología
	qmáx	qn	$qn < 15m^3 / h$ $1.5m^3 < 15m^3 / h$
	$3m^3 / h$	$1.5m^3 / h$	

Tabla 2.2. Características metrológicas del medidor de agua potable utilizado por la EMAAP-Q.

En base a las características indicadas en la tabla anterior y los requerimientos necesarios del fluido circulante, se seleccionó al sensor FTB4605.

A continuación se indica las características necesarias de acuerdo al sistema de agua potable de la ciudad de Quito.

Caudales esperados				Presión	Precisión	Metrología
qmin	qmáx	qn	Qt	2.9 psig a qn	10% a qmáx	$qn < 15m^3 / h$ $1.475m^3 < 15m^3 / h$
$0.034m^3 / h$ $34.056l / h$	$2.951m^3 / h$	$1.475m^3 / h$	$0.118m^3 / h$	Máxima: 150 psig	2% a qn	Clase B

Tabla 2.3. Características metrológicas del sensor FTB4605.

El sensor FBT 4605 está dentro de la Clase B Metrológica de acuerdo a la norma ISO 4064, de campo inferior de medición ( $q_{\min} < q < q_t$ ) y campo superior de medición ( $q_t < q < q_{\max}$ ).

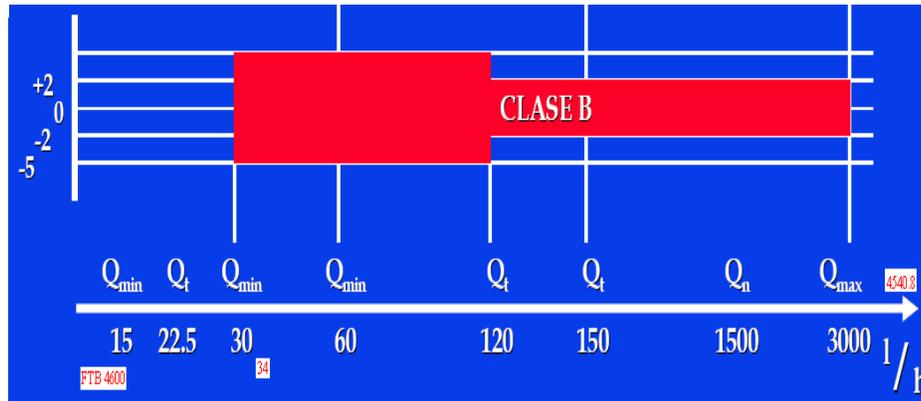


Figura 2.1. Establecimiento de la clase metrológica del sensor FBT4605

La norma exige que un medidor de agua esté dentro de una clase metrológica y el sensor FBT4605 se clasificó dentro de la clase B por  $Q_{\min}$ ,  $Q_t$  y  $Q_{\max}$ :

$$Q_{\min} = 34.056[l/h]$$

Medidas:  $Q_t = 118[l/h]$

$$Q_{\max} = 2951[l/h]$$

### 2.1.3. Características del sensor a utilizar.

#### 2.1.3.1. Principio de funcionamiento

El fluido entra en el medidor y hace girar un rotor a una velocidad que es proporcional a la del fluido y por tanto al caudal instantáneo.

La velocidad de giro del rotor se mide a través de pulsos electrónicos generados por cada giro.

Son aplicables a gases y líquidos limpios de baja viscosidad.

Problemas: Pérdida de carga y partes móviles.

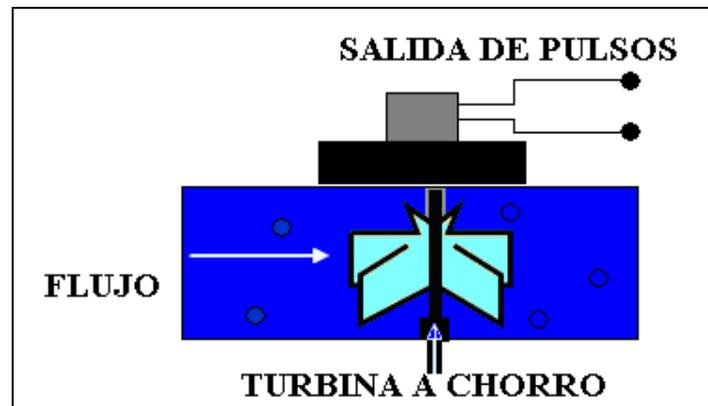


Figura 2.2. Principio de funcionamiento del sensor de caudal.

### 2.1.3.2. Características técnicas

El sensor está diseñado para largos intervalos de medición de agua para aplicaciones de facturación, el FTB4605 es uno de la serie de flujómetros con un alto rango con salida de pulsos altos en frecuencia para indicar el flujo circulante de manera remota. Es económico para aplicaciones locales de un valor mínimo de flujo hasta un flujo mayor.

La salida de pulsos es compatible con los dispositivos OMEGA DPF400 y DPF700 Series ratemeter/totalizers.

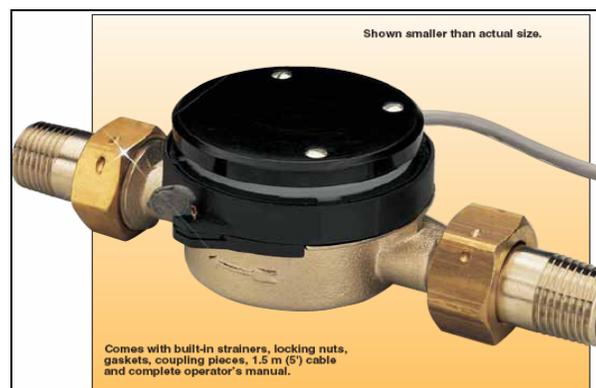


Figura 2.3. Sensor de caudal FTB4605

## ESPECIFICACIONES:

Nombre: LONG-LIFE PULSE OUTPUT WATER METERS FTB4605

- Para flujo de agua de 0.15 a 20 GPM.
- Económico.
- Alto rango de lectura 1.5 % de Porcentaje de Lectura.
- Precisión: de 10% de flujo continuo a máximo flujo  $\pm 1.5\%$  del rango flujo, bajo el 10% de flujo continuo 2% del rango de flujo.
- Rango de temperatura del flujo: 0 a 88° C.
- Partes del medidor: Cuerpo de bronce, acero inoxidable, poliamida (fibra de vidrio), propileno.
- Caída de presión: A flujo continuo 2.9 psid.
- Máxima presión: 150 psig.
- Pulsos de salida: Requiere 6 a 12 Voltios DC (Corriente continua), a 10mA (mili amperios) máxima potencia.
- Requerimientos de salida: Salida pull-up a voltaje positivo.
- Frecuencia del ciclo: 50-50.

### 2.1.3.3. Unidades de medida y conversión

Se efectuó las diversas pruebas con el sensor FTB 4605 a través de las siguientes conversiones de unidades.

Unidades:

$$1\text{lt} = 10^3 \text{cm}^3$$

$$1\text{gl} = 3.784\text{lt} = 3784\text{cm}^3$$

$$1\text{m}^3 = 10^6 \text{cm}^3 = 6.102 * 10^4 \text{pulg}^3$$

$$1\text{Kgf} = 9.8\text{N} = 2.2\text{lb}$$

$$1\text{Kg} = 2.2\text{lb}$$

Conversiones:

*Sensor \_ FTB4600*

$$q \text{ min} = 0.156\text{GPM}$$

$$q \text{ máx} = 20\text{GPM}$$

$$q \text{ min} = 0.156\text{GPM} * \frac{60 \text{ min}}{1\text{h}} * \frac{3.784\text{lt}}{1\text{gl}}$$

$$q \text{ min} = 34.056\text{lt} / \text{h}$$

$$q \text{ máx} = 20\text{GPM} * \frac{60 \text{ min}}{1\text{h}} * \frac{3.784\text{lt}}{1\text{gl}}$$

$$q \text{ máx} = 4540.8\text{lt} / \text{h} \cong 4.5408\text{m}^3 / \text{h}$$

### 2.1.3.4 Acondicionamiento del Sensor de Caudal

La señal de salida del sensor de caudal, es una señal digital de 0 a 12 [V]; para ser procesada esta señal se va a acondicionar a una señal normalizada de 0 a 5 [V]. Se diseña un divisor de voltaje como se muestra en la figura 2.4.

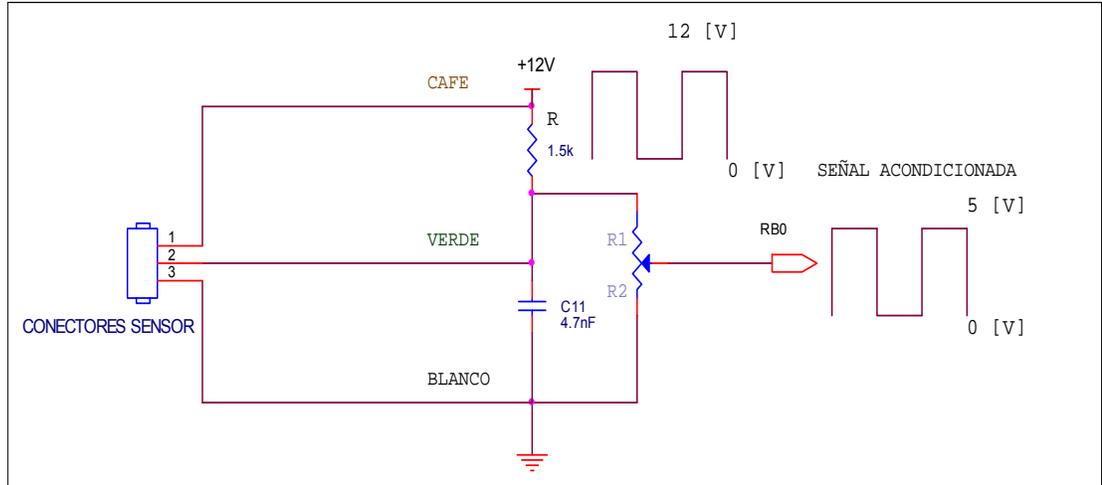


Figura 2.4. Sensor de caudal FTB4605, señal acondicionada

Diseño:

$$V_o = \frac{R1}{R1 + R2} * V_{in}$$

$V_{in_{m\acute{a}x}} = 12[V]$ , este valor de voltaje depende de la fuente de alimentaci3n al sensor.

La se1al de salida  $V_o = 5[V]$

Se asume que  $R1 + R2 = Potenci3metro = 10[K\Omega]$

$$5[V] = \frac{R1}{10[K\Omega]} * 12[V]$$

$$R1 = 4,166[k\Omega]$$

Los valores de  $R = 1.5[K\Omega]$  y  $C11 = 4.7[nF]$ , que se encuentran en serie son especificaciones del sensor, su funci3n es la de un filtro para el ruido el3ctrico ver en anexos especificaciones del sensor.

## **2.2 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA GSM**

Las tecnologías inalámbricas han tenido mucho auge y desarrollo de estos últimos años, siendo la telefonía celular la de mayor crecimiento.

Desde sus inicios a finales de los años 70 revolucionó enormemente las actividades cotidianas, y los teléfonos celulares se han convertido en una herramienta primordial para la población.

A pesar de que la telefonía celular fue concebida estrictamente para voz, en la actualidad es capaz de brindar otro tipo de servicios, como datos, audio y video con algunas limitaciones. Sin embargo, la telefonía inalámbrica hará posible aplicaciones que requieran un mayor consumo de ancho de banda.

## **2.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA TELEFONÍA CELULAR**

Martín Cooper fue el pionero en esta tecnología, a él se le considera como el padre de la telefonía celular al introducir el primer radioteléfono en 1973, en Estados Unidos, mientras trabajaba para Motorola, pero no fue hasta 1979 cuando aparecieron los primeros sistemas comerciales en Tokio, Japón por la compañía NTT.

En 1981, los países nórdicos introdujeron un sistema celular similar a AMPS (Advanced Mobile Phone System). Por otro lado, en Estados Unidos, gracias a que la entidad reguladora de ese país adoptó reglas para la creación de un servicio comercial de telefonía celular en 1983 se puso en operación el primer sistema comercial en la ciudad de Chicago.

### **2.3.1. Las generaciones de la telefonía inalámbrica**

Primera, Segunda, Tercera, Cuarta.

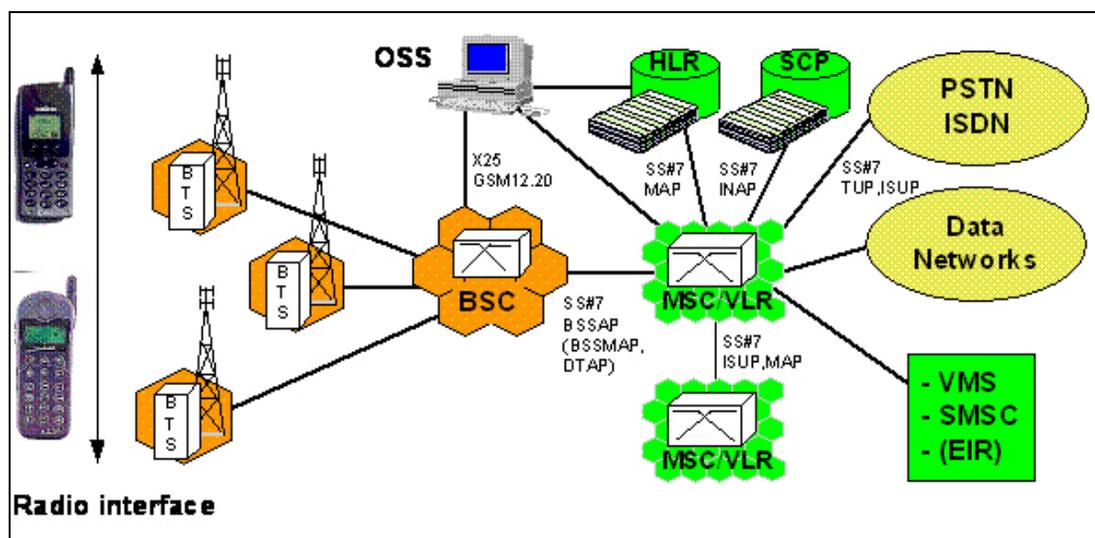
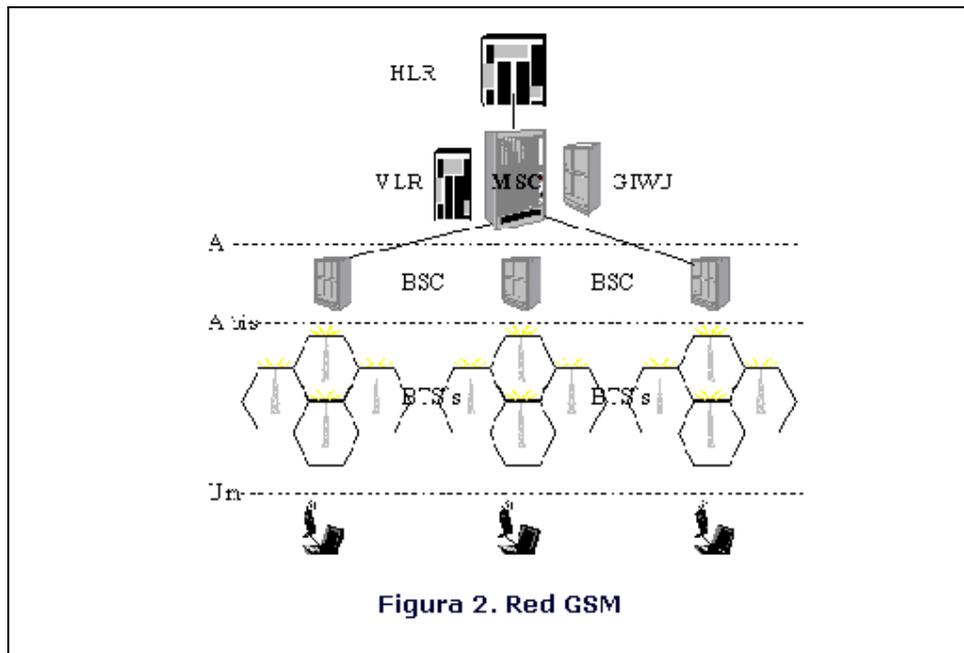
#### *2.3.1.1. Cuarta generación (4G)*

Se encuentra en desarrollo. En el año 2005 comenzaron las pruebas con esta tecnología y puede empezar a comercializarse en 2010.

Esta tecnología se caracteriza por la inclusión de una dirección IP dentro del teléfono, permitiendo conectividad del mismo en cualquier tipo de red.

## 2.4. TECNOLOGÍA GSM

### 2.4.1. Arquitectura de red GSM



En la Figura 2.5 se muestra de manera resumida la arquitectura de la red GSM; esta arquitectura es más compleja y dispone de más elementos que los presentados en la Figura.

Los componentes principales GSM son:

#### *2.4.1.1. La unidad móvil (MS, Mobile Station)*

Es el aparato telefónico o Terminal sin hilos (wireless) capaz de recibir y originar tanto mensajes cortos como llamadas de voz.

#### *2.4.1.2. BSS (Base Station Sistem)*

Formada por el BSCs(Base Station Controllers) y por BTSs (Base-Transceiver Stations), su principal responsabilidad es transmitir el tráfico de voz y datos entre las estaciones móviles.

#### *2.4.1.3. El controlador de estaciones base BSC(Base Station Controllers)*

Es un elemento introducido por GSM. Se encarga de las operaciones de transferencia de control de las llamadas y también de controlar las señales entre las BTS y las MS, con lo cual releva al centro de conmutación de varias tareas.

#### *2.4.1.4. La estación de transmisión recepción (BTS, Base Transceiver Station)*

Establece la interfaz a la unidad móvil. Está bajo el control del BSC. Procesa los canales de radio(Interfaz Um)

#### *2.4.1.5. El centro de comunicación móvil (MSC, Mobile Switching Center)*

Es una de las partes más importantes del sistema GSM y se encarga de establecer, gestionar y desplegar conexiones, así como de enrutar las llamadas a la célula correcta. El MSC proporciona la interfaz con el sistema telefónico. LLeva a cabo funciones de conmutación del sistema y el control de llamadas a y desde otro teléfono.

#### *2.4.1.6. La HLR (Home Location Register)*

Es una base de datos que contiene información sobre el usuario, su base de suscripción de origen y los servicios suplementarios que se le proveen. En lo que respecta a los SMS, el HLR le proporciona información al SMSC del enrutamiento para el usuario indicado. El HLR, también informa al SMSC, el cual previamente inició un intento de envío de SMS fallido a una estación móvil específica.

#### *2.4.1.7. EL VLR (Visitor Location Register)*

Es también un base de datos que contiene información sobre la situación de encendido/apagado de las estaciones móviles y si se han activado o desactivado cualesquiera de los servicios suplementarios.

## **2.5. SISTEMA DE RED CELULAR**

El sistema GSM está basado en una arquitectura celular que permite una mejor utilización del espectro a base de replicar unas unidades fundamentales o celdas, con las que se forma el área que se quiere cubrir. El tamaño de las celdas es un parámetro de diseño que se calcula en base al número medido de usuarios (tráfico medio generado) y el porcentaje de utilización de la estación base. Cuanto menor sea el radio de las celdas, mayor cantidad de usuarios puede soportar el sistema.

En las ciudades el radio es pequeño (100m – 1Km) mientras que las zonas menos pobladas el radio es mayor, cubriéndose con una sola estación base una mayor superficie (hasta 30Km por celda).

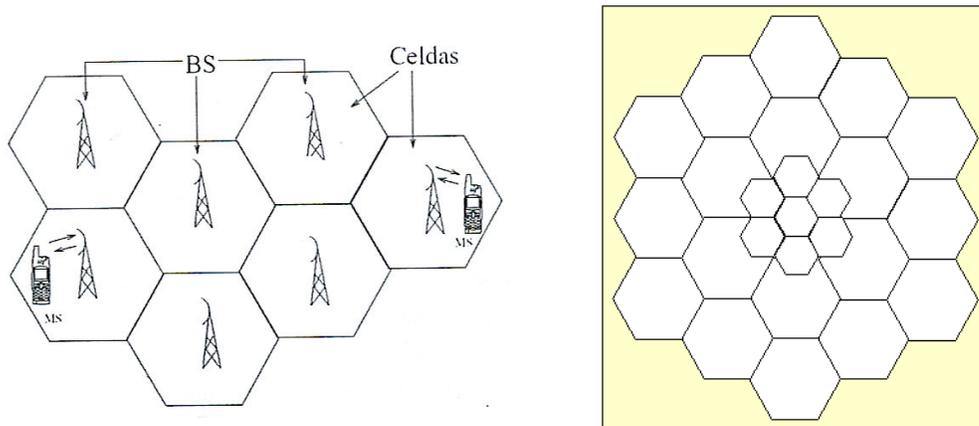


Figura 2.6 Sistema Celular

## 2.6. LOS SMS

SMS (Servicio de mensajes cortos)

1. El primer mensaje corto, se cree que fue enviado en Diciembre de 1992 desde un ordenador personal (PC) a un teléfono móvil a través de la red GSM Vodafone del Reino Unido. Cada mensaje puede tener hasta 160 caracteres cuando se usa el alfabeto latino y 70 caracteres si se usa otro alfabeto como el árabe o chino.

El SMS no es más que un sistema para enviar y recibir mensajes de texto para y desde teléfonos móviles. El texto puede estar compuesto de palabras o números o una combinación alfanumérica. Los SMS son una cadena de datos que llevan información, la única diferencia entre las llamadas de voz y los SMS, es que para mensajes se utiliza un protocolo existente en el sistema GSM a través de arquitectura de red permite el envío de datos.

### 2.6.1. Características de un SMS

Hay varias características únicas del servicio de mensajes cortos (SMS), según lo establecido dentro del estándar digital de telefonía móvil GSM. Un mensaje corto puede tener una longitud de hasta 160 caracteres, lo que se traduce en unos 140 bytes, a los cuales hay que añadirles 30 bytes por el espacio que ocupa la cabecera.

Esos 160 caracteres pueden ser palabras, números o una combinación alfanumérica. Los mensajes cortos no se envían directamente del remitente al receptor, sino que se envían a través de un centro de SMS. Cada red de telefonía móvil que utiliza SMS tiene uno o más centros de mensajería para manejar los mensajes cortos.

El servicio de mensajes cortos se caracteriza por la confirmación de mensajes de salida. Esto significa que el usuario que envía el mensaje, recibe posteriormente otro mensaje notificándole si su mensaje ha sido enviado o no. Los mensajes cortos se pueden enviar y recibir simultáneamente con las llamadas. Esto es posible porque mientras las llamadas asumen el control de un canal de radio dedicado durante la misma, los mensajes cortos viajan sobre un canal dedicado a señalización independiente de los de tráfico.

Para utilizar el servicio de mensajes cortos, los usuarios necesitan la suscripción y el hardware específico:

- Una suscripción a una red de telefonía móvil que soporte SMS.
- Un teléfono móvil que soporte SMS.
- Un destino para enviar o recibir el mensaje, ya sea una máquina de fax, un PC, un Terminal móvil o un buzón de e-mail.

## 2.7. SERVICIOS SMS

### 2.7.1. Servicios de Información

El servicio SMS permite transferir un mensaje de texto entre una estación móvil (MS) y otra entidad (SME) a través de un centro de servicio (SC).

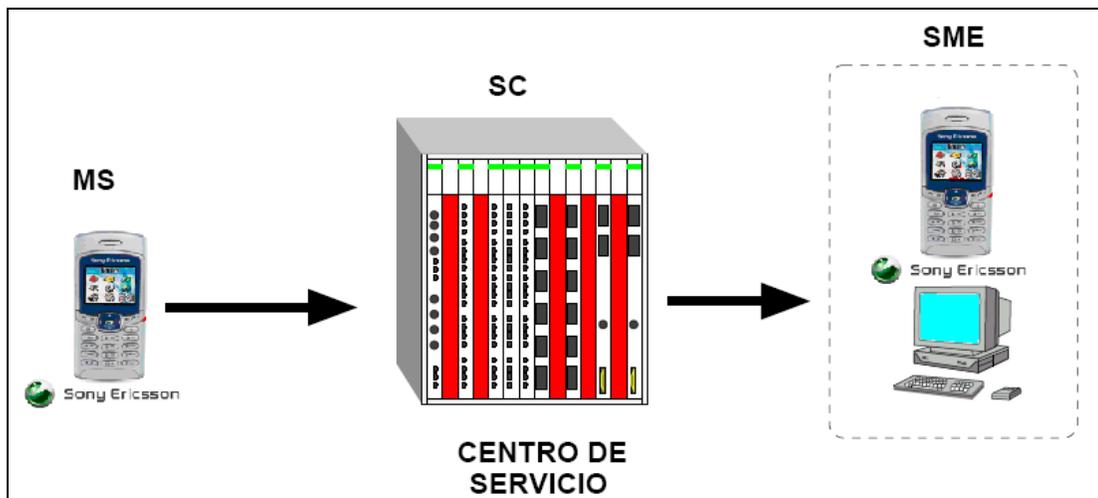


Figura 2.7 Servicio SMS

El servicio final ofrecido es una comunicación extremo-extremo entre la estación móvil (MS) y la entidad (SME). La entidad puede ser otra estación móvil o puede estar en una red fija.

En el caso de envío de un mensaje entre dos móviles, ambas partes son estaciones móviles. Cuando se envía un mensaje para solicitar algún tipo de servicio, un extremo es una estación móvil y la otra es un servidor que atiende las peticiones (o anota los votos).

En la norma GSM sólo se especifica la parte de comunicaciones, entre las estaciones móviles (MS) y el Centro de servicio. La comunicación entre el Centro de Servicio y las entidades fijas, queda fuera del ámbito de esta norma.

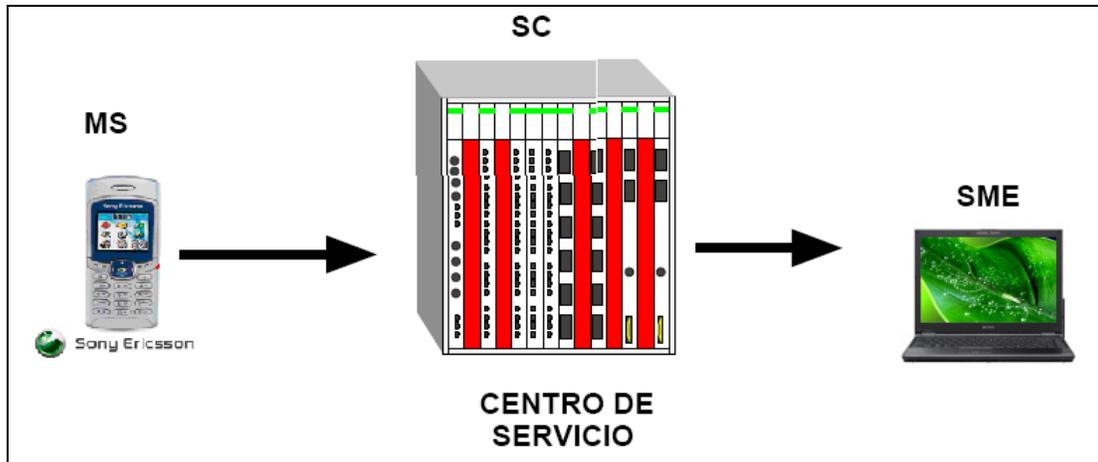


Figura 2.8 Envío de un SMS entre una MS y una entidad fija.

## 2.8. ARQUITECTURA DE UNA RED SMS

La figura 2.9, se muestra la estructura básica de una red SMS. Se incluyen tres elementos: SME, SMCS, SMS.

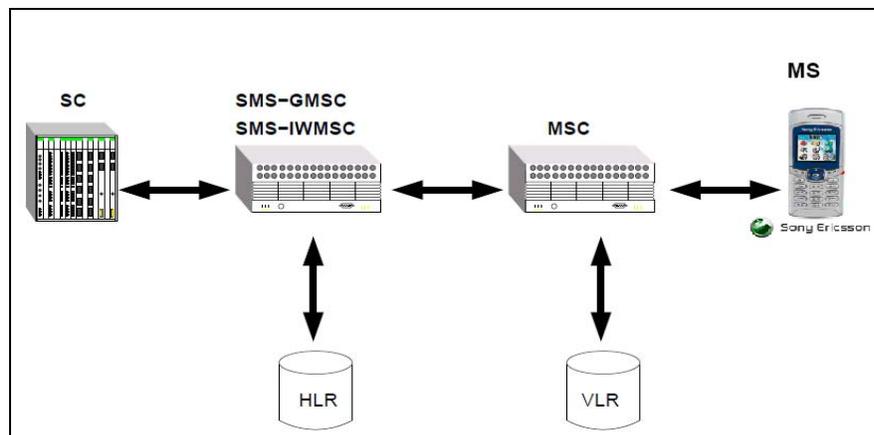


Figura 2.9 Arquitectura de una Red SMS

### **2.8.1. SME (Short Messanging Entity)**

Entidad que puede enviar o recibir mensajes cortos, que puede estar localizada en la red fija, una estación móvil, u otro centro de servicio. Un SME puede ser una aplicación del software en un teléfono móvil pero también puede ser un servidor de Internet Remoto, el etc.

### **2.8.2. SMSC (Short Message Service Center) o SC**

El centro de servicio (SC) o SMS central (SMSC) juega un papel importante en la arquitectura de SMS. El SMSC o SC, es el responsable de la transmisión y almacenamiento de un mensaje corto, entre el SME y una estación móvil.

El SMSC puede integrarse como parte de la red móvil o como una entidad móvil o como una entidad independiente de la red. El SMSC también puede localizarse fuera de la red y puede ser manejado por una tercera organización. Prácticamente, es muy común para operadores de la red adquirir uno o más SMSCs, desde que el SMS es considerado como servicio básico dentro de la red móvil.

Los operadores de las redes móviles normalmente tienen acuerdos comerciales mutuos para permitir el intercambio de mensajes entre las redes. Lo que significa que un mensaje enviado desde un SME de una red móvil **A** puede ser entregado a otro SME que se encuentra en una red móvil **B**.

El intercambio de mensajes entre usuarios de distintas redes móviles, que a veces se encuentran en otros países, es una habilidad muy importante que hace que los SMS sean muy exitosos.

### **2.8.3. SMS- Gateway/Interworking MSC (SMS-GMSC)**

Es un MSC capaz de recibir un mensaje corto de un SMSC, que interrogando el HLR(Home location Register) sobre la información de enrutamiento y envía el mensaje corto al MSC en el que se encuentra la estación móvil receptora. El "SMS-Gateway/Interworking MSC" es un MSC capaz de recibir un mensaje corto de la red móvil y enviarlo hacia el SMSC apropiado. El SMS-GMSC/SMS-IWMSC está normalmente integrado en el SMSC.

## **2.9. MODELO DE CAPAS DE LOS SMS Y PROTOCOLOS**

Para la descripción detallada de la arquitectura, se utiliza un modelo de capas. La arquitectura se divide en 4 capas: la capa de nivel de aplicación (SM-AL), capa de nivel de transferencia (SM-TL), la capa o nivel de repetición (SM-RL) y la capa o nivel inferior (SM-LL).

Cada capa proporciona los servicios a la capa superior utilizando un protocolo, se definen los protocolos **SM-TP** y **SM-RP**, que se corresponden con las capas **SM-RL** y **SM-TL**. El nivel de mayor interés es el **SM-TL**, que es el que se usa para enviar y recibir mensajes.

### **2.9.1. SM-AL (Short Message Application Layer) nivel de aplicación**

La capa aplicación se lleva a cabo en el SME, en las aplicaciones de software donde envía, recibe e interpreta el volumen de los mensajes (por ejemplo editor de mensajes, juegos, etc.). La capa de aplicación también es conocida como SM-AL.

### **2.9.2. SM-TL (Short Message Transfer Layer) nivel de transferencia**

El servicio proporcionado por la capa SM-TL permite al nivel de aplicación enviar mensajes a entidad gemela, recibir mensajes de ella así como obtener informes sobre el estado de transmisiones anteriores.

En la capa SM-TL, existen seis tipos de transacciones que pueden ocurrir entre un SME y los SMSC. Se utilizan las siguientes 6 PDUs ( Protocol Data Units) para identificarlas.

- SMS- DELIVER: Transmitir un mensaje desde el SC al MS
- SMS-DELIVER-REPORT: Error de la entrega (si lo ha habido)
- SMS-SUBMIT: Transmitir un mensaje corto desde el MS al SC
- SMS-SUBMIT-REPORT: Error en la transmisión (si lo ha habido)
- SMS-STATUS-REPORT: Transmitir un informe de estado desde el SC al MS.
- SMS-COMMAND: Transmitir un comando desde el MS al SC.

### **2.9.3. SM-RL (Short Message Relay Layer) nivel de repetición**

Proporciona un servicio al nivel de transferencia que le permite enviar **TPDU** (Transfer Protocol Data Units) a su entidad gemela. Esta capa permite el transporte de un mensaje entre varios elementos de la red. Un elemento de la red puede guardar un mensaje temporalmente si el próximo elemento al cual es remitido no está disponible. En la capa repetición, el MSC se ocupa de dos funciones a más de sus funciones usuales.

- La primera función llamada SMS MSC (SMS-GMSC) consiste en la recepción del mensaje proveniente de un SMSC e interrogar el HLR para obtener información sobre la asignación de una ruta para entregar el mensaje a un destinatario de la red.
- La segunda función es SMS Interworking MSC llamando también (SMS-IW MSC) consiste en recepción un mensaje de la red móvil y someterlo al servicio del SMSC.

La capa de repetición también es conocida como SM-RL

#### **2.9.4. SM-LL (Short Message Lower Layers) niveles inferiores**

La capa o nivel inferior permite la transmisión del mensaje a nivel físico. Esta capa también es conocida como el SM-LL.

### **2.10. OPERACIONES PARA ENVÍO DE MENSAJES**

El MAP (Mobile Application Part; define los métodos y mecanismos de comunicación en las redes inalámbricas).

Operaciones Básicas del MAP necesarias para proporcionar servicios de mensajes cortos punto a punto:

#### **2.10.1. Solicitud de información de Enrutamiento**

El SMSC extrae esta información del HLR para determinar el servicio MSC para la estación móvil tratada. Este proceso se realiza antes de entregar el mensaje, y se lleva a cabo usando mecanismos de SMSrequest y SendRoutingInfoForShortMsg en IS-41 y GSM respectivamente.

### **2.10.2. Envío del mensaje punto a punto**

Mecanismo que da significado al SMSC para transmitir un mensaje corto hacia el MSC que sirve a la estación móvil e intenta enviar un mensaje a una MS siempre que la MS esté registrada. La operación de envío del mensaje proporciona un servicio de envío en confirmación.

La operación trabaja conjuntamente con el subsistema de la MS mientras el mensaje está siendo remitido del MSC hacia la MS. Por lo tanto el éxito o fracaso de la operación puede ser causado por múltiples razones. El envío del mensaje punto a punto se lleva a cabo usando mecanismos de short-message-delivery-point-to-point (**SMD-PP**) y Forward ShortMessage en IS-41 y GSM respectivamente.

### **2.10.3. Indicación de espera del mensaje corto.**

Esta operación se activa cuando el intento de envío por parte del SMSC falla debido a algún incidente temporal. Esto da pie que el SMC solicite al HLR que añada una dirección SMSC a la lista de SMSCs para ser informado cuando la estación móvil indicada esté accesible.

### **2.10.4. Alerta del centro de servicio**

Esta operación hace que el HLR informe al SMSC, el cual previamente ha intentado enviar un mensaje corto sin éxito a la estación móvil especificada, que la estación móvil es accesible en ese momento.

## **2.11. PASOS DE ENVÍO Y RECEPCIÓN DE SMS, CLASES DE SMS**

### **2.11.1. Pasos para el envío**

1. El mensaje corto es enviado del SME al SMSC.

2. Después de completar su proceso interno, el SMSC pregunta al HLR y recibe la información de enrutamiento del usuario móvil.
3. El SMSC envía el mensaje corto hacia el MSC.
4. El MSC extrae la información del usuario del VLR. Esta operación puede incluir un procedimiento de autenticación.
5. El MSC transfiere el mensaje corto al MS.
6. El MSC devuelve al SMSC el resultado de la operación que se está llevando a cabo.
7. Si lo solicita el SME, el SMSC retorna un informe indicando la salida del mensaje corto.

#### **2.11.2. Pasos para la recepción**

1. La MS transfiere el mensaje corto al MSC.
2. El MSC interroga al VLR para verificar que el mensaje transferido no viola los servicios suplementarios para las restricciones impuestas.
3. El MSC envía el mensaje corto al SMSC usando el mecanismo ForwardShortMessage.
4. El SMSC entrega el mensaje corto al SME.
5. El SMSC reconoce al MSC el éxito del envío.
6. El MSC devuelve a la MS el resultado de la operación de envío

### **2.11.3. Clases de mensajes cortos**

Esta clasificación de SMS, se hace en base al comportamiento del mensaje al ser recibido en el teléfono destino.

- 1. Clase 0** ó FlashSMS: El texto del mensaje se presenta automáticamente en la pantalla del teléfono celular que lo recibe y no se almacena en memoria.
- 2. Clase 1:** El mensaje se almacena en la memoria del teléfono celular que lo recibe y el usuario debe buscar alguna opción del tipo “Leer Mensaje” para leerlo.
- 3. Clase 2:** El mensaje se almacena en la memoria de la tarjeta SIM del teléfono celular que lo recibe y el usuario debe buscar alguna opción “Leer Mensaje” para leerlo.
- 4. Clase 3:** El mensaje se almacena en la memoria de la tarjeta SIM del teléfono celular que lo recibe y en una aplicación externa que se ejecute sobre un ordenador conectado a este teléfono.

## **2.12. TRANSMISOR-RECEPTOR SONY ERICSSON T290a 3GSM.**

### **2.12.1. Terminal de Transmisión**

El Terminal de transmisión se trata de un teléfono celular Sony Ericsson T290a, que necesariamente debe estar conectado al sistema de medición de consumo de agua electrónico como se muestra en la Figura 2.10. La función del teléfono celular es la de transmitir el mensaje con los datos correspondientes, mediante un protocolo de comunicación entre el sistema y el teléfono.

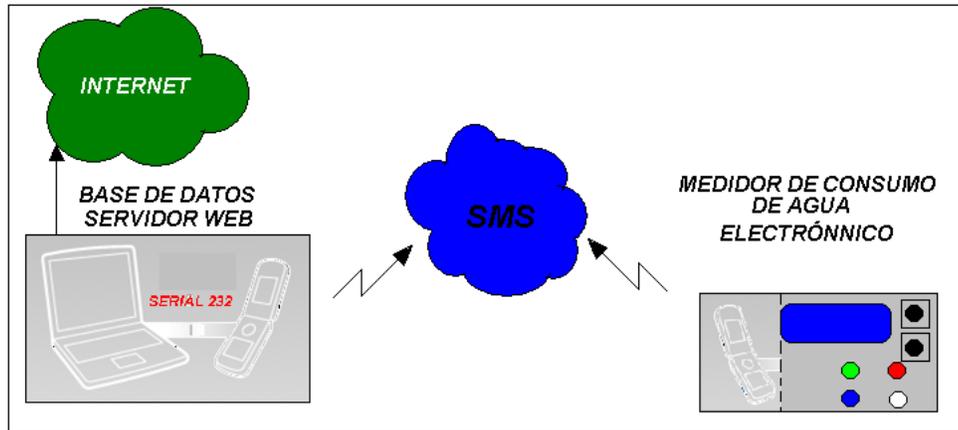


Figura 2.10 Sistema de Medición para el Consumo de Agua

#### 2.12.1.1. Requisitos que debe cumplir el Terminal de Transmisión

Para la selección del teléfono, se consideraron los siguientes parámetros que se listan a continuación:

- Tecnología GSM
- Capacidad de Recibir y Enviar Mensajes.
- Puerto de comunicación de datos.
- Protocolo de Comunicación

#### 2.12.1.2. Tecnología GSM

Se eligió a la tecnología GSM, ya que ésta internamente implementa una comunicación de datos bastante simple como es el protocolo de comunicación mediante “Comandos AT”. Dentro del área de GSM, este protocolo es más difundido ya que la tecnología GSM fue la pionera en este tipo de comunicación.

#### *2.12.1.3. Capacidad de enviar y recibir mensajes*

Todos los modelos GSM difundidos en el país, poseen la capacidad de enviar y recibir SMS, siempre y cuando se solicite este servicio a la operadora, para lo cual se debe pagar lo estipulado dentro de las políticas de la empresa.

#### *2.12.1.4. Puerto de comunicación de datos*

El teléfono Transmisor y Receptor seleccionado posee un puerto de comunicación de datos, por el cual se puede establecer una comunicación bidireccional entre el sistema de medición de consumo de agua electrónico y la base de datos. En GSM la mayoría de los modelos tienen un puerto de comunicación.

#### *2.12.1.5. Puerto de comunicación*

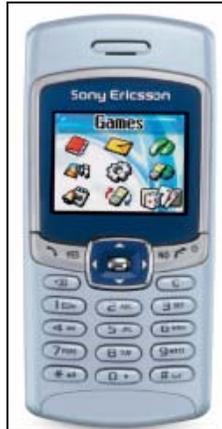
Existen varios protocolos de comunicación como son el FBUS tipo1, tipo 2 y tipo3, que son utilizados únicamente en los Modelos Nokia; pero el protocolo de comunicación mediante “Comandos AT” es uno de los más utilizados por Modems GSM de distintas marcas y que se encuentra disponible en ciertos teléfonos celulares, como Sony Ericsson, Siemens y algunos modelos Nokia.

Los “Comandos AT”, es un protocolo estandarizado dentro de la ETSI, pero tiene pequeñas variaciones entre marcas de teléfonos. Por tal motivo se seleccionó ambos teléfonos de la misma marca y los dos soportan este tipo de comandos.

### **2.13. SELECCIÓN DE LOS TERMINALES DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN**

Entre los modelos disponibles en el mercado se seleccionó el más económico con las características necesarias para la aplicación requerida, se encontró el teléfono celular Sony Ericsson T290a.

## 2.14. SONY ERICSSON T290a 3GSM



**Sony Ericsson**

Figura 2.11 Teléfono Sony Ericsson T290

### 2.14.1. Características Generales

El Sony Ericsson tiene una pantalla de 101x80 pixel LCD de 4.096 colores, Sonido polifónico de 32 voces, trabaja con Redes GSM 850 y GSM 1900. Mide 101 x 44 x 19 mm y pesa 79.2 gr.

En su software se puede encontrar una libreta de teléfonos con Imágenes, SMS (Text Messaging), correo electrónico, texto predictivo, cámara, pantalla con luz de fondo, MMS (Mensajería multimedia), EMS (Mensajería mejorada), Grabadora de sonidos, Juegos incluidos, Compositor de melodía.

Posee GPRS, es compatible con cables USB, soporta el cable RS232. WAP 1.2.1, WTLS y Configuración OTA.

Además incluye controles como: Aviso con Vibrador, Remarcación, Teclas de volumen laterales, Visualización de estado, Marcación rápida, Bloqueo del Teclado Numérico, Bloqueo de tarjeta SIM, Tecla de navegación, Icono de escritorio, Modalidad de reposo.

#### **2.14.2. Nivel y calidad de señal para terminales GSM**

En primer lugar hay que tener claro que el teléfono T290a recibe la señal dentro de una celda, pero si se encuentra en el límite de dos celdas la selección es bastante compleja.

La selección de celda utiliza criterios que conjugan nivel y calidad, así como aspectos de minimización de interferencias, aspectos de gestión de tráfico, mantenimiento de red, etc. Incluso depende de si el móvil está inactivo ( no hay llamada establecida, entonces se llama reelección de celda) o si está en llamada ( en cuyo caso se entrega, traspaso o más comúnmente hadover para los británicos y handoff para los americanos).

Todos los terminales móviles GSM cumplen con estos criterios. El nivel de señal para terminales móviles GSM se encuentra establecido en los siguientes parámetros:

En la banda de 850 – 900 MHZ, el máximo nivel de potencia de señal para un teléfono móvil clase 4 en GSM ES DE +33 dBm, para la banda de 1800/1900 el nivel de potencia de señal para un teléfono móvil clase 1 es de +30dBm.

Para mantener la calidad de señal el rango de tolerancia que exigen las especificaciones de +- 3dB para las dos bandas.

### 2.14.3. Puerto de comunicaciones

El teléfono Sony Ericsson incluye un puerto de comunicación de datos el cual se halla integrado al teléfono en la parte inferior del mismo. Como fue señalado anteriormente, el teléfono Sony Ericsson T237 soporta el cable serial de datos en su puerto de comunicación, el problema que se presenta es definir cuales son los pines de transmisión, recepción y tierra o GND para poder interactuar con el mismo. En la siguiente figura, se observa el puerto de comunicación del teléfono, el cual se encuentra ubicado en la parte inferior del teléfono.

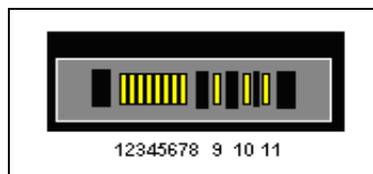


Figura 2.12 Conector del Teléfono Sony Ericsson T290a

Como indica la Figura 2.12, el conector está compuesto de 11 pines, los cuales tienen una función específica. Por normas de comercialización de la empresa Sony Ericsson este puerto ha sido estandarizado para los siguientes modelos de teléfonos como:

SEK700, K700i, S700i, F500, F500i, T610, T616, T630, Z600, P900, P908, T226, T226s, T230, T237, T238, T290, T200, T202, T310, T312, T316, T300, T302, T306, P800, P802, T39m, T39mc, R520, R520m, R520mc, T65s, T66, T62u, T86i, T68m, T68mc, T68ie, z1010, T100, T102, T105, T106, T66, T600, R600, R600s, R600sc, A3618, T610, T628, T616, T630, Z200, Z600, Z608.

De todos estos pines es importante saber cuales son los de transmisión, recepción y tierra (Tx, Rx y GND) de tal forma que se pueda establecer la transferencia de datos con el teléfono. Hay que tener en cuenta que el uso indebido de cualquiera de estos pines podría ocasionar graves problemas internos en el teléfono.

### 2.15.3.1. Pines del puerto de comunicación

Como se mencionó anteriormente el puerto de comunicaciones está compuesto de 11 pines, empezando desde el lado izquierdo hacia el derecho y cada uno de éstos tienen una función asignada para el control interno del teléfono.

En la Figura 2.13, se tiene un diagrama que indica la distribución de pines del puerto que tiene integrado el teléfono.

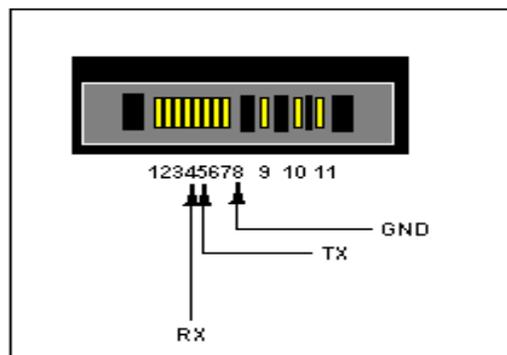


Figura 2.13 Distribución de Pines del Conector

**Los pines uno y dos ( ATMS y ATMS/RTS)**, sirven para la entrada y salida de audio respectivamente.

**El pin tres ( CTS/ONREQ)**, indica el estado de encendido/apagado del teléfono.

**Los pines cuatro y cinco**, sirven para la recepción y transmisión de datos.

**Los pines seis y siete (ACC in y ACC out)**, sirven para control de accesorios (recepción y transmisión) como los Manos Libres.

**Los pines ocho y diez (AGND y DGND)**, son tierras comunes que son utilizadas para señales de audio y digitales correspondientemente.

**Los pines nueve y once (Flash y Vcc)** sirven para voltajes de polarización el primero para la memoria flash y el otro para la recarga de batería.

De todos los pines mencionados se ocuparan tres de ellos, que serán utilizados para la comunicación con el teléfono. Estos pines son el cuatro, cinco y ocho. En la tabla, se encuentra un resumen de cada pin y su función específica.

PIN	MONBRE	I/O	DESCRIPCION
1	ATMS	I	Entrada de Audio
2	AFMS/RTS	O	Salida de Audio
3	CTS/ONREQ		CTS/respuesta de encendido del teléfono
4	DATA IN	I	Rx recepción de Datos
5	DATA OUT	O	Tx Transmisión de Datos
6	ACC IN	I	Accesorio de control hacia el teléfono Utilizando como Rx en algunos modelos
7	ACC OUT	O	Accesorio de control desde el teléfono utilizando como Tx en algunos modelos
8	AGND		GND para señal de audio
9	FLASH		Voltaje para memoria Flash
10	DGND		GND Digital
11	VCC		DC para recarga de la batería

Tabla 2.5 Función que cumple cada pin del Conector

#### 2.14.3.2. Pines utilizados en la comunicación

**Con los pines cuatro y cinco** se genera la comunicación de datos desde y hacia el teléfono; además el sistema debe tener una tierra común con el teléfono, para lo cual se utiliza el pin ocho que es GND para el teléfono.

Los datos son enviados en forma serial asincrónica y debe existir un parámetro de configuración para que se pueda establecer la transmisión de datos. Para los teléfonos Sony Ericsson la transferencia de datos se genera con los siguientes parámetros de configuración:

Velocidad de transmisión 9600 baudios, 8 bits de datos, Bits de paridad “Ninguno” y bits de parada 1.

Estos valores son configurados en un microcontrolador Pic16F877A.

Los niveles de voltaje que utiliza el microcontrolador para establecer la conexión, son para el cero lógico 0 voltios y para el uno lógico 5 voltios, es decir trabaja con niveles TTL.

#### *2.14.3.3. Comandos AT y el teléfono Sony Ericsson T290a 3GSM*

Los comandos AT son señales de control enviadas como un conjunto de caracteres que en grupo forman un comando de atención al teléfono para que este devuelva un dato requerido.

#### **2.14.4. Problemas que presentan los teléfonos celulares**

Como el caso de los teléfonos inalámbricos, los teléfonos celulares tienen varias desventajas que debe conocer.

Vale aclarar que las desventajas no son necesariamente defectos o fallas en el diseño de un teléfono celular, sino sólo son parte de la naturaleza del producto. En la mayoría de los casos, estas desventajas tienen que ver con el enlace de radio entre el teléfono celular y una estación de celda. Los problemas de los teléfonos celulares pueden agruparse en cuatro categorías fundamentales:

1. Pérdidas de señal
2. Zonas Muertas
3. Problemas de baterías
4. Intimidación

## 1. Pérdidas de Señal:

Un problema inherente a las señales de radio en la gama de 800 a 900 MHz (banda de comunicaciones celulares) es que las señales tienden a moverse sólo en líneas rectas a partir de su antena. Dichas ondas de radio de alta frecuencia son debilitadas o atenuadas por la humedad de la atmósfera, reflejada por edificios y superficies lisas tales como agua y pueden ser bloqueadas completamente por obstáculos geográficos grandes como montañas y colinas.

Cuando el teléfono celular está en movimiento, la intensidad de la señal recibida puede disminuir lo suficiente en algunos casos como para causar interrupciones breves de la señal recibida. Casos más severos pueden impedir que su señal transmitida llegue a la estación de celda. Observará éstas pérdidas de señal como pausas repentinas en la recepción. Podría haber sido una o dos pausas breves, o una serie de pausas de duración variables, dependiendo de la severidad de la circunstancia.

Otra causa común de la pérdida de la señal ocurre cuando uno se aproxima a la región fronteriza de un área de servicio en la que no halla otras estaciones que acepten la transferencia de su conversación. Experimentará un debilitamiento gradual de la señal hasta que comiencen pérdidas breves de la señal. Las pérdidas de señal rápidamente empeorarán hasta que quede completamente desconectado.

Los controles de la estación de celdas generalmente están diseñados para pasar por alto pérdidas menores de señal sin interrumpir su conversación. Sin embargo, pérdidas de señales continuas o prolongadas pueden hacer que la estación de celda lo desconecte. Con el tiempo sabrá dónde se localizan las áreas de cobertura débil en la región.

## 2. Zonas Muertas:

En principio, las zonas muertas ocurren por las mismas razones generales que las pérdidas de señal, aunque el área de cobertura débil se presenta a escala mucho mayor. La pérdida de las señales recibidas puede ser tanto tiempo que la estación de celdas interpreta la pérdida de señal como haber colgado. La estación de celda responde dejando libre el canal perdido, resignando los canales según lo necesiten otras llamadas.

Áreas con colinas, montañosas o urbes densas, a menudo experimentan zonas muertas. Las señales son absorbidas o reflejadas; evitando que las ondas de radio se propaguen hasta el área deseada. Algunas veces una zona muerta puede eliminarse cambiando la localización de la estación de celda dividiendo la celda para añadir estaciones adicionales que cubran adecuadamente el área afectada.

## 3. Problemas de Baterías

Los teléfonos celulares son alimentados por paquetes de baterías recargables de NiCad (Níquel/Cadmio). Aunque las baterías de Nicad son un método conveniente y efectivo para alimentar el teléfono, tienen varias desventajas a saber.

En primer lugar, las baterías de NiCad tienen una densidad de energía algo menor a las baterías no recargables. Puesto que su densidad de energía es relativamente baja, las baterías de esta clase no son muy adecuadas para proporcionar energía a cargas grandes, o a cargas aplicadas por períodos prolongados (sin ser recargadas). De hecho, las celdas de NiCad terminan descargándose por completo por el sólo hecho de dejarlas guardadas a menos que reciban una carga lenta o reserva constante.

Aunque los materiales y la construcción de las baterías de NiCad se han perfeccionado y se cuenta con circuitos integrados refinados que han disminuido el consumo total de energía de las celdas de NiCad, no debe esperar más de unas cuantas horas de servicio de un paquete de baterías de NiCad antes que requieran un recargado. Afortunadamente, pocas llamadas duran tanto tiempo y es conveniente mantener al teléfono celular en una estación de carga cuando no se usa.

Las baterías de NiCad también pueden presentar problemas cuando se descarguen regularmente hasta los mismos niveles y luego se recarguen. Esto puede suceder, por ejemplo, si invierte un promedio de 30 minutos de llamadas varias veces en un día, dejando que el teléfono se recargue entre llamadas. Este modo de operación de descarga parcial puede provocar que las baterías generen memoria, es decir, que las baterías tiendan a funcionar de manera correcta sólo hasta el punto en el que normalmente se descargan. Si las baterías se usan más allá de este punto, no tendrían la cantidad de energía requerida (o esperada) para alimentar el circuito.

Teniendo en cuenta que toma mucho tiempo para que las baterías de NiCad presenten este tipo de problema (no ocurre de un día para el otro). Algunas veces la memoria puede contrarrestarse haciendo pasar la batería por varios ciclos de descarga/recarga completa. Esto puede lograrse simplemente si no se pone el teléfono en su estación de carga durante uno o dos días de uso normal y luego dejando que se recargue completamente.

Finalmente, las celdas de NiCad pueden dejar de funcionar simplemente por desgaste normal. La carga y descarga constante pueden originar tensiones físicas en la batería que con el tiempo pueden hacer que deje de servir y sea incapaz de mentaren una carga apreciable. Cuando ocurre esto, el paquete de baterías debe reemplazarse.

Actualmente se han desarrollado nuevas batería como las de níquel/metal que poseen muchas mejoras con respecto a las anteriormente mencionadas; mayor capacidad y ausencia de "memoria" son algunas de ellas. El desarrollo de baterías para el uso de celulares sigue en marcha y la comercialización de las nuevas: litio/ion es una muestra de ello.

#### 4. Intimidad.

Es importante tener en cuenta que el teléfono celular, es en gran medida, un radiotransceptor. El enlace entre su teléfono celular y la estación de celda más cercana esta compuesto por ondas electromagnéticas públicas. En consecuencia, cualquier persona con un receptor sintonizado ya sea a su canal de frecuencia de transmisión o recepción podrá oír por lo menos la mitad de la conversación que ocupa ese canal. La transmisión y recepción se realizan a dos frecuencias diferentes y, por consiguiente, un oyente secreto no puede escuchar ambas partes de una conversación simultáneamente.

Este es un gran problema para personas preocupadas por su intimidad. Sin embargo, ni siquiera el receptor más refinado puede recibir señales más allá de la capacidad de su teléfono para transmitir. Los teléfonos celulares típicamente tienen un alcance de varios kilómetros, por lo que un oyente secreto tendría que estar cerca para poder oírlo con claridad. Además, cuando un teléfono celular está en movimiento, hay un cambio de canales de conversación cuando se realiza la transferencia entre celdas. Un oyente secreto tendría que seguirlo y poder buscar entre los 666 canales el correspondiente a la conversación, lo que representa un procedimiento prácticamente imposible incluso para los profesionales expertos en radio.

Para evitar la remota posibilidad de ser escuchados secretamente por medio electrónicos, una nueva generación de accesorios de teléfonos celulares emplea procesamiento digital de señales y técnicas de compresión para

codificar la voz transmitida y decodificar la voz recibida en el teléfono destino. La persona que llama del otro extremo de la conversación, también debe tener un acceso similar con el mismo patrón de seguridad. Cualquier señal de voz transmitida por ondas electromagnéticas públicas estaría codificada y sería ininteligible para cualquier persona que pudiera estar escuchando sin un decodificador codificado correctamente.

## **2.15. COMANDOS AT**

### **2.15.1. Descripción**

Los comandos AT (attention command) son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un Terminal MODEM.

La implementación de los comandos AT corre a cuenta del dispositivo GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos son enviados, ya sea cable serial, canal infrarrojo, Bluetooth, etc.

### **2.15.2. Objetivo de los comandos AT**

Los comandos AT deben ser usados para el desarrollo de nuevos programas de comunicaciones y ajustar propiedades avanzadas del teléfono y modems inalámbricos.

Entre las funciones más usuales de los comandos AT se tienen:

- Configurar el teléfono para una conexión inalámbrica, a través de infrarrojos o por el sistema de bus o cable.
- Configurar el MODEM interno del teléfono para una conexión inalámbrica, a través de infrarrojos o por el sistema de bus o cable.

- Solicitar información sobre la configuración actual o estado operativo del teléfono o MODEM.
- Probar la disponibilidad del teléfono o MODEM.

### 2.15.3. Ejecución de comandos AT

De los modos de operación mencionados, en el proyecto se utiliza el modo de comandos off-line, ya que cuando se emite un comando desde el sistema, se espera una respuesta al comando enviado por parte del teléfono, sin establecer una conexión para tener una transferencia continua de datos. Para ejecutar los comandos AT es necesario tener la lista de comandos que reconoce el teléfono la misma que se la puede encontrar en [www.sonyericsson.com](http://www.sonyericsson.com).

Además para establecer conexión del teléfono con el sistema microprocesado, es necesario utilizar un cable de datos.

El objetivo de utilizar los comandos AT es el extraer la información del teléfono y a la vez cargar información para responder a un determinado evento.

Para el estudio de los comandos AT, se ha hecho una división de los comandos utilizados en el proyecto.

#### 2.15.3.1. Comandos de configuración

Este tipo de comandos permiten cambiar la configuración interna del MODEM integrado del teléfono entre los que se tiene:

- **AT**, este es un comando de atención, cuya función es monitorear si existe una buena conexión en el canal de comunicación, si la conexión es buena el teléfono responde OK, en la figura se ilustra el código de programación que permite realizar esta acción a través del sistema microprocesado.

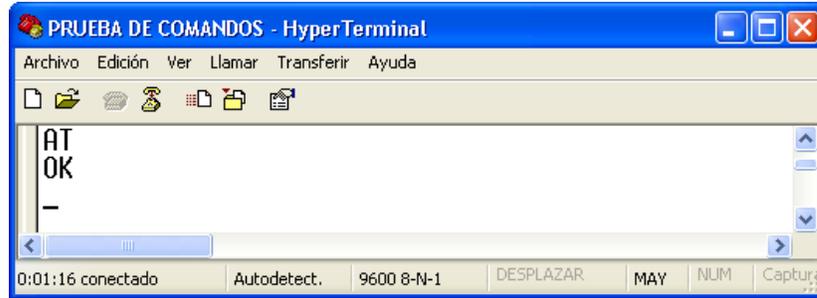


Figura 2.14 Ejecución del Comando AT

- **AT + CMGF = “A”**, este comando permite elegir el modo de interpretación de los datos por parte del teléfono, si la equivalencia de A es igual a “1”, los datos son interpretados en modo texto, es decir la secuencia de caracteres que se envía al teléfono son ASCII normales. Si la equivalencia de A es igual a “0”, los datos son interpretados en modo PDU (Protocol Data Unit), por lo tanto los datos enviados al teléfono deben ser interpretados como caracteres HEX (hexadecimales), para el sistema CEVSMS, se ha tomado en cuenta la primera opción, debido a que la comunicación entre el sistema y el teléfono será monitoreada, por tanto la interpretación de datos será mucho más sencilla. El teléfono al recibir este comando responde con OK, indicando que la petición ha sido aceptada. En la figura se ilustra el código de programación que permite realizar esta acción a través del sistema microprocesado.

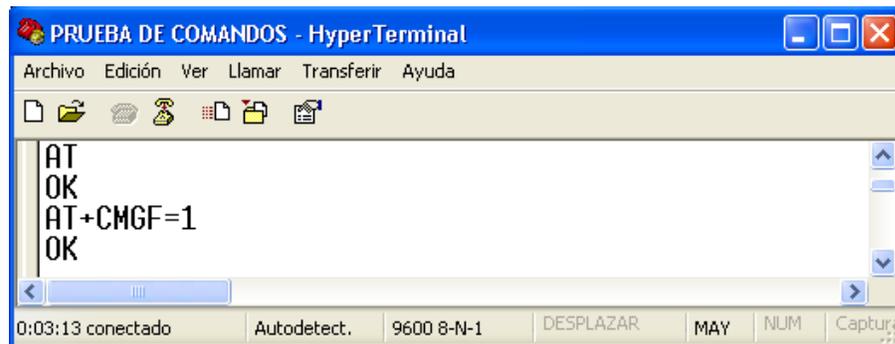


Figura 2.15 Ejecución del Comando AT+CMGF=1

Hay que tomar en cuenta que al no enviar este comando al teléfono, cualquier otra interacción con los comandos que se detallan más adelante ocasionará error.

### *2.15.3.2. Comandos para envío de SMS*

Luego de que el teléfono ha sido configurado en el modo texto, una de las necesidades del sistema es el envío de SMS, mediante el cual podrá responder a un evento solicitado.

Se analiza el menú de mensajes en el software de cualquier teléfono celular, se observa que posee básicamente tres librerías como son: Buzón de Mensajes Recibidos, Buzón de Mensajes enviados y Buzón de Mensajes o elementos no Enviados. Cuando un mensaje llega a un teléfono celular este es almacenado en la carpeta de mensajes recibidos; dentro de esta carpeta el mensaje aparecerá como un mensaje no leído y una vez que es abierto, el mensaje pasará a ser un mensaje leído, este caso dentro de los comandos AT es interpretado como REC UNREAD y REC READ respectivamente. Ahora en el caso opuesto, un usuario desea enviar un mensaje, escribe la información dentro de un SMS y lo envía, esta información puede tomar dos caminos, primero el mensaje no es enviado por cuestiones de congestión de red, el teléfono guarda el mensaje dentro de la librería Buzón de Mensajes no Enviados. Pero si la red no presenta congestión el mensaje es enviado con éxito, razón por la cual el teléfono guarda este mensaje en la librería Buzón de Mensajes Enviados, estas dos situaciones dentro de los comandos AT son vistas como STO UNSET y STO SET respectivamente.

Al hablar de este tema, se trata de indicar que si el sistema desea enviar o recibir un mensaje, debe saber a que librería debe apuntar en el teléfono para alcanzar su objetivo. Pero como se utiliza un teléfono GSM, hay que tomar en cuenta que posee dos memorias que tienen las misma librerías, por lo tanto el sistema también tiene que identificar cual es la memoria en la que se está trabajando.

Para enviar un SMS, el teléfono requiere de dos comandos que son: el AT + CMGW y AT+CMSS.

- El Comando **AT+CMGW = “# Telefónico”**, permite cargar en el teléfono la información del SMS, al número que se especifica dentro de los parámetros del comando (# Telefónico). La Figura 2.20 (escanear y pegar el código del programa), indica la utilización de este comando.

Cuando el comando es enviado con el número telefónico, el teléfono responde con un signo mayor que “>”, de esta manera indica que se debe ingresar la información del mensaje, una vez que la información ha sido ingresada se adhiere el carácter ctrl.+Z, de esta manera indica el final del mensaje al teléfono, por tanto si la ejecución del comando ha sido correcta el teléfono responde OK.

- El Comando **AT+CMSS = “LOCALIDAD MEM”**, permite enviar el SMS cargado en el teléfono, al igual que haría la tecla “SEND”. El dominio “Localidad de MEM”, indica la posición del mensaje dentro de la memoria ( ya sea en la memoria interna del teléfono o en la SIM) al recibir este comando el teléfono responde OK cuando se ha ejecutado en forma correcta, como se muestra en la Figura.



```
PRUEBA DE COMANDOS - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
AT
OK
AT+CMGF=1
OK
AT+CMGW="091903398"
> PRUEBA DE COMANDOS AT-
OK
0:05:06 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Captura...
```

Figura 2.16 Comando AT+CMGW, para cargar un SMS en el teléfono

```

PRUEBA DE COMANDOS - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
AT
OK
AT+CMGF=1
OK
AT+CMGW="085014522"
> HOLA PRUEBA DE COMANDOS→
OK
AT+CMSS=1
0:04:43 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar

```

Figura 2.17 Comando AT+CMSS=1, que envía el SMS

### 2.15.3.3. Comandos para recepción de SMS

Cuando se carga un mensaje en el teléfono, éste se guarda dentro de la librería Buzón de Mensajes no Enviados en la memoria SIM, para el caso de recepción de mensajes, necesariamente el sistema debe apuntar a la memoria del teléfono donde el mensaje recibido es guardado. En Figura 2.22, muestra la extracción del SMS desde la memoria SIM, en el cual se encuentra por defecto. Nótese que no se realizó ninguna instrucción previa para cambiar de memoria, antes de la extracción del SMS.

```

PRUEBA DE COMANDOS - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
AT
OK
AT+CMGF=1
OK
AT+CMGL="ALL"
+CMGL: 1,"STO UNSENT","085014522","",167
PRUEBA DE COMANDOS AT
+CMGL: 2,"STO UNSENT","085014522","",167
HOLA PRUEBA DE COMANDOS
OK
0:01:29 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir

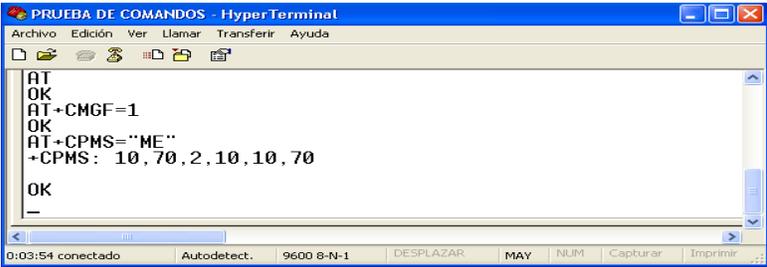
```

Figura 2.18 Extracción del SMS mediante el Comando AT+CMGL="ALL"

Con esto surge la necesidad de tener un comando que permite pasar de la memoria SIM hacia la memoria interna del teléfono y viceversa. Posteriormente, el sistema debe extraer el SMS. Para ello se tiene las siguientes instrucciones:

- El comando AT+CPMS = “Memoria”, permite cambiar de memoria internamente dentro del teléfono, en el área “Memoria” se debe especificar a que memoria se debe apuntar, identificando a la SIM como “SM” y a la memoria interna del teléfono como “ME”. La Figura, muestra la ejecución de dicho comando.

Una vez que el sistema se encuentre en la memoria, necesita un comando que le permita elegir entre las librerías en donde se encuentra el mensaje. Para esto se tiene la siguiente instrucción:



```

PRUEBA DE COMANDOS - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
AT
OK
AT+CMGF=1
OK
AT+CPMS=""ME""
+CPMS: 10,70,2,10,10,70
OK
_
0:03:54 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir

```

Figura 2.19 Cambio de Memoria mediante el comando AT+CPMS

- El comando AT+CMGL = “LIBRERÍA”, permite desplegar los mensajes contenidos en una librería. Para apuntar una librería, en el dominio “LIBRERÍA” el sistema debe ingresar las siglas asignadas por los comandos AT para cada librería. Por ejemplo, se desea ver el contenido de todos los mensajes existentes en el teléfono; se debe utilizar la instrucción “ALL”, para obtener el listado de los mensajes recibidos en el dominio. Hay que ingresar “REC UNREAD”, para el listado de mensajes leídos “REC READ”, para el listado de mensajes no enviados “STO UNSET” y para los mensajes enviados “STO SENT”.En la figura 2.24, se muestra un ejemplo donde al digitalizar este comando con el dominio “ALL”, se despliega la lista de mensajes contenidos en todas las librerías. Mientras que en la

Figura 2.25, se muestra la utilización de los dos comandos, para apuntar la memoria interna del teléfono y como paso siguiente se lee un mensaje recibido que se encuentra en la librería de los mensajes no leídos (“REC UNREAD”).

```

PRUEBA DE COMANDOS - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
AT+CMGL="ALL"
+CMGL: 1,"STO SENT","085014522","",255
AE
+CMGL: 2,"REC READ","+59385014522","",08/02/25,22:08
PRUEBA DE COMANDOS AT
+CMGL: 3,"REC READ","+59385014522","",08/02/25,18:52
AE
+CMGL: 4,"STO SENT","085014522","",255
DE
+CMGL: 5,"REC READ","+59385014522","",08/02/25,12:14
AE
+CMGL: 6,"STO SENT","085014522","",255
AE
+CMGL: 7,"REC READ","+59385014522","",08/02/25,18:54
DE
+CMGL: 8,"REC READ","+59385014522","",08/02/25,18:31
AE
+CMGL: 9,"REC READ","+59385014522","",08/02/25,19:39
AE
+CMGL: 10,"REC READ","+59385014522","",08/02/25,22:1
PRUEBA DE COMANDOS AT
OK
0:05:45 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imp

```

Figura 2.20 Comando AT+CMGL="ALL", despliega los mensajes de todas las librerías del teléfono.

```

PRUEBA DE COMANDOS - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
AT
OK
AT+CMGF=1
OK
AT+CPMS="ME"
+CPMS: 10,70,2,10,10,70
OK
AT+CMGL="REC UNREAD"
OK
0:07:39 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imp

```

Figura 2.21 Ejemplo de utilización de comandos para leer mensajes “no leídos”

Una vez que un mensaje recibido ha sido desplegado por el comando AT + CMGL = "REC UNREAD", este mensaje pasa a formar parte de los mensajes leídos, en la figura 2.26, se muestra el mensaje recibido. Ahora pasó a formar parte del listado de los mensajes leídos. Los mensajes leídos y no leídos están contenidos en una misma librería (Buzón de Mensajes Recibidos).

#### *2.15.3.4. Comandos para borrar un SMS*

Para borrar un SMS del teléfono, el sistema primero debe apuntar a la localidad de memoria en la que se encuentra el mensaje, posteriormente indicar la librería en la cual está el mensaje y por último con el comando AT + CMGD eliminar el mensaje.

- El comando AT+CMGD = "LOCALIDAD MEM", permite eliminar un mensaje de una determinada localidad de memoria en el teléfono. El dominio "LOCALIDAD MEM" indica la posición que un mensaje ocupa en la memoria del teléfono. En la figura 2.26, se indica el proceso para borrar un mensaje leído de la memoria interna del teléfono. Con los comandos AT + CPSM = "ME", AT + CMGL = "REC READ" y AT + CMGD = 1, Se indica al teléfono que el primer mensaje de la librería Buzón de Mensajes Recibidos, debe ser borrado. Este resultado se muestra en la Figura 2.26, mediante la solicitud del comando AT + CMGL = "REC READ". Al desplegarse los mensajes leídos se observa que el primer mensaje ha sido eliminado.

```

PRUEBA DE COMANDOS - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
AT+CMGF=1
OK
AT+CPMS="ME"
+CPMS: 4,70,2,10,4,70

OK
AT+CMGL="REC READ"
+CMGL: 2,"REC READ","+59385014522","", "08/02/25,22:08:20-20"
PRUEBA DE COMANDOS AT
+CMGL: 7,"REC READ","+59385014522","", "08/02/25,18:54:33-20"
DE
+CMGL: 9,"REC READ","+59385014522","", "08/02/25,19:39:10-20"
AE
+CMGL: 10,"REC READ","+59385014522","", "08/02/25,22:14:48-20"
PRUEBA DE COMANDOS AT

OK
0:01:28 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir

```

Figura 2.22 Lectura de mensaje leído y comando CMGD=1 para borrar mensaje.

La información devuelta por los comandos de envío y recepción de SMS, muestran datos importantes como: número de teléfono de donde se emitió el mensaje, hora, fecha, localidad de memoria que ocupa el mensaje. Esta información es la que debe ser utilizada por el MECA (Sistema Medidor Electrónico de Consumo de Agua), para su funcionamiento.

#### 2.15.4. Código de resultado y error

Cuando se envía un comando desde el computador hacia el MODEM integrado, la respuesta es terminada por un código de resultado Resol Code. Este es el mensaje que envía el MODEM interno del teléfono celular hacia el computador. Estos códigos de resultado deben ser usados para confirmar una correcta operación o identificar un problema con algún comando.

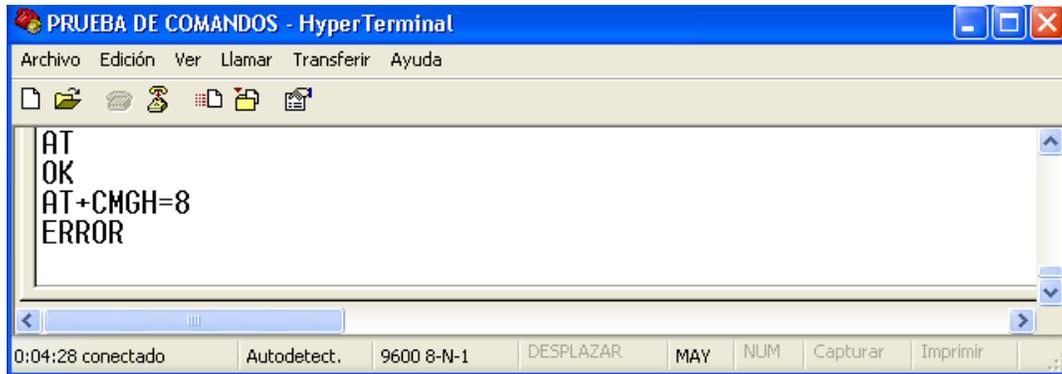


Figura 2.25 Tipos de códigos de Resultado

Código de Resultado OK para un comando Válido

Código ERROR para un comando inválido

## CAPÍTULO 3: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MEDIDOR ELECTRÓNICO DE CONSUMO DE AGUA

### 3.1. INTRODUCCIÓN

Una vez seleccionado las características el sensor de flujo, las características del Terminal celular y las normas de medición de agua **ISO 4064-1**, en este capítulo se definen las características generales del MECA (Medidor Electrónico de Consumo de Agua), posteriormente se detalla paso a paso el diseño e implementación del mismo, tomando en cuenta que el sistema debe acoplarse al protocolo de comunicación del Terminal celular y parámetros de medición de agua normalizados.

Para este fin los “comandos AT” son definidos como el protocolo de comunicación entre el microcontrolador y el Terminal celular, la señal del sensor debe ser acondicionada, la visualización de consumos actuales y anteriores con fechas respectivas para un mejor servicio y la seguridad respectiva en caso de no cancelar las facturas de consumo de agua el servicio será suspendido evitando el paso de agua mediante una electro válvula.

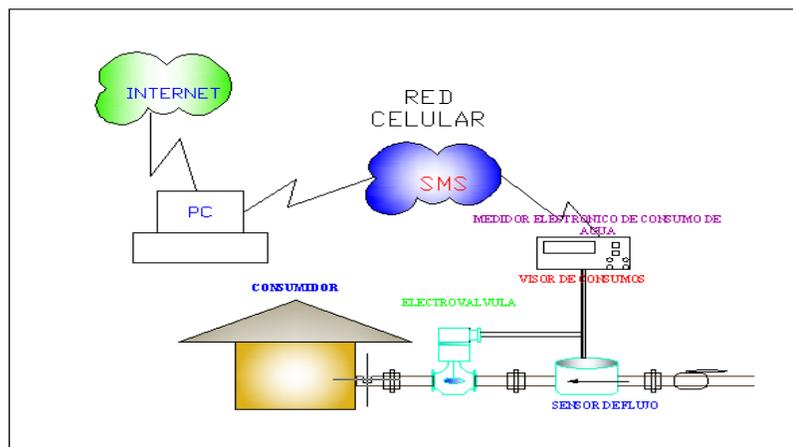


Figura 3.0 Sistema Desarrollado

## 3.2. DESCRIPCIÓN DEL MICROCONTROLADOR PIC16F877A.

### 3.2.1. Adquisición de datos del sensor de flujo

Para la adquisición de datos del sensor se utilizó un microcontrolador PIC16F877A; el sensor de flujo entrega una señal digital en forma de pulsos con niveles de 12[V] y 0[V] que son reducidos a 5 V y 10 V con el circuito acondicionador.

El sistema microprocesador cuenta el número de pulsos por cada galón que ingresan por el pin RB0 que luego será visualizado, para la medición de consumo de agua. El sistema ejecuta ciertas operaciones internas utilizando algunos parámetros de medición estandarizados para líquidos, por cada galón cuenta 151 pulsos por especificaciones del sensor de flujo de ½'.

Parámetros utilizados para realizar los cálculos:

- $1lt = 10^3 cm^3$
- $1gl = 3.784lt = 3784cm^3$
- $1m^3 = 10^6 cm^3 = 6.102 * 10^4 pulg^3$

Cálculos realizados por el microcontrolador:

$$Galones = \frac{\# pulsos}{151} [gl]$$

$$Litros = Galones * 3.7854 [lt]$$

$$Metros\_Cúbicos = \frac{Litros}{1000} [m^3]$$

### 3.2.2. Protocolo de comunicación I2C

El protocolo de comunicación es serial a 2 hilos. La comunicación a 2 hilos (I2C) se maneja por software mediante el microcontrolador PIC16F877A.

El compilador que se utilizó (PICC, Microchip PICmicro,MCUs) para el programa del microcontrolador procesa instrucciones de alto nivel, para la lectura (`i2c_read();`) y escritura (`i2c_write();`) de dispositivos conectados al bus I2C.

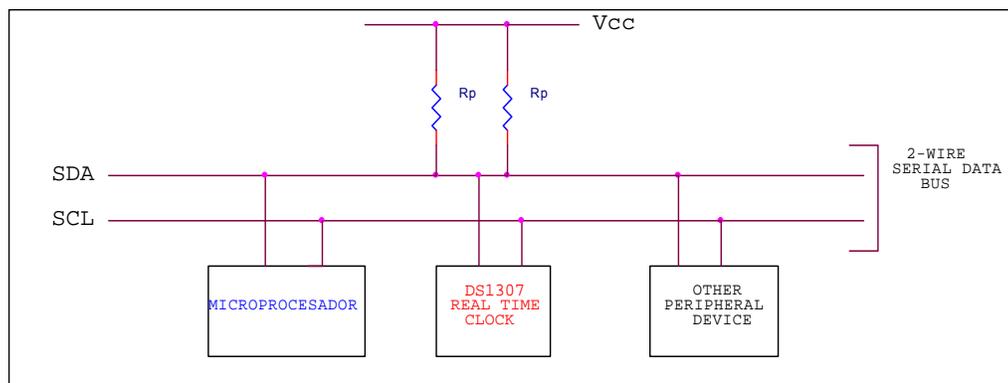


Figura 3.0 Configuración típica del bus a hilos (I2C).

Un dispositivo que envía datos al bus se define como transmisor y un dispositivo que recibe los datos, como receptor. El dispositivo que controla el mensaje se denomina maestro (en este proyecto el maestro del bus I2C es el microcontrolador PIC16F877A). Los dispositivos controlados por el maestro son los esclavos. El bus debe ser controlado por el maestro, el cual genera el reloj serial (SCL), controla el acceso al bus y genera las condiciones de inicio y parada. Los dispositivos esclavos a controlar son el DS1307 y EEPROM 24LC04B, el bus I2C constituido por las líneas SDA y SCL se manejan mediante el microcontrolador PIC16F877A a través de los pines RC4 y RC3.

La transferencia de datos puede ser iniciada solamente cuando el bus no está ocupado. Durante una transferencia de datos, la línea de datos (SDA) debe permanecer estable mientras la línea de reloj (SCL) esté en alto. Los cambios en

la línea de datos mientras la línea de reloj está en alto son interpretados como señales de control.

### 3.2.2.1 Bus no Ocupado

Las dos líneas; de datos y de reloj permanecen en alto.

### 3.2.2.2. Inicio de Transferencia de datos

Un cambio de la línea de datos, de alto a bajo mientras el reloj está en alto, define una condición de inicio.

### 3.2.2.3. Parada de transferencia de datos

Un cambio en la línea de datos, de bajo a alto mientras el reloj está en alto, define una condición de parada.

### 3.2.2.4. Datos válidos

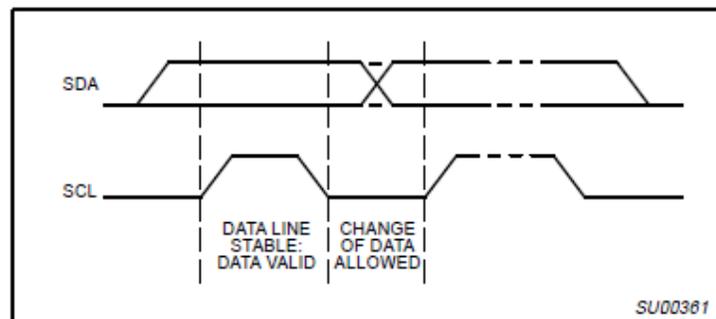


Figura 3.1 Validación de datos

El estado de la línea de datos representa datos válidos cuando, después de una condición de inicio, la línea de datos permanece estable mientras permanece en alto la señal de reloj. Los datos en la línea deben ser cambiados mientras en reloj está en bajo. Cada transferencia de datos es iniciada con una condición de inicio y finalizada con una condición de parada. El número de bytes de datos transferidos entre condición de inicio y parada no está limitado y es controlado por

el maestro (microcontrolador). La información es transferida por bytes y cada receptor (cada dispositivo conectado I2C) emite una confirmación (acknowledge) con un noveno bit. El DS1307 opera a 100kHz (frecuencia de SCL).

### 3.2.2.5. Confirmación (Acknowledge)

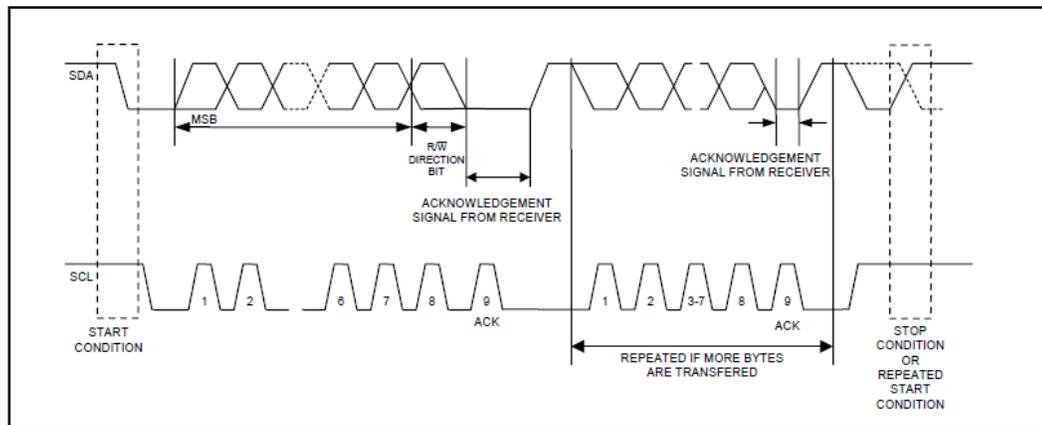


Figura 3.2 Transferencia de datos sobre el bus serial a 2 hilos I2C

Cada dispositivo receptor, cuando es desconectado, es obligado a generar una confirmación (acknowledge) después de la recepción de cada byte. El dispositivo maestro (el microcontrolador) debe generar un pulso de reloj adicional que está asociado con este bit de confirmación.

Un dispositivo que confirma (acknowledge) debe cambiar en bajo el estado de la línea SDA durante el pulso de confirmación del reloj.

### 3.2.2.6 Selección de Resistencias del bus I2C

El cálculo de la resistencia del bus I2C dependerá de la capacitancia de la línea manejada y la velocidad de comunicación del bus I2C. En la siguiente figura se puede observar como seleccionar la resistencia para el Bus I2C.

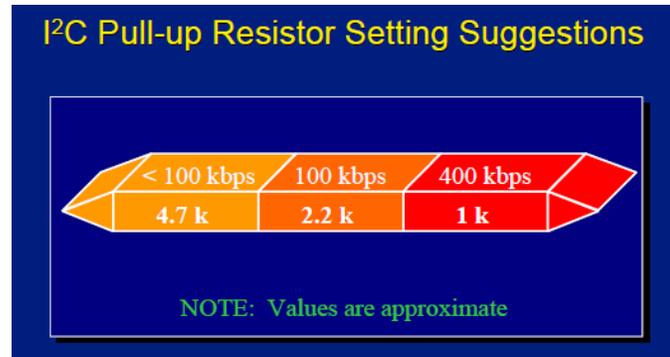


Figura 3.3 Selección de Resistencias Pull-up del bus a 2 hilos (I2C)

### 3.2.2.7. Cálculo de la Velocidad del Bus I2C.

$$\text{Baudios} = \frac{F_{osc}}{4 * (SSPADD + 1)}$$

El cristal utilizado para el microcontrolador maestro es de 20MHz, el registro SSPADD tomará valores tal que sumados con 1 y multiplicados por 4 sean divisibles para el valor del cristal Ejemplo:

SSPADD= 19

$Baud = \frac{20MHz}{4 * (19 + 1)} = 250KHz$ ; Para esta velocidad se seleccionó el valor de la resistencia.

### 3.2.3. Respaldo de datos del sistema

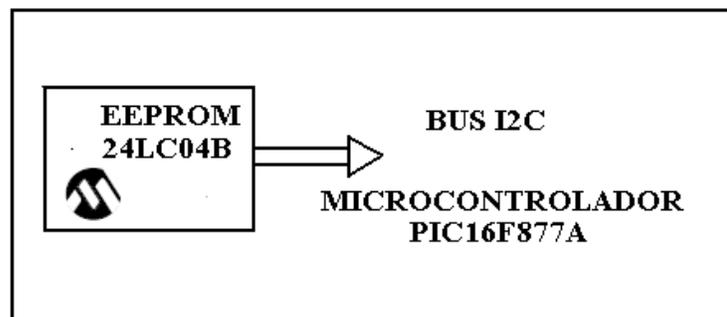


Figura 3.4 Arquitectura del hardware de almacenamiento

La alimentación de todo el circuito se toma de la red a la cual se conecta todo el sistema. En caso de falla del suministro, se preserva el valor del medidor de consumo de agua en una memoria no volátil (EEPROM).

Cuando retorna la energía de la red, el medidor de consumo de agua electrónico inicia con el valor previamente guardado en la EEPROM. Específicamente se utiliza una **24LC04B** (64 x 8) de la **Microchip**. Esta memoria (65536 bytes) está organizada en 512 páginas de 128 bytes cada una. Esta memoria dispone de una interfaz serial a 2 hilos, al igual que el reloj DS1307. La memoria se conecta al bus I2C manejado por el microcontrolador.

La memoria registra pares ordenados de consumo de agua en litros, los cuales sirven para generar la información de consumo de agua en metros cúbicos. Estos datos se guardan en la EEPROM 24LC04B. El registro de pares de consumo de agua se realiza en intervalos programables (remotamente desde el maestro) de 1 segundo.

### 3.2.4. Reloj DS1307 (RTC, Reloj en tiempo real)

#### 3.2.4.1 Modo escritura del DS1307 (modo receptor esclavo)

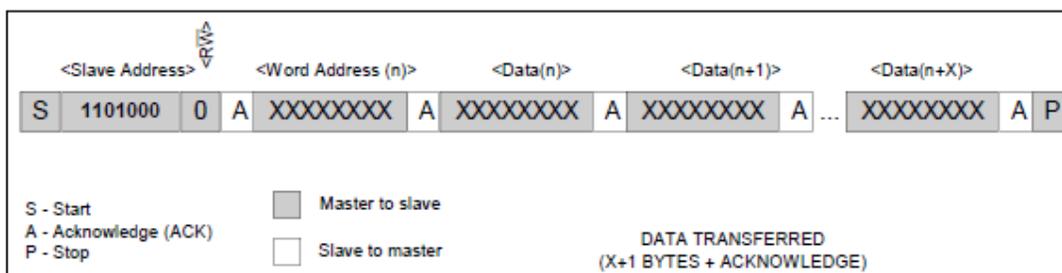


Figura 3.5 Escritura del DS1307

Los datos seriales y el reloj en tiempo real son recibidos a través de SDA y SCL, respectivamente. Después que un byte es recibido, un bit de confirmación es transmitido. Las condiciones de inicio y parada son reconocidas como el

comienzo y el fin de una transferencia de datos. El primer byte de la figura transferido es el de dirección, el cual contiene la dirección (7 bits) del DS1307, que es 1101000b, seguida del bit de dirección (**R/W**), el que para la escritura es 0. Después de recibir y decodificar el byte de dirección, el DS1307 confirma en la línea SDA. Y el maestro transmite una dirección de registro al DS1307, la cual configurará el puntero de registros. El maestro luego transmitirá los bytes de datos (cada uno de los cuales será confirmado por el DS1307). Una vez que los datos han sido enviados el maestro genera una condición de parada para finalizar la escritura de datos.

#### 3.2.4.2 Modo lectura del DS1307 (modo transmisor esclavo)

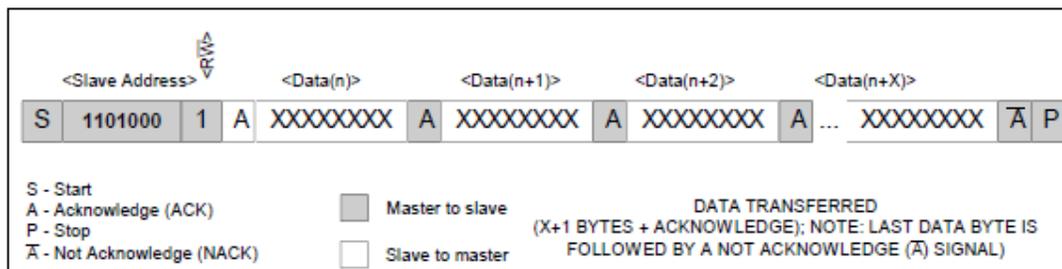


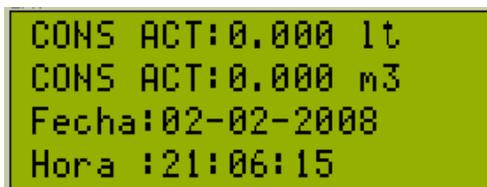
Figura 3.6 Lectura del DS1307

El primer byte es recibido y manejado de la misma forma que en modo escritura. Sin embargo, en este modo, el bit de dirección indicará que la dirección de la transferencia es invertida. Los datos seriales son transmitidos por SDA en el DS1307 y el RTC ingresa por SCL. Las condiciones de inicio y parada son reconocidas como el comienzo y transferencia de datos.

El primer byte recibido es el de dirección, la cual es 1101000b, seguida del bit de (**R/W**), que para la lectura es 1. Después de recibir y decodificar el byte de dirección, el DS1307 confirma en la línea SDA. Y comienza a transmitir con la dirección de registros apuntada por el puntero de registros. Si el puntero de registros no es escrito antes del inicio del modo de lectura, la primera dirección leída es la última guardada en el puntero de registros. El DS1307 debe recibir una “no confirmación” (not acknowledge) para finalizar una lectura.

### 3.2.5. Sistema de visualización

El sistema cuenta con un LCD 4x20 para la visualización de consumos de agua, cuenta con visualización de consumo actual en litros y metros cúbicos así como la fecha y hora.



```
CONS ACT:0.000 lt  
CONS ACT:0.000 m3  
Fecha:02-02-2008  
Hora :21:06:15
```

Figura 3.7 Visualización de Consumo de Agua Actual

También se indica el consumo anterior en litros, metros cúbicos y fecha, hora como se muestra en la figura.

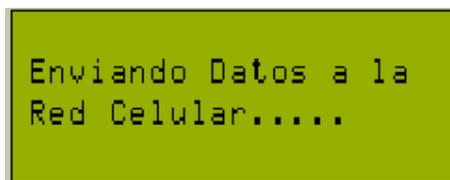


```
CONSUMO ANTERIOR  
ESPERE 2 SEG....
```

```
CONS ANT:0.000 lt  
CONS ANT:0.000 m3  
Fecha:02-02-2008  
Hora :21:07:32
```

Figura 3.8 Visualización de Consumo de Agua Anterior

Para en envío de datos a la red celular se tiene una indicación también visual, como se muestra en la figura.



```
Enviando Datos a la  
Red Celular.....
```

Figura 3.9 Indicación de Envíos de Datos mediante SMS

### 3.2.6. Modo de operación maestro-esclavo

#### 3.2.6.1. Descripción del maestro

El sistema cuenta con dos microcontroladores: el maestro se encarga de realizar el conteo del número de pulsos del sensor de flujo por uno de sus pórtilos, realiza una comunicación I2C con el reloj DS1307 para el control de envío de datos y una memoria EEPROM 24LC04B para respaldo de datos de consumos de agua; además se encarga de la comunicación con el teléfono celular por el puerto serial ejecutando internamente los comandos AT que se encuentran almacenados en RAM del microcontrolador maestro. El maestro solo ejecuta transmisión serial debido a la limitación de la memoria, además controla un LCD para la visualización de consumos como se observa en la siguiente figura.

El maestro es un microcontrolador PIC16f877A

El otro microcontrolador actúa como esclavo, es un PIC16f877A y se utiliza para la revisión del mensaje del teléfono transmisor, además controla la electroválvula para el corte y habilitación del servicio de agua potable del cliente.

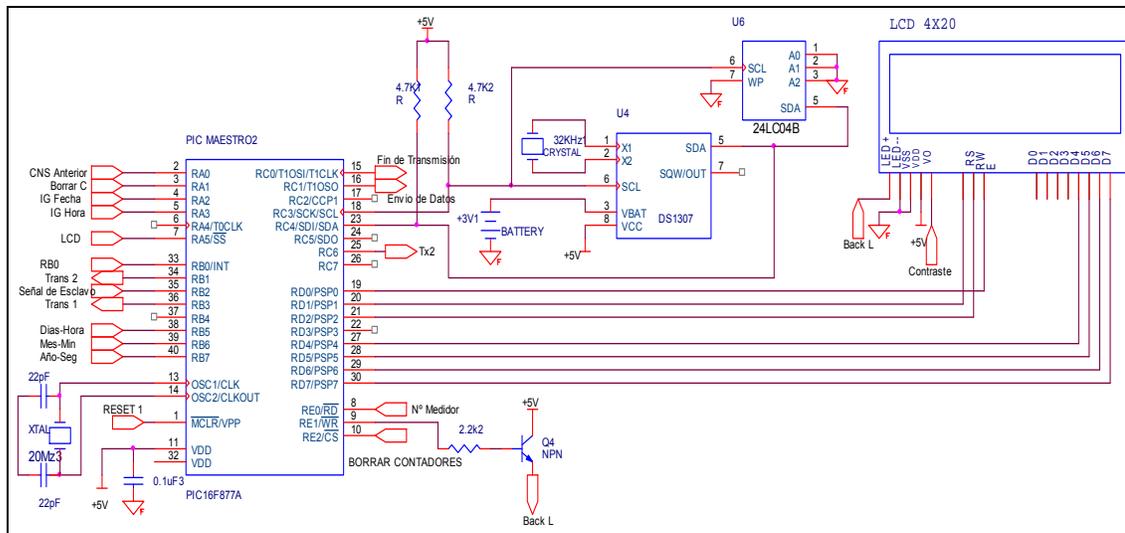


Figura 3.10 Circuito del PIC16F877A maestro

El maestro requiere la conexión de un cristal externo, para lo que se utiliza un cristal de 20 MHz. Se conectan también dos capacitores (C1 y C2) de 22pF, de acuerdo a la indicación del fabricante. El capacitor de 100nF se conecta siguiendo la recomendación para microcontroladores y componentes digitales.

Con el fin de visualizar de mejor manera el proceso de funcionamiento del sistema de medición de consumo de agua en la siguiente figura, se muestran los diagramas de flujo.

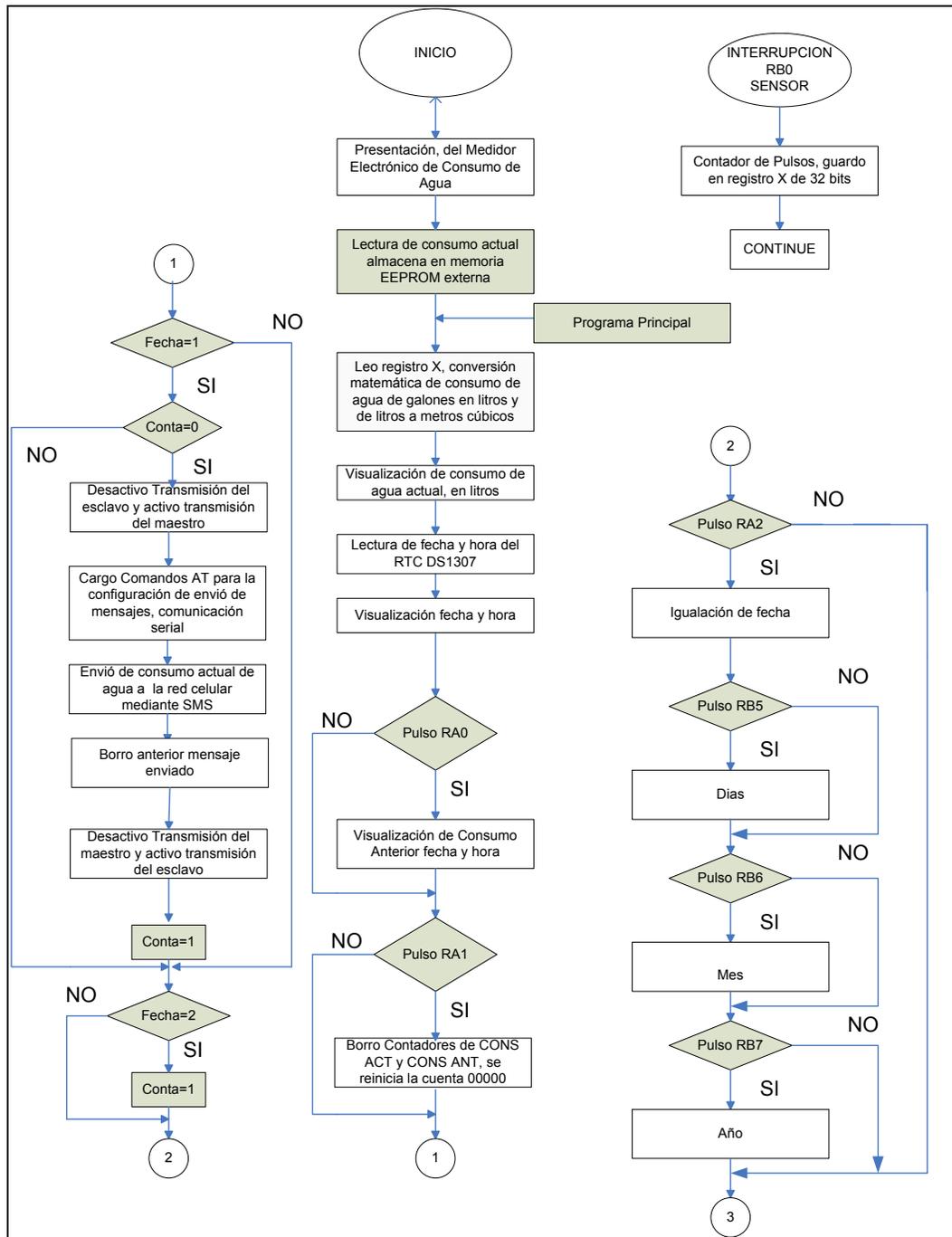


Figura 3.11 Diagrama de Flujo 1

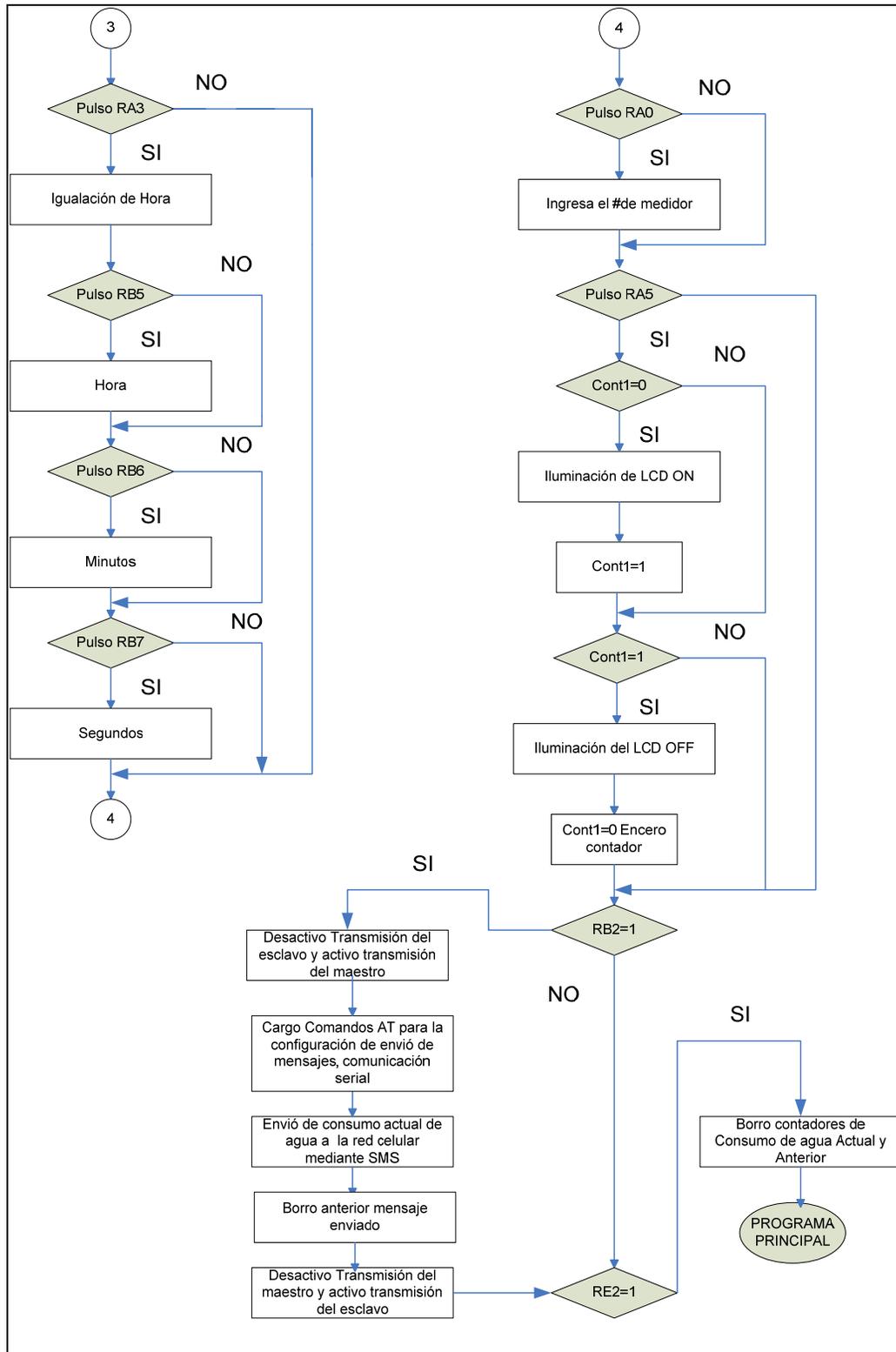


Figura 3.12 Diagrama de Flujo 2

En el diagrama de flujo se sintetiza todo el trabajo que el MECA hace, dando así al lector una idea más clara de su funcionamiento, hay que tomar en cuenta que el sistema constantemente monitorea la señal que entrega el sensor, chequea fecha de envío de datos mediante los datos que entrega el DS1307 al micro y envía datos a la red celular utilizando los “Comandos AT” con el objetivo que el sistema trabaje en tiempos considerables siempre y cuando los datos se carguen al teléfono celular en forma de SMS para luego ser enviados a la red celular.

#### *3.2.6.1.1 Medición*

El objetivo principal del medidor (maestro) es realizar la medición de consumo agua de actual (en metros cúbicos,  $m^3$ ). Sin embargo, dada la amplia funcionalidad del microcontrolador, se plantea la medición de consumo de agua anterior, fecha y hora.

#### *3.2.6.1.2 Interrupción externa INT*

La interrupción externa INT ocurre debido a una solicitud de interrupción del Sensor de Flujo FTB4605, expresada como un estado bajo en el conductor de salida, color verde.

El sensor de flujo FTB4605 entrega pulsos cuando existe transferencia de carga (consumo de agua) generando interrupción por cada cambio de estado. El periodo de acumulación galones (luego se convierte a litros) se lee desde la EEPROM 24LC04B al inicio del programa.

#### *3.2.6.1.3 Modo RTC*

Cuando el dispositivo está apagado (sin energía), el RTC sigue funcionando gracias a la batería de Silicio de +3 [V].

En el RTC se encuentran los registros de datos (fecha y hora) y un registro de control (dirección 07h) en RAM. Para habilitar el funcionamiento del RTC es

necesario escribir un 0 en el bit 7 del registro 00h. También es necesario configurar el registro de control (escribir 10h) para que la frecuencia de salida sea de 1Hz.

EL estado inicial del registro 00h, del registro de control y en general de todos los registros es desconocido. Por ello es necesario incluir una rutina para habilitar y configurar el RTC después de conectar una batería. El sistema cuenta con un hardware adicional para la igualación del RTC en caso de agotarse batería y luego cortarse la energía eléctrica.

#### 3.2.6.1.4 Modo EEPROM

Cada vez que se coloca una nueva EEPROM en el circuito, es necesario disponer de una rutina que cargue valores iniciales en la EEPROM.

La memoria dispone de un modo escritura de páginas, es decir se puede enviar la dirección de inicio y una serie de bytes para ser escritos en localidades consecutivas empezando por la dirección de inicio.

La primera página (página 0) se utiliza para guardar los siguientes parámetros:

- Consumo de agua actual
  
- Fecha y Hora

DIRECCION	PAGINA 0	DESCRIPCIÓN
0	var1	Consumo de Agua Actual
1	var2	
2	var3	
3	var4	
4	segundos	Fecha de consumo de Agua Actual
5	minutos	
6	horas	
7	fecha	
8	mes	
9	año	

Tabla 3.1 Variables de consumo de agua almacenadas en la EEPROM 24LC04B

### 3.2.6.1.5 Tamaño de la EEPROM

El tamaño de la memoria 24LC04B es de 100000 ciclos de escritura. Es decir que la duración de la EEPROM depende del período de registro.

A continuación se realiza un cálculo de la duración de la EEPROM, para un período de registro de 30 min.

$$duración = 100000 \text{ ciclos} * \frac{0.5h}{\text{ciclos}} * \frac{\text{día}}{24h} * \frac{\text{año}}{356 \text{ día}} = 5,71 \text{ años}$$

### 3.2.6.2. Descripción del esclavo

El microcontrolador esclavo se encarga de chequear un mensaje cada 2 segundos para luego ser extraído, utilizando los “Comandos AT” que se encuentran cargados en la memoria RAM del microcontrolador. El mensaje extraído será almacenado para luego ser comparado con los caracteres que se encuentran en registros especiales; estos indicarán si se trata de apertura o cierre de la electro válvula o petición de envío de datos de consumo de agua a la red celular mediante un mensaje. En la siguiente figura se puede observar los periféricos que utiliza.

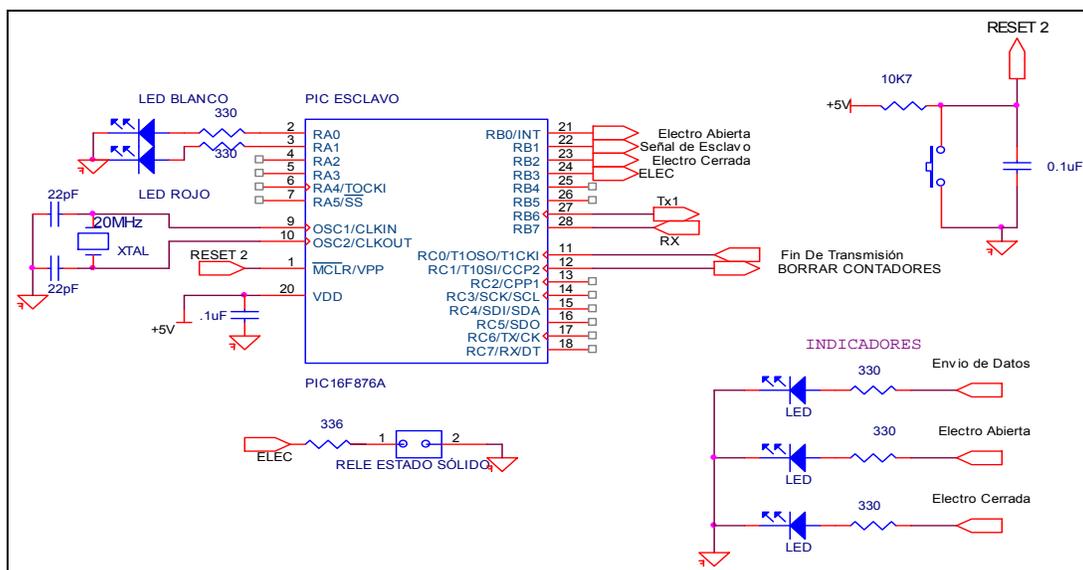


Figura 3.13 Microcontrolador esclavo

El PIC16F876A esclavo requiere la conexión de un cristal externo. Se utiliza un cristal de 20 MHz. Se conectan también dos capacitores (C3 y C4) de 22pF, de acuerdo a la indicación del fabricante. El capacitor (Cn) de 100nF se conecta siguiendo la recomendación para microcontroladores y componentes digitales.

Para visualizar mejor manera el proceso de funcionamiento del sistema esclavo en la siguiente figura, se muestra un diagrama de flujo, que contiene todos los pasos seguidos por el Sistema esclavo.

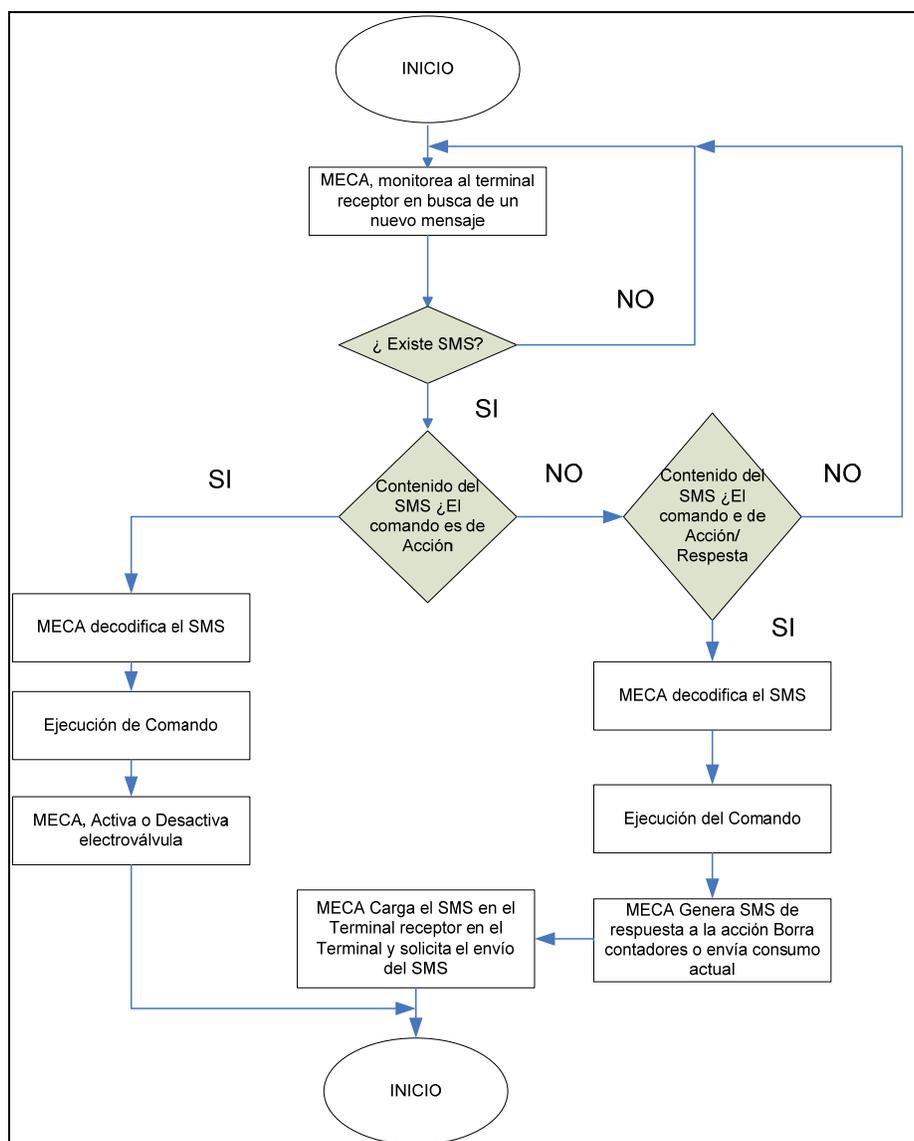


Figura 3.14 Diagrama de flujo del Microcontrolador Esclavo

Se debe tomar en cuenta que el MECA constantemente monitorea el Terminal receptor en busca de un nuevo mensaje, con el objetivo de que el sistema trabaje en tiempos considerables siempre y cuando el SMS llegue sin inconvenientes (en baja utilización de la red GSM, un SMS tarda en llegar 5 segundos desde el Terminal transmisor hacia el Terminal receptor).

El esclavo controla la apertura y cierre de la electroválvula por el pin RB3. Para saber el estado de la electroválvula se tiene dos LEDS indicadores que se activan por los pines, RB0 y RB2; para indicar que el dato de consumo de agua se está cargando y luego ser enviando a la red celular también se tiene un LED indicador Azul en el pin RB1 conectado en el esclavo.

Para saber que el microcontrolador esclavo está monitoreando el teléfono celular sony Ericsson T290 Transmisor-Receptor, se tiene dos LED's indicadores conectados en RA0 y RA1. El primero indica que se están cargando los “**comandos AT**” y el segundo la extracción de un mensaje nuevo.

Para el cálculo de las resistencias de los LED; se toma en cuenta la corriente que entrega el microcontrolador en cada pin.

$$Idc_{m\acute{a}x_{pinI/O}} = 25[mA]$$

$$Idc_{m\acute{a}x_{led's}} = 30[mA] \quad ; \text{ led's azul, Blanco y Verde } Vdc= 5 [V]$$

$$Idc_{m\acute{a}x_{led}} = 40[mA] \quad ; \text{ led Rojo } Vdc= 5[V].$$

Se asume una  $I_{dc} = 15 [mA]$  ; para los leds azul, blanco y verde.

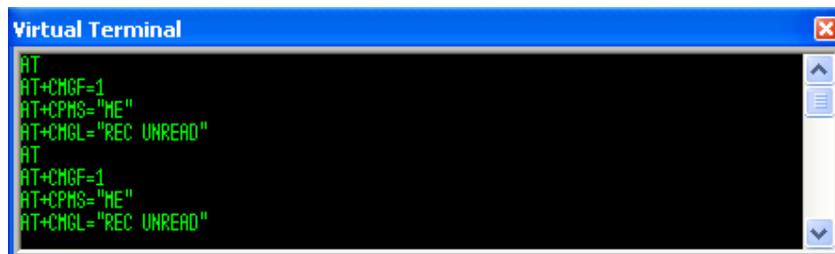
Se asume una  $I_{dc} = 17 [mA]$ ; para el led rojo

$$R = \frac{5[V]}{17[mA]} = 294,11[\Omega] \Rightarrow R = 330[\Omega]$$

$$R = \frac{5[V]}{15[mA]} = 333,33[\Omega] \Rightarrow R = 330[\Omega]$$

### 3.2.6.2.1 Comunicación Serial

Se habilita la comunicación serial para detectar la recepción de alguna trama de acción o respuesta. Cada 2 segundos se chequea algún nuevo mensaje del teléfono transmisor-receptor. Para extraer un nuevo mensaje, el esclavo transmite una serie de Comandos AT tal que si existe un mensaje lo extrae y compara los 4 últimos bytes o 4 últimos caracteres.



```

Virtual Terminal
AT
AT+CMGF=1
AT+CPMS="ME"
AT+CMGL="REC UNREAD"
AT
AT+CMGF=1
AT+CPMS="ME"
AT+CMGL="REC UNREAD"

```

Figura 3.15 Comandos Para extraer un nuevo SMS

En caso de que el mensaje sea de acción debe realizar una serie de comparaciones.

Para el control de la comunicación serial PIC-Teléfono Celular (esclavo o maestro), se controlan dos transistores que actúan como interruptores en el momento de transmitir los datos al Teléfono Transmisor-Receptor. Mediante una señal del microcontrolador maestro se activan TX1 o TX2 , pero no ambos a la vez.

En la siguiente figura se muestra su conexión.

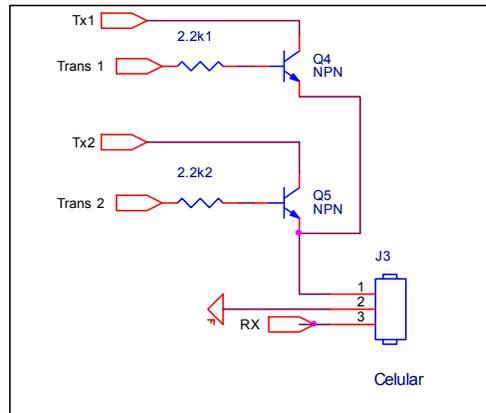


Figura 3.16 Control de Transmisión de Datos al Celular

Cálculo de las Resistencias:

Se utilizó transistores 123AP  $I_c = 0,6[A]$ ,  $V_{CE} = 40[V]$ ,  $P = 0,625[W]$

$\beta = 200$  Como interruptor.

$$I_c = \beta I_\beta \Rightarrow I_\beta = \frac{I_c}{\beta} = \frac{0,6}{200} = 3[mA]$$

$$V = R * I \Rightarrow R = \frac{5[V]}{3[mA]} = 1,666[\Omega] \approx R = 2,2[K\Omega]$$

*3.2.6.2.2 Lista de Comandos Recibidos por SMS para el Control del Medidor Electrónico de Consumo de Agua.*

Cuando un mensaje llega al teléfono celular transmisor –receptor, el sistema MECA debe extraer esta información. Para el sistema MECA se ha fijado una serie de comandos que deben ser enviados desde el sistema de supervisión (HMI), que también se encuentra conectado un teléfono celular receptor- transmisor, con el objetivo de que el sistema pueda decodificar este tipo de comandos y ejecutar la acción requerida. En la siguiente tabla se encuentra una lista de comandos que soporta el sistema MECA para el control de eventos.

COMANDO	SIGNIFICADO	CONTROL DE EVENTO	DESCRIPCIÓN
<b>MECA A</b>	Activar Electro válvula	Acción-Respuesta	Este comando permite cerrar la electro válvula, cortando el servicio de consumo de agua
<b>MECA D</b>	Desactivar Electro válvula	Acción-Respuesta	Este comando permite abrir la electro válvula, habilitando el servicio de consumo de agua
<b>MECA L</b>	Consumo Actual	Acción-Respuesta	Este comando es utilizado para solicitar el consumo actual y fecha en cualquier instante.
<b>MECA B</b>	Borrar Contadores	Acción-Respuesta	Mediante este comando, el Medidor de Consumo de Agua Electrónico, reinicia la cuenta de consumo de agua (borra contadores).
<b>SMECAA</b>	Electro válvula cerrada	Respuesta	Estos comandos son respuesta del sistema de medición para la comprobación de dicha acción ejecutada por el administrador
<b>SMECAD</b>	Electro válvula abierta	Respuesta	

Tabla 3.2 Comandos que soporta el Medidor de Consumo de Agua Electrónico

### 3.2.7. Protocolo de comunicación RS-232

El sistema tiene un protocolo de comunicación RS-232 y 2 interfaces entre el sistema microprocesado con el teléfono celular transmisor que utiliza niveles de voltaje TTL y el teléfono celular receptor conectado al computador servidor que necesita un convertidor de niveles RS-232/TTL para realizar dicha comunicación y en la siguiente figura se observa el circuito básico para la conexión del Max232.

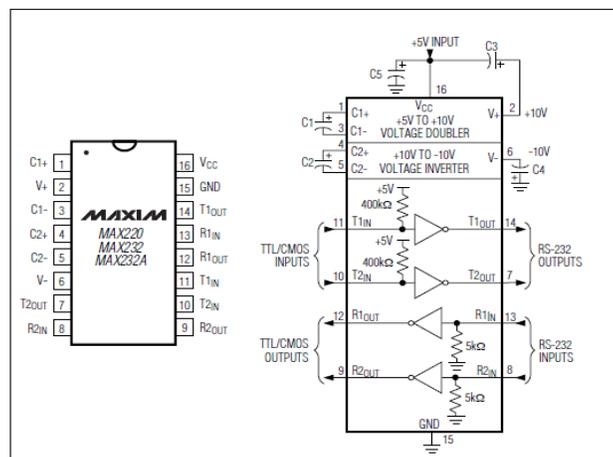


Figura 3.17 Conexión del MAX232A

Las líneas de transmisión y recepción del teléfono funcionan con voltajes TTL, por lo que no existe inconveniente alguno en trabajar directamente entre el teléfono y el microcontrolador. El Max232 se alimenta con la misma fuente de alimentación del cargador del celular. El cargador entrega un voltaje de +5.6 [V], 600[mA], el que es utilizado por el Max232 ya que este soporta hasta +6[V] con una corriente de 10 [uA]. En el siguiente circuito se observa la conexión del Max232, cargador del celular y el conector DB9 a RJ45 para la PC, los capacitares del Max232 son seleccionados de acuerdo a especificaciones de tablas del Max232.

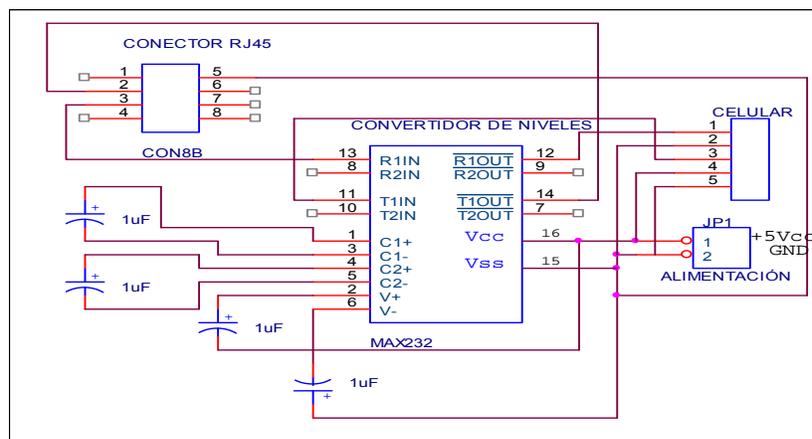


Figura 3.18 Diagrama de Conexión Teléfono celular PC

### 3.2.8. Fuente de alimentación

Se requiere dos niveles de voltaje DC regulado: 5 [V] para el sistema microprocesado y 12 [V] para el sensor (el sensor puede alimentarse de 6[V] a 16[V]). La energía para la alimentación se toma de la red.

Se plantea la utilización de una fuente con un transformador reductor de 110 [VAC] a 12[VAC], 1 [A], un rectificador y un filtro capacitivo. Esta fuente entrega un voltaje DC no regulado.

Para obtener el voltaje regulado se utilizan reguladores de voltaje en circuito integrado. El regulador para 5 [V] es un LM7805.

El regulador 7805 entrega un voltaje regulado de 5 [V] con una salida de corriente de hasta 1 [A]; experimentalmente se determina que la circuitería alimentada con 5 [V] y 12[V] consume 58.3 [mA] a 80.7 [mA], por lo que la capacidad de corriente del 7805 es suficiente.

En la figura también se incluyen elementos de protección fusibles (F1 y F2) y un varistor, para protección. La conexión entre la tierra GND digital se conecta a carcasa.

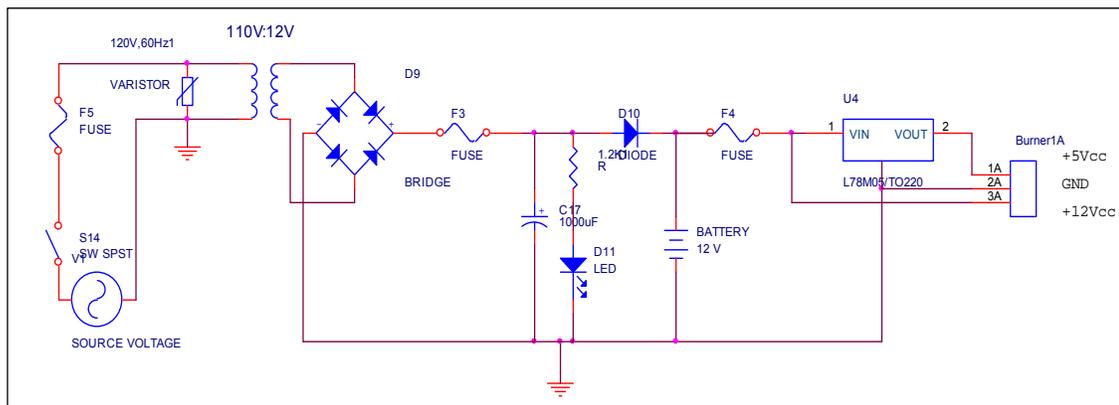


Figura 3.19 Fuente de Alimentación

### 3.2.8.1 Protecciones

Un varistor es muy efectivo para atenuar perturbaciones (de alta energía y relativamente larga duración) como por ejemplo los rayos. Se utiliza un varistor en paralelo con el voltaje de línea (voltaje nominal 120 [V]), con especificaciones de 150 Vrms, 40 Julios.

El varistor tiene un número limitado de transitorios que puede soportar. Al finalizar su vida útil o si se exceden las condiciones especificadas, el varistor puede quedar cortocircuitado. Por tal razón es necesario que se coloque un fusible en serie con el varistor.

Experimentalmente se ha determinado que la corriente que consume el circuito es de 80.7 [mA]. Debido a la falta de disponibilidad en el mercado de fusibles de tan bajas corrientes, se utilizó un fusible de 250mA, 250 V.

### 3.2.8.2. Cargador de baterías

Sirve para mantener recargadas las baterías hasta su plena carga capacidad cuando la red de entrada está presente.

Se utiliza como cargador de baterías una fuente rectificadora y regulada lineal de voltaje y corriente. El cargador se mantiene en nivel de voltaje de flotación de la batería y dispone de límite de corriente máxima de recarga al 15% de la capacidad nominal de la corriente de la batería. Para la presente aplicación, esta es la mejor recarga de la batería según recomendación del catálogo del fabricante de las baterías.

### 3.2.8.3. Selección de la batería

Para escoger el voltaje DC de alimentación al sistema o voltaje de la batería se toman en cuenta los siguientes parámetros:

Corriente DC máxima en función de la potencia de salida. Capacidad máxima de corriente del sensor de flujo, LCD y el resto de circuitería.

Con las consideraciones anteriores se prepara la siguiente tabla de posibles niveles de voltaje a emplearse.

$$IDC = \frac{Potencia.de.salida(W)}{Eficiencia * Voltaje.DC.final}$$

CANTIDAD DE BAT 12V	Nº CELDAS	VOLTAJE NOMINAL VDC	VOLTAJE FINAL VDC	IDC 500W A	IDC 1000w A
1	6	12	9,6	65,1	130
2	12	24	19,2	32,5	65,1
3	18	35	28,8	21,7	43,4
4	24	48	38,4	16,2	32,5
5	48	60	48	13	26

Tabla 3.3 Alternativas de niveles de DC a usarse

Se asume un eficiencia típica de 85 %, para el sistema de regulación de voltaje a usarse. El voltaje final de operación es un dato de fabricante. Y la potencia de salida del sistema que aproximadamente es de 0.845[W]

$$IDC = \frac{0.84(W)}{0.85 * 9.6[V]} = 103mA \approx 100mA$$

La recarga de baterías a voltaje constante es el mejor y más recomendado método utilizado. Por lo tanto, para obtener el mejor desempeño y la más larga vida útil, es recomendable limitar la corriente máxima de recarga que fluye en el periodo inicial.



Figura 3.20 Batería SHUNHONG utilizada

La Batería usada es una SHUNHONG de 12V y 7 A/H, de acuerdo a la capacidad de corriente, voltaje y el tiempo que el medidor electrónico de consumo de agua debe ofrecer en caso de un mal servicio de la red eléctrica. El medidor tendrá un tiempo de 7 días en funcionamiento, en caso de no retornar el servicio de energía eléctrica.

### 3.3. DESCRIPCIÓN DEL TELÉFONO RECEPTOR

El teléfono celular receptor debe cumplir ciertos requisitos tecnológicos, como un puerto de transferencia de datos, con el fin de extraer la información del mismo.

Tanto el teléfono transmisor como el receptor poseen las mismas características de fabricación y tecnología.

#### 3.3.1. Interfaz de comunicación serial

Para extraer la información del teléfono celular receptor se utiliza el puerto de datos del teléfono mediante comunicación serial asincrónica. Puesto que su puerto trabaja a nivel de voltaje TTL, se utilizó un convertidor de niveles para la comunicación con la PC “**Servidor Web**”.

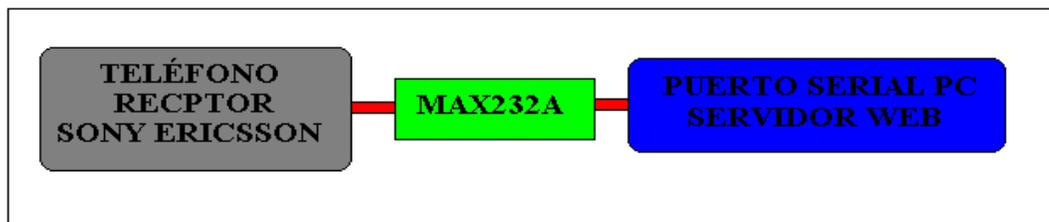


Figura 3.21 Comunicación serial Teléfono-PC.

### 3.4. CONTROL DE APERTURA Y CERRADO DE LA ELECTROVÁLVULA

El sistema posee un control de apertura y cierre de una electroválvula, que es activada mediante una señal de voltaje que entrega el microcontrolador esclavo por uno de sus pines RB3.

Esta señal de voltaje es utilizada para activar un relé de estado sólido (HANYOUNG). El relé puede trabajar con corriente alterna 85-264[VAC] a 20[A] y el sistema de control dentro del relé acepta voltajes en el orden de 5 a 24[VDC].

Con el nivel de voltaje que entrega el microcontrolador es suficiente para la acción del relé y así permitir alimentar la electroválvula para cerrado de la misma con cero voltios en el conector. El relé funciona como un switch apagado, por lo que la electroválvula se encuentra abierta permitiendo el paso de agua para el consumo de los usuarios.



Figura 3.22 Relé de estado sólido para la activación de la electroválvula

### 3.2. ASPECTOS TECNOLÓGICOS Y CONSTRUCTIVOS

Para la construcción de los circuitos impresos se consideraron los siguientes parámetros:

- Tamaño de las Tarjetas
- Acabados.

### 3.2.1. Diseño de circuitos impresos

En las siguientes figuras se puede observar el ruteado de las diferentes tarjetas:

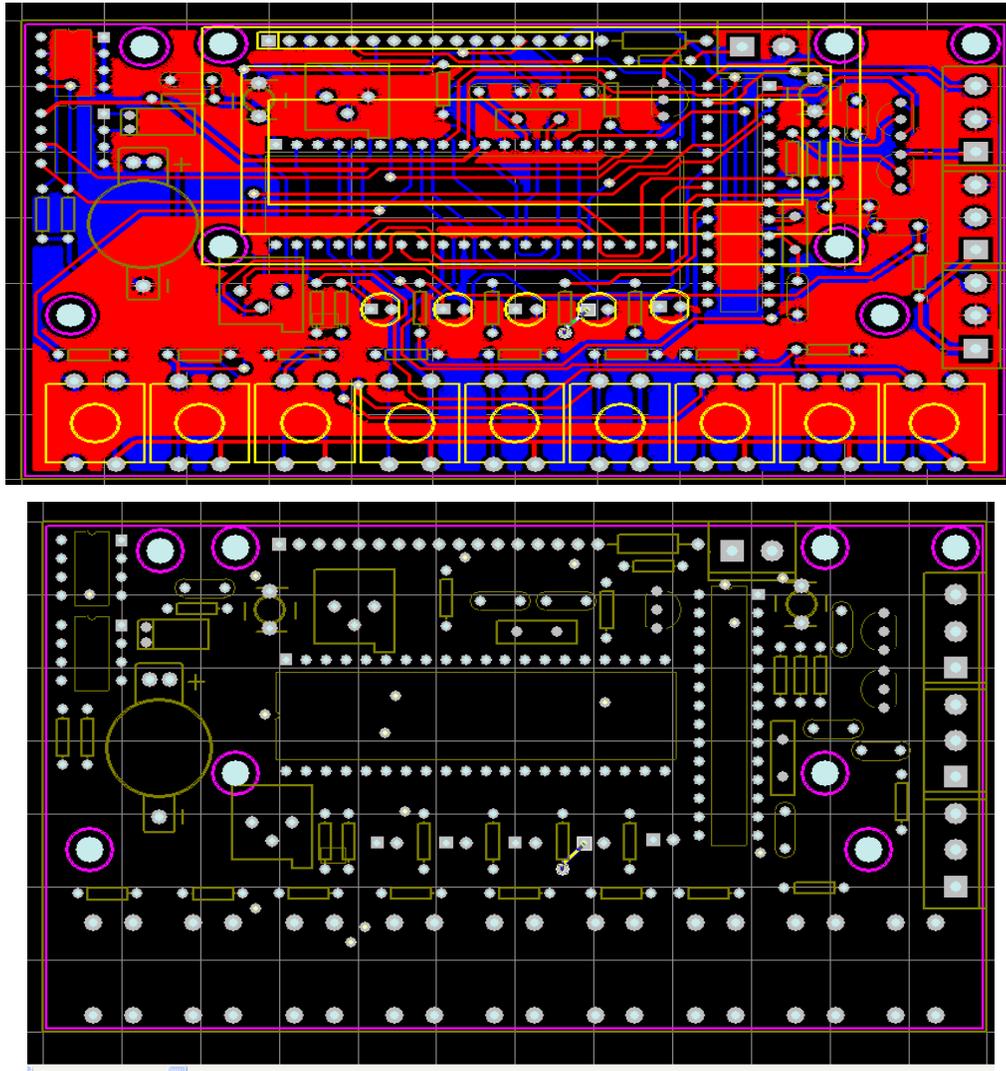


Figura 3.23 Tarjeta de control







## **CAPÍTULO 4: DESARROLLO DE SOFTWARE PARA ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS**

### **INTRODUCCIÓN**

La visualización y procesamiento de los datos es primordial, ya que de esto depende el éxito del sistema diseñado. Se puede cuantificar la versatilidad y operatividad a través de la simplicidad del software al ser utilizado por un cliente o un administrador.

Con el objetivo de administrar los datos de una forma ordenada y sin repeticiones se implementó una base de datos con un modelo relacional.

El software diseñado consta dos aplicaciones:

- una para el administrador del sistema
  
- una para los clientes

El administrador está en la capacidad de monitorear el estado de todos los clientes, corte del servicio, activación del servicio, generación de reportes y obtención de estadísticas.

El cliente está en capacidad de obtener la factura correspondiente al mes de consumo de agua y año escogido.

## 4.1. DESCRIPCIÓN

### 4.1.1. Interfaces de comunicación.

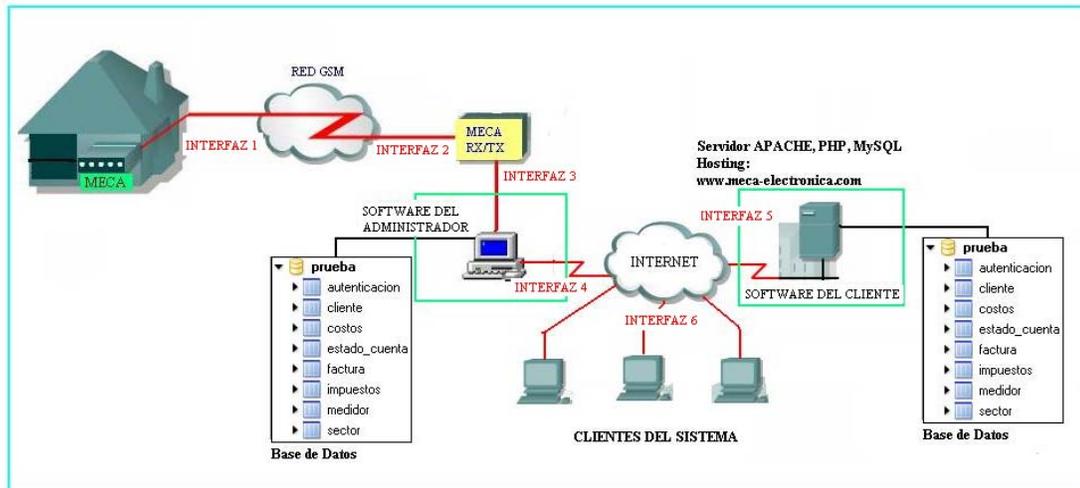


Figura 4.1. Sistema de comunicación

A través de las interfaces de comunicación se realiza la recepción y transmisión de datos del sistema.

Dependiendo de la interfaz que se esté utilizando cambian los formatos de los datos en el respectivo enlace.

En la figura 4.1 se muestran las diferentes interfaces de comunicación con que cuenta el sistema.

#### 4.1.1.1. Interfaz

Propicia el enlace entre la red celular GSM y el sistema transmisor del medidor electrónico de consumo de agua a través del pòrtico serial del teléfono celular Sony Ericsson, que se encuentra en el módulo transmisor “MECA”.

#### 4.1.1.2. Interfaz 2

Es el enlace de la red GSM y el receptor-transmisor del medidor electrónico de consumo de agua, a través de un teléfono celular receptor.

#### 4.1.1.3. Interfaz 3

Es el encargado del enlace entre el sistema receptor-transmisor y el servidor local del sistema.

El enlace se realiza a través del pórtico serial del celular contenido en el sistema receptor-transmisor, hacia el pórtico serial del servidor local.

En este enlace se efectúa la adquisición y almacenamiento de datos del módulo transmisor "MECA".



Figura 4.2. Interfaz entre el pórtico serial del teléfono y el servidor local.

#### 4.1.1.4. Interfaz 4

Es el enlace entre el servidor local y el servidor en Internet a través de la nube de Internet.

En este enlace se transfieren los datos de la base de datos local hacia la base de datos ubicada en el Hosting contratado, con el objetivo de publicarlos en una página Web.

#### 4.1.1.5. Interfaz 5

Es el enlace entre la nube de Internet y el Hosting (Lugar donde están alojados los servidores PHP, MySQL y Apache). A través de este enlace se transfieren datos hacia el servidor y solicitudes de datos.

#### 4.1.1.6. Interfaz 6

Permite la conexión de los usuarios hacia la nube de Internet con el objetivo de realizar solicitudes de páginas Web.

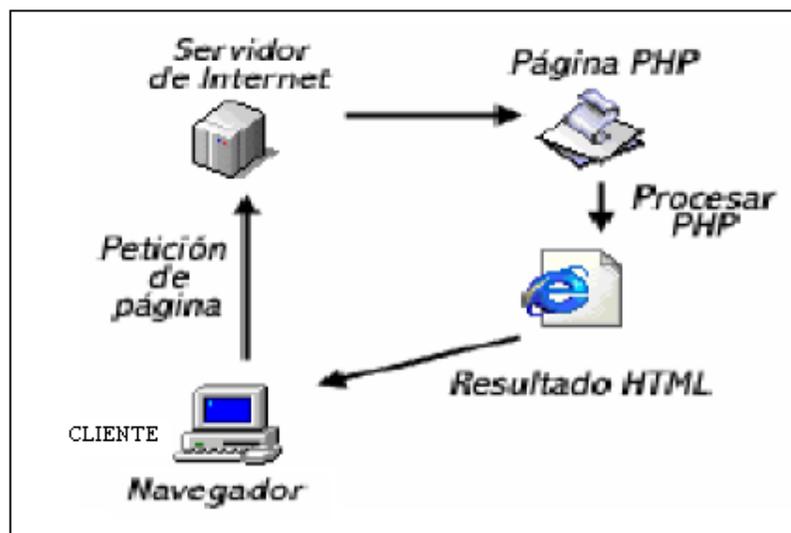


Figura 4.3. Solicitud de una aplicación Web.

## 4.2. BASE DE DATOS

### 4.2.1. Definición

Colección de datos o información debidamente clasificados, organizados y ordenados.

#### **4.2.2. DBMS**

Sistema de administración de base de datos. (System Manager Data Base). Conjunto de programas o herramientas con los cuales se puede acceder a una base de datos.

#### **4.2.3. Objetivo**

El objetivo de una base de datos es acceder a los datos de manera eficiente el momento que se presente la necesidad de encontrar la información.

#### **4.2.4. Soluciones de las BDD (Base de datos)**

- Se evita la redundancia en la información.
- Eficiencia al encontrar o acceder a los datos.
- Seguridad de la información (Usuarios que deban acceder).
- Manejo de errores o fallos.

#### **4.2.5. Abstracción de datos**

- Nivel físico, hace referencia a la forma física en la que va a estar almacenada la información.
- Nivel Conceptual, que información se va a guardar y cuales son sus relaciones.
- Nivel de Visión, como se presenta la información a los usuarios, de acuerdo al usuario que requiera la información.

#### **4.2.6. Modelo de datos**

Conjunto de herramientas conceptuales para describir datos y relaciones a través de una semántica asociada a ellos y reglas de consistencia.

Los diferentes modelos de datos pueden ser:

- Modelos lógicos basados en objetos, se puede especificar las relaciones entre los datos utilizando el modelo orientado a objetos.
- Modelo lógico basado en registros, se especifica la estructura lógica global de la base de datos y permite una implementación más alta. En este modelo lógico se incluyen el modelo relacional, modelo jerárquico y modelo de red.

##### *4.2.6.1. Modelo Relacional*

Trabaja con entidades y relaciones entre ellas.

##### *4.2.6.2. Modelo Jerárquico*

Trabaja con jerarquías

##### *4.2.6.3. Modelo de Red*

Colecciones de registros que están relacionadas con punteros.

#### **4.2.7. Base de datos implementada**

La base de datos implementada es un modelo de datos relacional basado en el modelo lógico basado en registros, la misma que ha sido desarrollada en MySQL 5.1.11.

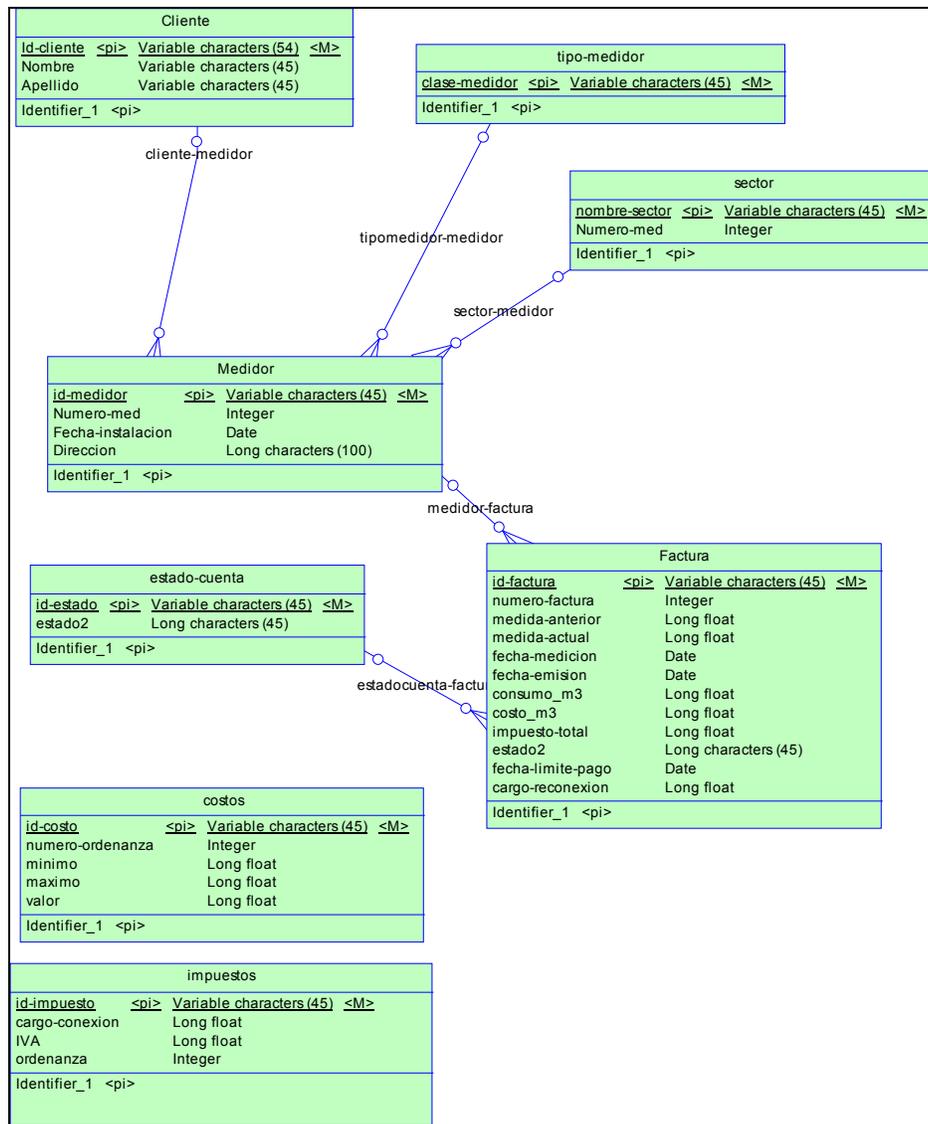


Figura 4.4. Modelo de datos de BDD (Base de Datos "prueba")

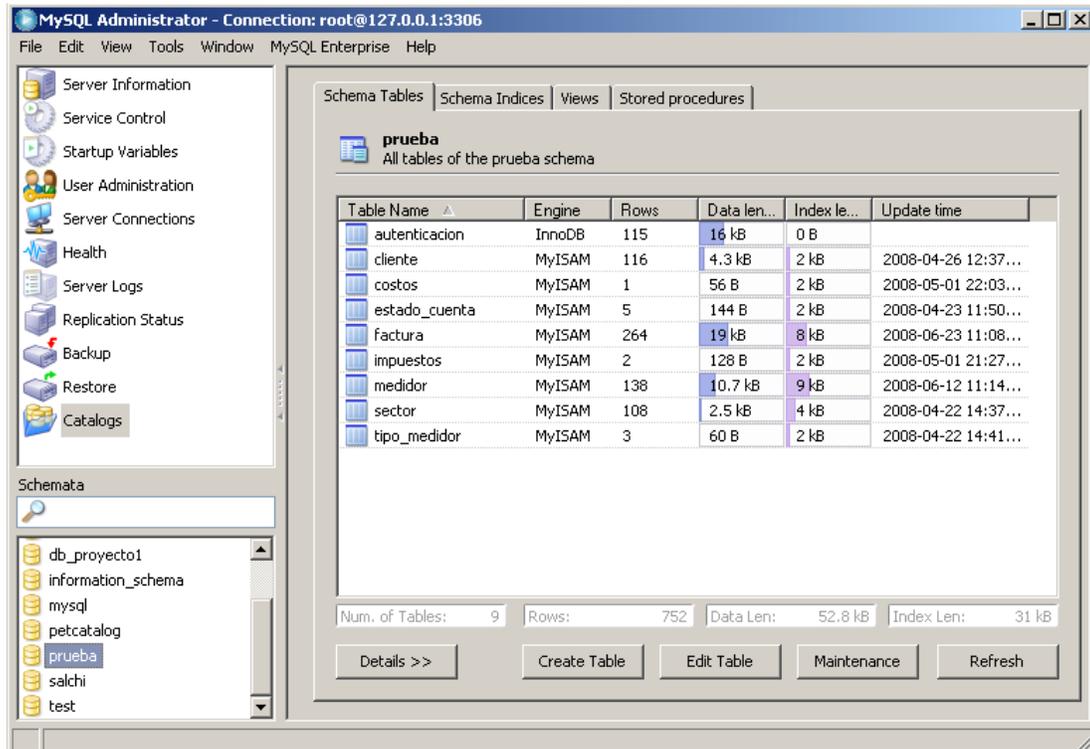


Figura 4.5. Base de datos “prueba” implementa en MySQL 5.1.11

En la Figura 4.4. Se observan cinco relaciones entre las diferentes entidades de la base de datos:

- Relación cliente-medidor, es una relación de uno a muchos, lo que significa que un cliente puede tener muchos medidores.

ID_MEDIDOR	ID_CLIENTE
1	c-1
2	c-1
10	c-1

Figura 4.6. Relación cliente-medidor

- Relación tipomedidor-medidor, es una relación uno a muchos, lo que significa que muchos medidores pueden ser de un tipo, por ejemplo de agua, de energía eléctrica o gas.

ID_MEDIDOR	CLASE_MEDIDOR
1	Agua
10	Agua
3	Agua
4	Agua
5	Agua
6	Agua
7	Agua
8	Agua
9	Agua
11	Agua
12	Agua

Figura 4.7. Relación tipomedidor-medidor

- Relación sector-medidor, es una relación uno a muchos, lo que significa que un sector puede poseer muchos medidores.

ID_MEDIDOR	NUMERO_SECTOR
1	1
71	1
72	1
73	1
74	1
75	1
76	1
77	1

Figura 4.8. Relación sector-medidor

- Relación medidor-factura, es una relación uno a muchos, lo que significa que un medidor puede poseer muchas facturas.

ID_MEDIDOR	ID_FACTURA
10	F10-1-2008
10	F10-2-2008
10	F10-4-2008
10	F10-5-2008
10	F10-3-2008
10	F10-1-2000
10	F10-2-2000
10	F10-3-2000
10	F10-4-2000
10	F10-6-2008

Figura 4.9. Relación medidor-factura

- Relación estadocuenta-factura, es un relación uno a muchos, lo que significa que una factura puede tener muchos estados como: pendiente, cancelado, mora, sin servicio o reconexión.

ID_MEDIDOR	DESCRIPCION
10	PENDIENTE
10	PENDIENTE
10	CANCELADO
10	RECONEXION
10	RECONEXION

Figura 4.10. Relación estadocuenta-factura

### **4.3. DESARROLLO DE SOFTWARE DEL ADMINISTRADOR**

#### **4.3.1. Adquisición y almacenamiento de datos del módulo transmisor “MECA”.**

##### *4.3.1.1. Modo de Operación Manual*

En este modo se realiza la adquisición de datos de forma manual al escoger el modo y pulsando el botón que indica “Presione para leer”.

Al ejecutar esta acción se introducen los respectivos comandos AT para la lectura del mensaje del módulo receptor-transmisor.

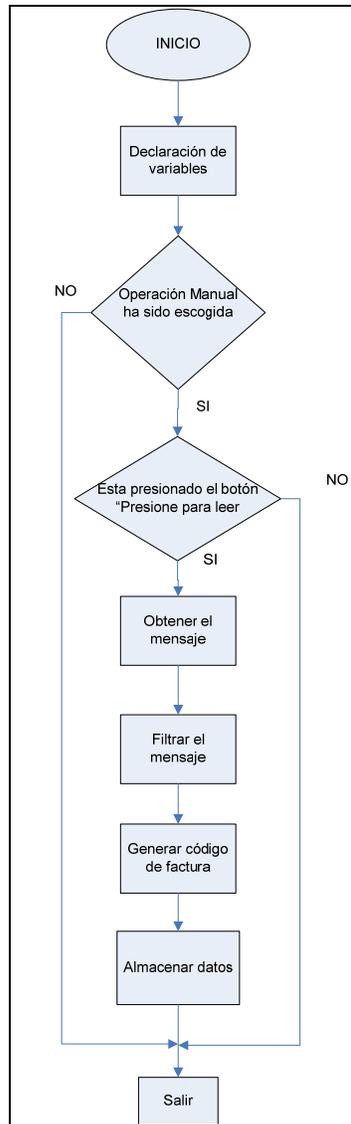


Figura 4.11. Diagrama de Flujo Operación Manual

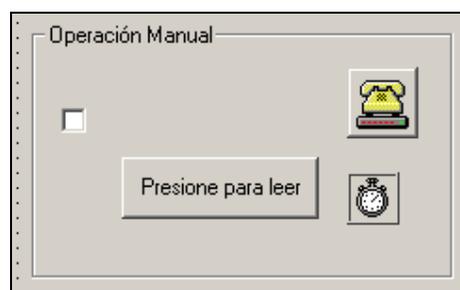


Figura 4.12. Modo de operación manual

#### 4.3.1.2. Modo de Operación Automática.

En este modo se realiza la adquisición de datos de forma automática.

Al ejecutar este comando se introducen automáticamente los respectivos comandos AT para la lectura del mensaje del módulo receptor-transmisor.

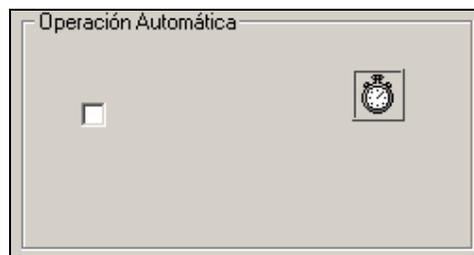


Figura 4.13. Modo de operación automática

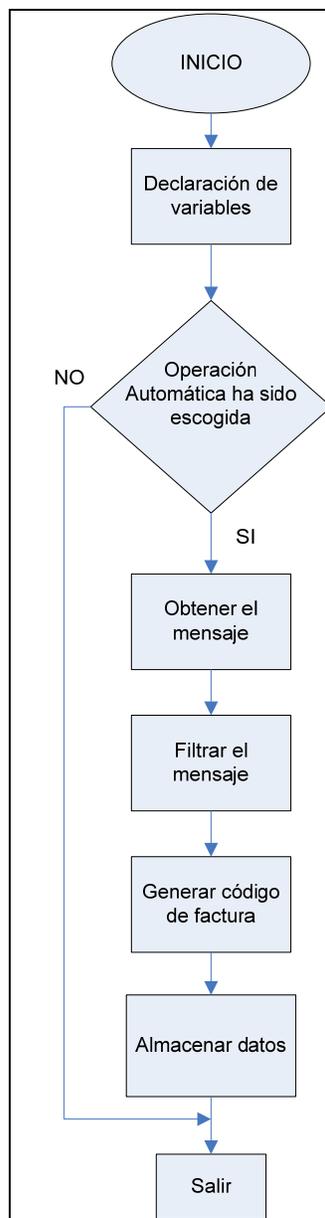


Figura 4.14. Diagrama de Flujo Operación Automática

#### 4.3.1.3. Filtro del Mensaje

Después que el mensaje ha sido leído de forma manual o automática, es necesario tomar los siguientes datos de la medición:

- Número de medidor

- Medida Actual
- Fecha de Medición

Para la obtención de los datos es necesario la implementación de un algoritmo que funcione como filtro, ya que la longitud del mensaje recibido varía, como se indica en la Figura 4.15.

RECIBIR	IMX: 00010 0.000 13-02-2008   cpms = "me"    at + cmgl = "rec rea	65	Longitud del String
RECIBIR	IMX: 00010 0.000 13-02-2008	30	Longitud del String
RECIBIR	IMX: 00010 0.000 13-02-2008   s = "me"    at + cmgl = "rec read"    a	69	Longitud del String
RECIBIR	IMX: 00010 0.000 13-02-2008   s = "me"    at + cmgl	52	Longitud del String
RECIBIR	IMX: 00010 0.000 13-02-2008      at + cmgl	43	Longitud del String

Figura 4.15. Longitud variable del mensaje

Al ejecutar el algoritmo se toman los datos y se despliegan en las respectivas casillas de texto el número de medidor, el consumo y la fecha de medición como se indica en la Figura 4.16.

Datos Obtenidos del Sistema

10	222.88	2008-03-13
Numero Medidor	Consumo Medidor	Fecha Medicion

Figura 4.16. Adquisición de datos

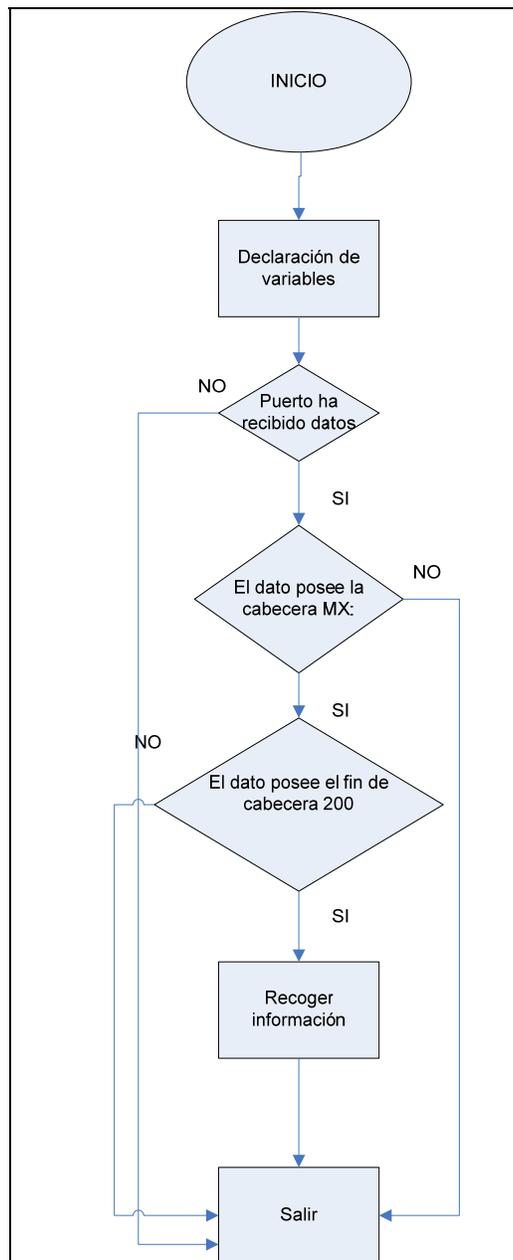


Figura 4.17. Algoritmo filtro de extracción de datos

#### 4.3.1.4. Almacenamiento de datos

El objetivo es almacenar los datos adquiridos a través de la interfaz 3, en la base de datos desarrollada en MySQL.

Para enlazar la base de datos con Visual Basic se utiliza un controlador (Driver) ODBC.

ODBC (Open DataBase Connectivity), es la interfaz necesaria para que una aplicación cliente y un proceso servidor de base de datos, puedan hablar un lenguaje común.

La arquitectura de ODBC se descompone en cuatro partes o niveles:

- Aplicación
- Administrador de orígenes de datos ODBC
- Controladores ODBC
- Orígenes de dato

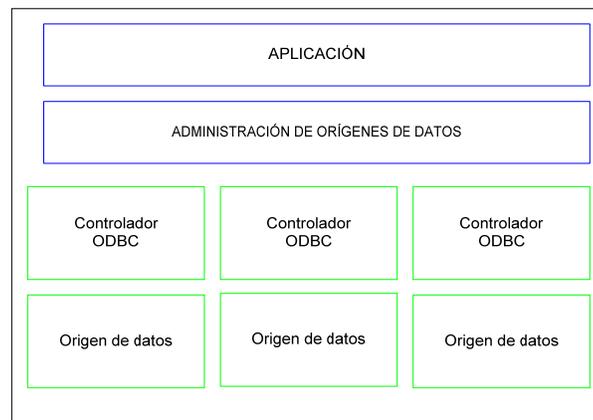


Figura 4.18. Arquitectura ODBC

Aplicación.- Es un programa compilado y escrito en un determinado lenguaje para llamar a las funciones de ODBC para acceder a datos de uno o varios orígenes de datos.

Administración de orígenes de datos.- Es una librería de funciones que se encarga de gestionar la comunicación entre la aplicación y los controladores ODBC.

Controladores ODBC.- Son librerías (colecciones de funciones) que implementan las funciones definidas por ODBC para un sistema gestor de bases de datos concreto.

Funciones de un controlador ODBC.- Posee las siguientes:

- Conectarse habilita el origen de datos y al desconectarse deshabilita el origen de datos.
- Comprobar realiza una verificación de los errores en la petición SQL que no hayan sido detectados por el administrador de orígenes de datos.
- Iniciar comienza transacciones
- Enviar peticiones SQL al origen de datos para su ejecución y realizar conversiones sintácticas SQL. Enviar y recibir los datos hacia el origen y de origen de datos.
- Realizar la posible conversión de datos en un doble sentido: debe convertir los datos específicos de la aplicación en tipos de datos inteligibles por el sistema gestor de bases de datos y viceversa.

Categorías de un controlador ODBC.- Posee las siguientes categorías:

- Controladores basados en archivos(file-based drivers), el controlador accede directamente a los datos físicos y actúa al mismo tiempo como controlador y sistema gestor de base de datos. Por ejemplo: Controladores ODBC, Access.
- Controladores basados en sistemas gestores de bases de datos, el controlador ODBC accede a los datos físicos a través de un sistema gestor de bases de datos. Por ejemplo: Controlador ODBCMySQL.

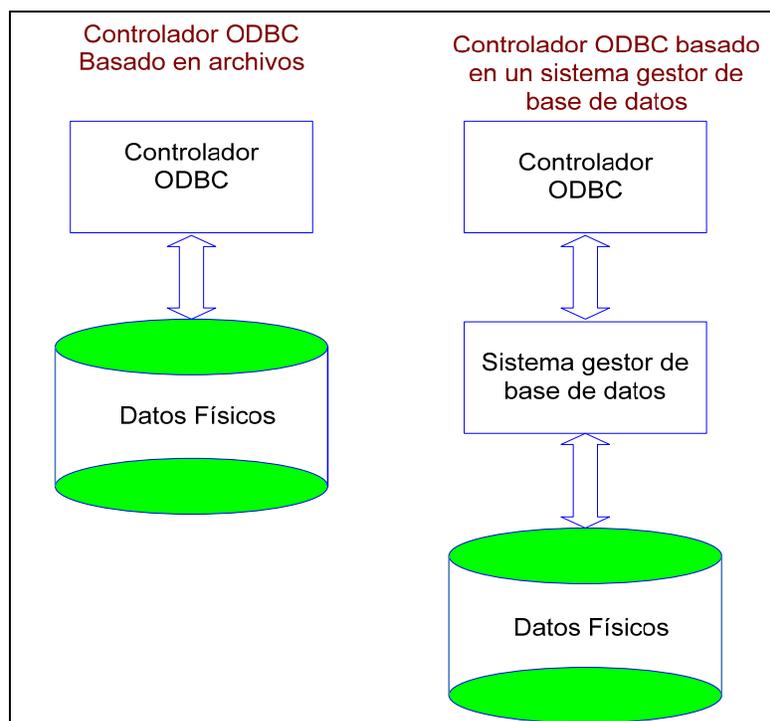


Figura 4.19. Categorías de un controlador ODBC

Orígenes de datos.- Un origen de datos representa de forma genérica al lugar en el que se halla la información requerida. Se clasifican en:

- Origen de datos de sistema (machinedatasource), estos datos son almacenados en un sistema bajo un determinado perfil de usuario. Estos orígenes de datos pueden ser vistos por todos los usuarios del equipo.
- Origen de datos de archivo ODBC, estos datos son almacenados en un archivo y permiten que la información contenida en este archivo sea utilizada por uno o varios usuarios.

#### *4.3.1.5. Conexión Visual Basic - MySQL*

Para realizar la conexión se debe considerar los siguientes aspectos:

- Instalar Driver ODBC.
- Configurar el Driver ODBC.
- Abrir Visual Basic, crear un formulario con un objeto Remote Data y un Objeto DBGrid.
- Establecer propiedades de los controles.

#### **4.3.2. Software diseñado para almacenar los datos.**

##### 1. Conexión con la base de datos

Para habilitar el enlace con la respectiva base de datos, se requiere realizar un String de conexión, en el mismo que se especifica el controlador (en este caso MySQL ODBC 5.1. Driver), la dirección del Hosting(127.0.0.1) y el nombre de la BDD(base de datos).

A continuación se muestra la forma en que se habilita la conexión y el respectivo String:

```
Dim conn3 As ADODB.Connection
Set conn3 = New ADODB.Connection
'Definición del String de conexión con la base de datos requerida.
conn3.ConnectionString = "DRIVER={MySQL ODBC 5.1 Driver};" _
    & "SERVER=127.0.0.1;" _
    & "DATABASE=prueba;" _
    & "UID=root;"
conn3.Open
```

## 2. Generación de código de la factura

Cada dato obtenido del sistema de medición debe ser almacenado de forma inmediata. Para lograr este objetivo se requiere un código para cada medición, el mismo que es un único código de factura, que posteriormente va a ser ingresado a la base de datos.

El código es generado inmediatamente en Visual-Basic después de filtrar el mensaje recibido del sistema receptor-transmisor.

En la Figura 4.20. se observa el código que incluido en la factura obtenido a través de Visual-Basic.

Imprimir



**SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTO  
DE CONSUMO DE AGUA**

FACTURA N°: F8-1-2008 → CODIGO DE FACTURA

CLIENTE: Adriana Gutiérrez

RUC / C.I.: 098512692

DIRECCIÓN: García Moreno 760

SECTOR: 71

MEDIDOR: 8

LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL
253.22	261.55

FECHA DE EMISIÓN	FECHA LIMITE DE PAGO
2008-01-29	0

MATRIZ. Av. 12 de Octubre y Veintimilla TELEFONOS: 2507-144 ext: 332  
EDIFICIO ELECTRONICA-GUIMICA LABORATORIO DE INSTRUMENTACION INDUSTRIAL

**DATOS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN**

ESTADO	COSTO	CONSUMO M3
CANCELADO	0.2994	8.33

**FACTURACION:**

DESCRIPCION	VALOR
CONSUMO TOTAL	2.49
CARGO FIJO CONEXION	2.1
ALCANTARILLADO	0.963
MOP	0
CARGO RECONEXION	0
HISTORICO	
OCTUBRE 5.33m3	
NOVIEMBRE 12.26m3	
DICIEMBRE 5.97m3	
<b>SUBTOTAL</b>	<b>5.56</b>
Meses Deuda	0
<b>TOTAL A PAGAR</b>	<b>5.56</b>

Figura 4.20. Código de factura

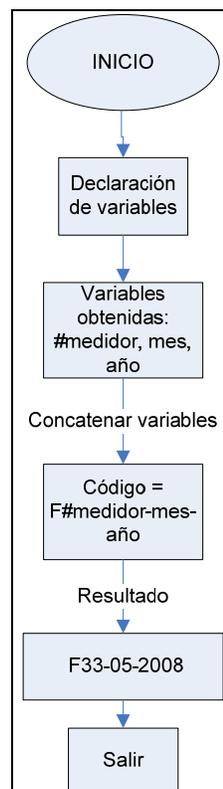


Figura 4.21. Diagrama de Flujo Generación de Código de Factura

### 3. Comandos

El comando utilizado para el ingreso de los respectivos datos es INSERT.

A través de este comando se inserta un nuevo registro en la base de datos (prueba) sin perder información del sistema.

En el siguiente párrafo se muestra como se insertan los datos obtenidos del módulo receptor-transmisor.

```
conn3.Execute "insert into factura (ID_FACTURA, ID_MEDIDOR,
MEDIDA_ACTUAL, FECHA_MEDICION, ID_ESTADO) values('" +
idfactura + "', '" + Me.Num_med.Text + "', '" + Me.Consumo_Act + "', '" +
Me.Date.Text + "', '1')"
```

#### **4.3.3. Administración del sistema remoto de datos**

El administrador del sistema está en capacidad de llevar a cabo las siguientes actividades:

- Visualización de todos los clientes y adquisición de datos de cualquier medidor en un tiempo aleatorio. Para realizar una lectura instantánea de cualquier medidor, el administrador deberá primero autenticar al medidor, luego activar el monitoreo y al final habilitar la lectura de datos. En la Figura 4.22. se muestra la pantalla diseñada para monitorear y adquirir datos aleatorios del sistema.

MONITOREO DEL SISTEMA

«« Clientes »»

Andres Ribadeneira Agua 20  
 Nombre Apellido Clase de Medidor Número de Medidor

Autenticar Medidor \*\*

Activación de monitoreo  
 Lectura de datos

Número Medidor Consumo Medidor Fecha Medición

Figura 4.22. Monitoreo del sistema

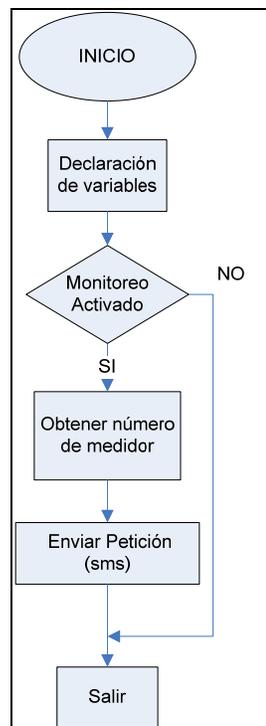


Figura 4.23. Diagrama de Flujo Activación monitoreo

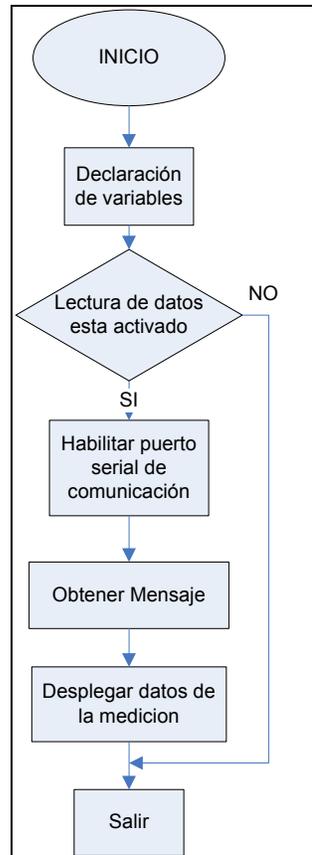


Figura 4.24. Diagrama de Flujo Lectura de Datos

- Revisión de estado de cuenta de cualquier medidor, corte del servicio, activación del servicio y verificación de corte/activación del servicio  
En la figura 4.25. se evidencia la versatilidad que posee el administrador para revisar el estado de cuenta de cada medidor, verificar los meses de deuda de un medidor escogido de forma aleatoria, controlar el corte y activación del servicio, para lo cual es necesario autenticar el medidor.

CONTROL DEL SISTEMA REMOTO

Estado-cuenta

10 F10-2-2008 PENDIENTE 17/02/2008

Número de Medidor Factura Estado Fecha límite de pago

Autenticar Medidor && 096907485

Meses de deuda 1 1

Medidor Meses de deuda

CORTE DEL SERVICIO ACTIVACIÓN DEL SERVICIO

VERIFICAR CORTE/ACTIVACION DEL SERVICIO

Procesar

Figura 4.25. Control del sistema remoto

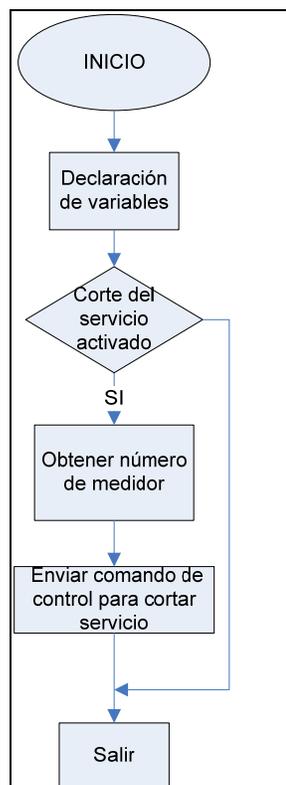


Figura 4.26. Diagrama de Flujo de Corte de Servicio

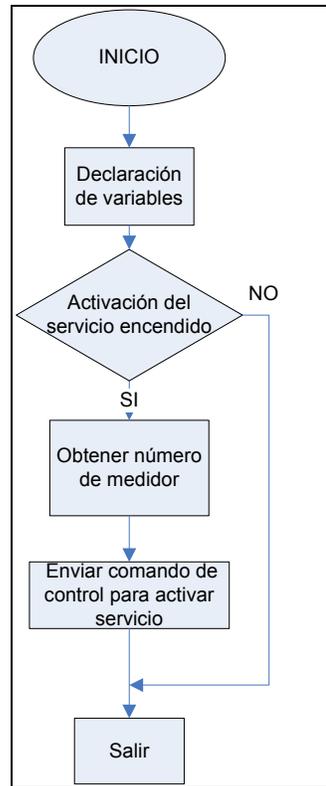


Figura 4.27. Diagrama de Flujo de Activación de Servicio

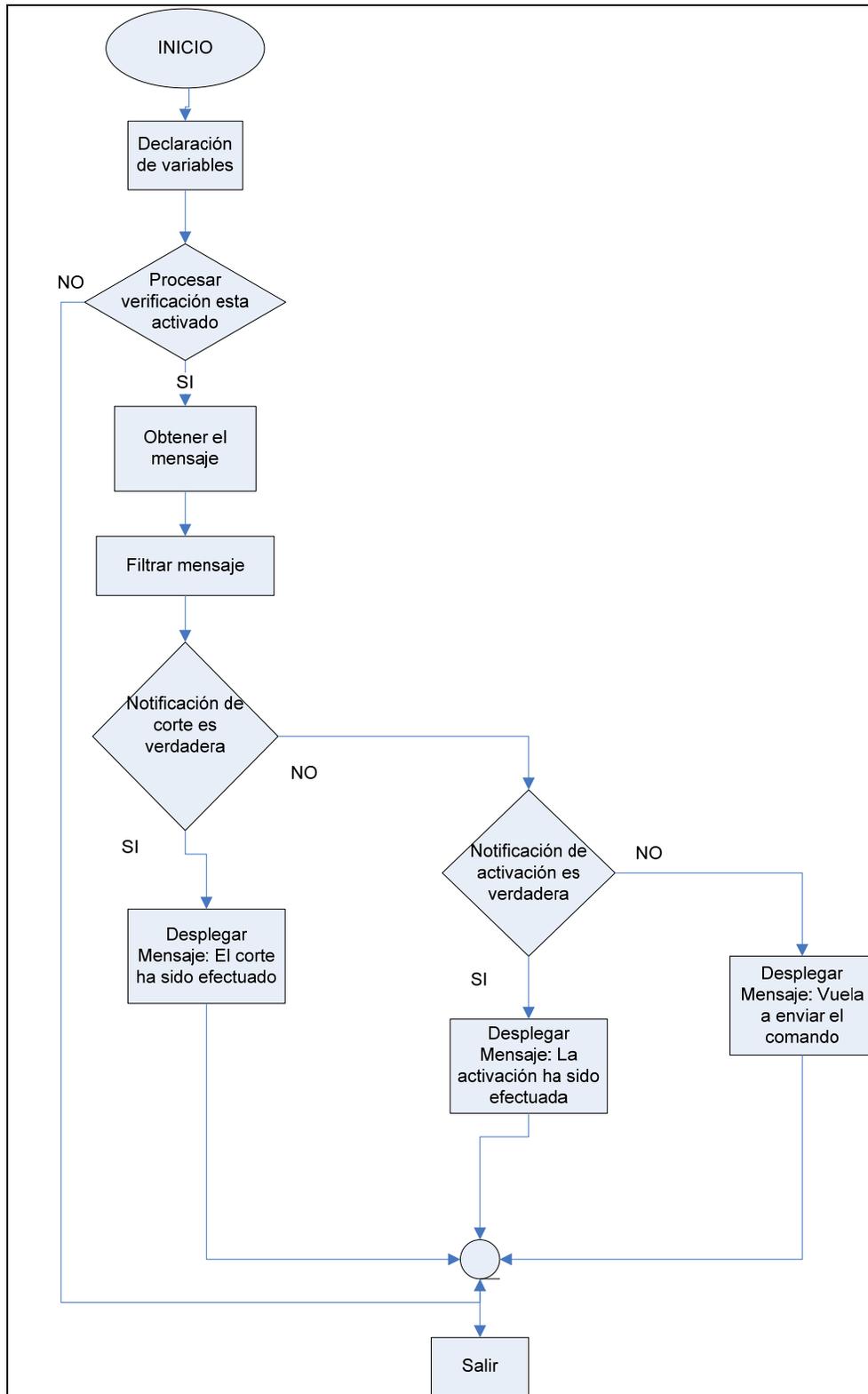


Figura 4.28. Diagrama de Flujo Verificar Corte/Activación del Servicio

- Visualización de todos los medidores del sistema

Al presionar los cursores hacia delante, se obtiene la información sobre los medidores del sistema:

SEGUIMIENTO DE MEDIDORES

Medidores

ID MEDIDOR	NUMERO SECTOR	CLASE MEDIDOR	ID CLIEN
1	1	Agua	c-1
2	2	Electrico	c-1
10	33	Agua	c-1
3	4	Agua	c-2
4	4	Agua	c-2

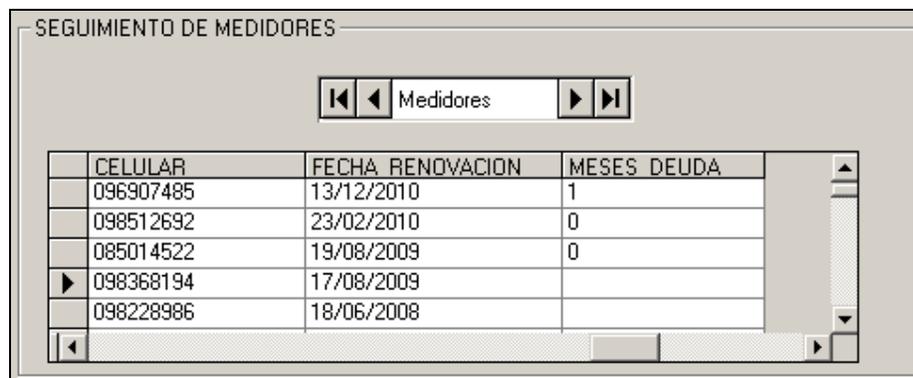
Figura 4.29. Detalle medidores 1

SEGUIMIENTO DE MEDIDORES

Medidores

FECHA INSTALACION	DIRECCION	CELULAR	FECHA F
13/12/2007	La Merced	096907485	13/12/20
23/02/2007	Los Chillos	098512692	23/02/20
19/08/2006	Pio XII	085014522	19/08/20
17/08/2006	González Suárez s/n, A	098368194	17/08/20
18/06/2005	Multif. Santa Lucía Bl. Ilir	098228986	18/06/20

Figura 4.30. Detalle medidores 2



The screenshot shows a window titled "SEGUIMIENTO DE MEDIDORES". At the top, there is a navigation bar with a search box containing the word "Medidores" and several navigation icons. Below this is a table with three columns: "CELULAR", "FECHA RENOVACION", and "MESES DEUDA". The table contains five rows of data. The first row has a grey background. The second row has a white background. The third row has a grey background. The fourth row has a white background and is highlighted with a mouse cursor. The fifth row has a grey background. The table is scrollable, as indicated by the scrollbar on the right side.

	CELULAR	FECHA RENOVACION	MESES DEUDA
	096907485	13/12/2010	1
	098512692	23/02/2010	0
	085014522	19/08/2009	0
▶	098368194	17/08/2009	
	098228986	18/06/2008	

Figura 4.31. Detalle medidores 3

- Obtención de reportes del sistema

En un sistema de medición es importante para el administrador, tener reportes de toda información. Por ejemplo: clientes, medidores, facturas, estado de cuenta, clientes sin servicio, clientes con orden de reconexión.

En la ventana Reportes del Sistema que se muestra en la Figura 4.20, se tiene la posibilidad de acceder a un reporte de datos o visualizar datos estadísticos del sistema.

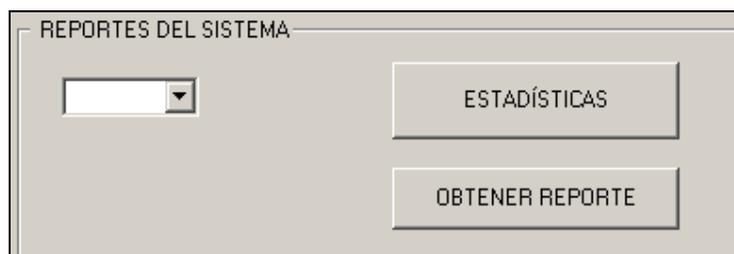


Figura 4.32. Ventana de selección de reportes y estadísticas

A continuación se muestra como se obtienen reportes del sistema:

**REPORTE DEL SISTEMA**

1. SELECCIONAR EL TIPO DE REPORTE  
 2. PRESIONAR EL BOTÓN: OBTENER REPORTE

**ESTADO MEDIDORES**

Núm	Dirección	Sector	Fecha Instalación	Fecha Renovación	MESES DEUDA
1	La Merced	1	13/12/2007	13/12/2010	1
2	Los Chillos	2	23/02/2007	23/02/2010	0
10	Pio XII	33	19/08/2006	19/08/2009	0

Páginas: 1

Figura 4.33. Reporte Estado Medidores

**REPORTE DEL SISTEMA**

1. SELECCIONAR EL TIPO DE REPORTE  
 2. PRESIONAR EL BOTÓN: OBTENER REPORTE

**SISTEMA DE FACTURACION**

Num. Medidor	FACTURA	ESTADO	CONSUMO M3	FECHA MEDICION	TOTAL A PAGAR
10	F10-1-2008	4	15	13/01/2008	7.599684
10	F10-2-2008	1	20	13/02/2008	43.470021

Páginas: 1

Figura 4.34. Reporte Sistema de Facturación

- Generación de gráficas estadísticas de todo el sistema

El software esta en la capacidad de generar los gráficos que se muestran a continuación:

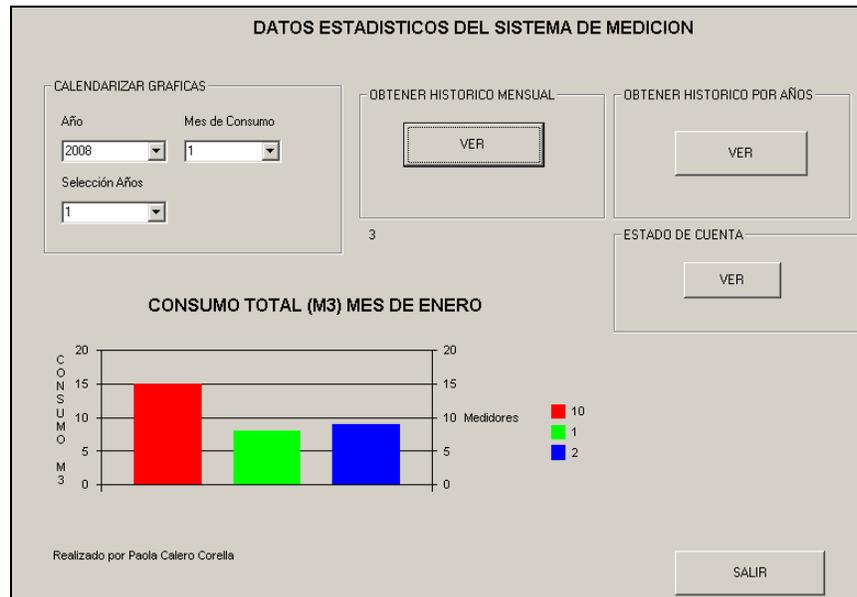


Figura 4.35. Histórico mensual de consumo de agua

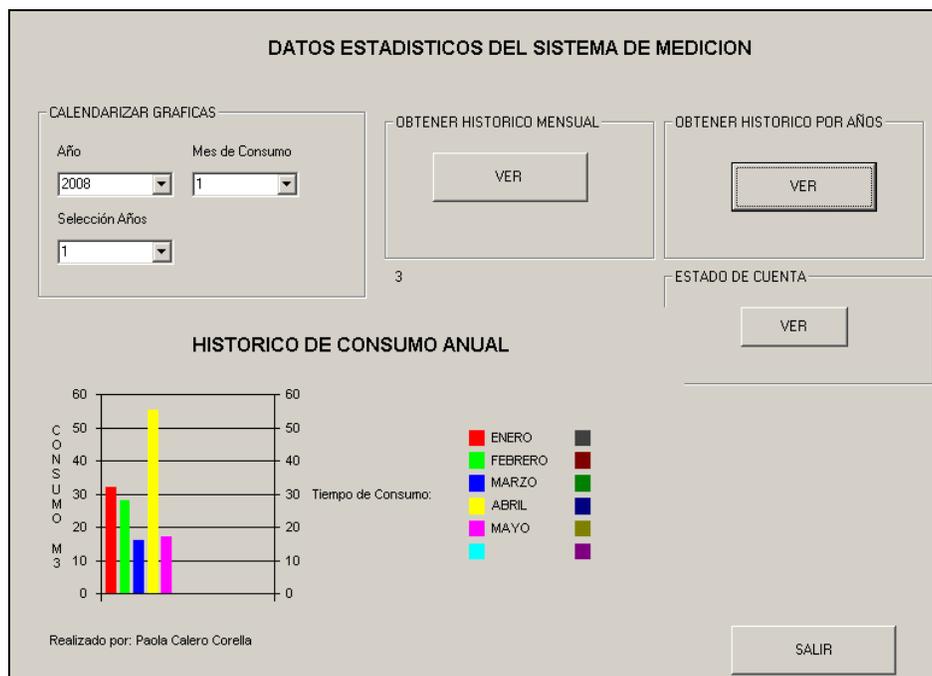


Figura 4.36. Histórico anual de consumo de agua

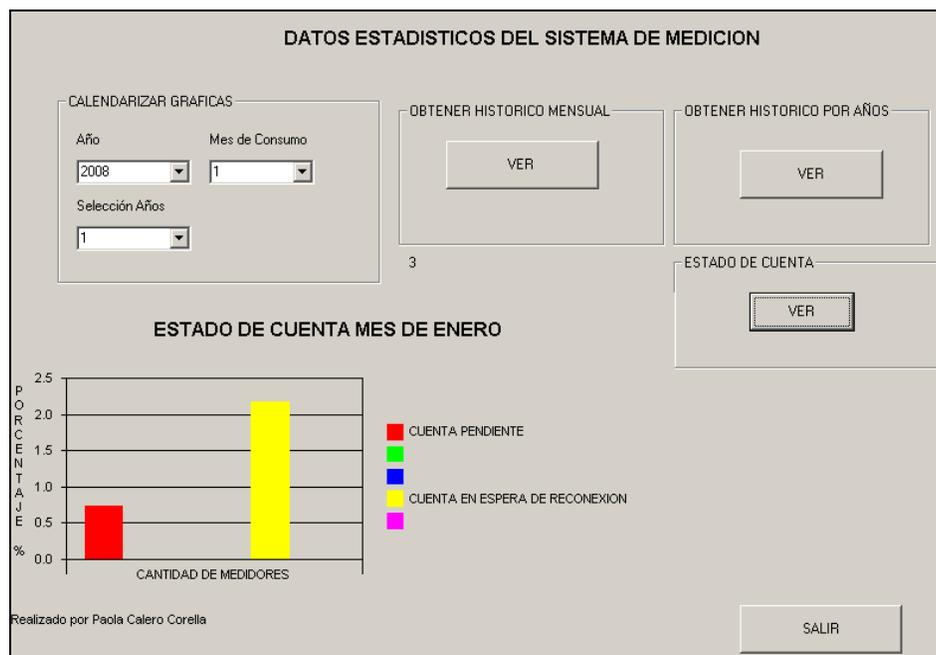


Figura 4.37. Porcentaje de estado de cuenta mensual

## 4.4. DESARROLLO DE SOFTWARE DEL CLIENTE

### 4.4.1 Desarrollo de la página Web

La aplicación Web ha sido diseñada a través del paquete computacional Adobe Dreamweaver, mediante el uso de los lenguajes de programación MySQL y PHP. Los lenguajes de programación empleados han sido escogidos en base a las siguientes características:

- Código abierto
- Software gratuito
- Compatibilidad entre MySQL y PHP
- Confiabilidad de la información

- Gran cantidad de información y ejemplos publicados en la red

#### 4.4.1.1. Página principal

En la página principal se despliega, la información introductoria del proyecto y una breve descripción del sistema desarrollado.

El cliente puede ingresar a la aplicación, por nombre de dominio <http://meca-electronica.com> o por dirección IP <http://75.125.60.12>.

Al presionar el icono ingresar, el usuario está en el sistema de medición.



REPÚBLICA DEL ECUADOR  
**Escuela Politécnica Nacional**  
"E SCIENTIA HOMINIS SALUS"

## MEDIDOR ELECTRONICO DE CONSUMO DE AGUA

**PROYECTO DE TITULACION**

**La medición del consumo de agua en la Ciudad de Quito se realiza en forma manual, generando un alto gasto para la EMAAP.**

La adquisición de datos previa a la facturación de consumo, se efectúa a través de medidores de agua (totalizadores mecánicos) instalados en las diversas viviendas en la ciudad de Quito. Posteriormente se requiere de una persona para registrar de manera manual estos valores para ser procesados. Este sistema genera un costo de \$0,15 centavos de dolar por medición, produciendo un alto costo operativo para la empresa.

En este proyecto se ha diseñado e implementado un sistema de medición del consumo de agua utilizando la red celular GPRS.



**Descripción del Sistema Desarrollado**

Figura 4.38. Página principal del software desarrollado del cliente

#### 4.4.1.2. Autenticación del usuario

Al ingresar al sistema de medición, lo primero que se debe hacer es registrarse en el sistema, para lo cual necesita ingresar el nombre (primer nombre y apellido paterno) y un número de clave. En este caso la clave es igual al número de cédula del cliente.

Si el usuario se encuentra registrado en la base de datos, puede acceder a la siguiente página de lo contrario el acceso es denegado.

En la Figura 4.37. Se observa la respectiva página de autenticación del cliente.

The image shows a web form for user authentication. At the top, there is a blue header bar with the text "MEDIDOR ELECTRONICO DE CONSUMO DE AGUA 'MECA'" in white, bold, uppercase letters. Below the header, the form is centered on a light gray background. It consists of a light blue rectangular area containing two input fields. The first field is labeled "Nombre" and is followed by a horizontal dashed line. The second field is labeled "Clave" and is also followed by a horizontal dashed line. Below these two fields is a brown button with the text "Enviar" in white.

Figura 4.39. Página de autenticación del cliente

#### 4.4.1.3. Información del cliente

En este sitio el cliente puede leer información personal, como el nombre, apellido y número de cédula de identidad.

INFORMACION DEL CLIENTE		
NOMBRE	APELLIDO	CI
Paola	Calero	1716870785
<a href="#"><u>INFORMACION DEL SISTEMA DE MEDICION</u></a>		
<a href="#"><u>FACTURACION</u></a>		

Figura 4.40. Página de información personal del cliente

#### 4.4.1.4. Información del sistema de medición

Al presionar el icono “INFORMACION DEL SISTEMA DE MEDICION”, se obtiene información completa de los medidores pertenecientes al cliente. La información cuenta con: NUMERO \_ MEDIDOR, CLASE \_ MEDIDOR, DIRECCIÓN Y SECTOR.

INFORMACION DEL MEDIDOR PERTENECIENTE AL CLIENTE			
NUMERO_MEDIDOR	CLASE_MEDIDOR	DIRECCION	SECTOR
1	Agua	La Merced	1
2	Electrico	Los Chillos	2
10	Agua	Pio XII	33

Figura 4.41. Página de información de medidores del cliente

#### 4.4.1.5. Facturación

Al presionar el icono "FACTURACION", el cliente ingresa a la página de autenticación del medidor. Para acceder a la factura del sistema, es necesario escoger el número de medidor, el mes de consumo y el año de consumo.

Una vez seleccionada toda la información necesaria se puede acceder a la respectiva factura.



The image shows a web interface for water meter authentication. At the top, there is a blue header with the text "MEDIDOR ELECTRONICO DE CONSUMO DE AGUA MECA". Below this, a light blue box contains a form with three dropdown menus: "Medidor" (set to 1), "Mes" (set to Abril), and "AÑO" (set to 2008). Below the dropdown menus is a button labeled "Seleccionar".

Figura 4.42. Página de autenticación de medidor

#### 4.4.1.6. Generar factura

En la factura obtenida el usuario puede revisar su información personal, información del medidor de agua (dirección, sector, número de medidor, estado), información de consumo y los respectivos rubros a ser cancelados.

La información referente a rubros puede variar como se indica a continuación:

- COSTO, el costo del metro cúbico de agua potable varía según el consumo de 0-20 m<sup>3</sup> el costo por m<sup>3</sup> es 0.299\$; de 21-25 m<sup>3</sup> el costo por m<sup>3</sup> es 0.4177\$ y para consumos mayores a 25m<sup>3</sup> el costo por m<sup>3</sup> es 0.6633\$. Además el valor del metro cúbico de agua puede cambiar de acuerdo a la ordenanza municipal vigente.

- MOP (Ministerio de obras públicas), este costo es variable dependiendo de la ordenanza municipal. A partir del 31 de marzo del presente año se cobra un valor para la recuperación y rehabilitación del intercambiador llamado “Trébol”.
- CARGO RECONEXION, este valor se incluye si el estado de la factura es “RECONEXION”.

 Imprimir



**SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTO  
DE CONSUMO DE AGUA**

FACTURA N°: F6-2-2006

CLIENTE: Juan Sarango

RUC / C.I.: 084289955

DIRECCIÓN: Av. Occidental, Hcda. Sta. Ana

SECTOR: 9

MEDIDOR: 6

LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL
63.012	74.27

FECHA DE EMISIÓN	FECHA LIMITE DE PAGO
2006-02-27	1

MATRIZ: Av. 12 de Octubre y Veintimilla TELEFONOS: 2507-144 ext: 332  
EDIFICIO ELECTRONICA-GUMICA LABORATORIO DE INSTRUMENTACION INDUSTRIAL

**DATOS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN**

ESTADO	COSTO	CONSUMO M3
CANCELADO	0.2994	11.258

**FACTURACION:**

DESCRIPCION	VALOR
CONSUMO TOTAL	3.37
CARGO FIJO CONEXION	2.1
ALCANTARILLADO	1.301
MOP	0
CARGO RECONEXION	0
HISTORICO	
NOVIEMBRE 0m3	0
DICIEMBRE 0m3	0
ENERO 10.11m3	0
<b>SUBTOTAL</b>	<b>6.77</b>
<b>Meses Deuda</b>	
0	<b>TOTAL A PAGAR 6.77</b>

Figura 4.43. Generación de factura

## 4.5. ANALISIS DEL HOSTING

### 4.5.1. Información Preliminar

#### 4.5.1.1. Acceso al Website

Se puede acceder al website, por nombre de dominio <http://meca-electronica.com> o por dirección IP <http://75.125.60.12>.

#### 4.5.1.2. Acceso a CPANEL

Se puede administrar el sitio Web con un panel de control. El administrador puede acceder a sus sitios Web por:

- Nombre de dominio: <http://meca-electronica.com/cpanel/>
- Dirección IP: <http://75.125.60.12/cpanel/>

Una vez en el cpanel el administrador deberá ingresar un nombre de usuario y una clave.

#### 4.5.1.3. Acceso a SITEBUILDERS

Cada cuenta de hosting viene con una herramienta libre para la creación del sitio (SiteBuilder).

Para acceder al SiteBuilder, se debe usar los siguientes URL:

- Nombre de dominio: <http://meca-electronica.com/sen>
- Dirección IP: <http://75.125.60.12/mecaelec/zen>

#### 4.5.1.4. Cuentas POP E-MAIL

Se puede abrir las cuentas de e-mail desde: <http://meca-electronica.com/cpanel>.

Servidor POP E-Mail: mail.meca-electronica.com

Servidor SMTP: mail.meca-electronica.com

*4.5.1.5. Información de carga de FTP*

Nombre/Dirección del Host: 75.125.60.12

Usuario: mecaelec

Clave: pcalero

## CAPÍTULO 5: PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se procede a explicar las diferentes pruebas realizadas al medidor electrónico de consumo de agua desarrollado e implementado en el presente trabajo, con el objetivo de validar el correcto funcionamiento del sistema desarrollado en comparación al sistema de medición de agua potable implementado en la ciudad de Quito – Ecuador.

Para lograr este objetivo se efectuó pruebas basadas en la norma para medidores de agua ISO 4064, pruebas de funcionamiento del sistema de comunicación, de procesamiento de datos y la respectiva publicación en Internet.

### 5.1. PRUEBAS Y CÁLCULOS DE ERRORES DEL MEDIDOR DE ACUERDO A LA NORMA ISO 4064

- a. Se procedió a conectar el sensor como se indica en la figura 5.1.

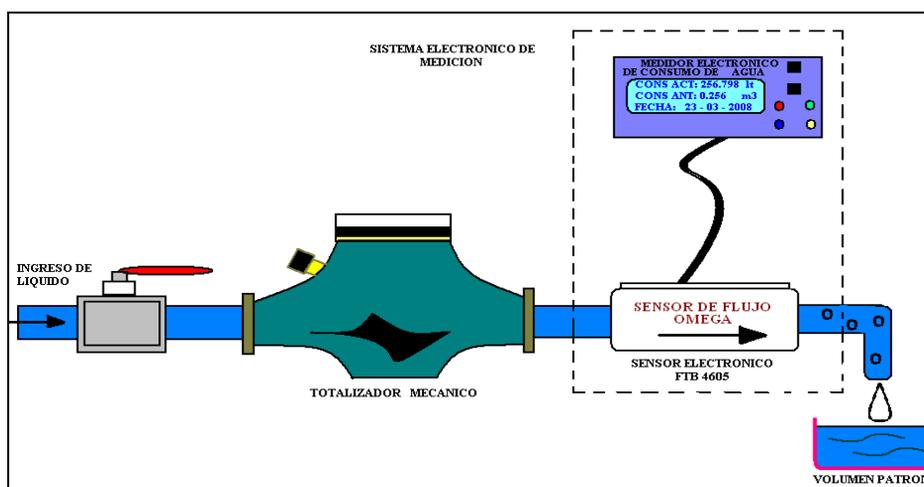


Figura 5.1. Diagrama de conexión para realizar pruebas de la norma ISO 4064.



Figura 5.2. Conexión realizada



Figura 5.3. Medidor electrónico de consumo de agua

b. Establecimiento del volumen patrón.

Se utilizó un recipiente graduado de 20 litros para efectuar la lectura del nivel. Producto de estas lecturas se obtiene error de paralaje y error humano, razón por la cuál se procedió a pesar el volumen patrón con una balanza electrónica de alta precisión, para posteriormente calcular de manera exacta el volumen patrón.

A continuación se muestra un ejemplo de cálculo del volumen patrón.

Condiciones ambientales que se efectuó la medición:

$$T_{\text{agua-circulante}} = 16^{\circ} \text{C}$$

$$\delta_{\text{agua-circulante}} = 0.9991 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3} \right]$$

$$g = 9.8 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

Cálculo de parámetros:

$\delta = \text{densidad}$

$$\text{Peso}_{\text{recipiente}} = 0.91 \text{Kg}$$

$$\text{Peso}_{\text{medido}} = 15.73 \text{Kg}$$

$$\text{Peso}_{\text{neto}} = \text{Peso}_{\text{medido}} - \text{Peso}_{\text{recipiente}}$$

$$\text{Peso}_{\text{neto}} = 15.73 - 0.91 [\text{Kg}]$$

$$\text{Peso}_{\text{neto}} = 14.82 [\text{Kg}]$$

$$\text{Masa} = \frac{\text{Peso}_{\text{neto}}}{g} [\text{Kg}]$$

$$\text{Masa} = \frac{14.82}{9.8} [\text{Kg}]$$

$$\text{Masa} = 1.512244898$$

$$\delta = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Masa}}{\delta}$$

$$\text{Volumen} = \frac{1.512244898}{0.09991} [\text{Its}]$$

$$\text{Volumen} = 15.13607144 [\text{Its}]$$

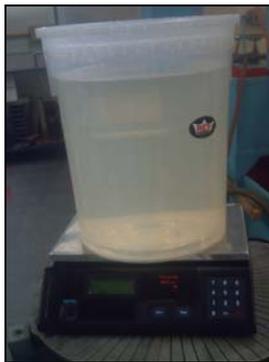


Figura 5.4. Cuantificación del peso del líquido contenido en el volumen patrón.

## c. Cálculo de errores

VALORES MEDIDOS		
Volumen patrón(lts)	BTF 4600 (lts)	Peso medido (Kg)
15	14.748	15.76
15.3	14.76	15.73
16	15.492	16.4
15	14.59	15.54
15.5	15.016	16.03
15.2	14.815	15.8
15.1	14.69	15.7
15.05	14.69	15.6
15.9	15.241	16.25
15.05	14.699	15.7
18	17.523	18.47
18.9	18.049	19.9
18.05	17.849	18.61
18	17.347	18.27
18.1	17.648	18.64
17.8	17.172	18.15
18.1	17.698	18.64
18.1	17.548	18.64
18.4	17.924	18.87
18.5	17.999	18.96

Tabla 5.1. Valores medidos en las pruebas

VALORES CALCULADOS		
Peso_netto (Kg)	Masa (Kg)	Volumen (lts)
14.85	1.515306122	15.16671126
14.82	1.512244898	15.13607144
15.49	1.580612245	15.82036077
14.63	1.492857143	14.94201925
15.12	1.542857143	15.44246965
14.89	1.519387755	15.20756436
14.79	1.509183673	15.10543162
14.69	1.498979592	15.00329889
15.34	1.565306122	15.66716167
14.79	1.509183673	15.10543162
17.56	1.791836735	17.9345084
18.99	1.937755102	19.39500653
17.7	1.806122449	18.07749423
17.36	1.771428571	17.73024293
17.73	1.809183673	18.10813406
17.24	1.759183673	17.60768365
17.73	1.809183673	18.10813406
17.73	1.809183673	18.10813406
17.96	1.832653061	18.34303935
18.05	1.841836735	18.43495881

Tabla 5.2. Valores calculados en las medidas realizadas.

ERRORES	
Error Paralaje (%)	Error del Medidor (%)
-1.099191919	-2.760725495
1.083032389	-2.484604049
1.135493867	-2.075558063
0.388038278	-2.355901435
0.372546296	-2.761667407
-0.049740766	-2.581375621
-0.03595808	-2.750213523
0.311272294	-2.0882
1.48615515	-2.720094928
-0.366964841	-2.690632306
0.365170843	-2.294506185
-2.552236967	-1.939964286
-0.15209096	-1.263970723
1.521451613	-2.161521048
-0.044919346	-2.541035172
1.092229698	-2.474395035
-0.044919346	-2.264916165
-0.044919346	-3.093273187
0.310530067	-2.284459733
0.352814404	-2.364848299

Tabla 5.3. Errores obtenidos de las pruebas realizadas.

d. Frecuencia de errores.

Valores calculados:

Mediana: -2.479499542 %

Error promedio: -2.64759313%

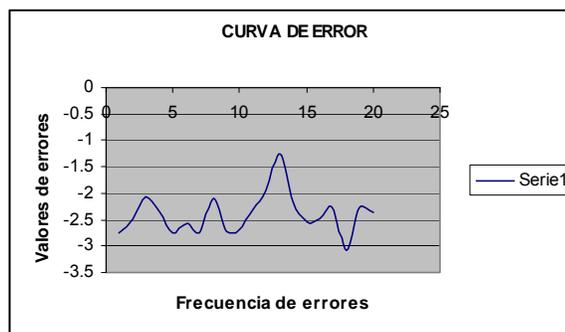


Figura 5.5. Frecuencia de errores obtenidos.



Figura 5.6. Cuantificación de los errores más frecuentes

Conclusión:

El error promedio obtenido de las mediciones es -2.64759313% dentro del rango  $q_{\min} \leq q \leq q_{\max}$ .

De acuerdo a la Norma ISO 4064 el máximo error permitido para las condiciones dadas de prueba es  $\pm 5\%$ .

Se concluye que el medidor es óptimo y apropiado para medir la circulación de agua potable en la ciudad de Quito.

## 5.2. PRUEBAS Y CÁLCULOS DE ERRORES DEL MEDIDOR ELECTRÓNICO REALIZADAS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN

Las pruebas que se realizaron fueron tomando como medida un recipiente con medidas en litros, y realizando la toma de datos con el sistema.

Se realizaron medidas de 20 litros de agua, de acuerdo a la capacidad del patrón de medida, hasta obtener un consumo de 400 litros que sería una medida considerable para obtener errores por cada 20 litros y el total.

En la siguiente figura se muestra la toma de datos del sistema y el patrón de medida.

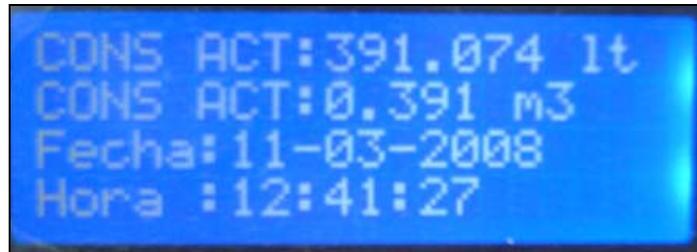


Figura 5.7. Medida final de consumo de agua.



Figura 5.8. Medida de agua patrón de medida

### 5.2.1. Cálculo de Errores de Medida de Consumo de Agua

El cálculo de errores se realizó utilizando la siguiente expresión:

$$Error = \frac{V_a - V_c}{V_c} \quad \text{Según norma ISO 4064}$$

$V_c$  = Volumen registrado por el patrón de medida.

$V_a$  = Volumen registrado por el medidor.

Para el calculo de error de medida de consumo y patron se utiliza la siguiente expresión:

$Error\_1 = V_c - V_a$  Indica la variación en litros por cada 20 litros tomados.

En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos tanto del medidor como del patrón de medida.

PATRON DE MEDIDA [lt]	MEDIDOR ELECTRONICO[lt]	MEDIDA x 20 [lt] PATRON $V_c$	MEDIDA x 20 [lt] SMECA $V_a$	ERROR	ERROR_1 [lt]	ERROR %
20	19,811	20	19,811	-0,00945	0,189	-0,945
40	39,75	20	19,939	-0,00305	0,061	-0,305
60	59,741	20	19,991	-0,00045	0,009	-0,045
80	79,681	20	19,94	-0,003	0,06	-0,3
100	99,672	20	19,991	-0,00045	0,009	-0,045
120	119,663	20	19,991	-0,00045	0,009	-0,045
140	139,602	20	19,939	-0,00305	0,061	-0,305
160	159,67	20	20,068	0,0034	-0,068	0,34
180	179,742	20	20,072	0,0036	-0,072	0,36
200	199,729	20	19,987	-0,00065	0,013	-0,065
220	219,694	20	19,965	-0,00175	0,035	-0,175
240	239,636	20	19,942	-0,0029	0,058	-0,29
260	259,573	20	19,937	-0,00315	0,063	-0,315
280	279,602	20	20,029	0,00145	-0,029	0,145
300	299,555	20	19,953	-0,00235	0,047	-0,235
320	319,341	20	19,786	-0,0107	0,214	-1,07
340	339,332	20	19,991	-0,00045	0,009	-0,045
360	359,297	20	19,965	-0,00175	0,035	-0,175
380	379,493	20	20,196	0,0098	-0,196	0,98
400	399,432	20	19,939	-0,00305	0,061	-0,305
<b>TOTAL</b>					<b>0,568</b>	

Tabla 5.9. Medidas Tomadas en el Laboratorio y Calculo de errores.

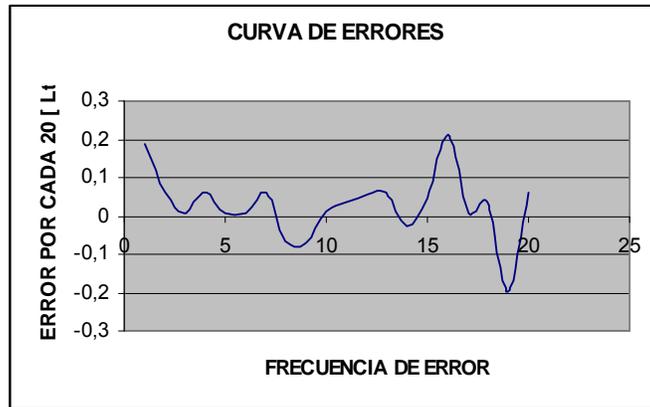


Figura 5.10. Frecuencia de errores obtenidos.

### 5.3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN EN INTERNET

#### 5.3.1. Autenticación de usuarios

A continuación se muestra como los usuarios pueden acceder a la página en Internet.

**MEDIDOR ELECTRONICO DE CONSUMO DE AGUA "MECA"**

Nombre

---

Clave

---

**INFORMACION DEL CLIENTE**

NOMBRE	APELLIDO	CI
Adriana	Yepez	022424492

*INFORMACION DEL SISTEMA DE MEDICION*

**INFORMACION DEL MEDIDOR PERTENECIENTE AL CLIENTE**

NUMERO_MEDIDOR	CLASE_MEDIDOR	DIRECCION	SECTOR
9	Agua	Urb. San José del Valle, 3a. Transv.176	12

Figura 5.11. Autenticación e información del cliente

**MEDIDOR ELECTRONICO DE CONSUMO DE AGUA "MECA"**

Nombre

---

Clave

---

**INFORMACION DEL CLIENTE**

NOMBRE	APELLIDO	CI
Christian	Diaz	087014530

INFORMACION DEL SISTEMA DE MEDICION

**INFORMACION DEL MEDIDOR PERTENECIENTE AL CLIENTE**

NUMERO_MEDIDOR	CLASE_MEDIDOR	DIRECCION	SECTOR
44	Agua	Hilaquita 131	21

Figura 5.12. Autenticación e información del cliente

**MEDIDOR ELECTRONICO DE CONSUMO DE AGUA "MECA"**

Nombre

---

Clave

---

**INFORMACION DEL CLIENTE**

NOMBRE	APELLIDO	CI
Maria	Zulinda	092595954

INFORMACION DEL SISTEMA DE MEDICION

**INFORMACION DEL MEDIDOR PERTENECIENTE AL CLIENTE**

NUMERO_MEDIDOR	CLASE_MEDIDOR	DIRECCION	SECTOR
138	Agua	San Antonio	605

Figura 5.13. Autenticación e información del cliente

### 5.3.2. Autenticación del medidor

Una vez que el usuario se ha registrado en el sistema (login), es necesario registrar el número de medidor, mes de medición y año de medición previamente antes de obtener la respectiva factura como se muestra a continuación:

The image displays two screenshots of a web application interface titled "MEDIDOR ELECTRONICO DE CONSUMO DE AGUA 'MECA'".

The top screenshot shows a form with three dropdown menus: "Medidor" (set to 1), "Mes" (set to Enero), and "AÑO" (set to 2008). A "Seleccionar" button is visible below the form.

The bottom screenshot shows the same form, but the "Mes" dropdown menu is open, displaying a list of months from Enero to Noviembre. The "AÑO" dropdown is also open, showing a list of years from 2000 to 2008. The "Seleccionar" button is still present.

Figura 5.14. Autenticación del medidor

### 5.3.3. Factura Obtenida

Si los datos del medidor han sido correctamente introducidos se obtiene la respectiva factura, en el ejemplo que se muestra se ha escogido el medidor número 10, el mes de abril y el año 2008.

Imprimir



**SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTO  
DE CONSUMO DE AGUA**

FACTURA N°: F10-4-2008  
 CLIENTE: Paola Calero  
 RUC / C.I.: 1716870785  
 DIRECCIÓN: Pio XII  
 SECTOR: 33  
 MEDIDOR: 10

LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL
65	87.3444

FECHA DE EMISIÓN	FECHA LIMITE DE PAGO
2008-04-13	3

MATRIZ: Av. 12 de Octubre y Veintimilla TELEFONOS: 2507-144 ext: 332  
 EDIFICIO ELECTRONICA-GUIMICA LABORATORIO DE INSTRUMENTACION INDUSTRIAL

**DATOS DEL SISTEMA DE MEDICIÓN**

ESTADO	COSTO	TOTAL CONSUMO
RECONEXION	0.4172	22.3444

CONSUMO M3:  
FACTURACION:

DESCRIPCION	VALOR
CONSUMO TOTAL	9.3220
CARGO FIJO CONEXION	2.1
ALCANTARILLADO	3.5983
MOP	1.35
CARGO RECONEXION	1.35
HISTORICO	
ENERO 33.33m3	
FEBRERO 44.44m3	
MARZO 22.22m3	
<b>SUBTOTAL</b>	17.7204079804
Meses Deuda	
0	
<b>TOTAL A PAGAR</b>	17.720407980

Figura 5.15. Factura obtenida

## 5.4. GENERACIÓN DE REPORTES DEL SISTEMA EN EL SOFTWARE DEL ADMINISTRADOR.

REPORTES DEL SISTEMA

DataReport2

Zoom 100%

**ESTADO MEDIDORES**

Núm	Dirección	Sector	Fecha Instalación	Fecha Renovación	MESES DEUDA
1	La Merced	1	13/12/2007	13/12/2010	1
2	Los Chillos	2	23/02/2007	23/02/2010	0
10	Pio XII	33	19/08/2006	19/08/2009	0

Páginas: 1

Figura 5.16. Obtención de reportes

## **CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En el transcurso y desarrollo del presente trabajo, se han obtenido las siguientes conclusiones y recomendaciones que se consideran son las más importantes.

### **6.1. CONCLUSIONES**

Se logró implementar el medidor electrónico de consumo de agua “MECA”, el mismo que se encuentra funcionando correctamente en el sexto piso de la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en el laboratorio de Instrumentación.

Los datos se adquieren, procesan y almacenan, en un computador que funciona como un servidor local. Una vez que la información esta procesada el administrador del sistema actualiza la información necesaria en la aplicación WEB (Software del cliente) cada mes.

Para actualizar de manera instantánea la información en la aplicación WEB, es necesario que la adquisición de datos del sistema de medición se ejecute en el servidor WEB.

Para el desarrollo de la aplicación WEB, se adquirió un Hosting el mismo que permite publicar en el Internet la información necesaria para los clientes.

El uso de un sensor de flujo electrónico proporciona una alta confiabilidad en la medida, debido a que éste no puede ser alterado. Los totalizadores mecánicos que se usan actualmente pueden ser alterados únicamente al manipular el tornillo que se encuentra ubicado en el extremo izquierdo.

El sensor de flujo utilizado posee un error permitido dentro de los lineamientos de la Norma ISO 4064, dando una alta precisión en la medición efectuada.

Los medidores de agua ideales, no tienen un 0 % de error. Por lo que el sensor FTB4605 no es exacto pero si preciso.

Los sistemas de medición remotos pueden ser aplicados para la medición y facturación de servicios como electricidad y agua en zonas residenciales, parques industriales y en zonas geográficamente dispersas.

Los sistemas de medición remota permiten una facturación más transparente y libre de errores, además disminuye los costos operativos del personal destinado para la toma de datos.

Al utilizar la nube de comunicación GSM se obtiene un rango alcance bastante aceptable, lo cual depende de la operadora con la que se esté trabajando; en este caso PORTA.

El uso de celulares en el sistema implementado presenta fallas como: pérdidas de señal, zonas muertas y problemas de baterías, lo cual disminuye la robustez y confiabilidad.

Al trabajar con comandos AT se logró la comunicación entre el sistema microprocesado y software del administrador con el teléfono celular sony Ericsson T290a.

Se obtuvo una alta confiabilidad de la información en el sistema microprocesado al trabajar con dos microcontroladores, en modo maestro y esclavo respectivamente.

Al dimensionar correctamente la batería para el respaldo de energía, el medidor electrónico de consumo de agua "MECA" trabaja una semana completa sin suministro energía eléctrica.

Al emplear una base de datos relacional basada en el modelo lógico de registros, la información almacenada no es redundante, lo cual da como resultado una alta eficiencia al momento de acceder a los datos.

Las interfaces desarrolladas en el sistema trabajan desde la capa física hasta la capa de aplicación. Como puede observarse la interfaz 1 e interfaz 3 trabajan en la capa física con el protocolo RS232, mientras que las interfaces 4, 5 y 6 trabajan a nivel de capa de aplicación.

El programa computacional Visual Basic es versátil en comunicaciones con protocolos de la capa física y con protocolos de la capa de sesión del modelo OSI.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

Separar el cableado de comunicaciones del cableado de control, para evitar interferencias.

Colocar el teléfono celular aislado de la tarjeta de control, con el objetivo de eliminar interferencias en los microcontroladores.

Verificar que no existan sueldas frías en los circuitos impresos.

Utilizar php y MySQL para desarrollar una aplicación WEB eficiente.

Analizar los requerimientos necesarios del administrador y los clientes para proceder a desarrollar el modelo más adecuado de la base de datos a utilizar.

Adquirir mayor conocimiento para el manejo software como el PHP y MySQL.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Diseño y construcción de un prototipo para medición y transmisión inalámbrica del consumo de energía eléctrica de un sistema monofásico bifilar. Autor: Dávila Frías, Alex Vicente.
2. [http://www.sonyericsson.com/downloads/dg\\_at\\_2003\\_r4a.pdf](http://www.sonyericsson.com/downloads/dg_at_2003_r4a.pdf)
3. <http://sunhon.manufacturer.globalsources.com/si/6008804045048/pdtl/Car-battery/1003083959/SLA-Battery.htm>
4. [http://www.owasa.org/bluthum/february2007\\_sp.html](http://www.owasa.org/bluthum/february2007_sp.html)
5. <http://www.ciu.reduaz.mx/investigacion/Ingenieria/PDF/TI01.pdf>
6. [http://www.dcwasa.com/customercare/spanish/understanding\\_bill\\_spanish.cfm](http://www.dcwasa.com/customercare/spanish/understanding_bill_spanish.cfm)
7. [http://www.dcwasa.com/customercare/sample\\_bill\\_residential.pdf](http://www.dcwasa.com/customercare/sample_bill_residential.pdf)
8. <http://perso.wanadoo.es/luism..serrano/AlarmaGSM/AG11.htm>
9. <http://www.todopic.com.ar/foros/>
10. <http://miarroba.com/foros/ver.php?foroid=168219&temaid=960789&pag=3>
11. [www.lawebdelprogramador.com](http://www.lawebdelprogramador.com)
12. [www.velneo.com](http://www.velneo.com)
13. [www.rincondelvago.com](http://www.rincondelvago.com)
14. [www.omega.com](http://www.omega.com)
15. [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
16. [www.innovatec.com](http://www.innovatec.com)
17. [www.connectone.com](http://www.connectone.com)
18. [www.WebEstilo.com](http://www.WebEstilo.com)
19. [www.mailxmail.com](http://www.mailxmail.com)
20. [www.monografias.com](http://www.monografias.com)
21. [www.apache.org](http://www.apache.org)
22. [www.php.net](http://www.php.net)
23. [www.mysql.org](http://www.mysql.org)
24. [www.joomla.com](http://www.joomla.com)
25. MySQL Bible, SUEHRING Steve, Wiley Publishing, Inc.

**ANEXOS**