



La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

***Respeto hacia si mismo y hacia los demás.***

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DEDICADO AL  
REGISTRO Y CONTROL DE PASAJEROS DE AUTOBUSES  
INTERPROVINCIALES PARA LA EMPRESA TELINEMAX  
EMPLEANDO LAS REDES GPRS/GPS PARA SU MONITOREO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y REDES DE INFORMACIÓN**

**GUERRERO CUEVA MARCOS DAMIÁN**

marcosdamian2@hotmail.com

**MORENO TOBAR CRISTIAN MARCELO**

cristianm813@hotmail.com

**DIRECTOR: ING. MÓNICA VINUEZA, MSc.**

monica.vinueza@epn.edu.ec

**Quito, noviembre 2011**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, Marcos Damián Guerrero Cueva y Cristian Marcelo Moreno Tobar, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra auditoría; que no ha sido previamente presentado 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.

***Marcos Damián Guerrero Cueva***

***Cristian Marcelo Moreno Tobar***

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Marcos Damián Guerrero Cueva y Cristian Marcelo Moreno Tobar.

*Ing. Mónica Vinueza, MSc.*

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>1</b>
1.1.    INTRODUCCIÓN .....	1
1.2.    LED Y RECEPTOR INFRARROJO.....	2
1.2.1.  DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UN DIODO.....	2
1.2.2.  APLICACIONES DE LOS DIODOS .....	3
1.2.3.  FUNCIONAMIENTO DEL LED .....	4
1.2.4.  APLICACIONES LED INFRARROJO. ....	5
1.2.5.  RECEPTOR INFRARROJO.....	6
1.2.6.  LIMITACIONES Y VENTAJAS DEL LED INFRARROJO.....	6
1.2.7.  BARRERA INFRARROJA.....	7
1.3.    MÓDULO GSM/GPRS. ....	7
1.4.    BUZZER.....	10
1.5.    MICROCONTROLADOR.....	10
1.5.1.  ESTRUCTURA DE UN MICROCONTROLADOR.....	11
1.5.1.4.  VENTAJAS DE USAR UN MICROCONTROLADOR.....	13
1.6.    LCD (LIQUID CRYSTAL DISPLAY).....	14
1.7.    SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MOVILES (GSM).....	14
1.7.1.  FRECUENCIAS DE OPERACIÓN.....	16
1.7.2.  ARQUITECTURA DE RED GSM.....	17
1.7.3.  MÉTODOS DE ACCESO. ....	21
1.7.4.  CANALES.....	23
1.7.5.  PROTOCOLOS. ....	26
1.7.6.  INTERFACES.....	28
1.8.    SERVICIO GENERAL DE PAQUETES VIA RADIO (GPRS). ....	30
1.8.1.  Arquitectura de la red GPRS. ....	31

1.8.2. Funcionalidades de la red GPRS.....	35
1.8.3. Métodos de acceso.....	39
1.8.4. Codificación.....	40
1.8.5. Canales.....	41
1.8.6. Protocolos de la red GPRS.....	43
1.8.7. Interfaces de la Red GPRS.....	47
1.9. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS (GPS, GLOBAL POSITIONING SYSTEM). (25).....	49
1.9.1. Historia y evolución del Sistema de Posicionamiento Global. (25).....	49
1.9.2. Elementos del Sistema de Posicionamiento Global. (25).....	51
1.10. SOCKET. (21) (30) (31).....	58
1.10.1. Funcionamiento. (21) (30).....	58
1.10.2. Número de Puertos. (30).....	59
1.10.3. Tipos de Sockets. (30) (31) (33).....	60
1.10.4. Creación de socket. (31) (33).....	61
1.10.5. Conexión de un socket UDP. (32) (33).....	62
1.10.6. Transmisión de datos. (34).....	62
1.10.7. Recepción de datos. (32) (34).....	63
1.10.8. Descripción del proceso UDP. (31) (32).....	63
1.10.9. API Windows Sockets. (34).....	64
1.10.10. Funciones Socket. (31).....	65
1.10.11. Funciones de bases de datos. (30).....	66
1.11. BASE DE DATOS.....	67
1.11.1. Sistema de Gestión de Base de Datos (SGBD).....	68
1.11.2. Microsoft SQL Server.....	69
1.12. MICROSOFT VISUAL STUDIO .NET (37).....	70
1.13. API GOOGLE MAPS. (38).....	71
1.13.1. Implementación básica. (39).....	71

1.13.2. Personalización en el mapa. (40).....	75
1.13.3. Añadir controles al mapa. (40).....	75
1.13.4. Cambiar tipo de mapa. (40).....	76
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>80</b>
<b>2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO A BORDO.....</b>	<b>80</b>
2.1. INTRODUCCIÓN.....	80
2.2. DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN.....	80
2.2.1. BASCOM AVR.....	80
2.2.2. PROTEUS.....	81
2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS. ....	86
2.3.1. contabilizaciÓn de pasajeros.....	87
2.3.2. errores y alarmas.....	88
2.3.3. MONITOREO DE LOS RECORRIDOS DEL VEHÍCULO.....	88
2.3.4. envío y recepción de información de recorridos.....	89
2.4. DISEÑO DEL DISPOSITIVO A BORDO.....	90
2.4.1. PLACA PRINCIPAL.....	90
2.4.2. BARRERA INFRARROJA.....	105
2.4.3. INTEGRACIÓN CON EL MÓDULO GSM/GPRS/GPS.....	113
2.4.4. respuesta del dispositivo frente a los eventos.....	119
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>132</b>
<b>3 ENVÍO Y RECEPCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>132</b>
3.1. TRAMA DE ENVÍO DESDE EL MÓDULO. ....	132
3.2. RECEPCIÓN DE DATOS MEDIANTE EL SOCKET. ....	135
3.2.1. Código de recepción.....	135
3.2.2. Almacenamiento de información.....	137
3.2.3. Seguridad del puerto utilizado por el socket. ....	140
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>142</b>

<b>4 DESARROLLO DE APLICACIÓN EN EL SERVIDOR.....</b>	<b>142</b>
4.1.    MANEJO DE PROPIETARIOS.....	142
4.2.    GRÁFICA DE LA RUTA DEL AUTOBÚS.....	144
4.3.    EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN.....	149
4.4.    PRUEBAS Y RESULTADOS DEL DISPOSITIVO A BORDO.....	151
4.4.1. <i>fuera de recorrido</i> .....	151
4.4.2. <i>inicio de un recorrido</i> .....	152
4.4.3. <i>Parada programada</i> .....	154
4.4.4. <i>Bloqueo de sensores</i> .....	156
4.4.5. <i>mensaje de emergencia</i> .....	157
4.4.6. <i>fin del recorrido</i> .....	157
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>160</b>
<b>5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>160</b>
5.1.    CONCLUSIONES.....	160
5.2.    RECOMENDACIONES.....	161
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>163</b>
<b>ANEXOS</b>	
<b>ANEXO A</b>	
<b>DATASHEET MICROCONTROLADOR</b>	
<b>ANEXO B</b>	
<b>DATASHEET WAVECOM</b>	
<b>ANEXO C</b>	
<b>CÓDIGO MICROCONTROLADOR</b>	
<b>ANEXO D</b>	
<b>CÓDIGO APLICACIÓN</b>	



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 ESQUEMA DEL SISTEMA .....	1
FIGURA 1.2 ESTRUCTURA CARGAS DE UN DIODO. (3) .....	2
FIGURA 1.3 DIODO POLARIZADO INVERSAMENTE. (3) .....	3
FIGURA 1.4 DIODO POLARIZADO DIRECTAMENTE. (3).....	3
FIGURA 1.5 DIODOS Y SUS APLICACIONES. (4).....	4
FIGURA 1.6 LEDS Y SUS APLICACIONES. (5).....	4
FIGURA 1.7 LED INFRARROJOS EN FUNCIONAMIENTO. (5) .....	6
FIGURA 1.8 RECEPTOR O SENSOR INFRARROJO. (5) .....	6
FIGURA 1.9 BARRERA DETECTORA DE MOVIMIENTOS. (2) .....	7
FIGURA 1.10 MÓDULO GSM/GPRS (9) .....	8
FIGURA 1.11 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UN MODULO GSM/GPRS SIMCOM. (9).....	9
FIGURA 1.12 BUZZERS. (11).....	10
FIGURA 1.13 PRINCIPALES MARCAS DE MICROCONTROLADORES. (12).....	11
FIGURA 1.14 ESTRUCTURA DE UN MICROCONTROLADOR. (12).....	11
FIGURA 1.15 DISPLAY LCD 16 X 2. (14).....	14
FIGURA 1.16 ARQUITECTURA DE LA RED GSM. (20) .....	18
FIGURA 1.17 NIVELES DE AGRUPACIÓN EN TDMA (18).....	23
FIGURA 1.18 CANALES DE TRÁFICO TCH. (18).....	24
FIGURA 1.19 PROTOCOLOS DE LA RED GSM. ....	26
FIGURA 1.20 INTERFACES DE LA RED GSM. (21).....	28
FIGURA 1.21 ARQUITECTURA DE LA RED GPRS. (22).....	31
FIGURA 1.22 ÁREAS DE ENRUTAMIENTO (RA). (15) .....	36
FIGURA 1.23 CONEXIÓN AL SISTEMA GPRS ( <i>ATTACH</i> ). (24) .....	37
FIGURA 1.24 DESCONEXIÓN DEL SISTEMA GPRS. (24).....	38

FIGURA 1.25 PROTOCOLOS EN EL PLANO DE TRANSMISIÓN. (24).....	44
FIGURA 1.26 PROTOCOLOS EN EL PLANO DE SEÑALIZACIÓN. (24) .....	47
FIGURA 1.27 INTERFACES DE LA RED GPRS. (24).....	48
FIGURA 1.28 SATÉLITES SISTEMA TRANSIT. (26).....	50
FIGURA 1.29 CONSTELACIÓN SATÉLITES GPS. (27) .....	51
FIGURA 1.30 SATÉLITE RED GPS. (27) .....	52
FIGURA 1.31DISPOSITIVOS RECEPTORES GPS. (28) .....	54
FIGURA 1.32 DIAGRAMA BLOQUES RECEPTOR GPS. (29).....	55
FIGURA 1.33 PUBLICIDAD DISPOSITIVOS GPS EN ECUADOR. (28).....	57
FIGURA 1.34APLICACIONES MODERNAS DEL RECEPTOR GPS (28).....	57
FIGURA 1.35 FUNCIONAMIENTO DE UN SOCKET TCP. (32) .....	59
FIGURA 1.36 MARCA COMERCIAL SQL SERVER. (35).....	69
FIGURA 1.37 MODELO ENTIDAD-RELACIÓN. (36).....	70
FIGURA 1.38 FORMULARIO OBTENCIÓN DE UNA CLAVE. ....	72
FIGURA 1.39 OBTENCIÓN DE LA CLAVE. ....	72
FIGURA 2.1 IMAGEN COMERCIAL. (41) .....	80
FIGURA 2.2 IMAGEN COMERCIAL. (42) .....	81
FIGURA 2.3 IMAGEN COMERCIAL. (43) .....	82
FIGURA 2.4 IMAGEN COMERCIAL. (43) .....	83
FIGURA 2.5 ENTORNO DE DESARROLLO. ....	84
FIGURA 2.6 ENTORNO DE DESARROLLO Y COMUNICACIÓN SERIAL CON EL MÓDULO. ....	85
FIGURA 2.7 CONFIGURACIÓN ESTÁNDAR PUERTO SERIAL. ....	86
FIGURA 2.8 ESTRUCTURA ESTÁNDAR.....	87
FIGURA 2.9 ESQUEMA PLACA PRINCIPAL. ....	91
FIGURA 2.10 CIRCUITO REGULADOR DE VOLTAJE.....	93
FIGURA 2.11 ÉTAPAS DE REGULACIÓN DE VOLTAJE.....	94

FIGURA 2.12 MEDIDAS DE VOLTAJE TOMADAS POR OSCILOSCOPIO EN PROTEUS. ....	95
FIGURA 2.13 AMPLIFICACIÓN DE SEÑALES RECIBIDAS.....	96
FIGURA 2.14 AMPLIFICADOR OPERACIONAL INVERSOR. ....	97
FIGURA 2.15 NIVELES DE VOLTAJE EN EL CASO DE QUE SE DETECTE LA SEÑAL INFRARROJA .....	97
FIGURA 2.16 SEÑALES CUANDO SE CORTA LA SEÑAL INFRARROJA.....	98
FIGURA 2.17 SECUENCIA DE ACTIVACIÓN DE SENSORES, PERSONA ENTRANDO. ....	98
FIGURA 2.18 SECUENCIA DE ACTIVACIÓN DE SENSORES,PERSONA SALIENDO.....	99
FIGURA 2.19 SECCIÓN DE CONVERSIÓN DE VOLTAJE RS232 - TTL.....	99
FIGURA 2.20 COMPARACIÓN ENTRE SEÑALES RS232 Y TTL. (44).....	100
FIGURA 2.21 POLARIZACIÓN DE MAX232.....	100
FIGURA 2.22 BOTONES A INTERACTUAR CON EL CONDUCTOR. ....	102
FIGURA 2.23 EMISOR LUZ IR. ....	105
FIGURA 2.24 CIRCUITO REGULADOR DE VOLTAJE EMISOR IR. ....	106
FIGURA 2.25 TABLA DE VALORES ELEMENTOS PASIVOS DE CIRCUITO LM555 .....	107
FIGURA 2.26 CIRCUITO RESONANTE EMISOR LUZ INFRARROJA. ....	108
FIGURA 2.27 DISEÑO DEL CIRCUITO RECEPTOR IR.....	110
FIGURA 2.28 CIRCUITO REGULADOR DE VOLTAJE RECEPTOR IR.....	111
FIGURA 2.29 REGULACIÓN DE VOLTAJE A 5V. ....	111
FIGURA 2.30 AMPLIFICACIÓN DE SEÑAL RECEPTADA. ....	112
FIGURA 2.31 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODEM. ....	113
FIGURA 2.32 MÓDULO DE EXPANSIÓN GPS. ....	114
FIGURA 2.33 DISTRIBUCIÓN DE PINES CONEXIÓN SERIAL. ....	115
FIGURA 2.34 CONEXIÓN SERIAL ENTRE MÓDULO Y CONSOLA. ....	116
FIGURA 2.35 SIMULACIÓN DEL DISPOSITIVO EN EL PROGRAMA PROTEUS. ....	120
FIGURA 2.36 IMAGEN LCD MODO DE REPOSO. ....	121

FIGURA 2.37 ENVÍO DE DATOS AL MÓDULO EXTERNO MODO <i>STAND BY</i> .....	121
FIGURA 2.38 ENVÍO DE POSICIÓN MIENTRAS ESTÁ EN MODO <i>STAND BY</i> . ....	122
FIGURA 2.39 IMAGEN INICIO DE RECORRIDO. ....	123
FIGURA 2.40 ENVÍO DE DATOS AL MÓDULO EXTERNO INICIO DE RECORRIDO. ....	123
FIGURA 2.41 INDICADOR DE PASAJEROS. ....	123
FIGURA 2.42 ENVÍO DE DATOS NÚMERO PASAJEROS. ....	124
FIGURA 2.43 IMAGEN PARADA PROGRAMADA.....	124
FIGURA 2.44 ENVÍO MENSAJE DE MODO PARADA ACTIVADO. ....	125
FIGURA 2.45 MENSAJE DE POSICIÓN CUANDO ESTÁ EN MODO PARADA. ....	126
FIGURA 2.46 MENSAJE DESACTIVACIÓN DEL MODO PARADA. ....	126
FIGURA 2.47 REINICIO DEL RECORRIDO DESDE EL MODO PARADA. ....	127
FIGURA 2.48 INFORMACIÓN DE BLOQUEO DE SENSOR INTERNO.....	128
FIGURA 2.49 INFORMACIÓN DE BLOQUEO DE SENSOR EXTERNO.....	128
FIGURA 2.50 INFORMACIÓN DE BLOQUEO DE SENSORES.....	129
FIGURA 2.51 TRANSICIÓN DE MODO <i>RECORRIDO</i> A <i>STAND BY</i> . ....	130
FIGURA 3.1 DIAGRAMA FLUJO DE LA APLICACIÓN EN EL SERVIDOR. ....	136
FIGURA 3.2 CONFIGURACIÓN DE FIREWALL PARA USAR SOCKET <i>UDP</i> . ....	140
FIGURA 4.1 PANTALLA DE CONTROL DE PROPIETARIOS.....	143
FIGURA 4.2 PANTALLA PARA GRAFICAR RUTA DE AUTOBUSES. ....	144
FIGURA 4.3 PÁGINA ASOCIADA A <i>GOOGLEMAPS</i> PARA MOSTRAR RECORRIDO DEL AUTOBÚS. ....	145
FIGURA 4.4 INFORMACIÓN DESPLEGADA EN LA PANTALLA. ....	146
FIGURA 4.5 OPCIONES DE NAVEGACIÓN EN <i>GOOGLEMAPS</i> .....	147
FIGURA 4.6 MAPA TRADICIONAL DE VISUALIZACIÓN. ....	147
FIGURA 4.7 VISUALIZACIÓN DE RUTA CON IMAGEN SATELITAL.....	148
FIGURA 4.8 MAPA HÍBRIDO DE VISUALIZACIÓN. ....	148

FIGURA 4.9 PANTALLA DE GENERACIÓN DE REPORTE PARA UN VIAJE ESPECÍFICO .....	149
FIGURA 4.10 REPORTE DE EVENTOS EN UN RECORRIDO.....	150
FIGURA 4.11 DISPOSITIVO EN MODO <i>STAND BY</i> .....	151
FIGURA 4.12 PANTALLA JUSTO DESPUÉS DE ACTIVAR EL RECORRIDO EN SANTA ROSA.	152
FIGURA 4.13 MAPA EN EL SERVIDOR DE LA POSICIÓN DONDE EMPIEZA EL RECORRIDO.	152
FIGURA 4.14 PANTALLA LUEGO DEL INGRESO DE PASAJEROS EN SANTA ROSA.....	153
FIGURA 4.15 PANTALLA LUEGO DEL INGRESO DE PASAJEROS EN TAMBILLO. ....	153
FIGURA 4.16 MAPA DE INGRESO DE PASAJEROS HASTA TAMBILLO.....	154
FIGURA 4.17 DISPOSITIVO EN MODO PARADA EN EL SECTOR DEL CHASQUI. ....	154
FIGURA 4.18 MODO PARADA DESACTIVADO EN EL SECTOR DEL CHASQUI.....	156
FIGURA 4.19 PASAJEROS DESPUÉS DE DESACTIVAR EL <i>MODO PARADA</i> . ....	156
FIGURA 4.20 INFORMACIÓN QUE LOS SENSORES ESTÁN BLOQUEADOS.....	156
FIGURA 4.21 ALARMA EN EL SERVIDOR REMOTO.....	157
FIGURA 4.22 INFORMACIÓN CUANDO TODOS LOS PASAJEROS HAN BAJADO. ....	158
FIGURA 4.23 NOTIFICACIÓN DE QUE EL VEHÍCULO SALIÓ DEL MODO RECORRIDO.....	158

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 COMPONENTES DE LOS LEDS Y COLORES QUE GENERAN. (6) .....	5
TABLA 1.2 FRECUENCIA DE OPERACIÓN GSM. (18).....	16
TABLA 1.3 FUNCIONES DE RECEPCIÓN DE DATOS. (30) .....	63
TABLA 1.4 FUNCIONAMIENTO DE UN SOCKET UDP. (32).....	64
TABLA 1.5 FUNCIONES DE BLOQUEO. (30).....	65
TABLA 1.6 FUNCIONES DE NO BLOQUEO. (30).....	66
TABLA 1.7 FUNCIONES DE BASE DE DATOS. (30).....	67
TABLA 2.1 COMPARACIÓN CARACTERÍSTICAS MICROCONTROLADORES .....	92
TABLA 2.2 DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE EN EL DISPOSITIVO.....	93
TABLA 2.3 DISTRIBUCIÓN DE PINES ESTÁNDAR RS232. (46) .....	116
TABLA 2.4 CÓDIGOS DE LOS MENSAJES ENVIADOS AL SERVIDOR REMOTO.....	119
TABLA 3.1 CAMPOS DE LA TRAMA INFORMATIVA ENVIADA DESDE EL MÓDULO.....	133
TABLA 3.2 ESPECIFICACIONES DE VALORES DE CAMPOS EN LA TRAMA.....	134
TABLA 3.3 CAMPOS DE LA TABLA VIAJE EN LA BASE DE DATOS .....	138
TABLA 3.4 CAMPOS DE LA TABLA AUTOBÚS EN LA BASE DE DATOS.....	139
TABLA 3.5 CAMPOS DE LA TABLA CIUDADES EN LA BASE DE DATOS.....	139

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo, el desarrollar un prototipo de un dispositivo a bordo que recopile información acerca del número de pasajeros que se han transportado en un autobús interprovincial y conjuntamente con su posición geográfica enviar estos datos por medio de la red GSM/GPRS a un servidor situado en la oficina principal de la cooperativa, para ser interpretados por un software con una interfaz amigable al usuario. El software tiene la finalidad de poder informar al propietario de un autobús las situaciones que han ocurrido en un viaje, como la cantidad de dinero que espera sea entregada por el chofer.

El proyecto está subdividido en cinco capítulos, a continuación se detalla cada uno de estos. En el primer capítulo se definen los conceptos y tecnologías que se manejan, así como una descripción de todos los recursos y herramientas que se necesitan para el desarrollo e implementación del proyecto.

En el segundo capítulo se realiza un análisis de los requerimientos a cubrir con el dispositivo, se describe el proceso de construcción del dispositivo que estará ubicado en el vehículo y los distintos mensajes que interactúan entre el dispositivo y el modem de envío de información. La combinación de hardware y software son el tema principal a tratar.

En el tercer capítulo se define el envío de la información desde el dispositivo a bordo hacia el servidor, mediante la red GSM/GPRS. Se define la trama y los distintos campos por los cuales estará compuesta. Además es descrita la forma en que se reciben los datos en el servidor y como son almacenados para una posterior consulta.

En el cuarto capítulo se detalla el desarrollo de una interfaz amigable y funcional de uso intuitivo al usuario. Se muestra las distintas utilidades a tener en la aplicación y su forma de uso. Se muestran las pruebas realizadas por el dispositivo a bordo.

En el quinto capítulo se presentan las principales conclusiones obtenidas con el desarrollo del proyecto y recomendaciones para un correcto funcionamiento.

Al final del presente proyecto se incluyen anexos correspondientes a datos específicos y adicionales para una comprensión integral del proyecto realizado, así como el código completo de las implementaciones desarrolladas.



## PRESENTACIÓN

Muchas han sido las maneras que se han implementado para controlar los ingresos económicos que el propietario de un medio de transporte debería recibir tras un día de recorrido. Cualquier método utilizado hasta el momento depende únicamente tanto del conductor del vehículo como su oficial, lo que puede provocar ciertas irregularidades en el manejo del cobro de boletos de viaje.

La revolución de la redes de comunicación ha orientado en los últimos años su énfasis al desarrollo de alternativa de comunicación sin cables. Al existir un amplio mercado de proveedores en cada país, los precios de los servicios de internet han disminuido considerablemente permitiendo que hoy por hoy sea casi imposible encontrar un lugar donde no exista acceso a internet.

Es así, que sobre todo los equipos de comunicación móvil, se han desarrollado al mismo ritmo que lo hacen las tecnologías de comunicación. Los teléfonos celulares en estos momentos dejaron de ser únicamente medios de comunicación por voz. Cualquier celular de mediana tecnología se ha convertido en un modem inalámbrico que se encuentra en la capacidad de acceder a páginas web, redes sociales o aplicaciones que antes únicamente se podían hacer en un computador.

El acceso remoto a una máquina ubicada en cualquier parte del mundo actualmente no se limita a una red con línea dedica de gran ancho de banda. Un celular con un paquete de datos y acceso a la red GPRS es capaz de reemplazar a cualquier transmisor satelital. Con la reducción de costos es posible en la actualidad hacer una competencia entre ambos medios.

La red de posicionamiento global (de las siglas en inglés *GPS*), permite a los usuarios por medio de un receptor determinar su posición en cualquier lugar dentro del planeta. La convergencia de tecnologías ha permitido que en equipos que caben en la mano se puedan realizar llamadas, conectarse a internet y saber su localización en cualquier momento.

Usando las herramientas antes mencionadas, se pretende complementar el control de pasajeros con instrumentos que automaticen su contabilización y envíen esta información a un servidor remoto en el momento justo que se produce un evento en el vehículo.

Países como el nuestro se han limitado muchas veces a ser simplemente testigos de un progreso tecnológico incontenible. Con este proyecto se desea insertar en el mercado local un producto hecho con herramientas del exterior, pero que pertenece al ingenio y la capacidad adquirida en nuestro país.

Dejamos a disposición este proyecto para que sea una base de futuras demostraciones de iniciativa y demostrar que Ecuador no es un país más consumista de tecnología obsoleta, sino un productor de tecnología innovadora y capaz de comercializarla.

# CAPÍTULO I

## Fundamentos Teóricos



En este primer capítulo se definen los conceptos de todos los recursos y herramientas que se necesitan para el desarrollo del proyecto.



# 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

## 1.1. INTRODUCCIÓN

En las páginas posteriores se dará una descripción técnica de varios elementos a ser utilizados en la construcción del prototipo, que será implementado en el autobús, como en la recepción de información y aplicaciones desarrolladas en el servidor ubicado en la oficina de la cooperativa.

El prototipo a diseñar maneja varios elementos electrónicos que se definirán posteriormente, en la figura siguiente se muestra un esquema del sistema (dispositivo-servidor) que se busca obtener al final del proyecto.

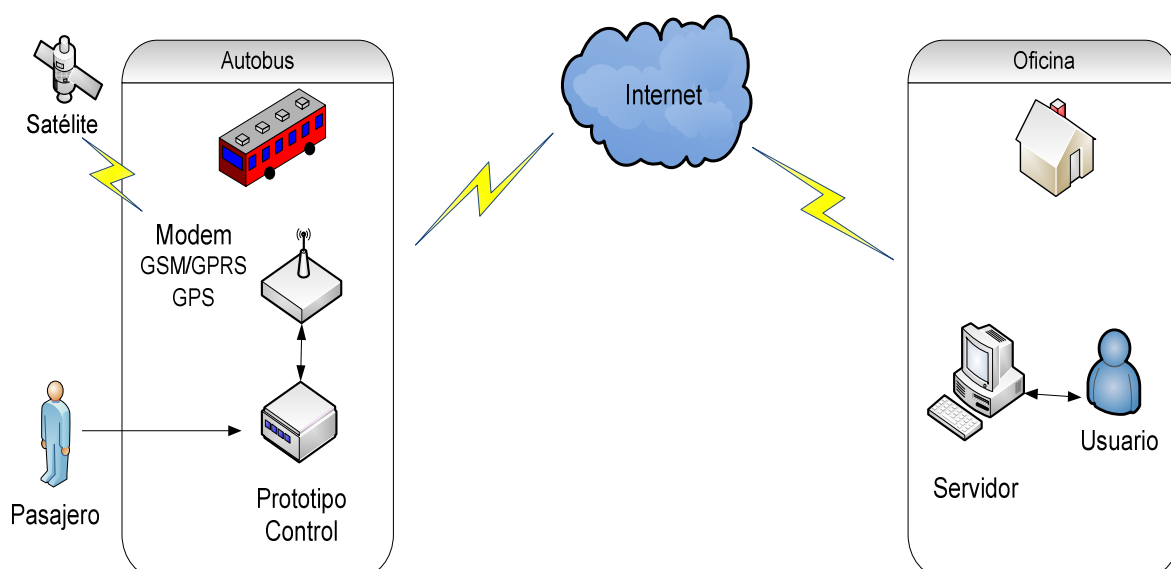


Figura 1.1 Esquema del Sistema

## 1.2. LED Y RECEPTOR INFRARROJO. <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup>

### 1.2.1. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE UN DIODO. <sup>(1)</sup>

Para entender el funcionamiento de un diodo emisor de luz es necesario entender la forma en que trabaja un diodo común y corriente. El principio de funcionamiento que manejan ambos dispositivos es el mismo con la diferencia del resultado a que presenta cada elemento.

Un diodo es un semiconductor, es decir un elemento electrónico que dependiendo de las condiciones en las que trabaja es capaz o no de actuar como un puente para que circule la corriente en un circuito electrónico. El material semiconductor del que está compuesto, generalmente Silicio (Si) o Germanio (Ge), tiene las características químicas para negar o permitir la circulación de corriente.

A continuación se presenta un diagrama indicando la estructura de un diodo.

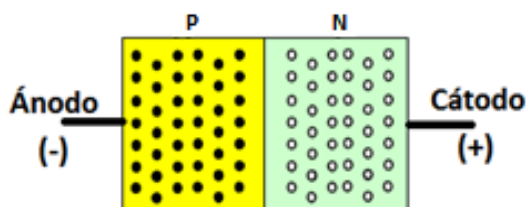


Figura 1.2 Estructura cargas de un diodo. <sup>(3)</sup>

Como se puede observar, existen 2 partes muy bien definidas en lo que se refiere a la posición de los electrones<sup>1</sup>. La parte "N" es la que genera cargas positivas o electrones libre y la parte "P" es la que produce cargas positivas o huecos.

Cuando el diodo se polariza de manera que la corriente pase del cátodo hacia el ánodo, las cargas positivas de la zona P se alejan de la frontera con la zona N atraídas por los electrones del flujo de corriente suministrado, por lo que la circulación de corriente se hace imposible.

<sup>1</sup> **Electrón.** Elemento del átomo.

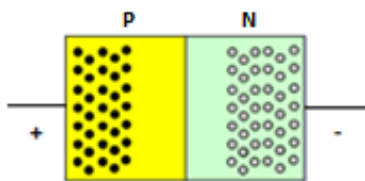


Figura 1.3 Diodo polarizado inversamente. (3)

Cuando el diodo está polarizado directamente (corriente en sentido ánodo-cátodo) la atracción hace que las cargas se acerquen a la unión de manera que los electrones de un lado pueden saltar a los huecos del otro lado produciéndose la circulación de corriente.

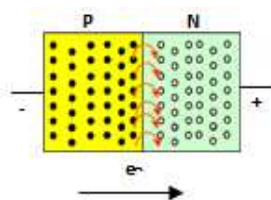


Figura 1.4 Diodo polarizado directamente. (3)

Por lo que se ha podido analizar, un diodo tiene un principio de funcionamiento muy simple, pero que ha sido uno de los mayores aportes en el mundo de la electrónica. Desde su desarrollo, muchas cosas fueron haciéndose más sencillas de realizar y por lo tanto más baratas para el consumo masivo.

### 1.2.2. APLICACIONES DE LOS DIODOS. (3)

Muchos dispositivos que hasta hace antes de la aparición de los diodos tenían grandes dimensiones y materiales muy caros para su construcción, empezaron a ser reemplazados por los mismos diodos o derivados de los mismos.

Uno de los productos estrella de los diodos son los transistores, elementos que se pueden encontrar en la actualidad en cualquier tipo de circuito electrónico. Amplificadores, reguladores de voltaje, microcontroladores y hasta los mismos computadores los tienen como elementos imprescindibles.

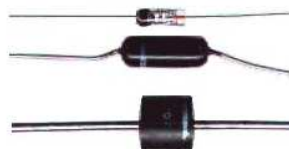


Figura 1.5 Diodos y sus aplicaciones. (4)

### 1.2.3. FUNCIONAMIENTO DEL LED. (2) (5)

Los diodos emisores de luz (del inglés LED), son uno de los elementos más utilizados en los componentes electrónicos basados en el funcionamiento de los diodos comunes. Se pueden encontrar desde sencillos juguetes hasta complicados sistemas de iluminación como los rótulos luminosos, grupos ópticos de vehículos, televisores, etc.



Figura 1.6 Leds y sus aplicaciones. (5)

De la misma manera que los diodos comunes, es necesaria la circulación de corriente desde el lado positivo (ánodo) hacia el negativo (cátodo) del diodo para



producir la frecuencia según el mineral que componga el semiconductor. El valor de la frecuencia es la que determina el color que va a emitir el diodo, variando desde el ultravioleta (UV LED) hasta el infrarrojo (IR LED).

Compuesto	Color	Longitud de Onda	Rango Visibilidad
Arseniuro de galio (GaAs)	Infrarrojo	940 nm.	Infrarrojo
Arseniuro de galio y aluminio (AlGaAs)	Rojo e infrarrojo	890 nm.	Infrarrojo
Arseniuro fósforo de galio (GaAsP)	Rojo, Naranja y amarillo	630 nm.	Visible
Fosforo de Galio (GaP)	Verde	555 nm.	Visible
Nitruro de Galio e Indio (InGaN)	Azul	450 nm.	Visible
Carburo de Silicio (SiC)	Azul	480 nm.	Visible
Diamante(C)	Ultravioleta		Ultravioleta

Tabla 1.1 Componentes de los leds y colores que generan. (6)

#### 1.2.4. APLICACIONES LED INFRARROJO. (3)

El LED infrarrojo ha ido ocupando en el mercado varias funcionalidades y a la par con el LED de color rojo fueron los primeros en crearse en los años sesenta debido a que la longitud de onda no era tan pequeña como la de los colores que se dirigen al otro extremo de las frecuencias.

A mediados del siglo XX la funcionalidad básica de los LED Infrarrojos eran los mandos a distancia de televisores para luego después generalizarse a todos los electrodomésticos. Luego de algunas décadas con la revolución de las redes PAN y de los teléfonos celulares, los Infrarrojos se convirtieron en un nuevo medio físico para transmisión inalámbrica. Aunque su presencia no duró mucho tiempo

por la aparición de nuevas tecnologías, nunca dejó de utilizarse para aplicaciones que era irremplazable como las barreras infrarrojas y otros mecanismos de seguridad y vigilancia.



Figura 1.7 Led infrarrojos en funcionamiento. (5)

### 1.2.5. RECEPTOR INFRARROJO. (2)

Un LED de emisión infrarroja no podría tener ninguna funcionalidad sin un receptor de este tipo de señal. La complejidad del receptor es mucho más notoria que la del transmisor. La distancia del alcance, el haz de detección de la luz la velocidad de reacción a una señal depende del receptor y del circuito que lo complementa.



Figura 1.8 Receptor o sensor infrarrojo. (5)

### 1.2.6. LIMITACIONES Y VENTAJAS DEL LED INFRARROJO. (2) (5)

El mayor obstáculo que presenta son las características mecánicas propias de un LED. Es decir, el ancho de su haz que es muy amplio y por la misma razón de muy poco alcance.

El principal competidor del LED es el LASER, este último supera el inconveniente del alcance con facilidad, al poseer un haz mucho más estrecho y directivo.

Como consecuencia su tiempo de vida útil es mucho menor que la de un LED y es aquí donde se encuentra la principal ventaja de los LEDs.

Para una barrera de corto alcance de una distancia menor a dos metros es suficiente el par compuesto por el receptor y el emisor LED de luz infrarroja con el adicional de alargar el tiempo de mantenimiento de los elementos ópticos.

### 1.2.7. BARRERA INFRARROJA. (2)

En sistemas de seguridad y detección de presencia una de las condiciones primordiales es que el mecanismo usado para realizar este proceso sea lo menos apreciable por las personas.

Aunque resulta imposible en la actualidad hacer invisible un mecanismo de seguridad se debe por lo menos explotar las limitaciones en la apreciación de la vista de las personas; y por este mismo hecho varios de estos utilizan la emisión infrarroja para censar presencia de objetos incluidas personas.

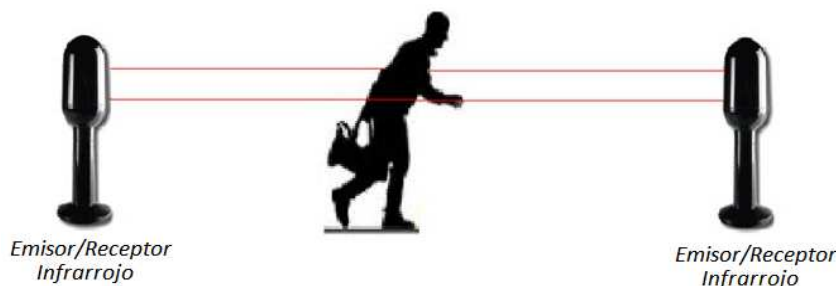


Figura 1.9 Barrera detectora de movimientos. (2)

### 1.3. MÓDULO GSM/GPRS. (7) (8)

En la actualidad la miniaturización de los componentes a nivel tecnológico es una prioridad para los desarrolladores de dispositivos.

La convergencia de funcionalidades en un dispositivo único es ahora posible para satisfacer la demanda de los usuarios que buscan tener un reproductor de mp3, una cámara de fotos y una filmadora no en 3 estuches sino en un solo dispositivo que puede caber en sus bolsillos.

Los módulos de comunicaciones son una revolución en lo que se refiere a la transmisión de datos. A un principio una señal de radio, un SMS, una llamada eran las únicas maneras no fijas de establecer una comunicación a través de la red CDMA o la GSM.

En poco tiempo fue posible incorporar en los equipos módulos transmisores y receptores para el sistema GPRS, con la que un celular superaba sus limitaciones y se convertía además en un navegador de internet.

Aunque la tecnología GPRS no fue implementada por primera vez al público en los equipos celulares, este fue el mercado en el que mejor fue acogido y que inspiró a muchos fabricantes a desarrollar equipos que integraban el antiguo sistema GPS con el muy aceptado GPRS.

Es así que compañías dedicadas a la creación de innovación tecnológica como Wavecom<sup>2</sup>, explotaron al máximo esta combinación y desarrollaron equipos que permitían ubicarlos y además transmitir esta información a algún servidor como si se tratará de un ordenador por los protocolos que manejan.



Figura 1.10 Módulo GSM/GPRS (9)

---

<sup>2</sup> Compañía localizada en Australia orientada al desarrollo de dispositivos de comunicación móvil,

Las características que tienen estos equipos son muy comunes entre los fabricantes de distintas marcas, a continuación se muestra un ejemplo de uno de ellos, este no necesariamente va a ser usado en nuestro proyecto.

### Physical features

- Overall dimensions: 55\*33\*8.2mm
- Weight: approx. 16.5g
- Normal operation temperature: -30 °C to +80°C

### GSM/GPRS specification

#### General features

- Quad-Band 850/900/1800/1900MHz
- GPRS multi-slot class 10
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/2+
  - Class 4 (2 W @ 850/900 MHz)
  - Class 1 (1 W @ 1800/1900MHz)
- Control via AT commands (GSM 07.07 ,07.05 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- SIM application toolkit
- Supply voltage range 3.4 ... 4.5 V
- Low power consumption

#### Specifications for SMS via GSM / GPRS

- Point-to-point MO and MT
- SMS cell broadcast
- Text and PDU mode

#### Specifications for audio

- Tricodec
  - Half rate (HR)
  - Full rate (FR)
  - Enhanced Full rate (EFR)
- Hands-free operation
- Echo cancellation

#### Specifications for data transfer

- GPRS class 8/10: max. 85.6 kbps (downlink)
- PBCCH support
- Coding schemes CS 1, 2, 3, 4
- CSD up to 14.4 kbps
- USSD
- Non transparent mode
- PPP-stack
- Integrated TCP/IP stack

#### Specifications for fax

- Group 3, class 1

### Interfaces

- 60-pin DIP connector
- Multiplexer
- Interface to external SIM 3V/ 1.8V
- Dual analog audio interfaces
- AT commands via GSM/GPRS serial interface
- Embedded SIM card holder
- LCD interface
- RTC backup
- Charge interface
- A serial interface and a debug interface for GSM/GPRS
- Dual serial interface for GPS
- Two separate antenna connectors for GSM/GPRS&GPS, and two antenna pads for GSM/GPRS&GPS

### Compatibility

- AT cellular command interface

### Specification for GPS

- Receiver 20 channels, L1 1575.42 MHz, C/A code 1,023 MHz chip rate
- Accuracy Position 10m CEP without SA/Velocity 0.1m/s, without SA/Time 1µs synchronized to GPS time
- Date WGS-84
- Acquisition rate (TTFF defined at 95% of first position local station)
  - Hot start<1s, average, open sky
  - Warm start<38s, average, open sky
  - Cold start<42s, average, open sky
- Support AGPS
- Operating voltage 3.3V DC ±5%
- Low power consumption about 200mW at 3.3V
- Protocols
  - NMEA-0183
  - SiRF binary
  - RTCM SC-104
- Crystal oscillator (TCXO), temperature compensated with frequency stability of ±0.5ppm
- Memory: 4 Mb flash and 1Mb SRAM

**More about SIM548C module, Please contact:**

Tel: +86 21 32523300

Figura 1.11 Características técnicas de un módulo GSM/GPRS Simcom. (9)

#### 1.4. BUZZER. (10)

Este elemento electrónico que produce sonido a una cierta frecuencia (tono). Para que este dispositivo funcione solo es necesario aplicar un voltaje en los dos únicos extremos que posee.

Su estructura consta de un electroimán y una lámina metálica muy delgada. Cuando un voltaje circula, la corriente se desplaza por la bobina del electroimán produciendo un campo magnético irregular que hace vibrar a la lámina, lo que produce el sonido al chocar con la armadura del buzzer.



Figura 1.12 Buzzers. (11)

#### 1.5. MICROCONTROLADOR. (12)

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico con las mismas características que un ordenador, posee una unidad central de proceso, memoria y puertos de entrada y salida. Es similar también en su operación, los datos son ingresados a través de un puerto, la unidad central de proceso y la memoria coordinan para procesar la información y enviar una respuesta nuevamente a través de los puertos del microcontrolador.

Antes de la aparición de los microcontroladores, las placas electrónicas constaban de muchos elementos como resistencias, transistores, capacitores, compuertas lógicas, etc. Los cálculos para el diseño resultaban muy complicados además de necesitar elementos que resultaban muy costosos y ocupaban demasiado espacio físico para cualquier aplicación que se necesite.

La aparición de estos nuevos componentes benefició tanto a fabricantes como consumidores que encontraron en un solo dispositivo centenares de componentes encapsulados lo cual facilitó el desarrollo de nuevos dispositivos comercialmente aceptables.

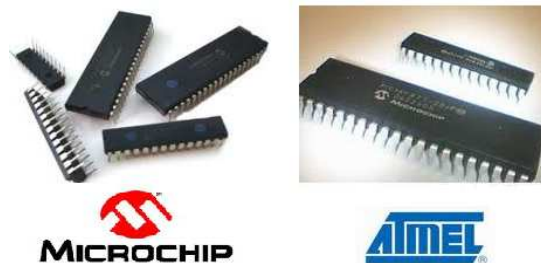


Figura 1.13 Principales marcas de microcontroladores. (12)

### 1.5.1. ESTRUCTURA DE UN MICROCONTROLADOR. (12)

Si bien existen varios modelos de microcontroladores, todos mantienen partes muy bien definidas:

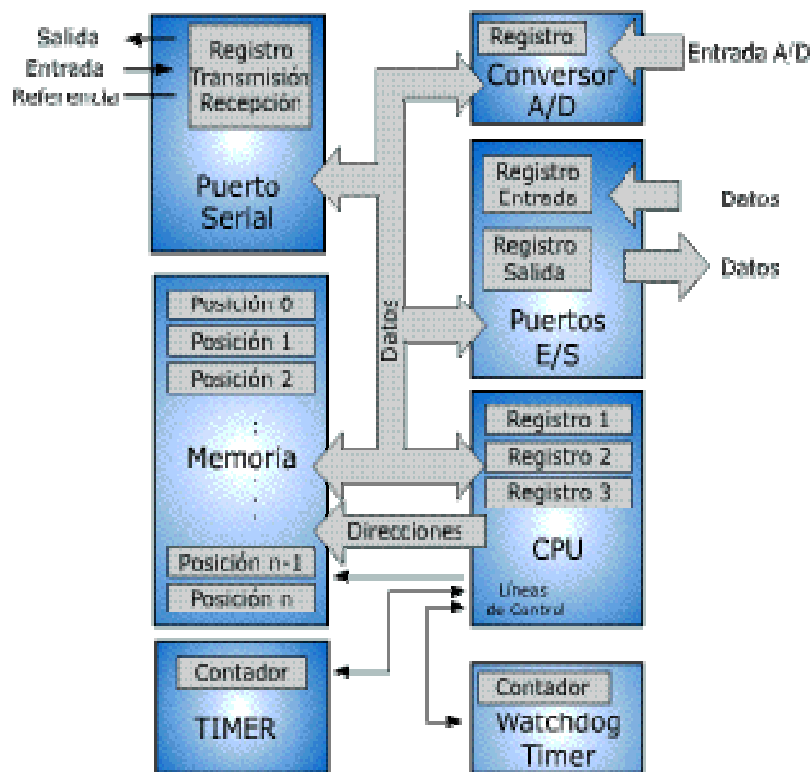


Figura 1.14 Estructura de un microcontrolador. (12)



### 1.5.1.1. Microprocesador. (13)

Es el núcleo del microcontrolador y es el elemento limitante de las características que puede presentar este. Se encarga de actividades como:

- Recibir la instrucción.
- Decodificar la instrucción.
- Ejecutar la operación y almacenar el resultado.

En la actualidad los procesadores se dividen según la capacidad de ejecución de instrucciones, de esta manera se puede encontrar:

#### *1.5.1.1.1. Arquitectura RISC*

Se denomina RISC a computadores con un conjunto reducido de instrucciones. En estos procesadores las instrucciones no son muchas, son simples y se ejecutan en un solo ciclo de reloj del microcontrolador. Por esta misma razón la ventaja frente a otras arquitecturas es su velocidad.

#### *1.5.1.1.2. Arquitectura CISC*

Son unos de los procesadores más poderosos, son los que tienen un conjunto complejo de instrucciones. Estas instrucciones (más de 80) son lo suficientemente sofisticadas como para requerir más de 2 ciclos de reloj para que se ejecuten. Su ventaja radica en que su lenguaje de programación es de alto nivel, lo que facilita al programador indicar las instrucciones que para el procesador pueden implicar mucha complejidad.

#### *1.5.1.1.3. Arquitectura SISC*

Son procesadores destinados para aplicaciones específicas. El número de instrucciones depende de la necesidad requerida. Sus siglas indican a procesadores con un conjunto específico de instrucciones.



### **1.5.1.2. Memoria**

En un microcontrolador la memoria se encuentra encapsulada a la par con el procesador. El micro posee la memoria RAM (memoria de acceso aleatorio) que almacena las variables temporales y la ROM (memoria de solo lectura) que es la que guarda las instrucciones del programa a ejecutar.

### **1.5.1.3. Puertos de Entrada/Salida**

Son las puertas para la comunicación del microcontrolador con el resto del circuito que forma parte o con interfaces con el usuario.

### **1.5.1.4. Ventajas de usar un microcontrolador**

La primera ventaja que se muestra a la vista es la reducción drástica de elementos con los que se puede crear un circuito electrónico y como consecuencia los gastos en la elaboración del mismo.

Otra de las ventajas más fuertes es la posibilidad de modificar el comportamiento del circuito simplemente con la actualización del programa del microcontrolador, hecho que implicaría un cambio en todo el circuito si usaran circuitos integrados o componentes discretos.

En el mercado existe una amplia variedad de microcontroladores que varían principalmente en el número de puertos, velocidad de procesamiento, número de datos en el bus de comunicaciones entre el procesador y las memorias, etc. Cada uno de los modelos fue pensado para satisfacer necesidades específicas de las aplicaciones que los consumidores desean realizar.

## 1.6. LCD (*LIQUID CRYSTAL DISPLAY*).<sup>(14)</sup>

Una pantalla de cristal líquido es uno de los componentes más utilizados para establecer la interfaz entre el usuario y un dispositivo electrónico; esto ocurre desde una radio digital o el televisor más moderno.



Figura 1.15 Display LCD 16 x 2. <sup>(14)</sup>

## 1.7. SISTEMA GLOBAL PARA LAS COMUNICACIONES MOVILES (GSM).<sup>(15) (16) (17)</sup>

A principios de los años 80, los sistemas analógicos de telefonía celular crecían con rapidez en el mercado europeo, en particular en el Reino Unido, Francia, Alemania y Escandinavia. Cada sistema funcionaba de distinta manera y por desgracia incompatibles entre sí y entre países.

Ante esta situación anárquica, descoordinada e insostenible desde los puntos de vista económico y tecnológico, en 1982 la Comisión europea de administraciones postales y de telecomunicaciones (CEPT, *Conference European Posts and Telecommunications*) decidió crear un grupo de trabajo que inicialmente se lo denominó *Grupe Spécial Mobile* (GSM, siglas que con el tiempo evolucionó hacia el significado de hoy: *Global System for Mobile Communications*). Su misión era preparar un estándar de telefonía móvil a nivel europeo, las propuestas presentadas debía cumplir con ciertos criterios como: Calidad de voz y seguridad,

bajo costo de equipos, uso eficiente del espectro radioeléctrico, capacidad de soportar nuevos teléfonos de mano, capacidad de itinerancia transparente y compatibilidad con la red ISDN.

El comité cumple bien su trabajo y para el año 1986 se crea el núcleo permanente del grupo GSM en París, en 1987 tras la evaluación de prototipos se escoge las técnicas de radiotransmisión y se decide reservar la banda de frecuencias de 900 MHz para su funcionamiento.

La CEPT evolucionó a una nueva organización, el Instituto de Estandarización de Telecomunicaciones Europeo (ETSI, *European Telecommunications Standards Institute*) para finales de 1989 GSM se convierte en su comité técnico.

En 1990 se publicaron las especificaciones del sistema GSM 900 y comienza la definición del estándar DSC 1800, a petición del Reino Unido para las futuras redes de comunicación personal (PCN, *Personal Communications Networks*).

En 1991 comienza a funcionar los primeros sistemas GSM y concluye el desarrollo del sistema DSC 1800, y para 1992 arranca las operaciones de los operadores europeos a nivel mundial.

Un punto importante del GSM es la constitución del MoU (*Memorandum of Understanding*) que establece acuerdos para posibilitar la internacionalización de las comunicaciones.

Se definen tres clases de servicios que se pueden brindar en una red GSM:

- Servicios Portadores: definidos para la transmisión y recepción de datos independientemente del contenido de los mismos.

- Teleservicios: incluyen servicios básicos de telefonía.
- Servicios suplementarios: define servicios que complementan los teleservicios proporcionando características nuevas.

La red GSM es considerada de segunda generación (2G) y permite conexiones tanto de voz como de datos. En la llamada de voz se utiliza un codificador GSM para transmitir voz a 13 Kbps a la estación base sobre un enlace digital; y en la conexión de datos, el móvil se utiliza como modem de 9,6 Kbps.

### 1.7.1. FRECUENCIAS DE OPERACIÓN. <sup>(18)</sup>

En el estándar GSM se especifican las siguientes bandas de frecuencia:

Banda	Nombre	Canales	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Notas
<b>GSM 850</b>	GSM 850	128 - 251	824 - 849	869 - 894	Usada en EE.UU., Sudamérica y Asia.
<b>GSM 900</b>	P-GSM 900	0 - 124	890 - 915	935 - 960	La banda con que nació GSM en Europa y la más extendida.
	E-GSM 900	975 - 1023, 0 - 124	880 - 915	925 - 960	E-GSM, extensión de GSM 900.
	R-GSM 900	0 - 124, 955 - 1023	876 - 915	921 - 960	GSM ferroviario (GSM-R).
<b>GSM1800</b>	GSM 1800	512 - 885	1710 - 1785	1805 - 1880	Se la conoce también como DCS-1800.
<b>GSM1900</b>	GSM 1900	512 - 810	1850 - 1910	1930 - 1990	Usada en Norteamérica, incompatible con GSM-1800 por solapamiento de bandas.

Tabla 1.2 Frecuencia de operación GSM. <sup>(18)</sup>

En la banda de 850 MHz como en la de 900 MHz se tiene un ancho de banda de 25 MHz, tiene un total de 125 portadoras cada una de ellas de 200 kHz. No todas las portadoras son utilizadas ya que una de ellas se emplea para comunicar GSM con servicios de baja frecuencia.

Las frecuencias centrales en la banda de 900 MHz se la define mediante: (17)

$$f_U(n) = 890 + 0,2 * n(\text{MHz})$$

$$f_D = f_U(n) + 45\text{MHz}$$

siendo :  $1 \leq n \leq 124$

$f_U$ : Frecuencia Uplink

$f_D$ : Frecuencia Downlink (17)

En algunos países al tener ya saturada la banda de los 900 MHz se ha habilitado una banda adicional denominada E-GSM 900 aquí las frecuencias centrales se las define mediante: (17)

$$f_U(n) = 890 + 0,2 * (n - 1024)\text{MHz}$$

$$f_D = f_U(n) + 45\text{MHz}$$

siendo :  $975 \leq n \leq 1023$

$f_U$ : Frecuencia Uplink

$f_D$ : Frecuencia Downlink (17)

### 1.7.2. ARQUITECTURA DE RED GSM. (18) (19) (20)

La red GSM se compone de varias unidades funcionales e interfaces entre ellas y con el mundo exterior. Se definen tres elementos importantes: La estación móvil,

la estación base y el sistema de conmutación, como se puede observar en la figura.

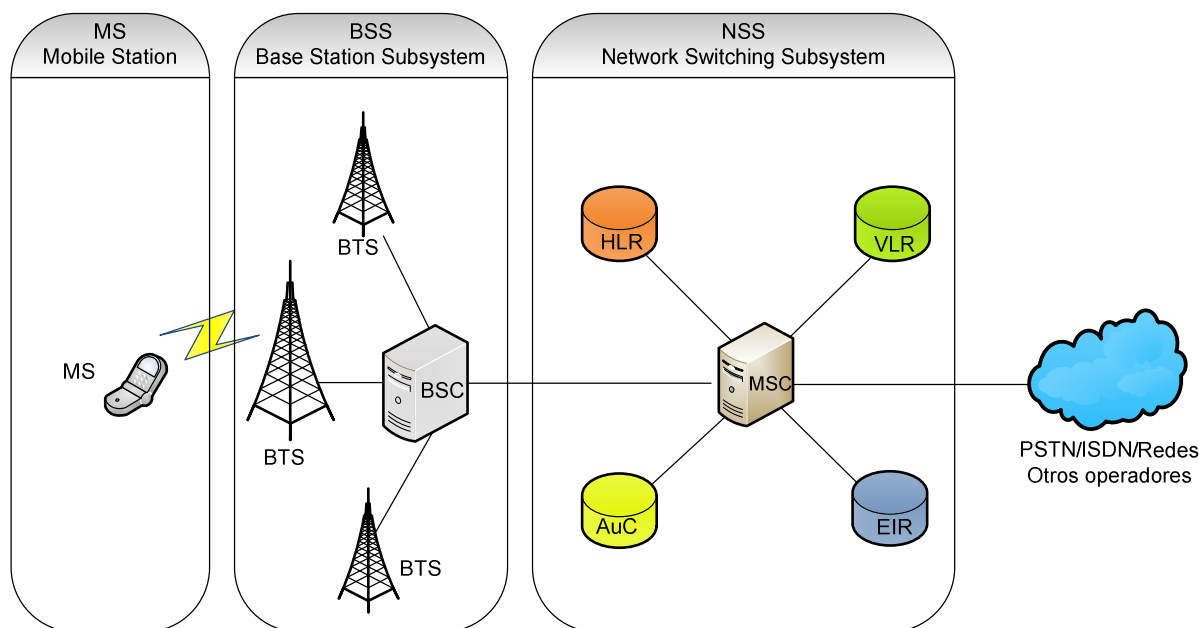


Figura 1.16 Arquitectura de la Red GSM. (20)

### 1.7.2.1. Estación Móvil (MS, *Mobile Station*).

Una estación móvil generalmente hace referencia a un dispositivo de mano, a un terminal portable o simplemente a un equipo móvil (ME, *Mobile Equipment*).

Cada uno debe incluir un módulo de identificador al suscriptor (SIM, *Subscriber Identity Module*), estos son portables y contienen toda la información del usuario permitiéndolo disponer de todos los servicios contratados sin importar el terminal. El SIM está protegido por un número de cuatro dígitos conocido como Número de identificación personal (PIN, *Personal Identification Number*) además posee un número de identificación único del abonado denominado Identidad internacional del abonado móvil (IMSI, *International Mobile Subscriber Identify*) de 15 dígitos.

Adicionalmente a una estación móvil se le asigna un identificador de hardware único en el mundo conocido como Identidad internacional del equipo móvil (IMEI, *International Mobile Equipment Identity*) de 15 dígitos.

### **1.7.2.2. Subsistema de Estaciones Base (BSS, *Base Station Subsystem*).**

EL subsistema de radio base permite conectar la estación móvil con el subsistema de red y conmutación (NSS). Consta de dos elementos Transceptor de Estación Base (BTS) y Controlador de estación base (BSC)

### **1.7.2.3. Transceptor de Estación Base (BTS, *Base Station Transceiver*).**

Consta de dispositivos de transmisión y recepción por radio frecuencia (*transceivers*), incluyendo las antenas y todo el procesamiento de las señales en el interfaz aire. Una estación puede alcanzar un radio de cobertura a su alrededor desde varios cientos de metros (Zonas urbanas) hasta un máximo de 35 km (zonas rurales) dependiendo de la potencia y la orografía del entorno, a esta área geográfica que brinda cobertura se le conoce como celda o célula.

### **1.7.2.4. Controlador de Estación Base (BSC, *Base Station Controller*).**

Asigna y administra los recursos de radio a una estación móvil, para una o varias BTS, maneja el handoff de una estación móvil de una celda a otra dentro del BSS y controla el paging.

La BSC es la interfaz entre la estación móvil y la *MSC*, puede estar ubicada físicamente en el mismo lugar que la BTS.

### **1.7.2.5. Subsistema de conmutación red (NSS, *Network Switching Subsystem*).**

Se lo conoce como núcleo de red, es el encargado de administrar el enrutamiento de llamadas entre usuarios GSM y usuarios GSM de otras redes y el

almacenamiento de datos. Para realizar estas funciones el NSS consta de los elementos mencionados a continuación.

*1.7.2.5.1. Central de conmutación móvil (MSC, Mobile Switching Center).*

Realiza la conmutación telefónica del sistema, sirve como puerta de enlace hacia el mundo exterior (PSTN) o hacia diferentes bases de datos necesarias para administrar a los usuarios de la red. También captura la información de facturación de una llamada. Está conectada a la BSS mediante la interfaz A.

*1.7.2.5.2. Registros de Ubicación Base (HLR, Home Location Register).*

Es una base de datos estática, que contiene detalles de la suscripción de cada abonado, puede manejar información de cientos de miles de abonados, para localizar a un abonado esta almacena la información del área en la que el abonado se registró por primera vez. Un HLR está conectado al MSC y VLR.

*1.7.2.5.3. Registro de ubicación de visitante (VLR, Visitor Location Register).*

Es una base de datos que contiene información dinámica de los usuarios que están asociados a la red móvil, incluyendo la ubicación geográfica. Una VLR está asociada con una sola MSC.

Cuando un usuario se mueve de un lugar a otro los datos del VLR “vieja” se pasan al VLR de la ubicación a la cual entra “nueva”, este procedimiento se lo realiza usando el procedimiento de actualización de ubicación.

*1.7.2.5.4. Registro de identificación de equipo (EIR, Equipment Identity Register).*

Es una base de datos que almacena el IMEI de todas las estaciones móviles y características del equipo. Mediante esta base de datos se puede averiguar si el móvil es robado o no rápidamente.



*1.7.2.5.5. Centro de autenticación de usuario (AuC, Authentication Center).*

Proporciona parámetros necesarios para realizar la autenticación de los usuarios y permitir su acceso. También proporciona parámetros de encriptación para cifrar la información en el interfaz de aire.

*1.7.2.5.6. GSM Internetworking Unit (GIWU).*

Sirve como interfaz de comunicación entre diferentes redes para la comunicación de datos.

*1.7.2.5.7. GSMC Gateway Mobile Switching Center.*

Se denomina a una MSC que provee conectividad de la red móvil a la red fija PSTN.

*1.7.2.5.8. Subsistema de operación y mantenimiento (OSS, Operation Support Subsystem).*

Se conecta a diferentes BSS y NSS para controlar y monitorear la red GSM, permite la operación y mantenimiento en forma remota y centralizada de todos los elementos dispersos en grandes áreas geométricas.

### **1.7.3. MÉTODOS DE ACCESO. <sup>(18)</sup>**

El sistema GSM utiliza en su interfaz de aire una combinación de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA, *Time Division Multiple Access*) y de Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA, *Frequency Division Multiple Access*). Se dispone de 25 MHz de ancho de banda para GSM, aquí FDMA divide en 125 frecuencias portadoras o canales con un ancho de banda de 200kHz, si se considera dos bandas de guarda de 100 kHz se tiene solo 124 canales. A partir de

estas frecuencias portadoras se subdivide en divisiones de tiempo utilizando TDMA.

En TDMA los usuarios comparten un mismo canal mediante la asignación de ranuras o slots de tiempo (*timeslots*), cada uno con una duración de 0.577 ms y 156.25 bits. Ocho slots de tiempo forman una trama (*frame*) con una duración de 4,615 ms. tiempo después del cual un usuario puede volver a usar el canal. La trama formada es la base de un canal lógico. Un canal físico en una trama TDMA es un *timeslot*.

Existen distintos niveles de agrupación dentro de TDMA, el nivel siguiente a la trama es la multitramas que se forma de la agrupación de las mismas. Pueden ser de dos tipos, dependiendo del tipo de tramas que se agrupen ya sean de tráfico o de control.

- Multitrama de tráfico, posee una duración de 120 ms., y se forma de la agrupación de 26 tramas. Se lo usa para contener canales de tráfico y sus canales de control asociado.
- Multitrama de control, posee una duración de 235.4 ms., y se forma de la agrupación de 51 tramas. Se lo usa exclusivamente para canales de control.

El siguiente nivel es la supertrama, posee una duración de 6.12 seg., y se forma de la agrupación de 51 multitramas de tráfico o 26 multitramas de control.

El último nivel es la hipertrama, ésta posee una duración de 3h 28m 53.76 seg., se forma de la agrupación de 2048 supertramas.

La figura siguiente muestra los niveles de agrupación que se puede tener.

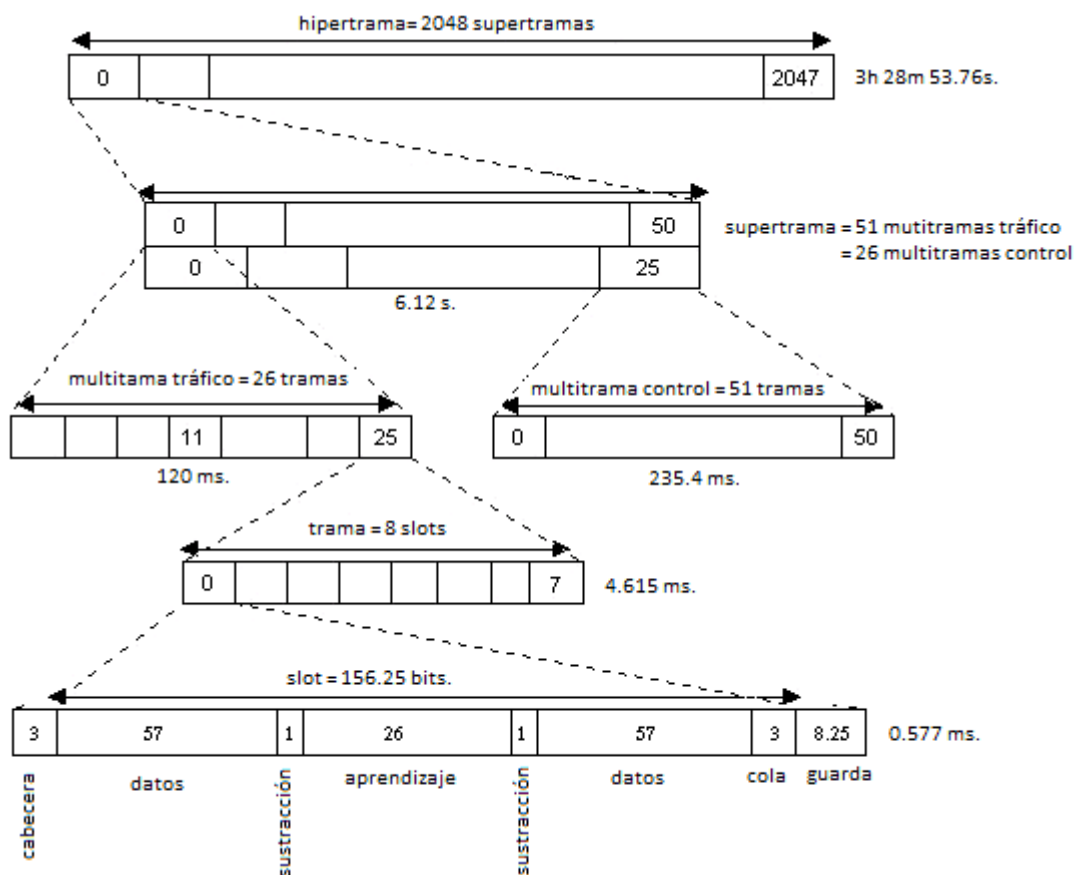


Figura 1.17 Niveles de agrupación en TDMA (18)

#### 1.7.4. CANALES. (15) (18) (19)

En GSM para establecer la comunicación se define una serie de canales que agrupan información a ser transmitida entre la estación base y el móvil. Se definen los siguientes tipos de canales: Canales de tráfico (TCH) y canales de control (CCH).

##### 1.7.4.1. Canales de tráfico (TCH, *Traffic Chanel*).

Los canales de tráfico se encargan de transportar voz digitalizada o datos de usuario. Se los define mediante grupos de 26 tramas denominados multitramas, con una duración de 120 ms, Como se observa en la siguiente figura.

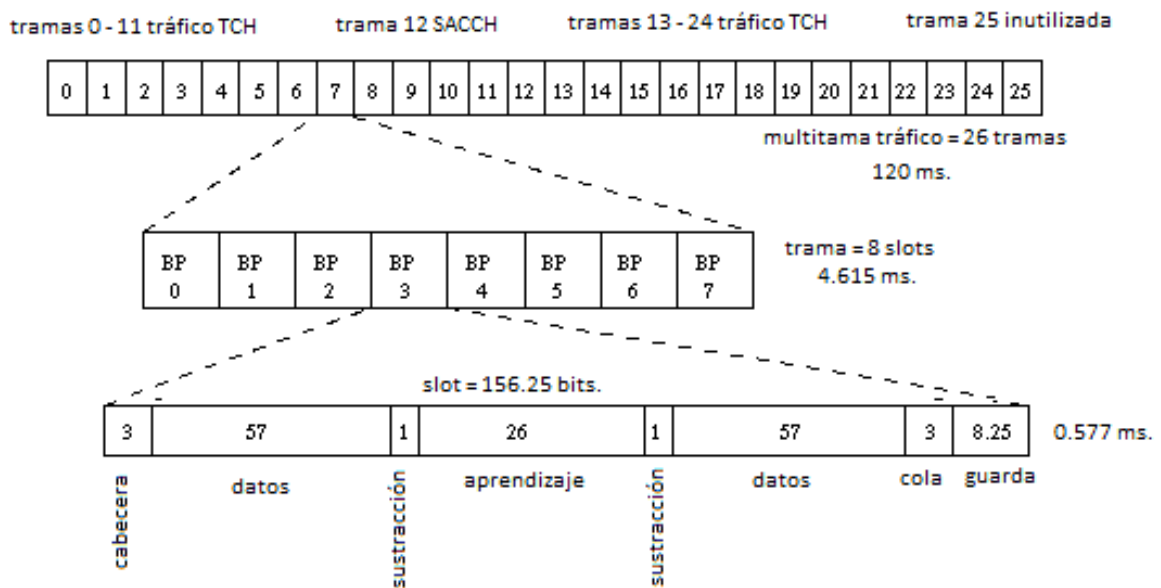


Figura 1.18 Canales de tráfico TCH. (18)

De las 26 tramas que conforman una multitrama de tráfico, 24 se usan para el transporte de tráfico (tramas 0 a 11 y 13 a 24), una trama para transportar un canal lento de control asociado (SACCH, *Slow Associated Control Chanel*) puede ser la 12 o 25 y la trama restante no se usa en operaciones full-rate.

- **SACCH:** Se usa para transmitir información de temporización y control de potencia, adicionalmente pueden ser usados para entregar SMS durante una llamada en progreso.

Los canales TCH pueden operar a velocidad completa (*full-rate*), cuando los datos de usuarios se transportan en un slot en cada trama a una velocidad de 22.8 Kbps.; u operar a media velocidad (*half-rate*) si los datos de usuarios se transportan en un slot pero en tramas alternadas a una velocidad de 11.4 Kbps., duplicando la capacidad del sistema soportando 16 llamadas, en este modo de operación se usa la trama adicional que se encontraba libre (12 o 25).

#### 1.7.4.2. Canales de control (CCH, *Control Channel*).

Los canales de control son aquellos que una estación móvil usa cuando no está participando en una llamada con el propósito de cambiar de modo libre a modo dedicado. Se dividen en tres grupos: Canales de difusión, Canales de control común, Canales de control dedicado.

##### 1.7.4.2.1. Canales de difusión (BCH, *Broadcast Channels*).

- **Canal de corrección de frecuencia (FCCH, *Frequency Correction Channel*):** Permite sincronizar la frecuencia de operación del móvil con la BTS, se transmite cada 10 tramas dentro de la multitrama.
- **Canal de control de broadcast (BCCH, *Broadcast Control Channel*):** Comunica desde la estación base al móvil la información básica y parámetros del sistema.
- **Canal de sincronización (SCH, *Synchronization Channel*):** Transmite información de sincronismo e identidad de las estaciones base.

##### 1.7.4.2.2. Canales de control común (CCCH, *Common Control Channels*).

- **Canal de aviso de llamadas (PCH, *Paging Channel*):** Se utiliza para avisar a la estación móvil sobre una petición de llamada entrante.
- **Canal de acceso aleatorio (RACH, *Random Access Channel*):** Es utilizado por la estación móvil para pedir acceso a la red.
- **Canal de acceso concedido (AGCH, *Access Grant Channel*):** Se utiliza para designar al móvil un canal de control dedicado autónomo para señalización.

### 1.7.4.2.3. Canales de control dedicado (DCCH, Dedicated Control Channels).

- **Canal de control dedicado autónomo (SDCCH, Standalone Dedicated Control Channel):** Se lo utiliza para el intercambio de información entre las estaciones móviles y las estaciones base en el establecimiento de una llamada, previo a la obtención de un TCH.
- **Canal de control asociado lento (SACCH, Slow Associated Control Channel):** Envía información lenta sobre los cambios de control al móvil.
- **Canal de control asociado rápido (FACCH, Fast Associated Control Channel):** Lleva órdenes de ejecución inmediata.

### 1.7.5. PROTOCOLOS. (15) (19)

GSM utiliza diversos protocolos para proporcionar transparencia a través del medio, estos protocolos se dividen en tres capas: Capa Física, Capa de enlace de datos, Capa de Red. La siguiente figura muestra el *stack* de protocolos en GSM.

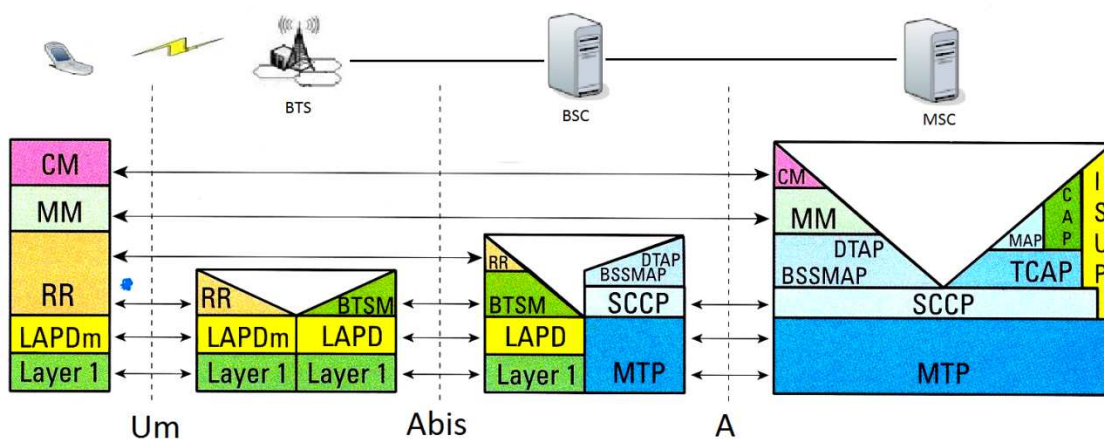


Figura 1.19 Protocolos de la Red GSM.

Donde:

CM: *Connection Manangement*.      SCCP: *Signaling Connection Control Part*.

MM: <i>Mobility Manangement.</i>	TCAP: <i>Transaction Capabilities Application.</i>
RR: <i>Radio Resource</i>	MAP: <i>Mobile Application Part.</i>
LAPDm: <i>Link Access Protocol</i>	ISUP: <i>International Suscriber Dialling.</i>
BTSM: <i>BTS Management.</i>	MTP: <i>Message Transfer Part.</i>
BSSMAP: <i>BSS Mobile Application</i>	

A continuación se describe cada uno de los protocolos usados en la arquitectura.

- La capa más baja de la arquitectura corresponde al enlace físico, permite transportar información, voz o datos, y señalización a través de canales físicos.
- A nivel de la capa de enlace de datos se usa una versión modificada de LAPD llamada LAPDm, la cual está diseñada para convertir un enlace físico poco confiable en un enlace de datos confiable.
- **MTP:** Permite el transporte de mensajes de señalización entre el MSC y el BSS.
- **RR:** Es el encargado de establecer, mantener y terminar el enlace entre el MS y el MSC.
- **MM:** Administra los procedimientos de localización y de registro, informando la ubicación de los usuarios.
- **CM:** Administra el establecimiento y terminación de las llamadas solicitadas por los usuarios.
- **BTSM:** Está a cargo de la transferencia de información del nivel Radio *Resource Management* (RR) al BSC y cumple las funciones de gestión y administración del BTS.
- **SCCP:** Se ocupa de la señalización entre diferentes redes.
- **BSSAP:** Protocolo utilizado para la señalización entre la MSC y BSS.

- **TCAP:** Intercambia información de señalización mediante operaciones y respuestas
- **ISUP:** Permiten enviar y recibir mensajes que se utilizan para controlar la llamada.

### 1.7.6. INTERFACES. (18) (19)

En la arquitectura de red GSM se definen varias interfaces para la comunicación entre sus elementos de red. La siguiente figura presenta las interfaces de la red GSM.

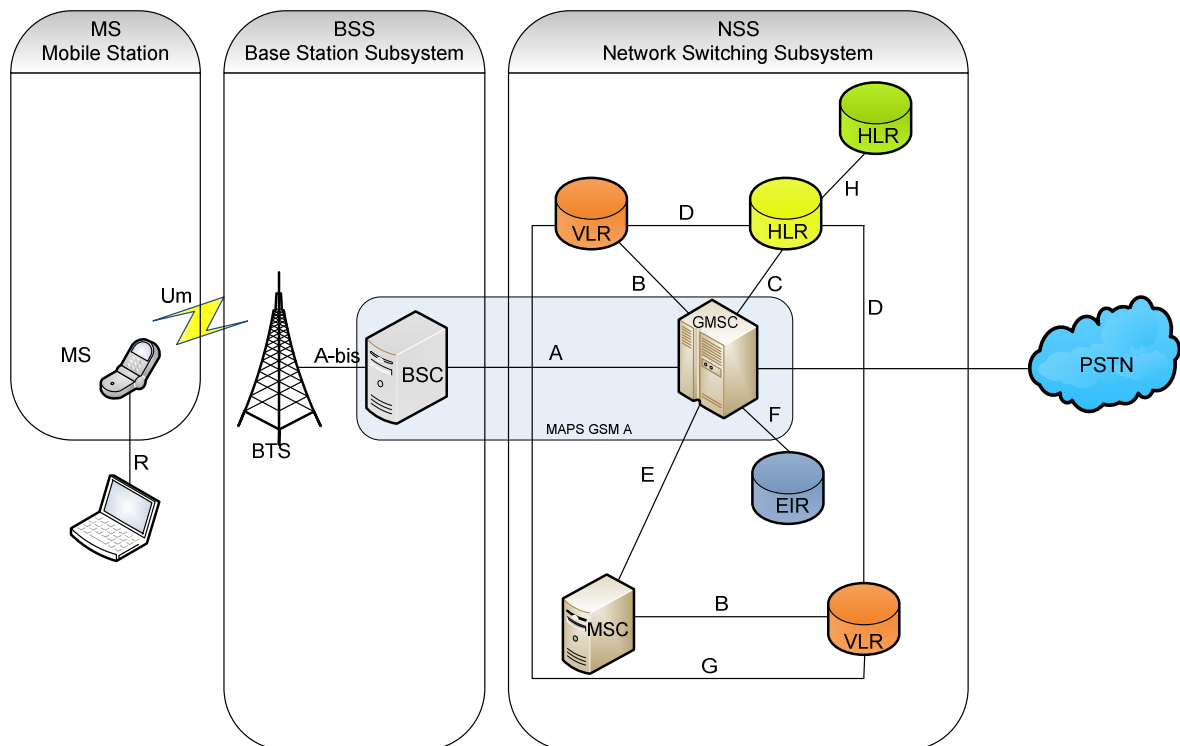


Figura 1.20 Interfaces de la red GSM. (21)

A continuación se describe cada una de ellas.



- **Interfaz de Radio (Interfaz UM):** Interfaz utilizada por las estaciones móviles para acceder a todos los servicios y facilidades del sistema GSM utilizando para ello los sistemas de estación base como punto de conexión con la red.
- **Interfaz entre BSC y BTS (Interfaz A-bis):** Interfaz utilizada para conectar de una forma normalizada estaciones base y controladores de estación base, independientemente de que sean realizadas por un mismo suministrador o por suministradores distintos.
- **Interfaz entre la MSC y el BSS (Interfaz A):** Interfaz utilizada fundamentalmente para el intercambio de información relacionada con las siguientes funciones: Gestión del BSS, Manejo de la llamada, Gestión de la movilidad.
- **Interfaz entre MSC y VLR (Interfaz B):** Interfaz utilizada para gestionar, monitorear e intercambiar información de las estaciones móviles que están dentro del área de cobertura que tiene control el MSC.
- **Interfaz entre el HLR y la SMC (Interfaz C):** Interfaz utilizada para intercambiar información de tarificación e una estación móvil, así cuando una llamada finaliza el MSC envía un mensaje de tarificación al HLR.
- **Interfaz entre el HLR y el VLR (Interfaz D):** Interfaz utilizada para intercambiar información relacionada con la posición de la MS y datos de suscripción del usuario.
- **Interfaz entre MSCs (Interfaz E):** Interfaz utilizada para cambiar información entre centrales móviles de conmutación cuando una estación móvil se mueve de la zona de cobertura de una MSC a otra de la misma o de diferente red.
- **Interfaz entre GMSC y EIR (Interfaz F):** Interfaz utilizada para realizar identificación de los equipos en la red.
- **Interfaz entre VLRs (Interfaz G):** Interfaz utilizada para interconectar dos VLRs que se encuentran en diferentes MSCs.

- **Interfaz entre HLR y AuC (Interfaz H):** Interfaz utilizada cuando el HLR requiere información del AuC para autenticar y codificar un usuario.
- **Interfaz entre MS y PC (Interfaz R):** Interfaz utilizada para la comunicación entre una estación móvil y un PC en una extensión de la arquitectura.

## **1.8. SERVICIO GENERAL DE PAQUETES VIA RADIO (GPRS). (16)**

(17)

GPRS es un estándar introducido por el Instituto de Estandarización de Telecomunicaciones Europeo (ETSI, *European Telecommunications Standards Institute*), su desarrollo empieza a principios del año 1994 pero sale a la luz a finales de 1997, es un sistema que viene a complementar al ya existente GSM, permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos, por ello se lo conoce como sistema 2.5G. El aspecto que rige GPRS y que lo diferencia de GSM es la orientación a la conmutación de paquetes frente a la conmutación de circuitos. Esto permite que varias aplicaciones compartan los recursos de radio utilizándolos solamente cuando se tiene datos a transmitir, una vez que los datos se transmiten los recursos de radio se liberan para que sean utilizados por otras aplicaciones. Esta conmutación se lleva al nivel del usuario del móvil se lo realiza a través de protocolos como: TCP/IP, X.25, y CLNP (*Connectionless Network Protocol*), sin la necesidad de utilizar conexiones intermedias por conmutación del circuito.

En GSM solo se puede tener un canal asignado a una ranura, en GPRS se puede tener hasta 64 usuarios asociados a una ranura, tanto en el sentido de transmisión del móvil a la estación base como de la estación base al móvil.

El servicio GPRS permite que un terminal este siempre conectado "always on", lo cual facilita conexiones instantáneas, es apropiado para aplicaciones con las siguientes características: Transmisión tipo ráfaga, transmisión frecuente de volúmenes pequeños de datos, transmisión infrecuente de volúmenes grandes de datos.

La evolución hacia GPRS desde la red GSM no conlleva grandes inversiones, pues reutiliza gran parte de la infraestructura ya existente, por ese motivo GPRS tendría la misma cobertura que la red GSM.

### 1.8.1. ARQUITECTURA DE LA RED GPRS. (17) (20) (22)

La arquitectura de la red GPRS está basada fundamentalmente en la red GSM. Los principales elementos que se introducen son dos tipos de servidores denominados nodos de soporte de GPRS (GSN, *GPRS Support Nodes*): el nodo SGSN y el de pasarela GGSN cuyas funciones son complementarias. Se requiere una actualización de software a nivel de BTS, un nuevo hardware en la BSC denominado Unidad de Control de Paquetes (PCU, *Packet Unit Control*).

En la figura se muestra una representación general de la red GPRS.

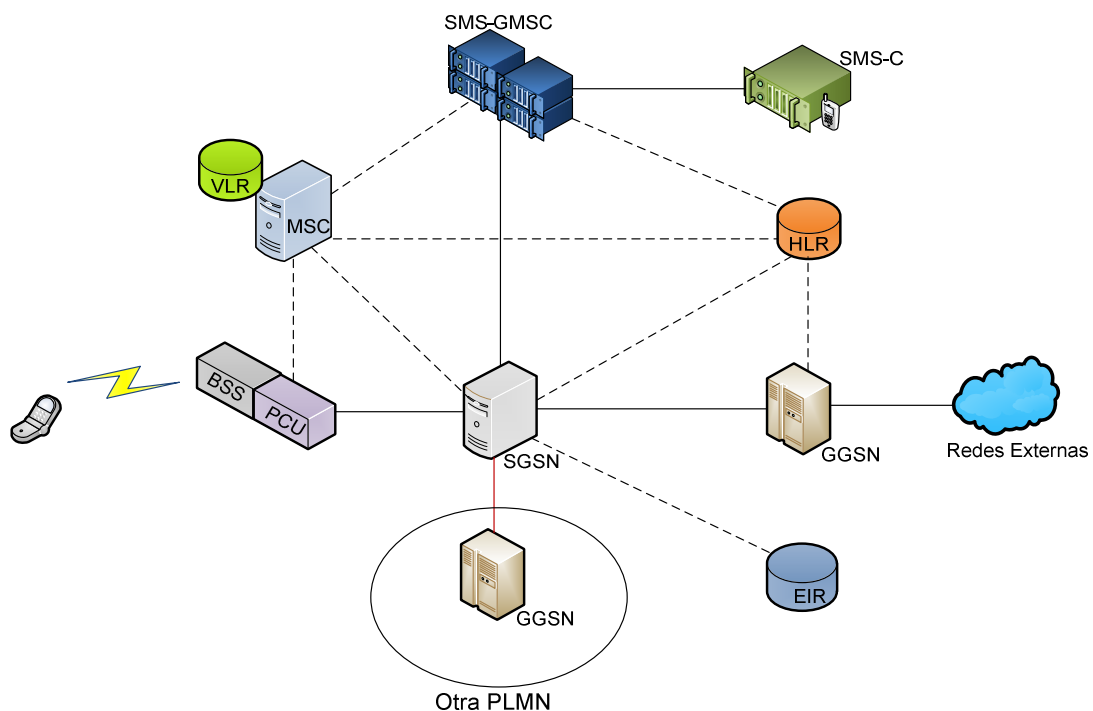


Figura 1.21 Arquitectura de la red GPRS. (22)

Los nodos GSN son los responsables de la conmutación y el encaminamiento de los paquetes entre los terminales móviles (MS) y las redes de datos externas

(PDN). Estos nodos interoperan estrechamente con el HLR, con el MSC/VLR y con el BSS de GSM para lograr cumplir sus funciones.

#### **1.8.1.1. Nodo Soporte de Servicio GPRS (SGSN, *Serving GPRS Support Node*).**

SGSN es el nodo de conmutación de paquetes y se sitúa en el mismo nivel jerárquico que las MSCs en GSM. Este nodo es el responsable de la gestión y de la conexión del terminal móvil a la red GPRS lo que implica funciones de:

- Entrega de paquetes desde y hacia los móviles que se encuentran dentro del área de servicio.
- Control de acceso a la red GPRS mediante el intercambio de información con el HLR donde se encuentra el perfil de suscripción del usuario.
- Gestión de la localización y de la movilidad del usuario, tiene asociado un Local Register similar al VLR.
- Selección del nodo GGSN más apropiado para iniciar una sesión con la red de datos (Internet, red corporativa, etc.). El paso previo al establecimiento de la sesión es la activación del denominado contexto PDP (Estructura de datos presente en el SGSN y GGSN). Durante esta fase el SGSN y el GGSN negocian los parámetros necesarios para que la conexión entre el terminal móvil y la PDN pueda establecerse. La sesión permanecerá mientras el contexto PDP esté activo.
- Encaminamiento y transferencia de paquetes entre las MSs y el GGSN, para esto utiliza en el interior del Backbone IP (GPRS) el Protocolo Tunelización GPRS (GTP, *GPRS Tunneling Protocol*) que permite establecer los túneles apropiados para la comunicación con el GGSN.
- Generación de registros de tarificación, denominados CDR.

### **1.8.1.2. Nodo Pasarela de Soporte GPRS (GGSN, *Gateway GPRS Support Node*).**

GGSN actúa como interfaz entre la red troncal GPRS y con la red externa de datos como IP. Si se toma como referencia uno de los dos sentidos el GGSN convierte los paquetes GPRS provenientes del SGSN en el formato correspondiente a la red externa de datos que en nuestro caso será IP, efectuando después el envío de los mismos. En lo que respecta al sentido contrario traduce las direcciones IP que llegan y los envía al SGSN que corresponda para alcanzar el móvil destino. En general se puede decir que realiza funciones de enrutamiento de paquetes entre la red interna y externa. GGSN realiza las siguientes funciones:

- Realiza funciones de Pasarela de Borde (BG, *Border Gateway*) que permiten una interfaz con las redes de otros operadores GPRS.
- Funciones de autenticación de usuarios móviles con las redes de paquetes externas.
- Genera también registro de tarificación CDR.

### **1.8.1.3. Unidad de Control de Paquetes (PCU, *Packet Unit Control*).**

Se introduce a nivel de BSC, se encarga de manejar la comunicación de paquetes y la red troncal GPRS o backbone basado en IP.

### **1.8.1.4. CG, Charging Gateway.**

Se encarga de recoger los CDRs generados tanto en el SGSN como en el GGSN para consolidarlos y procesarlos antes de enviarlos al sistema de tarificación o BS (*Billing System*).

#### **1.8.1.5. BG, Border Gateway.**

Es un nodo pasarela que realiza la interfaz entre backbones GPRS de distintas operadoras.

#### **1.8.1.6. DNS, Domain Name System.**

Realiza la traducción de nombres lógicos al de direcciones IP físicas, para poder direccionar los nodos GSN.

#### **1.8.1.7. FW, Firewall.**

Barrera de seguridad que impide que usuarios ajenos a la red GPRS accedan a los nodos de la red.

#### **1.8.1.8. Tipos de Estaciones móviles (MS) definidas en GPRS. (23)**

En el estándar GPRS se define dos tipos de categorías para las estaciones móviles (MS) dependiendo de dos aspectos fundamentales: Dependiendo del tipo de acceso hacia las redes GSM o GPRS o dependiendo de la capacidad de manejo multislot.

Dependiendo del tipo de acceso hacia las redes GSM o GPRS SE definen 3 clases:

- Clase A: La MS puede registrarse simultáneamente en la red GSM y GPRS soportando simultáneamente tráfico de conmutación de circuitos GSM y tráfico de paquetes GPRS, Datos y voz simultáneamente.

- Clase B: La MS puede registrarse simultáneamente en la red GSM y GPRS pero no soporta tráfico de conmutación de circuito y paquetes al mismo tiempo. Cuando la MS se encuentra transmitiendo datos en la red GPRS y llega un servicio de voz se detiene el proceso de transmisión de datos y se prioriza el tráfico de GSM. Datos y voz alternadamente.
- Clase C: Manualmente se selecciona si la MS trabajará en la red GPRS o en GSM. Datos o voz separadamente.

Dependiendo de la capacidad de manejo multislot: Esta relacionado con la capacidad implementada en la MS que permite transmitir y recibir información haciendo uso de varios *timeslots*. Se definen 29 Clases.

### **1.8.2. FUNCIONALIDADES DE LA RED GPRS.** <sup>(23)</sup>

Para que una MS pueda transmitir o recibir datos, esta debe primero auto-asociarse (*attach itself*) a un SGSN y activar su dirección PDP (*Packet Data Protocol*). Al registro de estas asociaciones se lo denomina como contexto PDP.

#### **1.8.2.1. Activación del contexto PDP.**

El contexto PDP contiene una dirección IP, su tipo ya sea IPv4, IPv6 o X25, clase de QoS requerido y la dirección del GGSN conocida como APNk (*Access Point Name*). Este contexto se lo almacena en la MS, SGSN y en el GGSN.

- a) La MS envía un mensaje "Activate PDP Context Request" hacia el SGSN, este mensaje incluye el APN de la red IP a la cual quiere conectarse, QoS solicitada, tipo de direccionamiento PDP ya sea estático o dinámico.
- b) El SGSN consulta al DNS por el APN recibido para averiguar a que GGSN se debe enviar la solicitud.

- c) El SGSN envía la petición al GGSN.
- d) El GGSN valida al usuario y le asigna una dirección IP en caso de ser direccionamiento dinámico, de ser estático ya se tendrá la dirección IP y esta permanecerá almacenada en el HLR.
- e) El SGSN envía todos los parámetros a la MS en un mensaje "*Activate PDP Context Accept*"

### 1.8.2.2. Movilidad en la red GPRS.

La operación de GPRS es en parte independiente de la red GSM, sin embargo una unidad móvil trabaja de manera muy similar a lo realizado en GSM, aquí una área de servicio SGSN está dividida en varias áreas de enrutamiento (RA, *Routing Area*) que son grupos de celdas o *clusters*. Como se lo indica en la figura.

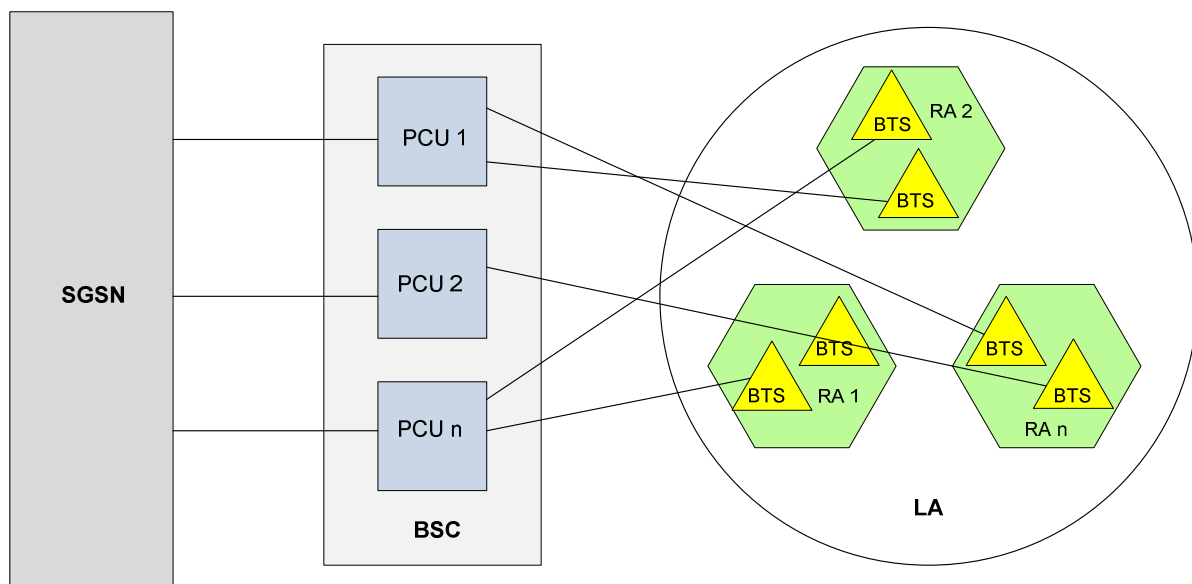


Figura 1.22 Áreas de enrutamiento (RA). (15)



La gestión de la movilidad en la red GPRS permite mantener a todos sus elementos informados acerca de la ubicación del móvil. Esta comprende información de la conexión (*Attach*) y desconexión, identidad de la MS y su estado (*Idle*, *Standby*, *Ready*).

- **Conexión al sistema (*Attach*):** Cuando una MS desea utilizar el servicio GPRS a través de la red inalámbrica, debe realizar el proceso de registro, el cual se muestra en la siguiente figura:

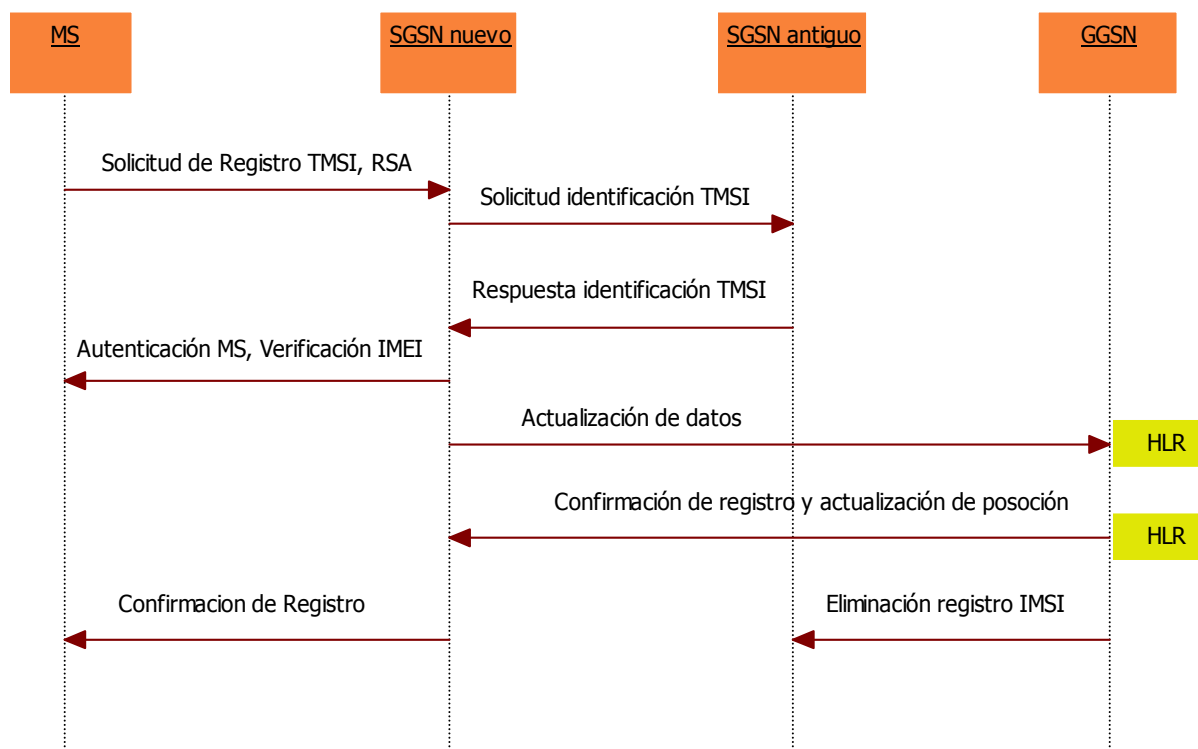


Figura 1.23 Conexión al sistema GPRS (*Attach*). (24)

- **Desconexión del sistema:** La desconexión de los servicios GPRS puede ser iniciada por la MS o por la red. En La siguiente figura se muestra la desconexión iniciada desde la MS.

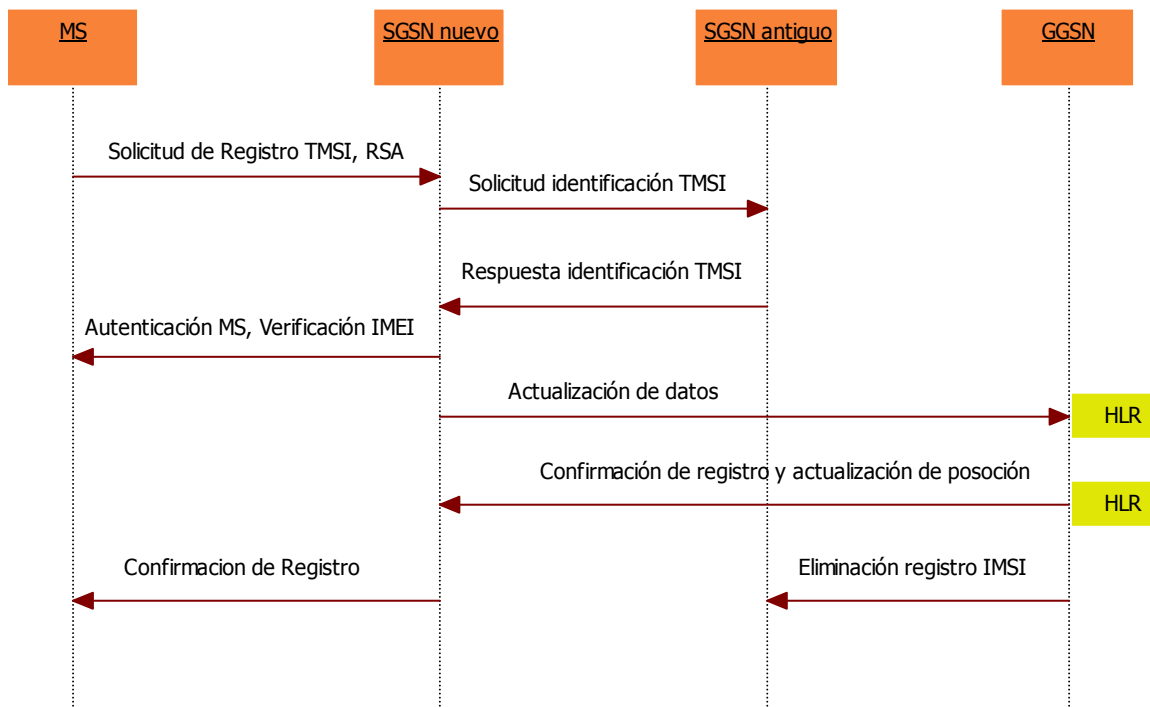


Figura 1.24 Desconexión del sistema GPRS. (24)

La desconexión iniciada desde la red puede darse debido a un comportamiento defectuoso del móvil, una red congestionada. En este caso el nodo SGSN envía a la MS una petición de desconexión, después de ello los contextos PDP activos en el GGSN son desactivados por el SGSN y finalmente la MS envía una confirmación de desconexión.

- **Estado de la MS:** La estación móvil puede asumir uno de los siguientes estados operativos.
  - **Idle:** En este estado la MS se encuentra encendida pero de forma inactiva y sin realizar el proceso de *attach* con ninguna SGSN, por ello no se tiene activado ningún contexto PDP. Aquí la MS solo puede recibir paquetes de *multicast*.
  - **Standby:** En este estado la MS se encuentra registrada dentro de la red GPRS, pero se encuentra inactivo sin utilizar recursos físicos.

Aquí se puede recibir mensajes de señalización, actualizaciones de RA y avisos de la red. El objetivo de este estado es reducir la carga en la red y conservar la batería de la MS.

- **Ready:** En este estado la MS es registrada en la red GPRS y se activa la gestión de movilidad. Aquí el móvil envía o recibe paquetes de la red, además se realiza la tarifación, encapsulamiento de PDUs en una trama GPRS y el enrutamiento. Si una MS deja de enviar paquetes por un periodo de tiempo, los recursos físicos se reasignan y se pasa al estado STANDBY.

### 1.8.2.3. Enrutamiento de datos.

El enrutamiento de paquetes hacia y desde una estación móvil a la red, es uno de los principales requerimientos en GPRS.

Los nodos GSN se conectan a través de una red troncal basada en direcciones IP, pueden ser de dos tipos: *Intra-PLMN* o *Inter-PLMN*. Una red *Intra-PLMN* IP permite a los SGSN o GGSN de una misma operadora comunicarse entre sí, por lo tanto usa direcciones IP privadas del proveedor de red GPRS. Una red *Inter-PLMN* permite a los SGSN o GGSN de varias operadoras comunicarse unos con otros, para ello se necesita un acuerdo de *roaming* entre los distintos proveedores, para instalar este tipo de red troncal es necesario un BG entre cada PMNL para garantizar el *roaming*.

### 1.8.3. MÉTODOS DE ACCESO. <sup>(15)</sup>

El acceso a la red GPRS se lo maneja de igual manera que en GSM, los datos se codifican para que a la salida de un paquete este sea de 456 bits cada 20 ms., la carga útil que el paquete lleva depende del esquema de codificación usado.

Cada slot de tiempo dura 0.577 ms. y transmite dos bloques de 57 bits de información, por lo cual se necesita de cuatro ranuras para transmitir los 456 bits.

El acceso al canal físico en GPRS es compartido entre los usuarios, por ello se tiene un sistema de comunicación múltiple-acceso (MAC). Se usa tres tipos de modos MAC que son: Asignación fija, asignación dinámica y asignación dinámica extendida.

- **Asignación fija:** Se tiene este tipo de asignación cuando una aplicación requiere de una tasa de datos alta, aquí se asigna un conjunto de canales físicos (*timeslots*) en los cuales el móvil puede transmitir o recibir datos libremente. Es útil para aplicaciones que requieren velocidades constantes en tiempo real como lo puede ser la videoconferencia.
- **Asignación dinámica:** En este tipo, la red va asignando canales (*timeslots*) al móvil, dependiendo de las necesidades que este tenga para transmitir o recibir datos.
- **Asignación dinámica extendida:** En este tipo, la red asigna al móvil múltiples canales (*timeslots*) dinámicamente para transmitir o recibir datos, se permite la transmisión en el canal reverso, para ello se sirve de la bandera USF (*Uplink Status Flag*).

#### 1.8.4. CODIFICACIÓN. <sup>(15)</sup> <sup>(23)</sup>

En la red GPRS para prevenir errores en la transmisión de paquetes se utiliza codificación de los canales. Se tiene cuatro esquemas de codificación diferente pero que siguen los mismos pasos, el esquema se escoge de manera dinámica en función de la calidad del canal.

- **CS<sup>3</sup>-1:** Usa codificación convolucional con una tasa 1/2, dando como resultado una velocidad de la carga útil de 9,05 Kbps o 181 bits en 20 ms.
- **CS-2:** Usa codificación convolucional con una tasa 2/3, dando como resultado una velocidad de la carga útil de 13,4 Kbps o 269 bits en 20 ms.
- **CS-3:** Una codificación convolucional con una tasa 3/4, dando como resultado una velocidad de la carga útil de 15,6 Kbps o 312 bits en 20 ms.
- **CS-4:** No usa codificación convolucional, se la usa solo cuando la relación señal a ruido(S/R) es óptima, dando como resultado una velocidad de la carga útil de 21,4 Kbps o 428 bits en 20 ms.

#### 1.8.5. CANALES. <sup>(17)</sup> <sup>(24)</sup>

En la red GPRS las señales se transmiten de la misma forma que se lo hace en GSM, es decir se mantiene la modulación, ancho del canal y la estructura de la trama TDMA. Al igual que en GSM se tiene dos tipos de canales que son: canales físicos y canales lógicos.

##### 1.8.5.1. Canales Físicos

En GPRS los canales físicos se denominan canales de datos de paquetes (PDCH, *Packet Data Cahnel*) y pueden ser de dos tipos.

###### 1.8.5.1.1. Canales PDCH dedicados

Se conoce a los canales físicos que son asignados de forma exclusiva para el servicio GPRS.

---

<sup>3</sup> **CS:** *Coding Scheme* (Esquema de Codificación).

#### *1.8.5.1.2. Canales PDCH bajo demanda*

Se conoce así a los canales que son utilizados para la red GPRS, siempre y cuando estos no sean necesarios para GSM, pues se tiene una preferencia de GSM sobre GPRS.

#### **1.8.5.2. Canales Lógicos.**

Se conoce así a los canales en los cuales se envía información para el control en la transmisión de paquetes, los canales lógicos se asocian a un canal físico PDCH. Se agrupan en: Canales comunes de control, canales de difusión, canales de tráfico y canales dedicados de control.

##### *1.8.5.2.1. Canales comunes de control.*

- **Canal de acceso aleatorio de paquetes (PBCCH, *Packet Broadcast Control Channel*):** Canales utilizado por la MS para solicitar a la BSC uno o más canales de tráfico.
- **Canal de aviso de llamadas de paquetes (PPCH, *Packet Paging Channel*):** Canal utilizado por la BSC para localizar a la MS antes de la transferencia de paquetes.
- **Canal de acceso concedido de paquetes (PAGCH, *Packet Access Grant Channel*):** Se utiliza para comunicar a la MS los canales de tráfico asignados.
- **Canal de notificación de paquetes (PNCH, *Packet Notification Channel*):** Se utiliza para comunicar a la MS que se va a transferir tráfico multicast.

#### 1.8.5.2.2. Canales de difusión.

- **Canal de control de broadcast de paquetes (PBCCH, *Packet Broadcast Control Channel*):** Se utiliza para difundir información de control a todo el sistema GPRS.

#### 1.8.5.2.3. Canales de tráfico.

- **Canal de tráfico de datos de paquetes (PDTCH, *Packet Data Traffic Channel*):** Canal utilizado tanto por la BSC como por la MS para transferir paquetes de datos.

#### 1.8.5.2.4. Canales dedicados de control.

- **Canal de control asociado de paquetes (PACCH, *Packet Associated Control Channel*):** Canal utilizado para transmitir información de señalización, va asociado a un canal de tráfico PDTCH.
- **Canal de control de tiempo de paquetes (PTCCH, *Packet Timing Control Channel*):** Canal utilizado para transmitir información relacionada con el avance del tiempo.

### 1.8.6. PROTOCOLOS DE LA RED GPRS. <sup>(15)</sup> <sup>(22)</sup>

La red GPRS utiliza diversos protocolos para proporcionar la transmisión de datos, estos protocolos se dividen en tres capas: Capa Física, Capa de enlace de datos, Capa de Red. Se tiene protocolos usados en el plano de transmisión y en el plano de señalización.

### 1.8.6.1. Protocolos en el plano de transmisión.

Los protocolos usados en el plano de transmisión son los encargados de proveer la transmisión de los datos del usuario y su señalización para el control de flujo, detección de errores y la corrección de los mismos. La siguiente figura muestra el stack de protocolos en el plano de transmisión.

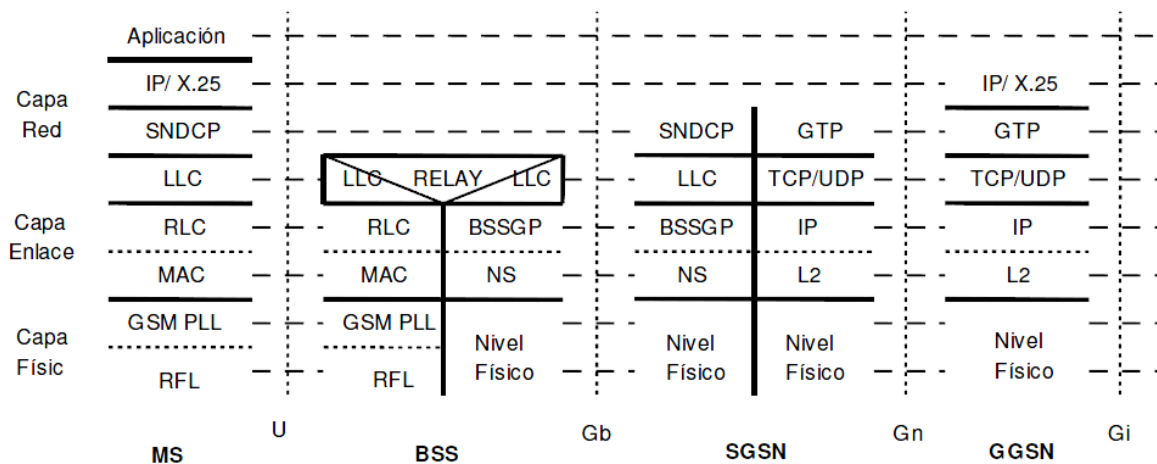


Figura 1.25 Protocolos en el plano de transmisión. (24)

A continuación se describe cada uno de los protocolos.

### CAPA FÍSICA

Se ubica entre la BSS y la MS, se subdivide en:

- **Subcapa del Enlace de Radio Frecuencia (RFL, *Physical RF Layer*):** Trabaja debajo de PLL, realiza la modulación, demodulación, transmisión y recepción de datos.
- **Subcapa del Enlace Físico (PLL, *Physical Link Layer*):** Se encarga de proveer un canal físico para la transmisión, realiza detección y corrección



de errores, codificación del canal, reporte de mediciones, control de potencia y selección de la celda.

## CAPA ENLACE DE DATOS

Se ubica entre la estación móvil y la red, se subdivide en:

- **Subcapa de Control del Enlace de Radio y Control de Acceso al Medio (RLC/MAC, *Radio Link Control / Medium Access Control*):** Se encarga de controlar los canales de acceso a los canales de radio GPRS. La capa de control del enlace de radio (RLC) establece un enlace confiable y control de errores a través de retransmisión ARQ<sup>4</sup>. La capa de control de acceso al medio (MAC) controla el acceso de la MS a los canales de radio y prepara los datos desde y hacia la capa LLC.
- **Subcapa de Control de Enlace Lógico (LLC, *Logical Link Control*):** Se encarga de proveer un enlace lógico confiable entre la MS y el SGSN, realiza detección de errores, control de secuencia, retransmisión y control de flujo.

## CAPA DE RED

Se encarga de que los datos lleguen desde el origen al destino, se subdivide en:

- **Protocolo de Convergencia Dependiente de Subred (SNDCP, *Subnetwork Dependent Convergence Protocol*):** Se encarga de transportar los paquetes del usuario entre el SGSN y la MS, es el encargado de la segmentación, cifrado, compresión y descompresión de

---

<sup>4</sup> ARQ (*Automatic Repeat Query*): Retransmisión selectiva de bloques.

los datos e información redundante en la cabecera, además permite multiplexar diversas conexiones de la capa de red en una conexión lógica virtual de la capa LLC.

- **Protocolo BSS GPRS (BSSGP, BSS GPRS Protocol):** Se establece entre la BSS y el SGSN, se encarga de mantener la comunicación, gestión, control de flujo, reparto de carga, además proporciona información de enrutamiento y negociación de la calidad de servicio (QoS).
- **Protocolo de Servicio de Red (NS, Network Service Protocol):** Se establece entre la BSS y el SGSN, se encarga de proveer conexiones Frame Relay para transferir datos y señalización, además se encarga de controlar la congestión en el enlace *uplink*, reparto de carga entre conexiones virtuales y el direccionamiento de datos asociando a la BTS con conexiones virtuales.
- **GTP (GPRS, Tunneling Protocol):** Se encarga de transportar los paquetes del usuario y su señalización entre los nodos GSN, debajo de este protocolo se usan los protocolos estándares TCP<sup>5</sup> o UDP<sup>6</sup>, dependiendo de la aplicación del usuario se elegirá el adecuado.
- **IP (Internet Protocol):** Es utilizado en el backbone de GPRS, se encarga del enrutamiento y transporte de la información del usuario y señalización.

#### 1.8.6.2. Protocolos en el plano de señalización.

Los protocolos usados en el plano de señalización son los encargados del control y mantenimiento de las funciones en el plano de transmisión. Controla las conexiones de acceso a la red GPRS, activación de contexto PDP, también es la encargada del control de ruteo y localización de los recursos de la red. La siguiente figura muestra el stack de protocolos en el plano de señalización.

---

<sup>5</sup> **TCP:** *Transmission Control Protocol* (Protocolo de Control de Transmisión)

<sup>6</sup> **UDP:** *User Datagram Protocol* (Protocolo de Datagrama de Usuario)

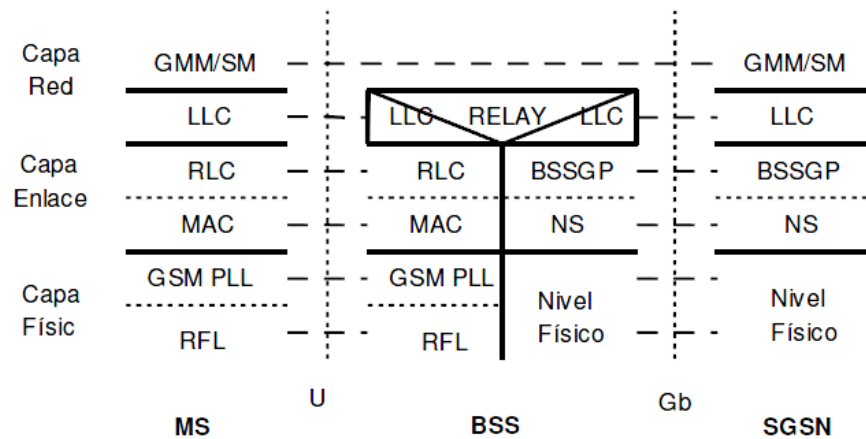


Figura 1.26 Protocolos en el plano de señalización. (24)

A continuación se describe cada uno de los protocolos.

- Protocolo de Administración de Movilidad de GPRS y Administración de Sesión (GMM/SM, GPRS Mobility Management / Session Management):** Se establece entre el SGSN y la MS. El protocolo GMM es usado para gestionar la autenticación, selección del algoritmo de encriptación, movilidad y *roaming*. El protocolo SM es usado para activar, desactivar y modificar el contexto PDP.

La señalización entre el SGSN y los registros HLR, VLR y EIR utilizan los mismos protocolos que los usados en la red GSM con ciertas funciones ampliadas para el funcionamiento en la red GPRS.

### 1.8.7. INTERFACES DE LA RED GPRS. (23) (24)

La red GPRS introduce nuevos nodos a los ya existentes en GSM, la siguiente figura muestra los interfaces desarrollados para permitir la comunicación entre sus elementos de red.

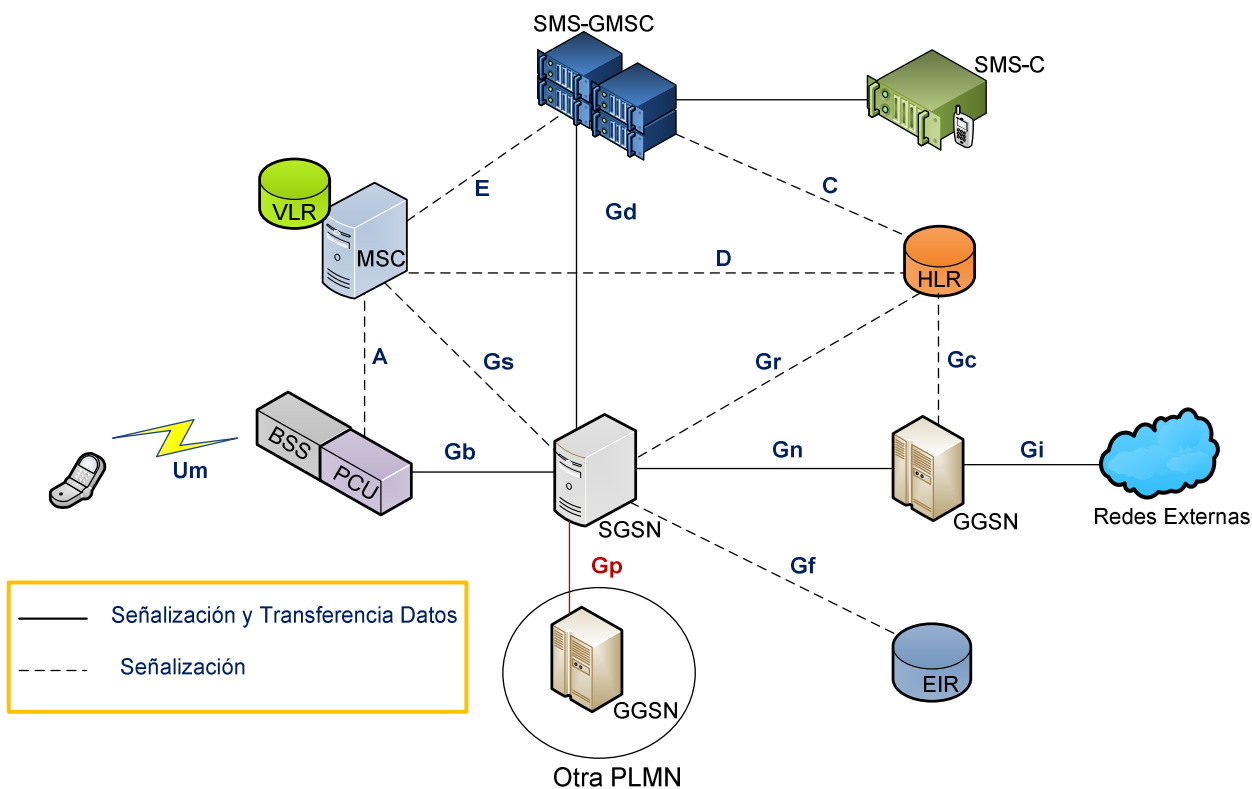


Figura 1.27 Interfaces de la red GPRS. (24)

Todas las interfaces desarrolladas para la red GPRS son importantes. A continuación se describe cada una de ellas.

- **Interfaz de Radio (Interfaz *UM*):** Interfaz de radio, permite el acceso de la MS a la red GPRS, es el mismo que en GSM.
- **Interfaz entre SGSN y BSS (Interfaz *Gb*):** Interfaz utilizada para el transporte de mensajes ya sea de señalización o de datos del usuario.
- **Interfaz entre nodos GSN (Interfaz *Gn*):** Interfaz utilizada para la comunicación entre el backbone intra-PLMN, esta interfaz emplea el protocolo GTP, permite el transporte de mensajes ya sea de señalización o de datos del usuario.

- **Interfaz entre SGSN y HLR (Interfaz Gr):** Interfaz utilizada para intercambiar información de los abonados entre HLR y SGSN.
- **Interfaz entre SGSN y MSC (Interfaz Gs):** Interfaz opcional, se la utiliza para enviar información de localización hacia terminales capaces de manejar GSM y GPRS.
- **Interfaz entre GGSN y HLR (Interfaz Gc):** Interfaz que permite al GGSN conocer la localización de un abonado y su perfil.
- **Interfaz entre SGSN y SMS-GMSC (Interfaz Gd):** Interfaz que permite que la MS pueda enviar o recibir SMS a través de los canales GPRS.
- **Interfaz entre nodos GSN (Interfaz Gp):** Interfaz utilizada para la comunicación inter-PLMN, tiene igual funcionalidad que Gn, pero trabaja junto a un BG y firewall para proporcionar las funciones necesarias para brindar la conexión.
- **Interfaz entre SGSN y EIR (Interfaz Gf):** Interfaz que permite a un nodo SGSN tener acceso al registro de información de los equipos almacenados en el nodo EIR.
- **Interfaz entre GGSN y red externa (Interfaz Gi):** Interfaz utilizada para comunicar la red GPRS con las redes externas.

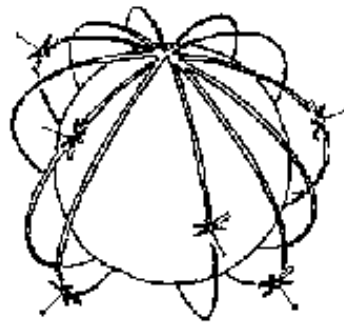
## **1.9. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS (GPS, GLOBAL POSITIONING SYSTEM). <sup>(25)</sup>**

### **1.9.1. HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL. <sup>(25)</sup>**

El desarrollo del sistema de posicionamiento global empieza pocos años después de que la URSS (Ex Unión Soviética) puso en órbita el primer satélite llamado Sputnik I (1957).

En Estados Unidos, el Departamento de Defensa (DoD), el Departamento de Transporte (DoT) y la Agencia Espacial Norteamericana (NASA) empezaron un proyecto para determinar posiciones en el globo terrestre basado en satélites, inicialmente para sus flotas marítimas.

Luego de una serie de experimentos en ambientes adversos, se desarrolló el sistema TRANSIT. Dicho sistema estaba constituido por una constelación de seis satélites a una altura de 1074 Km. De esta manera fue posible una cobertura mundial pero no totalmente dinámica, una actualización se la podía realizar cada 90 minutos y además era necesario hacer un seguimiento del satélite por 15 minutos.



- Seis Planos
- Seis Satélites
- $H=1.074$  Km
- $V=2400$ Km/h

Figura 1.28 Satélites Sistema TRANSIT. (26)

Para tratar de minimizar en parte los errores producidos por las perturbaciones en las capas terrestres, para los cálculos se utilizaban dos señales a dos frecuencias diferentes. El cálculo consistía simplemente en hacer un seguimiento de la desviación de la frecuencia producida por el efecto Doppler de la señal recibida y la comparación de estos valores con datos tabulados y gráficas.

A pesar de la simplicidad del cálculo, el sistema presentaba un error aproximado de 250m, un valor aceptable en posicionamiento de submarinos y barcos.

Como producto de la guerra fría con la entonces URSS (que tenía un sistema similar de posicionamiento, TSICADA) y los continuos problemas que presentaba TRANSIT, era necesario desarrollar un sistema que mejorara las características y la eficiencia.

Es así como NAVSTAR<sup>7</sup> GPS (el nombre completo del sistema) empieza a implementarse en 1978 con el lanzamiento del primero de 24 satélites que forman la constelación. Luego de 5 años se declara la fase operativa final del sistema GPS ofreciendo a las fuerza armadas de los Estados Unidos la posibilidad de disponer de forma autónoma la posición de vehículos y armamento con disponibilidad global y sin restricciones temporales.

Aunque el Sistema de Posicionamiento Global nació únicamente para satisfacer necesidades militares, el Gobierno de Estados Unidos, como una estrategia financiera, en 1984 permitió el uso de este servicio también a los usuarios civiles lo que reactivó la economía y compensó lentamente la inversión.

### 1.9.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL. (25)

La información que llega al usuario final depende del trabajo en conjunto de:

- Constelación de satélites (24).
- Estaciones terrestres (Seguimiento y Control).
- Receptores GPS.

#### 1.9.2.1. Satélites.



Figura 1.29 Constelación satélites GPS. (27)

<sup>7</sup> *Navigation Satellite Timing y Ranging*

Los 24 satélites del Sistema de Posicionamiento Global se encuentran distribuidos en 6 orbitas polares diferentes, situadas aproximadamente a 2169 Km de altura.

Los satélites se encuentran ubicados de manera que siempre al menos 6 de ellos puedan estar visibles para un receptor GPS en cualquier lugar que se encuentren de manera que pueda operar de manera correcta.

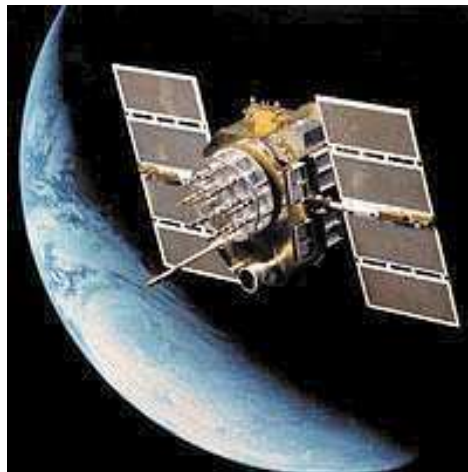


Figura 1.30 Satélite Red GPS. (27)

Cada uno de los satélites tiene 5 m. de largo y pesan alrededor de 900 Kg. Los paneles solares ubicados a los costados proporcionan la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del transmisor de señales, el sistema de computación y un reloj atómico de cesio, tan preciso que únicamente se retrasa 1 segundo por cada 30 mil años. El tiempo de vida aproximado de estos satélites es de aproximadamente 10 años

#### *1.9.2.1.1. Frecuencias y Codificaciones.*

El Sistema de Posicionamiento Global maneja dos tipos de señales que se clasifican por el consumidor final de la señal, entre civiles y militares.



- **Coarse Acquisition (C/A-code)**

Dedicada para los equipos de usuarios civiles. Trabaja en la banda de frecuencia L1 (1575.42 MHz). Si bien este código no presenta la efectividad del código P, una rápida obtención de la posición a partir de las lecturas de los satélites presenta una ventaja para los dispositivos que se usan en aplicaciones de seguimiento de flotas o rastreo de personas o vehículos, donde la precisión no es un elemento crítico.

A la difusión de este código se le conoce como **Servicio de Posicionamiento Estándar (SPS)**

- **Precision (P-code)**

Destinada para el uso de aplicaciones militares. La banda de frecuencia de operación es la L2 (1227.6 MHz). Presenta características muy robustas ante problemas como el *jam* y el *spoof* que son las señales que confunden a los receptores con información falsa del posicionamiento.

A la difusión de este código se le conoce como **Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS)**.

#### 1.9.2.2. Estaciones Terrestres.

Para hacer posible la coordinación de la red satelital, el sistema utiliza 6 estaciones terrenas de monitoreo ubicadas en posiciones estratégicas alrededor del mundo:

- La Isla Ascensión (Atlántico Sur).
- La Isla de Diego García (Océano Índico).
- Kwajalein (Pacífico Occidental).
- Hawaii (Pacífico Oriental).
- Colorado Spings (Estados Unidos)
- Cabo Cañaberal (Estados Unidos)

Las mismas que se encargan de hacer un seguimiento pasivo de las señales de navegación de los satélites. Estos datos son enviados a la Estación Maestra de Control GPS (MCS) localizada en la base aérea de Falcon Colorado, donde son procesados cada 15 minutos para calcular las órbitas exactas, los estados de los relojes y preparar la información a transmitir para los satélites, como correcciones en los relojes y ajustes de órbita.

Las actualizaciones se realizan desde algunas de las estaciones terrenas una o dos veces al día, de manera que se mantenga la suficiente precisión en la constelación.

### 1.9.2.3. Receptor.

Es el dispositivo que interpreta los resultados generados por el sistema, donde existe una amplia variedad de receptores para uso civil o militar.



**Navegador a bordo para vehículos asistido**

**Navegadores marítimos y aéreos**



**Localizador de Personas**

Figura 1.31 Dispositivos receptores GPS. (28)

Para que el usuario final pueda recibir una información confiable el sistema garantiza que al menos 5 o 6 satélites se encuentren en su línea de vista. Sin importar el usuario final, básicamente cumplen con las mismas funciones de sintonizar las señales, decodificarlas, calcular tiempos de retardo y procesar los mensajes de navegación para mostrarlos a través de alguna interfaz al usuario para su interpretación según sea su necesidad.

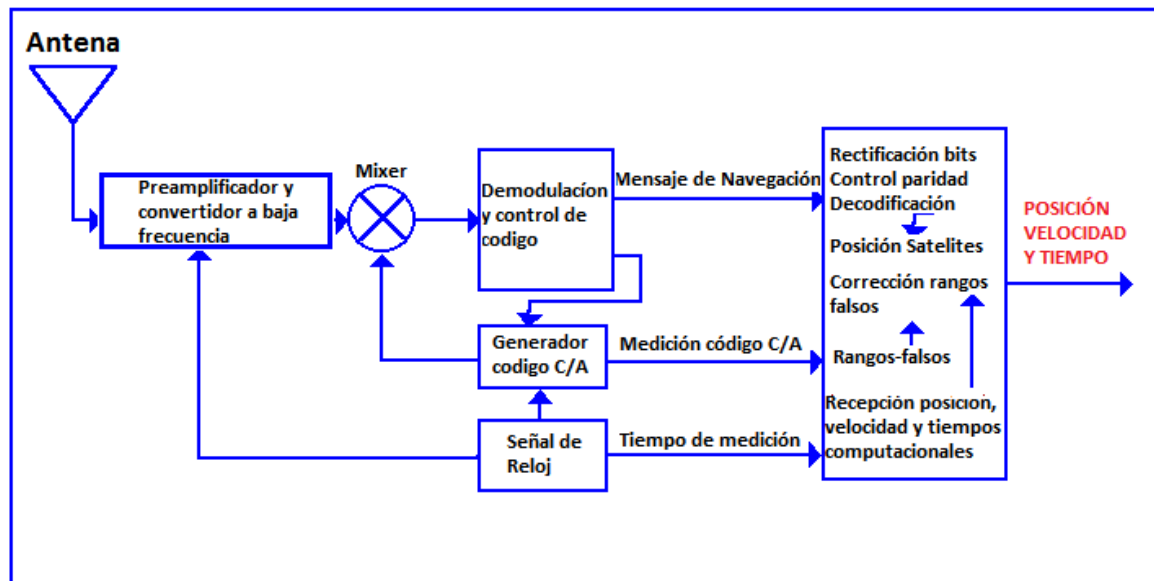


Figura 1.32 Diagrama bloques receptor GPS. (29)

#### 1.9.2.4. Aplicaciones del Sistema de Posicionamiento Global en la actualidad.

Una vez que se dejó de lado los puntos débiles del sistema, las flotas militares marítimas y sobre todo aéreas fueron las primeras en incorporar en su sistema de navegación.

Cuando se dio apertura para la utilización civil de las señales GPS, como una táctica financiera del Gobierno de los Estados Unidos, muy pocos proveedores se arriesgaron a producir dispositivos GPS receptores, orientados principalmente a la navegación.

Con el paso de algunos años, GPS fue ganando mercado en el transporte terrestre con la producción de vehículos con sistemas a bordo que en un principio

únicamente servían para indicar al conductor la ubicación guiados en un mapa que se precargaba en el dispositivo.

#### *1.9.2.4.1. A-GPS.*

La demanda de los usuarios y la innovación tecnológica hicieron posible que el receptor GPS no solamente dependa de las señales obtenidas de los satélites sino también de fuentes de respaldo que compensen un punto ciego de las señales satelitales o una demora en los cálculos respectivos.

Es así que hace su aparición el **Sistema Asistido de Posicionamiento Global (A-GPS)**, donde es necesaria una conexión activa (en línea) como la red celular GSM o una conexión no permanente (fuera de línea) como GPRS o un Hot Spot dependiendo de la aplicación que se requiera.

Dentro de una ciudad, donde la cobertura GSM es permanente, las aplicaciones de las que se puede hacer uso obtienen información en tiempo real y con una precisión de no más de 10 m. de error. Garmin <sup>8</sup>por ejemplo, es un sistema que permite a un usuario escoger una dirección de destino y buscar el recorrido con menor cantidad de tráfico. La solicitud es aceptada y empieza un trabajo en conjunto entre un servidor remoto y la información que el receptor GPS le envía; el servidor de alguna manera obtiene datos de las condiciones de tráfico, clima o cualquier parámetro de interés para el usuario, mientras que el dispositivo GPS sirve de interfaz para que el usuario vea cual es la mejor ruta por medio de un mapa en una pantalla o por indicaciones de voz dependiendo de las capacidades del receptor.

---

<sup>8</sup> Empresa líder a nivel mundial en producción de dispositivos receptores de GPS con instalaciones a nivel mundial.



Figura 1.33 Publicidad dispositivos GPS en Ecuador. (28)

En lugares donde la cobertura de la red celular es nula, el dispositivo únicamente depende de la información que existe en su banco de datos y de la información que se puede obtener de los satélites.

Básicamente el dispositivo debe disponer en su memoria interna un mapa de la zona o si no es el caso, en algún momento una red GPRS o algún otro tipo de fuente de información va a estar al alcance del dispositivo y debería actualizarse para al menos garantizar la funcionalidad básica del sistema.



**Misiles guiados por GPS**



**Chip ubicación de personas o animales**

Figura 1.34 Aplicaciones modernas del receptor GPS (28)

## 1.10. SOCKET. (21) (30) (31)

A principio de los años 80, tras la necesidad de programadores de comunicar sus distintos programas entre sí, en la Universidad de Berkeley se da origen a los sockets, estos nacen como una variación del sistema operativo Unix conocido como BSD Unix.

Los sockets proporcionan una comunicación punto a punto entre dos procesos y tienen como objetivo permitir el envío o recepción de datos a través de la red, el socket es un punto final de comunicación. Para lograr tener un socket es necesario se cumplan ciertos requisitos como lo son: Que un programa sea capaz de localizar al otro y que ambos programas sean capaz de intercambiar información.

Se tienen tres recursos necesarios para tener un socket:

- Protocolo de Comunicación para el intercambio de bytes.
- Dirección del protocolo de red (dirección IP).
- Número de puerto.

### 1.10.1. FUNCIONAMIENTO. (21) (30)

En la comunicación se maneja un modelo cliente<sup>9</sup>-servidor<sup>10</sup>, en la cual el socket existe en los dos extremos. El funcionamiento empieza cuando el servidor abre la comunicación en un puerto específico, posteriormente el cliente conoce el nombre del servidor o su dirección IP y su número de puerto, a donde envía solicitudes de conexión. El servidor acepta la conexión y abre un socket en un puerto diferente

---

<sup>9</sup> **Cliente:** Realiza peticiones.

<sup>10</sup> **Servidor:** Ofrece el servicio, responde a peticiones.

de los no conocidos para atender esta petición y poder continuar escuchando en el puerto inicial por más conexiones. Al realizar este proceso el servidor y cliente pueden transferir datos. La figura siguiente muestra el funcionamiento de un socket.

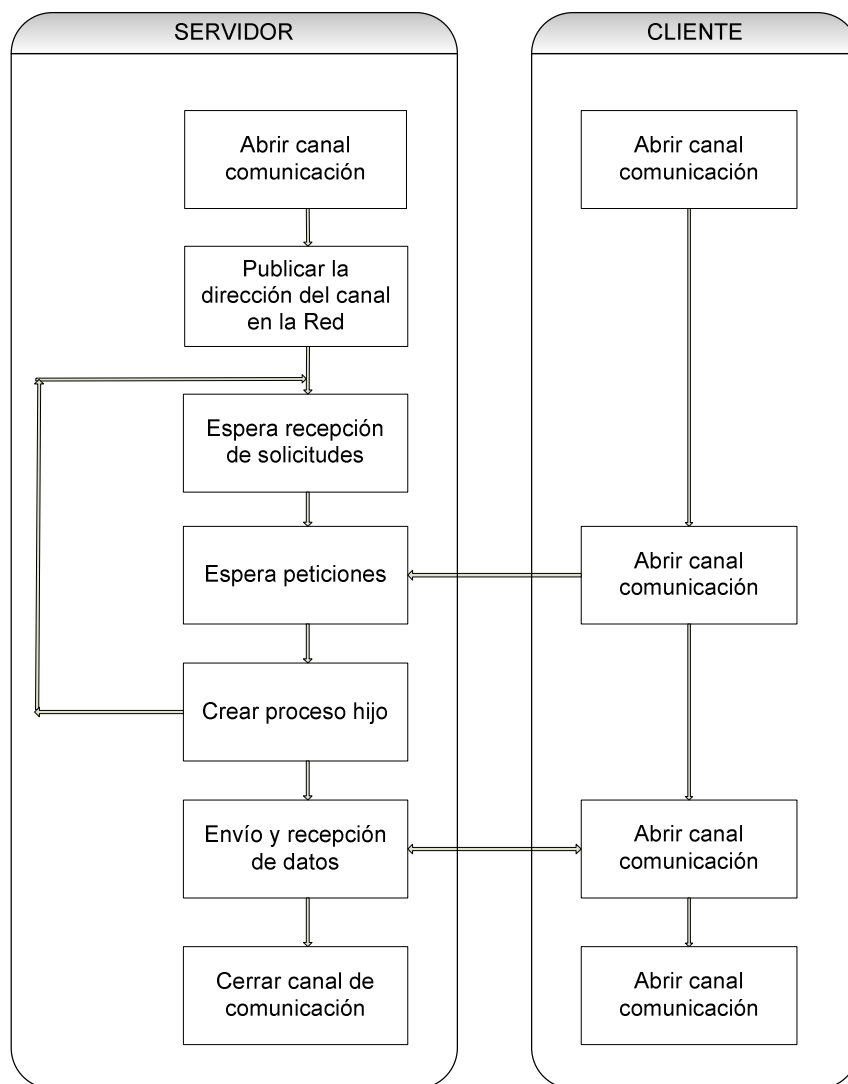


Figura 1.35 Funcionamiento de un socket TCP. (32)

### 1.10.2. NÚMERO DE PUERTOS. (30)

Los números de puerto son un método conveniente para permitir varias conexiones simultáneas entre dos equipos terminales. Se tienen puertos bien conocidos y no bien conocidos.

Los puertos bien conocidos se los ha designado para protocolos estándares, su numeración se encuentra en el rango entre 1 a 1023.

Los puertos no bien conocidos se los utiliza para conexiones de carácter temporal, su numeración se encuentra en el rango entre 1024 a 65535.

Cuando se abre un socket utilizando el protocolo TCP/IP, se puede especificar un número de puerto en particular o permitir que este seleccione un puerto aleatoriamente de los no bien conocidos.

### **1.10.3. TIPOS DE SOCKETS.** (30) (31) (33)

Las propiedades de un socket dependen de las características del protocolo en la capa de transporte en el que se implementan. La selección de este depende del tipo de servicio que se busque, pudiendo ser orientado a la conexión y no orientado a la conexión.

#### **1.10.3.1. Socket de flujo (*SOCK\_STREAM*).**

Este tipo de socket da un flujo de datos de dos vías, confiable y sin duplicados. El flujo opera en forma parecida a una conversación telefónica. Este tipo de socket utiliza el protocolo TCP.

#### **1.10.3.2. Socket de datagrama (*SOCK\_DGRAM*).**

Este tipo de socket soporta un flujo de mensajes de dos vías, puede recibir mensajes en diferente orden de la secuencia de la cual fueron enviados. El flujo opera de forma similar a pasar cartas hacia adelante y hacia atrás en el correo. Este tipo de socket utiliza el protocolo UDP.



### 1.10.3.3. Socket básico (*SOCK\_RAW*).

Este tipo de socket permite a una aplicación tener acceso a protocolos de más bajo nivel como IP.

### 1.10.3.4. Socket de paquete secuencial (*SOCK\_SEQPACKET*).

Este tipo de socket da una conexión de dos vías, secuencial y confiable para datagramas de una longitud fija máxima. No se ha desarrollado un protocolo en Internet para este tipo de socket.

## 1.10.4. CREACIÓN DE SOCKET. <sup>(31)</sup> <sup>(33)</sup>

Para la creación de un socket se utiliza la función `socket`, en la cual se debe especificar tres parámetros:

```
socket = new Socket(protocol_family, socket_type, protocol)
```

- **La familia de protocolos (*protocol\_family*):** Permite identificar la familia de protocolos que se utilizarán, se utilizan siglas para representarlos. `PF_INET` representa a la familia de protocolos Internet
- **Tipo de socket (*socket\_type*):** Este debe ser seleccionado dependiendo de la aplicación a implementar, anteriormente se especificó los tipos de sockets que podemos encontrar.
- **Protocolo (*protocol*):** Es el tipo de protocolo a utilizar en la capa transporte, ya sea TCP o UDP.

### 1.10.5. CONEXIÓN DE UN SOCKET UDP. <sup>(32)</sup> <sup>(33)</sup>

En clientes o servidores no orientados a la conexión las solicitudes entrantes se debe atender por un puerto específico, la función *bind* existente en la API<sup>11</sup> de sockets permite a un programa asociar una dirección local con un socket.

```
socket.Bind(new IPEndPoint(IPAddress.Any, puerto))
```

Con esto se le comunica al socket, que puerto será el que se utilizará para la transacción de datos.

### 1.10.6. TRANSMISIÓN DE DATOS. <sup>(34)</sup>

Se tiene cinco funciones básicas para transmitir información a través de un socket.

- **Send:** Función utilizada para transmitir información a través de un socket orientado a la conexión.
- **Write:** Función utilizada para transmitir información a través de un socket con conexión utilizando un buffer de datos.
- **Writev:** Función utilizada para transmitir información a través de un socket con conexión utilizando bloques de memoria.
- **Sendto:** Función utilizada para transmitir información a través de un socket no orientado a la conexión utilizando un buffer.
- **Sendmsg:** Función utilizada para transmitir información a través de un socket sin conexión utilizando una estructura de mensajes.

---

<sup>11</sup> **API:** (*Application Program Interface*): Interface de programas de aplicación para redes TCP/IP.

Cuando se utiliza las funciones para sockets sin conexión es permitido enviar 0 bytes, aquí no hay una condición de error que indique si los datos llegaron al destino.

#### 1.10.7. RECEPCIÓN DE DATOS. <sup>(32)</sup> <sup>(34)</sup>

Para la recepción de datos se tiene cinco funciones, cada una de ellas corresponde a una función de transmisión.

Funciones de Transmisión	Funciones de Recepción
send	Recv
write	Read
writerv	Readv
sendto	Recvfrom
sendmsg	Recvmsg

Tabla 1.3 Funciones de recepción de datos. <sup>(30)</sup>

Cuando se utiliza las funciones para sockets sin conexión es permitido recibir 0 bytes de datos, al tener definido un buffer si este no es lo suficientemente grande los datos que no caben se pierden.

El tamaño por defecto del buffer receptor de un socket UDP es 42080 bytes, el cual permite alojar 30 datagramas de 1400 bytes. Si se incrementa el tamaño del buffer receptor del socket, el servidor podría recibir datagramas adicionales.

#### 1.10.8. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO UDP. <sup>(31)</sup> <sup>(32)</sup>

En un modelo cliente-servidor UDP, el cliente no establece una conexión con el servidor. Aquí el cliente solo envía un datagrama al servidor usando la función *sendto*, el cual requiere de la dirección del destino del mismo como parámetro. De igual forma el servidor no acepta una conexión desde el cliente, para esto el servidor solo llama a la función *recvfrom*, la cual espera la llegada de datos desde

algún cliente. La función *recvfrom* devuelve la dirección de protocolo del cliente, a lo largo del datagrama, así el servidor puede enviar una respuesta al cliente correcto. La figura siguiente muestra el proceso de un socket UDP.

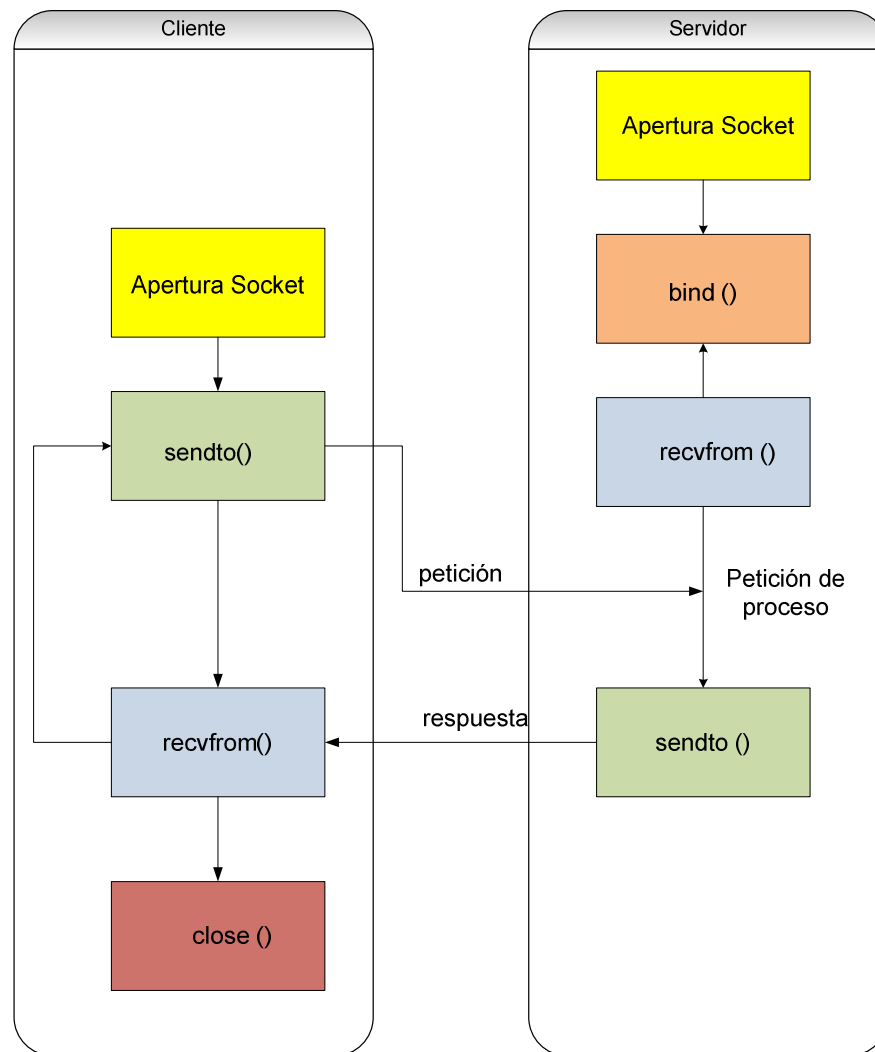


Tabla 1.4 Funcionamiento de un socket UDP. (32)

### 1.10.9. API WINDOWS SOCKETS. (34)

Para Microsoft Windows, en todas sus versiones si se desea trabajar con sockets se tiene una API conocida como *Windows Sockets* o *Winsock*.

Winsock implementa la interfaz de sockets mediante una biblioteca de enlace dinámico (DLL; *Data Link Library*), la cual es un módulo ejecutable que el sistema puede cargar en cualquier momento.

La API Winsock tiene una biblioteca de funciones las cuales se dividen en tres grupos:

- Funciones Berkeley Sockets.
- Funciones de Bases de Datos.
- Extensiones específicas a las rutinas de los Berkeley sockets.

#### 1.10.10. FUNCIONES SOCKET. (31)

Las funciones de la API Winsock pueden ser de bloqueo y no bloqueo. Se tienen funciones de bloqueo cuando estas no permiten a otras realizar procesos mientras se está ejecutando, y de no bloqueo a las funciones que terminan de inmediato sus procesos para dar paso a otras o emiten un mensaje de error.

Las funciones de bloqueo necesitan establecer una comunicación con el anfitrión remoto. La tabla siguiente se muestra las principales funciones de bloqueo.

Función	Descripción
accept	Confirma una conexión de entrada. Crea un socket nuevo y lo conecta al host remoto que pidió la conexión. Devuelve el socket original a su estado de atender.
closesocket	Cierra un extremo de una conexión por sockets.
connect	Inicia una conexión en el socket especificado.
recv	Recibe información de un socket conectado.
recvfrom	Recibe información de un socket conectado o de uno no conectado.
select	Ejecuta multiplexaje sincrónico de E/S al monitorear el estado de múltiples sockets.
send	Envía información a un socket conectado.
sendto	Envía información a un socket conectado o a uno no conectado.

Tabla 1.5 Funciones de bloqueo. (30)

Las funciones de no bloqueo no necesitan establecer ninguna conexión, solo trabajan con información de un extremo de la conexión mediante el socket. La tabla siguiente muestra la principales funciones de no bloqueo.

<b>Función</b>	<b>Descripción</b>
bind	Asigna un nombre local a un socket.
getpeername	Obtiene el nombre del par conectado al socket especificado.
getsockname	Obtiene el nombre local para el socket especificado.
getsockopt	Obtiene opciones asociadas con el socket especificado.
inet_addr	Convierte una cadena de caracteres que representa una dirección IP en notación decimal al valor binario de 32 bits.
inet_ntoa	Convierte una dirección IP a notación decimal.
ioctlsocket	Controla varios parámetros relacionados con la forma de operar del socket y el manejo de la E/S de red.
listen	Indica a un socket específico atender las conexiones entrantes.
setsockopt	Almacena opciones asociadas con el socket especificado.
shutdown	Cierra parte de una conexión full dúplex.
socket	Crea un extremo para la comunicación y devuelve un identificador de socket.

Tabla 1.6 Funciones de no bloqueo. (30)

#### **1.10.11. FUNCIONES DE BASES DE DATOS. (30)**

Las funciones de bases de datos de la API *Winsock* permiten obtener información respecto a servicios de comunicación, nombres de dominio y protocolos. La siguiente tabla muestra las principales funciones de base de datos.

Función	Descripción
gethostbyaddr	Obtiene el nombre de dominio y dirección IP correspondiente a una dirección de red.
gethostbyname	Obtiene nombre de dominio y dirección IP correspondiente a un nombre de anfitrión.
gethostname	Obtiene el nombre de dominio del anfitrión local.
getprotobyname	Obtiene un protocolo por nombre y devuelve el nombre oficial y el número definido para representar al protocolo.
getprotobynumber	Obtiene el nombre y número de protocolo representado por un número específico.
getservbyname	Obtiene el nombre del servicio y el puerto del protocolo correspondiente al nombre del servicio.
getservbyport	Obtiene el nombre del servicio y el puerto correspondiente a un puerto de protocolo específico.

Tabla 1.7 Funciones de base de datos. (30)

## 1.11. BASE DE DATOS.

No hay un concepto unificado que defina específicamente a una base de datos. Reuniendo algunos se ha llegado a concluir la siguiente definición:

*“Una base de datos es un conjunto de información en gran cantidad que se encuentra relacionada y organizada, de manera que se pueda ser fácilmente localizada y extraída”*

Una base de datos, desde una hoja escrita a mano de contabilidad hasta un programa de computadora tienen como objetivo el facilitar la interpretación de los mismos a un usuario. Algunas de las ventajas son:

- Control sobre redundancia de datos.
- Consistencia de datos.
- Compartición de datos.

- Integridad de datos.
- Seguridad.
- Accesibilidad y concurrencia.

No se puede descartar que todas estas ventajas tengan un costo en infraestructura y en complejidad en su administración, pero en una empresa donde la información vital para su negocio se tratará únicamente de una inversión.

### **1.11.1. SISTEMA DE GESTIÓN DE BASE DE DATOS (SGBD).**

Por cuestiones de seguridad no todos los usuarios pueden tener acceso de escritura de los datos. Para configurar permisos o simplemente modificar una estructura de una tabla era imprescindible el uso de comandos. Para facilitar el manejo de administradores se desarrollaron interfaces amigables que facilitan la configuración de todas o al menos la mayoría de parámetros que una base de datos implica.

Para un SGBD un cliente no se trata únicamente del administrador de la base de datos, sino también un programa o una aplicación que requiera acceder o modificar a los datos. Con esta funcionalidad es posible que programadores integren sus aplicaciones con una relativa sencillez.

En el mercado existe una gran variedad de gestores de base de datos, entre las más populares constan:

- Microsoft SQL Server
- Oracle
- MySQL, etc



De todos los gestores existen muchos con licencia GPL<sup>12</sup> y otros con licencia pagada como los de Microsoft. El hecho de que un programa tenga una licencia pagada no implica que sea mejor que uno con GPL. Actualmente hay organizaciones locales que se dedican a la asesoría que explotan todos los recursos de una base de datos y llegan a ser tan eficientes, algunas veces hasta superiores que las asesoradas por empresas reconocidas.

### 1.11.2. MICROSOFT SQL SERVER



Figura 1.36 Marca comercial SQL server. (35)

Se trata de uno de los gestores de base de datos más completo y con el respaldo técnico de Microsoft, lo que lo ha convertido en una de las herramientas más poderosas en lo que tiene que ver con la organizar masiva de datos.

Para Microsoft, *“...es una plataforma global de base de datos que ofrece administración de datos empresariales con herramientas integradas de inteligencia empresarial (BI). El motor de la base de datos SQL Server ofrece almacenamiento más seguro y confiable tanto para datos relacionales como*

---

<sup>12</sup> GPL (*General Public License*).- Licencia que declara a un software como libre y lo protege de una apropiación.

estructurados, lo que le permite crear y administrar aplicaciones de datos altamente disponibles y con mayor rendimiento para utilizar en su negocio.”<sup>13</sup>

La estructura de la base de datos está formada por tablas relacionadas entre sí, existen modelos que representan esta clase de relaciones,

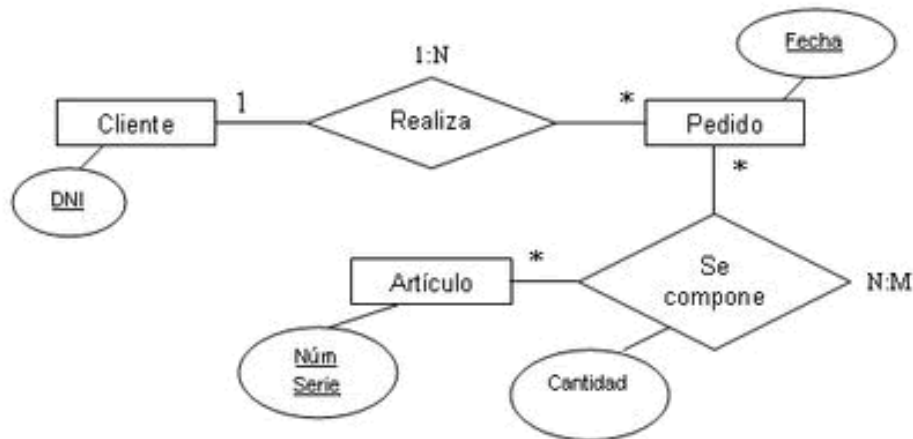


Figura 1.37 Modelo Entidad-Relación. (36)

Dependiendo de la relación pueden existir únicamente tres opciones:

- **Uno – uno:** Un registro de la entidad A se relaciona solo con uno de la entidad B.
- **Uno – muchos:** Cada registro de la entidad A se relaciona con varias de la entidad B.
- **Muchos – muchos:** Cualquier registro de la entidad A se relaciona con cualquier registro de la entidad B.

## 1.12. MICROSOFT VISUAL STUDIO .NET <sup>(37)</sup>

Se trata de uno de los lenguajes más utilizados por los programadores debido a su amplia cobertura en soporte técnico y documentación. Llegar a posicionarlo en

<sup>13</sup> Tomado de [http://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms166352\(v=SQL.90\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms166352(v=SQL.90).aspx)

la cúspide de los lenguajes de programación no ha sido una tarea fácil por parte de Microsoft. Un proceso de evolución constante y la integración de nuevas funcionalidades con cada nueva versión han hecho que sea la primera alternativa al momento de desarrollar aplicaciones propietarias.

Según Microsoft, “Visual Studio .NET es un conjunto completo de herramientas de desarrollo para la construcción de aplicaciones Web ASP, servicios Web XML, aplicaciones para escritorio y aplicaciones móviles. Visual Basic .NET, Visual C++ .NET, Visual C# .NET y Visual J# .NET utilizan el mismo entorno de desarrollo integrado (IDE), que les permite compartir herramientas y facilita la creación de soluciones en varios lenguajes. Asimismo, dichos lenguajes aprovechan las funciones de .NET Framework, que ofrece acceso a tecnologías clave para simplificar el desarrollo de aplicaciones Web ASP y servicios Web XML.”

### **1.13. API GOOGLE MAPS.** <sup>(38)</sup>

Google Maps es un servicio gratuito que ofrece Google, permite desplegar mapas del mundo entero, fotos satelitales entre otras, es semejante a *Google Earth*.

Mediante la API que ofrece *Google Maps*, se puede incorporar localizaciones alrededor del mundo a un sitio web o a una aplicación desarrollada de manera sencilla. La incorporación se la hace con el uso de Java Script y códigos HTML

#### **1.13.1. IMPLEMENTACIÓN BÁSICA.** <sup>(39)</sup>

Como primer paso para poder utilizar la API es obtener una clave de uso en el sitio de *Google Maps*, se debe especificar el directorio del web server desde donde se realizaran las peticiones a la API, una clave API es única para un dominio. La siguiente figura muestra el formulario que se debe llenar para obtener una clave.

## Sign Up for the Google Maps API

The Google Maps API lets you embed Google Maps in your own web pages. A single Maps API key is valid for a single "directory" or domain. See this [FAQ](#) for more information. You must have a [Google Account](#) to get a Maps API key, and your API key will be connected to your Google Account.

Here are some highlights from the terms for those of you who aren't lawyers:

- There is no limit on the number of page views you may generate per day using the Maps API. See this [FAQ](#) for more information.
- There is a limit on the number of geocode requests per day. See this [FAQ](#) for more information.
- The Maps API does not include advertising. If we ever decide to change this policy, we will give you at least 90 days notice via the [announcements lists](#).
- If you use other APIs in conjunction with the Maps API, you should also review the terms for the other APIs. Note in particular that the [GoogleBar](#) in the JS Maps API uses the AJAX Search API, and that API has its own terms.
- Your service must be [freely accessible](#) to end users. To use Google mapping technology in other types of applications, please use [Google Maps API Premier](#). See this [FAQ](#) for more information.
- You may not alter or obscure the logos or attribution on the map.
- You must [indicate whether your application is using a sensor](#) (such as a GPS locator) to determine the user's location.
- You may use the API (except for the Static Maps API) in websites or in software applications. For websites, please sign up with the URL where your implementation can be found. For other software applications, please sign up with the URL of the page where your application can be downloaded.
- Google will upgrade the APIs periodically. To be notified of updates, please subscribe to the [announcements lists](#).
- Remember that we reserve the right to suspend or terminate your use of the service at any time, so please read through the [FAQ](#) and [forum posts](#) to decide whether your site meets the Terms of Use before you begin API integration.

1. Your relationship with Google.

1.1 [Use of the Service is Subject to these Terms](#). Your use of any of the Google Maps/Google Earth APIs (referred to in this document as the "Maps API(s)" or the "Service") is subject to the terms of a legal agreement between you and Google Inc., whose principal place of business is at 1600 Amphitheatre Parkway, Mountain View, California 94043, United States ("Google"). This legal agreement is referred to as the "Terms".

1.2 [The Terms include Google's Legal Notices and Privacy Policy](#).

I have read and agree with the terms and conditions ([printable version](#))

My web site URL:

Tip: Signing up a key for [http://yourdomain.com](#) is usually the best practice, as it will work for all subdomains and directories. See this [FAQ](#) for more information.

Figura 1.38 Formulario obtención de una clave.

Al cumplir todos los requerimientos se debe dar click en el botón "Generate API Key" y se nos devolverá la clave a usar para el dominio especificado. La siguiente figura muestra la obtención de la clave.

## Sign Up for the Google Maps API

### Thank You for Signing Up for a Google Maps API Key!

Your key is:

ABQIAAAIBu1kx0Qy9A30cy0e875sRT2y0p\_ZAY8\_uzC3CP02EE1MvdxQ1qBPrE1Kyp1eZEX0xzTbUanZUNA

**Note:** for more information on the API key system, consult <http://code.google.com/apis/maps/doc.html#keysystem>

How you use your key depends on what Maps API product or service you use. Your key is valid for use within the entire family of Google Maps API solutions. The following examples show how to use your key within the Maps API product family.

Figura 1.39 Obtención de la clave.

Una vez generada la clave podemos empezar a utilizar la API de Google Maps, para ello se debe crear un archivo HTML el cual contendrá todas las especificaciones para la generación del mapa.

En el encabezado se utilizara etiquetas `<script>` para incluir la llamada a la API, parámetros generales, características del mapa y la clave. Los parámetros que se incluyen son:

- **file:** Indica que se está haciendo una llamada a la API.
- **v:** Indica la versión de la API que se utilizara.
- **sensor:** Indica si la aplicación utiliza un dispositivo para detectar la posición del usuario. Si es una página se debe dejar en falso.
- **key:** Indica la clave de uso de la API.

En el encabezado también se debe incluir una función Java que permita inicializar el mapa y desplegarlo. A continuación se muestra un ejemplo.

```
<head>
  <meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=utf-8"/>
  <title> Ejemplo de API Google Maps </title>
  <script src="http://maps.google.com/maps?file=api&v=2&key=LLAVE
GOOGLE MAPS"
  type="text/javascript"></script>
  <script type="text/javascript">
  //
  function load() {
    if (GBrowserIsCompatible()) {
      var map = new GMap2(document.getElementById("map"));
      map.setCenter(new GLatLng(37.4419, -122.1419), 13);
    }
  }
  //]]&gt;
&lt;/script&gt;
&lt;/head&gt;</pre></div>
```

En el código anterior se tiene varias funciones las cuales son:

- ***GBrowserIsCompatible***: Permite comprobar si el navegador es compatible con los mapas de Google, solo si la respuesta es positiva, permitirá continuar con el resto de los procesos.
- ***map***: Variable en la cual se crea el nuevo objeto que será manipulado con los métodos de la API. Este objeto hará referencia a un elemento del documento HTML con la id “map”. Aquí es donde se mostrará el mapa.
- ***setCenter***: Define el punto en donde aparecerá el mapa por primera vez. Se debe dar coordenadas de latitud y longitud mediante el objeto ***GLatLng***.
- **13**: Este último parámetro indica el nivel de zoom inicial que tendrá el mapa. Puede ser ajustado al gusto del usuario. Mientras más pequeño sea el número se estará más cerca del mapa.

Cuando se haya definido el encabezado se debe generar el cuerpo del archivo HTML en el cual se tendrá la llamada a cargar el mapa. A continuación se muestra un ejemplo.

```
<body onload="load()" onunload="GUnload()">
<div id="map" style="width: 615px; height: 400px"></div>
</body>
</html>
```

Se crea un *div* con la id “*map*” pues esta es la identificación que en el encabezado se definió para enlazar al objeto creado. Con *style* lo que se realiza es dar un ancho y un alto para que se muestre el mapa.

Es importante no sobrepasar las 50.000 peticiones diarias para cargar el mapa, pues este es un término que aceptamos al obtener la clave de uso.

### 1.13.2. PERSONALIZACIÓN EN EL MAPA. (40)

Se pueden definir funciones adicionales para personalizar el mapa desplegado, a continuación se muestran algunas opciones para mejorar su presentación.

### 1.13.3. AÑADIR CONTROLES AL MAPA. (40)

Se puede agregar al mapa controles de zoom o navegación, los cuales permitirán al usuario interactuar de mejor manera con él. Se pueden agregar los siguientes controles:

- **GMapTypeControl:** Permite controlar el tipo de mapa a mostrar se puede tener los siguientes tipos: mapa, satélite e híbrido.
- **GLargeMapControl:** Añade controles de movimiento para el mapa.
- **GScaleControl:** Añade controles de zoom para el mapa.
- **GOverviewMapControl:** Añade una pequeña sobrevista en la esquina inferior derecha

Para incluirlos solo se deben agregar las siguientes líneas a la función load.

```
function load() {
  if (GBrowserIsCompatible()) {
    var map = new GMap2(document.getElementById("map"));
    map.setCenter(new GLatLng(-19.435514, 48.603516), 5);
    map.addControl(new GMapTypeControl());
    map.addControl(new GLargeMapControl());
    map.addControl(new GScaleControl());
    map.addControl(new GOverviewMapControl());
  }
}
```

#### 1.13.4. CAMBIAR TIPO DE MAPA. (40)

Se puede cambiar el tipo de mapa mediante su control, pero además de ello se puede definir con que tipo deseamos se muestre inicialmente el mapa. Para ello se debe utilizar el método **setMapType**, que puede tomar los siguientes valores:

- *G\_MAP\_TYPE* (mapa).
- *G\_SATELLITE\_TYPE* (satélite).
- *G\_HYBRID\_TYPE* (híbrido).

Para definir el tipo de mapa se debe agregar la respectiva línea a la función load.

```
function load() {  
    if (GBrowserIsCompatible()) {  
        var map = new GMap2(document.getElementById("map"));  
        map.setCenter(new GLatLng(-19.435514, 48.603516), 5);  
        map.setMapType(G_SATELLITE_TYPE);  
    }  
}
```

##### 1.13.4.1. Insertar marcas al mapa.

El uso de marcas en el mapa es muy importante pues nos permiten resaltar ubicaciones dentro del mismo. Para realizar esto se usa 3 métodos:

- **GLatLng**: Permite establecer la ubicación de la marca.
- **GMarker**: Permite crear la marca en ese lugar.
- **addOverlay**: Permite añadir la marca sobre el mapa.



Para esto se debe agregar el siguiente código a la función load.

```
map.addOverlay(new GMarker(new GLatLng(-33.43795,-70.603627)));
```

#### 1.13.4.2. Insertar etiquetas a la marca en el mapa.

Es útil que las marcas tengan un texto descriptivo para así poder identificarlas si se tuviera más de una. Generalmente se despliegan al dar click sobre estas. A continuación se muestra un ejemplo.

```
function load() {
  if (GBrowserIsCompatible()) {
    var map = new GMap2(document.getElementById("map"));
    map.setCenter(new GLatLng(-19.435514, 48.603516), 5);
    map.setMapType(G_HYBRID_TYPE);

    function informacion (ubicacion , descripcion ) {
      var marca = new GMarker(ubicacion);
      GEvent.addListener(marca , "click", function() {
        marca .openInfoWindowHtml(descripcion); } );
      return marca ;
    }
    var ubicacion = new GLatLng(-19.000514,46.603516);
    var descripcion = 'Texto ejemplo';
    var marca = informacion (ubicacion , descripcion );
    map.addOverlay(marca);
  }
}
```

En el código anterior en la variable **descripción** se guarda el texto descriptivo para la marca y utilizando la función **información** se crea la marca en el punto **ubicación**, se adiciona un evento **listener** del tipo click a la función, para que la

etiqueta se muestre al hacer click sobre la marca, finalmente se agrega la marca al mapa utilizando la función ***addOverlay()***.

# CAPÍTULO II

## Diseño y construcción del dispositivo a bordo



Se describe el proceso de construcción del dispositivo que estará ubicado en el vehículo. La combinación de hardware y software son el tema principal en este capítulo.

## **2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO A BORDO.**

### **2.1. INTRODUCCIÓN**

La elaboración del dispositivo a bordo es una de las dos partes esenciales del sistema de monitoreo a implementar. Al tratarse de un prototipo es necesario el manejo de componentes tanto de hardware como de software teniendo como prioridad el ahorro de recursos sin descuidar la eficiencia en el cumplimiento de sus requerimientos.

### **2.2. DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN.**

#### **2.2.1. BASCOM AVR.**



Figura 2.1 Imagen Comercial. (41)

Para que un microcontrolador sea funcional es necesario que en su memoria Flash (memoria dedicada al programa) se ingresen las instrucciones de las actividades que este tenga que realizar. Tradicionalmente se utiliza el lenguaje ensamblador, que se trata de un lenguaje de bajo nivel para la creación de código no solo de los microcontroladores sino de cualquier sistema.

Aunque trabajar directamente en lenguaje ensamblador brinda al usuario la posibilidad de explotar al máximo los recursos que posee el microcontrolador, interpretar cada instrucción resulta en muchos casos una situación complicada. Por esta razón se buscó una nueva alternativa para facilitar a los usuarios la elaboración del archivo .hex<sup>14</sup> con herramientas más amigables para el programador.

Bascom AVR es un software de programación elaborado por la empresa ATMEL para facilitar la configuración de los microcontroladores de la misma marca.

El lenguaje utilizado por Bascom, es Basic complementado con una serie de librerías diseñadas para simplificar las operaciones que integran al microcontrolador con otros dispositivos como *displays* LCD, motores de paso comunicaciones seriales, etc.

### 2.2.2. PROTEUS.



Figura 2.2 Imagen Comercial. (42)

---

<sup>14</sup>.hex.- extensión del archivo compilado hexadecimal que contiene información para configurar el microcontrolador.

Es un paquete informático de la empresa canadiense *Labcenter Electronics*, uno de los más completos para el diseño, gestión e implementación de circuitos electrónicos.

La simulación de circuitos electrónicos es una herramienta muy necesaria previa a la construcción real del circuito. Si bien una simulación no garantiza en su totalidad la realidad de lo que ocurrirá, brinda al diseñador una idea de las situaciones a la que se va a enfrentar.

De la misma manera en Proteus, una vez que se ha definido el circuito final facilita el plasmar el diseño en una placa para su elaboración de la manera artesanal o a través de máquinas especializadas de impresión.

Para cumplir este cometido Proteus se divide en dos programas: ISIS y ARES. ISIS es el encargado de la simulación y diseño de los circuitos electrónicos y ARES, el generador de esquemas de circuitos para la elaboración física del sistema electrónico.

#### 2.2.2.1. ISIS. (43)



Figura 2.3 Imagen Comercial. (43)

Es uno de los lenguajes más poderosos para la simulación de circuitos electrónicos. Presenta una interfaz muy amigable de manera que los elementos solo necesitan ser arrastrados al área de trabajo para que empiece a interactuar y formen circuitos.

Al tratarse de una programación orientada a objetos cada elemento o dispositivo tiene propiedades que pueden ser editadas de acuerdo a las propiedades reales de los objetos a los que representan.

#### *2.2.2.1.1. Simulación de microcontroladores*

La ventaja de ISIS frente a otros simuladores es su librería de microcontroladores. Con esta librería resulta fácil de simular equipos como:

- PIC de la familia 12
- PIC de la familia 1687
- PIC de la familia 16
- PIC de la familia 18
- ATMEL de la familia MCS 8051
- ATMEL de la familia MCS 80550
- ATMEL AVR

El archivo .hex que se genera para programar un microcontrolador real, se carga en el sistema de manera que al empezar la simulación el microcontrolador en ISIS reaccionaría de la misma manera que uno real.

#### **2.2.2.2. ARES.** (43)



Figura 2.4 Imagen Comercial. (43)





Como la mayoría de software de programación, Developer Studio cuenta también con un compilador que genera un archivo con extensión *.dwl* que es el archivo que reconoce el Fastrack Supreme 20.

El aplicativo además brinda al usuario la posibilidad de hacer un seguimiento paso a paso de la ejecución del programa (*debug*). Muchos de los errores que se presentan en el desarrollo de una aplicación no se presentan en tiempo de compilación, sino en el de ejecución. El proceso de *debug* es un excelente apoyo para el programador.

Una vez que la aplicación se encuentra desarrollada, el mismo sistema da la opción de cargar el archivo *.dwl* en el modem.

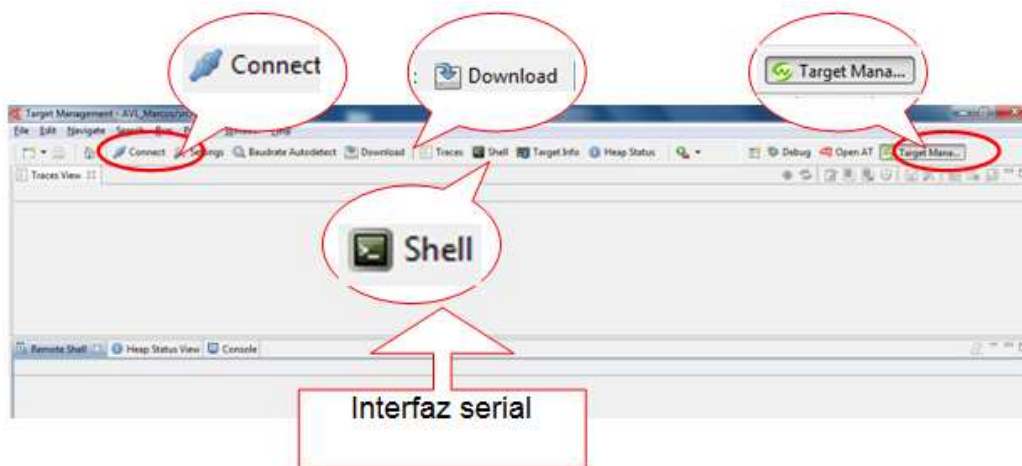


Figura 2.6 Entorno de desarrollo y comunicación serial con el módulo.

El sistema puede reconocer directamente el dispositivo Wavecom que esté conectado al PC. Por defecto los equipos Wavecom tienen programado en su puerto serial la siguiente configuración.

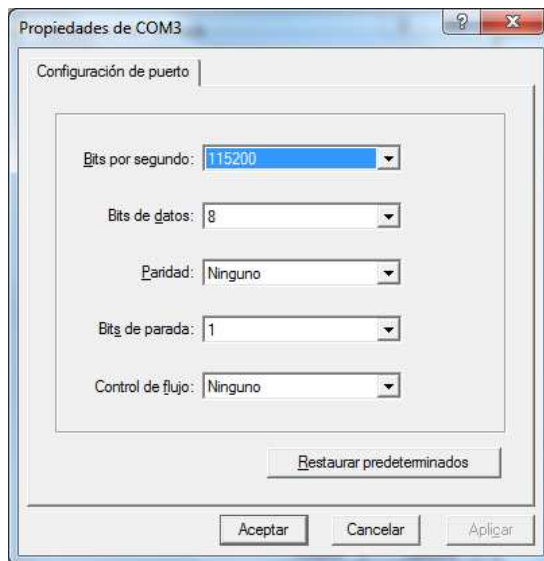


Figura 2.7 Configuración estándar puerto serial.

Una vez que el sistema se conecta con el dispositivo Fastrack, si se da un clic en el botón **Shell** de la parte superior, se desplegará una interfaz visual para ingresar o mostrar los resultados que se hayan programado al módulo a través del puerto serial.

Al dar clic en **Download** se desplegará una ventana en la que se puede escoger el archivo *.dwl* previamente compilado sin errores. El programa se encargará de cargar el archivo en el dispositivo y una vez que se complete el proceso, el programa se disparará automáticamente.

### 2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS.

El dispositivo tendrá que cumplir en su totalidad con el monitoreo de los pasajeros que hacen uso de un medio de transporte masivo. Cada uno de los eventos debe ser registrado de manera que puedan ser utilizados para preparar información capaz de notificar al propietario del autobús el desempeño que realiza.

Para realizar este cometido, los parámetros que se deben monitorear no son numerosos, pero deben ser muy precisos para que los datos sean muy fiables y transparentes de manera que no perjudiquen ni al conductor ni al propietario de la unidad.

La condición primordial para el funcionamiento es la estructura del autobús. El seguimiento de los parámetros necesita que en el autobús sea posible ubicar sensores. Tras un seguimiento de la estructura de los autobuses se maneja un estándar como el de la figura 2.8.

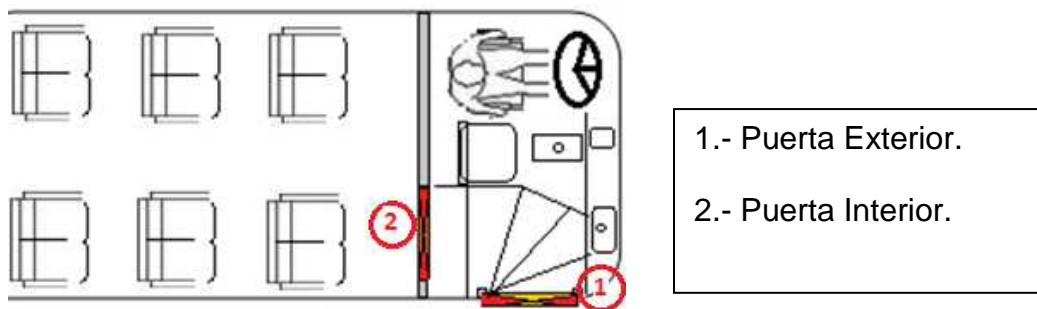


Figura 2.8 Estructura estándar.

### 2.3.1. CONTABILIZACIÓN DE PASAJEROS.

El objetivo primordial del dispositivo a bordo es el control del uso del medio de transporte. Para el conteo de las personas se consideran los siguientes puntos críticos de análisis.

- Entrada de personas.
- Salida de personas.

Aunque este control parezca sencillo implica una serie de inconvenientes. Una barrera infrarroja será la encargada de realizar este conteo. Aunque en una situación normal el flujo de personas no se convertiría en un problema para una barrera infrarroja; no hay que descuidar una situación que involuntariamente o intencionalmente pueda alterar este mecanismo de contabilización.

Por el momento se puede decir que el conteo depende de dos barreras infrarrojas, según la secuencia en la que se cortan se determina si una persona entra o sale del vehículo.

### **2.3.2. ERRORES Y ALARMAS.**

La mejor manera de prevenir un dato erróneo que provenga del sistema es indicar al conductor y a su ayudante mediante una alarma una adulteración en el mismo.

Accidentalmente o premeditadamente pueden presentarse situaciones como:

- Corte prolongado de la barrera infrarroja.
- Desalineación de la línea de vista de la luz infrarroja.
- No se cierre la puerta cuando empieza a moverse el vehículo.
- Las personas se mueven dentro del bus cruzando la barrera infrarroja.
- Demora de la persona en completar la secuencia de corte de las barreras.

A todo esto debe agregarse que mientras el sistema reciba el apoyo del conductor y su oficial, este funcionará correctamente. Las alarmas van a notificarse directamente en el vehículo por medios auditivos y visuales en el panel para llamar la atención de los encargados y solucionarlo lo más pronto.

Como el objetivo del proyecto es vigilar por los bienes económicos del propietario de la unidad de transporte, todas estas situaciones serán enviadas y almacenadas para que un determinado momento el propietario los analice y tome las decisiones que se consideren necesarias.

### **2.3.3. MONITOREO DE LOS RECORRIDOS DEL VEHÍCULO**

Es necesario que el propietario del vehículo tenga información de la ubicación y la ruta de un recorrido específico. El beneficio económico que recibe un propietario

de su vehículo no solo depende de los pasajeros que lo utilizan, también el mantenimiento y seguridad son importantes para cuidar su inversión.

Permanentemente el vehículo está recibiendo las señales de su ubicación geográfica por la señal del Sistema de Posicionamiento Global, esta señal se envía al servidor remoto permitiendo hacer un seguimiento de su recorrido.

El dispositivo a bordo se encontrará en la posibilidad de enviar información como:

- Ubicación del vehículo con 10 m. de error.
- Número de pasajeros en un determinado momento.
- Número de pasajeros en un determinado lugar.
- Tiempo de demora del autobús en un determinado momento.

#### **2.3.4. ENVÍO Y RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN DE RECORRIDOS.**

Para que el propietario tenga el suficiente criterio sobre lo que espera recibir económicamente, se necesita recopilar información obtenida de todos los parámetros descritos en puntos anteriores.

Dependiendo de la prioridad de la información, lugar o periodicidad configurada, el dispositivo se conectará a través de la red GPRS con un servidor remoto para transmitirla.

Una vez que en el servidor se tenga toda la información, esta se organiza y distribuye de manera que pueda ser accedida de manera fácil para procesarse según el servicio que se desee brindar a los usuarios o lo que ellos requieran.

## **2.4. DISEÑO DEL DISPOSITIVO A BORDO.**

### **2.4.1. PLACA PRINCIPAL.**

La placa que va a estar en la consola principal contiene los siguientes elementos:

- Microcontrolador de la familia ATMEGA 64.
- Circuito regulador de voltaje.
- Circuito amplificador de la señal de entrada de las barreras infrarrojas.
- Salida de datos a través de un display LCD 16 x 2.
- Conector serial para conexión con el módulo Wavecom Fastrack.
- Luces indicadoras del ingreso o salida de pasajeros.
- Un buzzer que actúa como alarma.

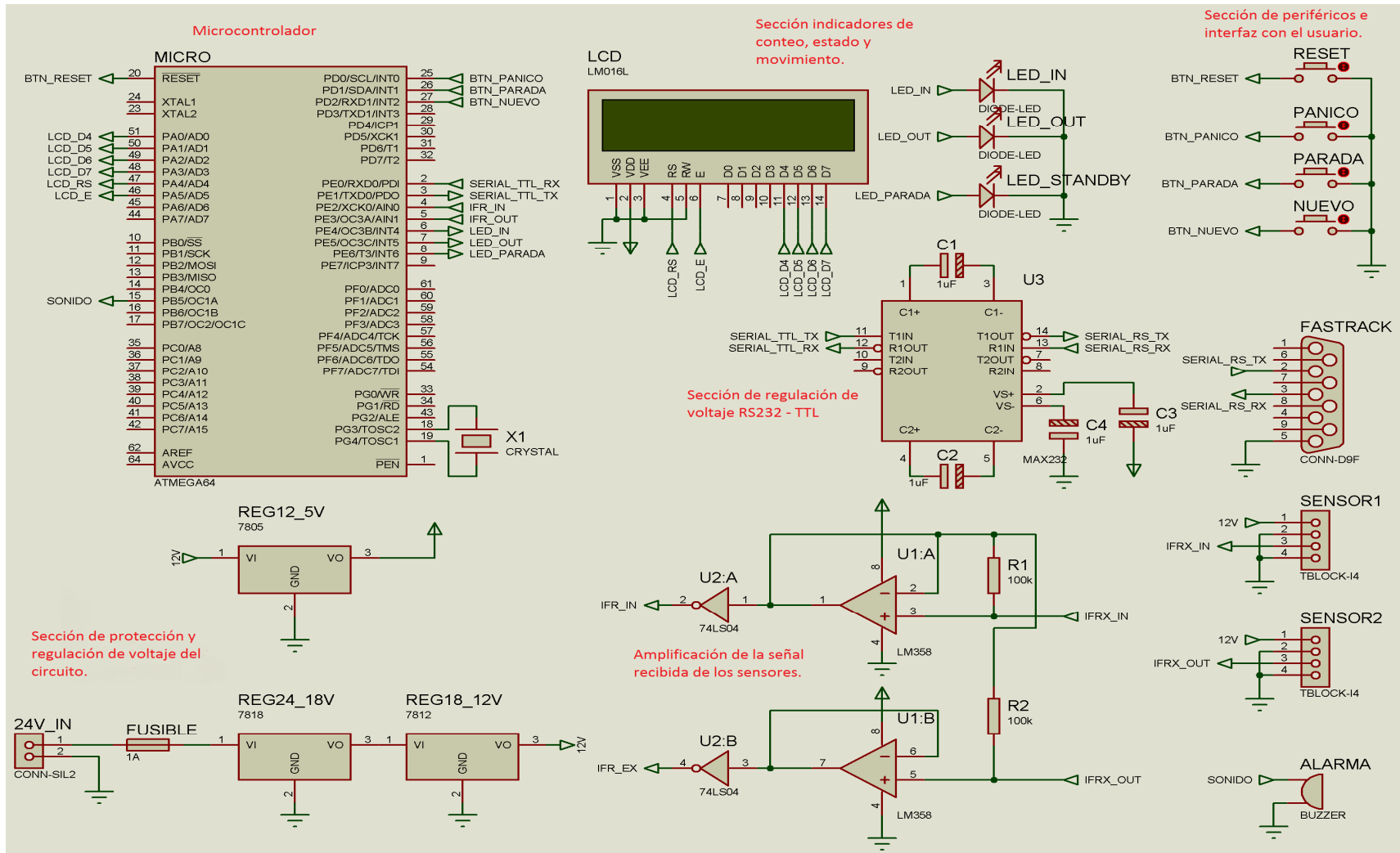


Figura 2.9 Esquema placa principal.

### 2.4.1.1. Microcontrolador.

El microcontrolador es el núcleo del dispositivo, es el encargado de coordinar todas las actividades que se hacen dentro del autobús y comunicarlás tanto al conductor como al servidor remoto.

En la selección del microcontrolador se consideran los siguientes aspectos.

- Espacio de 64k en memoria flash (memoria para el programa).
- Al menos 2k de memoria RAM para el procesamiento.
- Interfaz serial.
- Al menos 4 puertos con 8 pines para control de periféricos.

En el mercado local se pueden encontrar varias alternativas con estas características en marcas como:

- MICROCHIP.
- ATMEL.

Las empresas dividen por familias a los productos que comparten características similares. No existe una familia que se ajuste a las características exactamente deseadas para el proyecto por lo que se pone a continuación las características de las que se consideran útiles.

CARACTERÍSTICAS	ATMEL		MICROCHIP	
	ATMEGA164P	ATMEGA644P	PIC18F4455	PIC18F4550
<b>Flash</b>	16 KB	64K	24K	32K
<b>EEPROM</b>	512B	2KB	128B	128B
<b>SRAM</b>	1KB	4Kb	2K	2K
<b>Velocidad</b>	20 Mhz	20Mhz	20 Mhz	20MHz
<b>Rango Voltaje</b>	1,8 – 5.5 V	1.8 – 5.5 V	2 – 5.5V	2 – 5.5V
<b>Puertos</b>	4	4	5	5
<b>Costo local</b>	8usd	13usd	15usd	20usd

Tabla 2.1 Comparación características microcontroladores



Como se puede apreciar, las características del microcontrolador ATMEL ATMEGA644P son las que más resaltan entre los ejemplos citados. Aunque la velocidad es un factor decisivo en un procesador, no se podría garantizar un buen rendimiento sin una cantidad proporcional de memoria SRAM.

#### 2.4.1.2. Sección regulación de voltaje y protección del circuito.

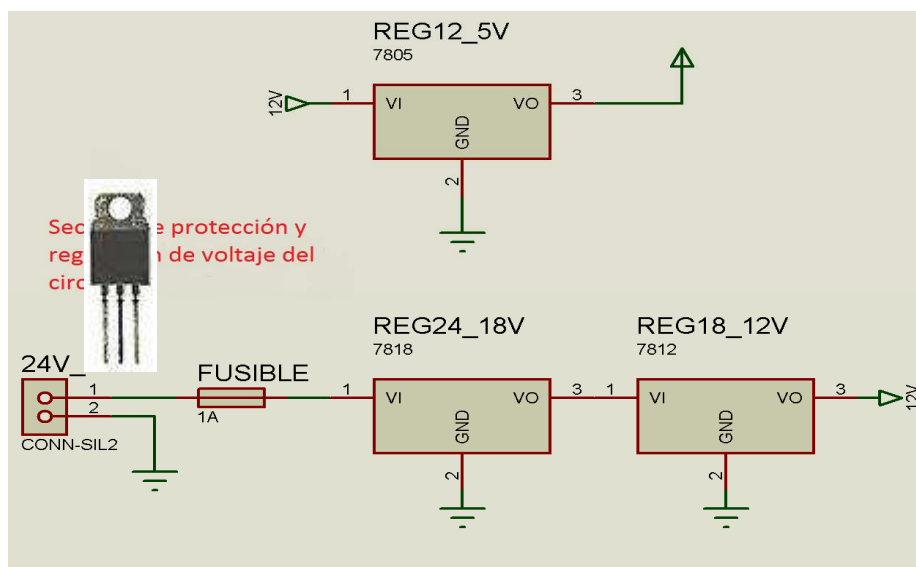


Figura 2.10 Circuito regulador de voltaje

El circuito necesita diferentes valores de voltaje, para su óptimo funcionamiento. Como no podría ser de otra manera, la energía será tomada de la batería del autobús y esta será distribuida en el dispositivo de la siguiente manera.

PARTE DEL DISPOSITIVO	12v	5V (TTL)
Circuito emisor Infrarrojo	X	
Modem GPRS Wavecom	X	
Circuito receptor Infrarrojo		X
Consola principal		X

Tabla 2.2 Distribución de voltaje en el dispositivo.

Normalmente las baterías de un autobús tienen 24v. (Voltios). De la misma manera, esta clase de vehículos al menos posee 2 grupos de baterías, uno dedicado a su funcionamiento elemental (Encendido del vehículo, iluminación básica, panel principal, etc.) y el otro grupo para complementar el habitáculo del autobús (Ventilación, iluminación de pasillos, televisión, DVD, etc.).

La consola principal trabaja con niveles TTL<sup>15</sup> de voltaje, por lo que es necesario adecuar los 24V disponibles. Por una parte se necesita alimentar a toda la consola con 5v y por otro lado es necesario 12v para la conexión de los sensores periféricos encargados del movimiento.

Para conseguir este objetivo se utilizaron los dispositivos de la familia LM78XX, que se encargan de aceptar un voltaje DC y bajarlo a otro, transformando la energía sobrante en calor. Para que esta energía se disipe mejor y se pueda aumentar la corriente se conectaron en paralelo como se muestra en la siguiente figura.

Mientras más alto sea el voltaje de entrada (VI), mayor será el calor disipado. Para evitar este excesivo calor, el circuito maneja los 24v de entrada en tres etapas, antes de alcanzar los 12v y 5v necesarios para el funcionamiento de la consola principal.

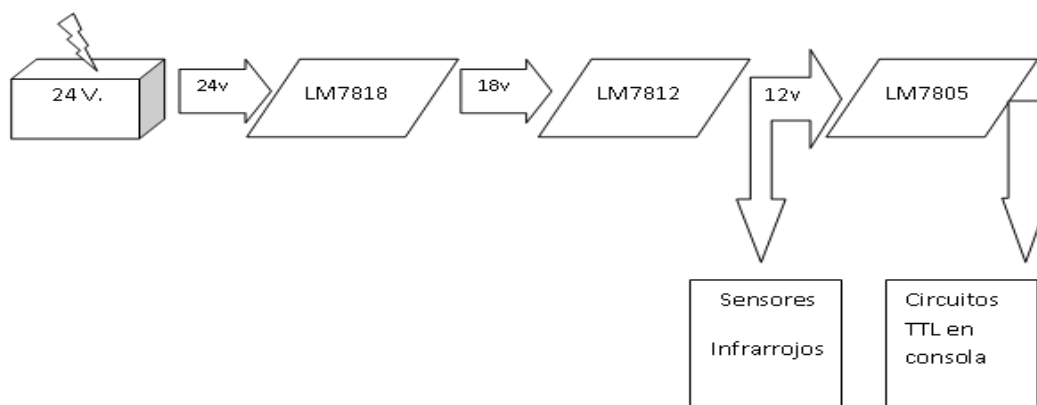


Figura 2.11 Etapas de regulación de voltaje.

<sup>15</sup> Transistor Transistor Logic: 0 - 0.8V nivel bajo (0 lógico) y 2 - 5V nivel alto (1 lógico).

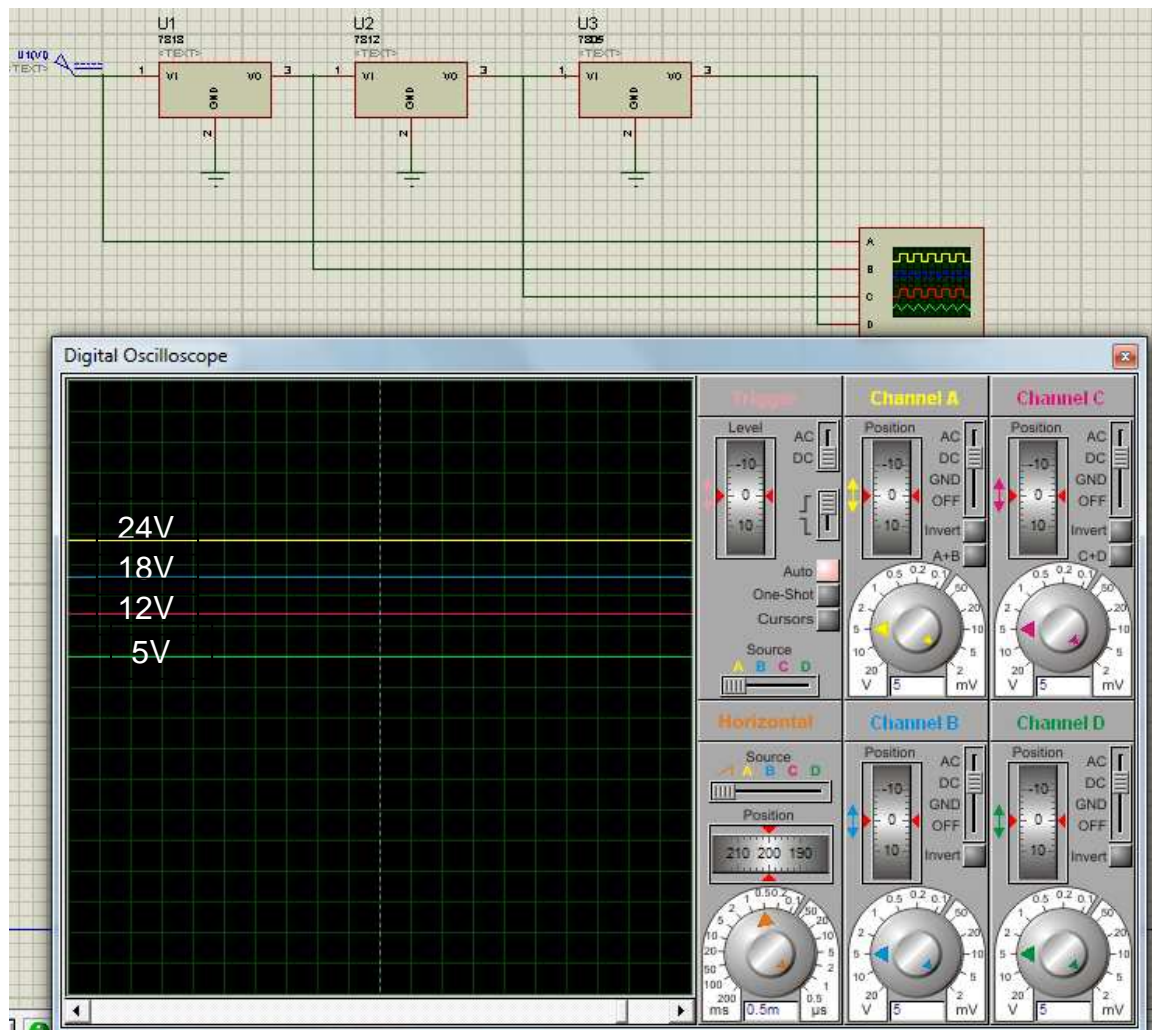


Figura 2.12 Medidas de voltaje tomadas por osciloscopio en Proteus.

Como se puede apreciar en la Figura 2.12, todos los dispositivos de la familia LM78XX son capaces de estabilizar la señal de voltaje a determinado nivel. Además, en lo que tiene que ver con la corriente, estos elementos toleran independiente 1A. Si por alguna razón esta cantidad es superada, el regulador funciona como un fusible que corta el paso de corriente a esa sección del circuito.

De esta manera, todo el circuito se encuentra energizado y con la protección necesaria frente a una sobrecarga por el fusible que existe después de la fuente de alimentación.

### 2.4.1.3. Sección de amplificación de las señales recibidas de los sensores.

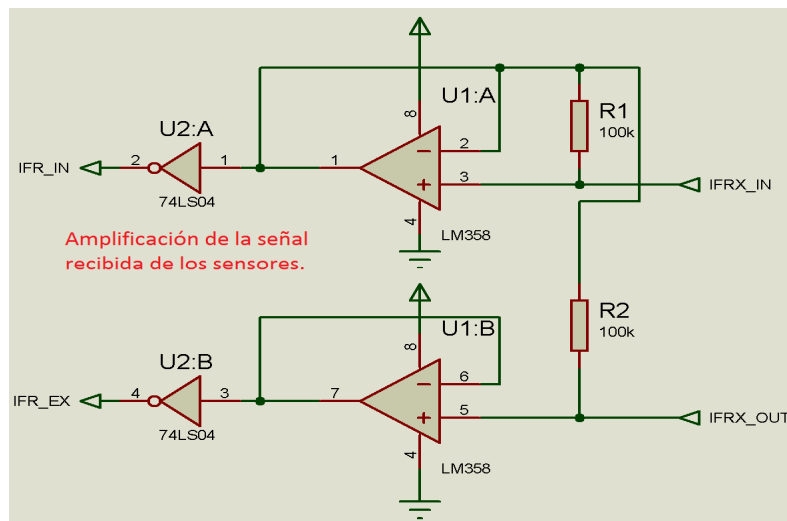


Figura 2.13 Amplificación de señales recibidas.

En el diseño de la consola principal se agregó un puerto de conexión que alimenta los sensores de movimiento. A través de este mismo puerto la consola principal recibe una señal indicando cuando el rayo infrarrojo fue cortado indicando que una persona cruzó (Este punto de detallará más adelante).

La señal que se recibe del par de sensores resulta muy débil para poder ser interpretada por el microcontrolador. Como se mencionó anteriormente, es necesario que las señales que ingresen al microcontrolador se encuentren dentro del rango de los niveles TTL para interpretarse como un 0L o un 1L. Para conseguir este propósito se utilizó el circuito integrado LM358, que es un amplificador operacional inversor (Si la señal de entrada es un 0L devuelve un 1L y viceversa) que basa su funcionamiento en configuraciones y relaciones matemáticas.

El rango de voltaje que devuelve el circuito receptor se encuentra entre 0 y 0.7v para cuando no existe señal infrarroja recibida y de entre 1 y 1.5v cuando el sensor detecta una señal infrarroja.

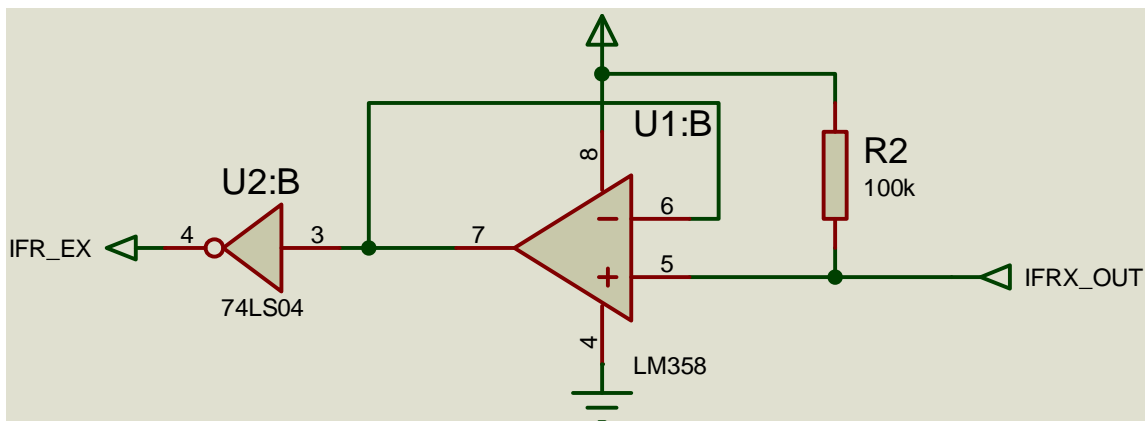


Figura 2.14 Amplificador operacional inversor.

Es necesario aclarar en este punto, que las señales que devuelven los sensores son de lógica negativa, es decir que mientras no haya personas atravesando por el sensor, este envía un 1L. La resistencia ubicada antes de la entrada del pin 5 ( $V_{in}$ ) del LM358 obliga que siempre exista una señal 0L a la salida del amplificador a menos que la señal que llegue desde el sensor infrarrojo la invierta.

Por otro lado el microcontrolador acepta como señal de disparo un 0L. La presencia del circuito integrado LM7404 que es un inversor que trabaja a niveles de TTL, ajusta las señales que salen del amplificador, de manera que puedan ser interpretadas por el microcontrolador.

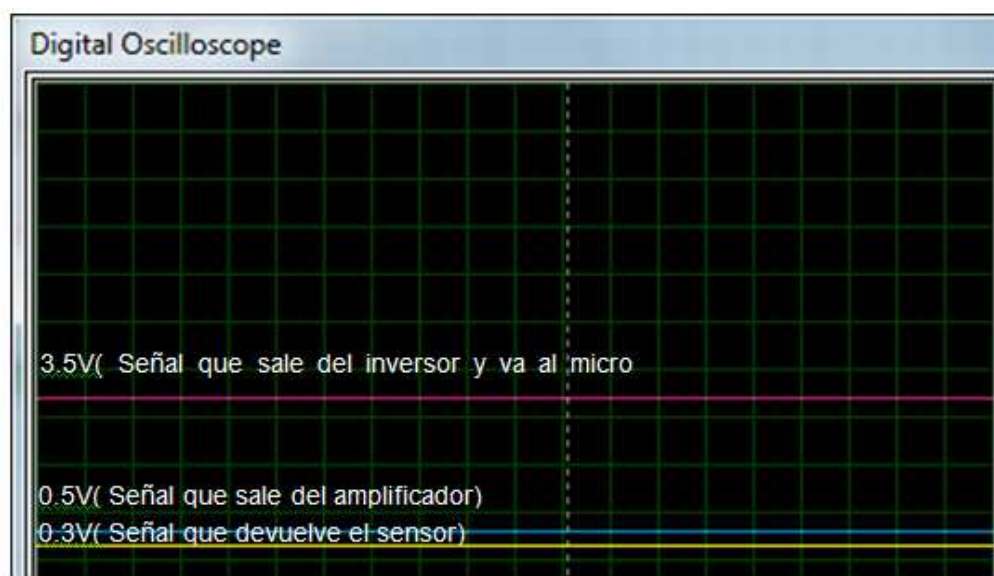


Figura 2.15 Niveles de voltaje en el caso de que se detecte la señal infrarroja



Figura 2.16 Señales cuando se corta la señal infrarroja

Cuando llega una señal de 0L al microcontrolador, se le informa que una persona cruzó por la barrera. Se debe recordar que existen dos barreras infrarrojas. La secuencia en que estas señales llegan al microcontrolador, determinan la dirección del movimiento de la persona que la atravesó.

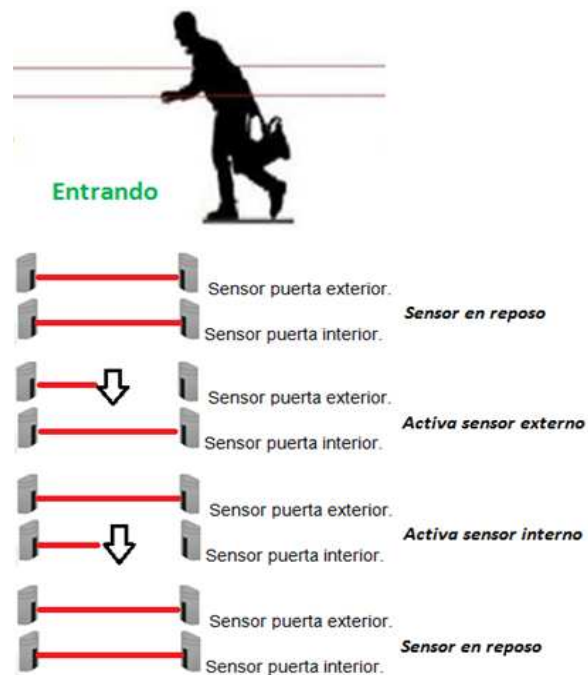


Figura 2.17 Secuencia de activación de sensores, persona entrando.

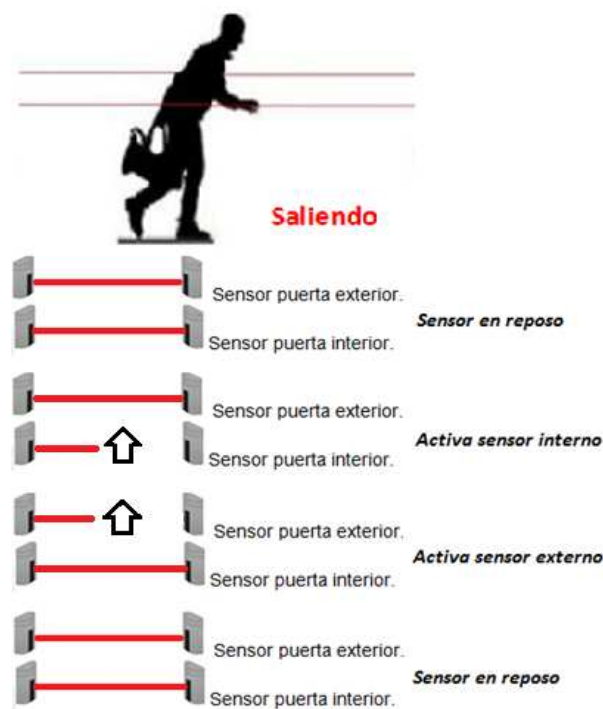


Figura 2.18 Secuencia de activación de sensores, persona saliendo.

#### 2.4.1.4. Sección de regulador de voltaje RS232-TTL.

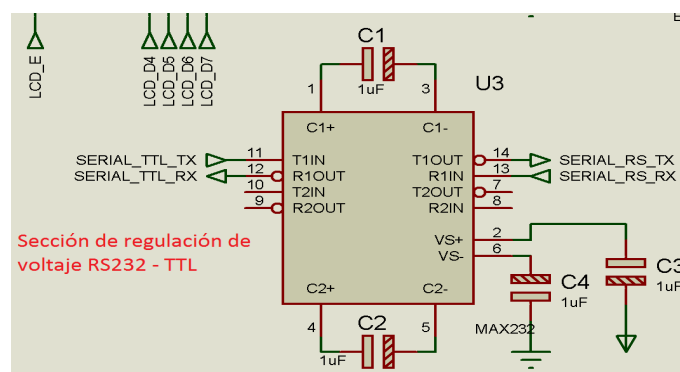


Figura 2.19 Sección de conversión de voltaje RS232 - TTL.

Esta sección se dedica al tratamiento de las señales que se obtienen y se pueden enviar al módulo externo Fastrack Supreme 20. Tanto el módulo como el microcontrolador poseen una interfaz serial para la obtención o solicitud de datos según sea lo requerido. Aunque las características funcionales sean las mismas para ambos casos, las señales eléctricas presentan inconvenientes en la comunicación ya que presentan distintos niveles de voltaje.

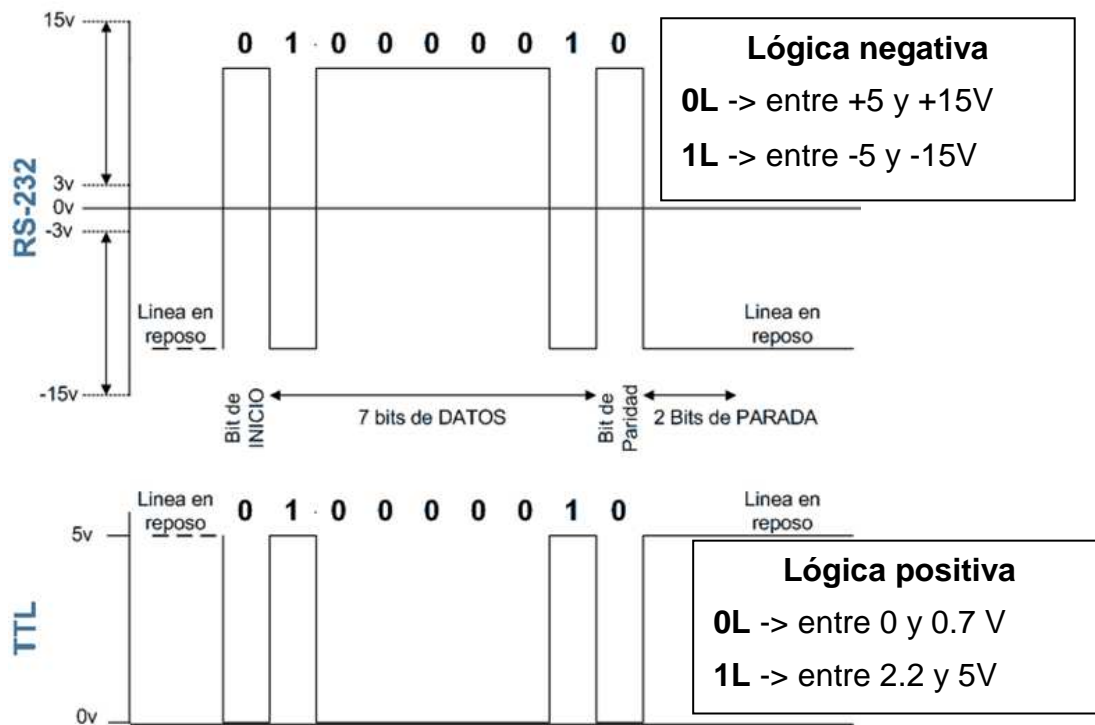


Figura 2.20 Comparación entre señales RS232 y TTL. (44)

Existe en el mercado el circuito integrado *MAX232* producido por la empresa *MAXIM* encargado de realizar la conversión eléctrica respectiva. Es necesario polarizar el integrado y conectar las señales de entrada y salida respectivas para que se pueda interactuar entre dispositivos que manejen niveles TTL y RS232.

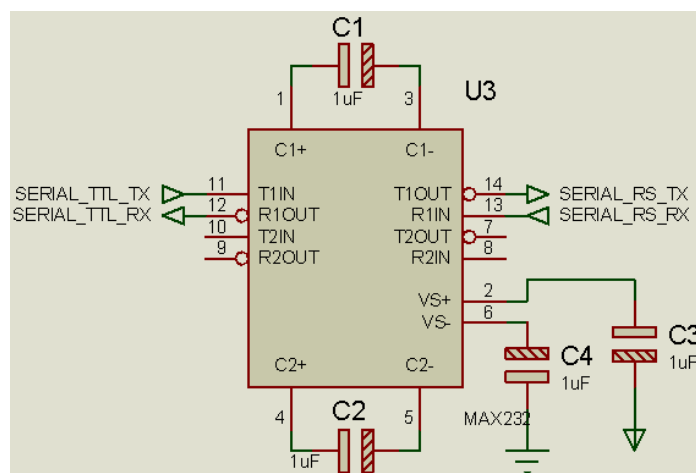
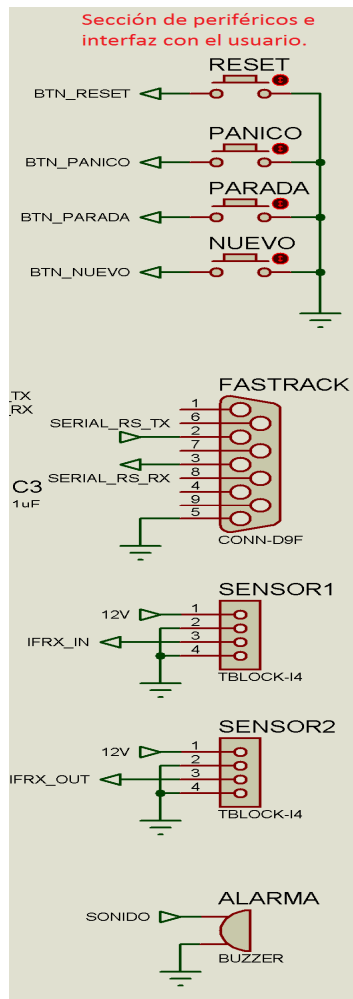


Figura 2.21 Polarización de MAX232.



### 2.4.1.5. Sección de periféricos e interfaz con el usuario.



Como cualquier sistema existen muchas formas de alterar el objetivo para el que fue diseñado. Para prevenir este caso de irregularidades se ha limitado en lo posible el acceso a la configuración al conductor.

El dispositivo no cumpliría su objetivo si no existe necesariamente una colaboración por parte del personal encargado de la conducción del vehículo. Se tomaron medidas que exigen al conductor interactuar con el dispositivo, ya que de no hacerlo, el valor económico que deberá entregar al propietario del autobús será mayor que el captado. Además cualquier evento que se origine en el autobús durante su recorrido siempre enviará información sobre el evento y la posición.

Mientras que si el autobús se encuentra fuera de servicio, se puede programar el módulo para que cada cierto tiempo se envíe únicamente la posición del vehículo.

De esta manera, desde la consola se puede controlar lo siguiente por medio de botones:

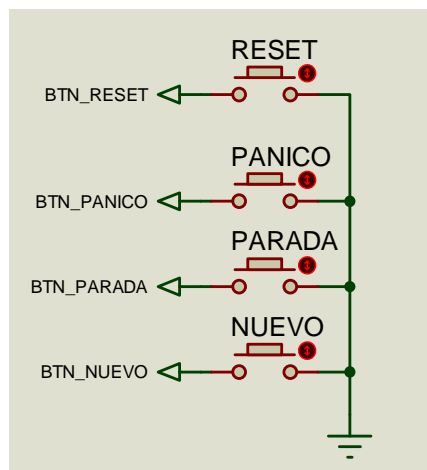


Figura 2.22 Botones a interactuar con el conductor.

**NUEVO.-** Este botón sirve para indicar al dispositivo que está a punto de empezar un nuevo recorrido. Es necesario presionar este botón desde el primer momento que empiecen a subir pasajeros al autobús, ya que si no se lo hace y el vehículo empieza a moverse, se asumirá que el recorrido empezó con el autobús a toda su capacidad de pasajeros. El momento que se presione este botón se enviará al servidor información indicando la posición donde está el autobús.

**PARADA.-** Este botón se encarga de poner en estado de StandBy el mecanismo de contabilización de personas. Esta función es útil cuando el viaje es largo y se realizan paradas para que los pasajeros puedan alimentarse o alguna otra situación en las que todos los pasajeros tengan que bajar. Cuando se presiona el botón, se informa de este hecho al servidor y a su vez se guarda en el dispositivo el número actual de pasajeros. Para controlar que efectivamente se trató de una parada de este tipo y no para recoger pasajeros, el dispositivo compara que al menos hayan pasado los minutos programados para una parada desde el momento que se

presionó por primera vez el botón, caso contrario el sistema asumirá que se recogió pasajeros y se llenaron todos los asientos disponibles.

**PÁNICO.-** Por cuestiones de seguridad en la consola principal se encuentra un botón que envía un mensaje al servidor indicando que una situación de emergencia se presentó. Este mensaje dispara una alerta en el servidor, el encargado de la flota tiene la información del vehículo que se trata y el lugar donde se encuentra. El conductor debe tener claro que este botón debe ser estrictamente utilizado para un caso de emergencia y en una situación que le sea realmente imposible comunicarse como un accidente o en caso de robo.

**RESET.-** Es un botón que no podrá ser accedido por el conductor, solamente un encargado del dispositivo será capaz de accionarlo por motivos de mantenimiento del mismo.

#### **2.4.1.6. Sección de indicadores de conteo, estado y movimiento.**

Si bien el dispositivo a implementar es una herramienta de apoyo para los propietarios de los buses, no se puede aislar totalmente al conductor de la información que está procesando el dispositivo.

La consola principal está diseñada para que el conductor tenga conciencia de la cantidad de personas que están actualmente en el autobús. Además están los indicadores lumínicos que se encienden cuando alguien entra (led verde) o cuando alguien sale (led rojo).

Cuando el dispositivo se ajusta en modo *Parada* una luz color amarillo se encenderá. Mientras esta luz esté encendida, el sistema de contabilización de personas no estará activo. Es posible que el conductor aprovechándose de esta

funcionalidad, recoja pasajeros sin que sean contabilizados. Este detalle se soluciona configurando un tiempo mínimo para este tipo de paradas (Parámetro definido por el dueño del autobús), de manera que si el auto empieza a moverse antes de desactivar esta función o es presionado antes del tiempo configurado de parada, se asumirá que el bus tomó pasajeros y lo llenó.

La pantalla LCD es un indicador general de cualquier información que necesite saber el conductor. La información por defecto que se observa en la pantalla siempre será el número de pasajeros dentro del autobús. Esta información puede cambiar de acuerdo a situaciones que sean detectadas por el sensor. Dependiendo del tipo de información una alarma sonora acompaña la información en la pantalla.

Causas que activen la alarma:

- **Bloqueo por un determinado tiempo de una de las barreras infrarrojas.**

La alarma en este caso indica que una de las barreras ha sido bloqueada más tiempo del permitido y da la posibilidad de que pasen personas sin ser contabilizadas. El dispositivo espera unos cuantos segundos para que el encargado solucione el problema del obstáculo caso contrario se enviará la notificación al servidor y por cada 10 segundos (configurable) que permanezca el obstáculo se agregará un pasajero más a manera de castigo para exigir que no se trate de alterar la contabilización real de pasajeros. Con este tipo de sanción se exige a los responsables del autobús que mantengan el sistema funcional en todo momento y que al mismo tiempo no se vean afectados económicamente por contabilizar pasajeros que no ingresaron.

- **Movimiento del vehículo con las puertas abiertas.**

Una vez que el vehículo se movilice cierta distancia, una alarma exigirá que las puertas de accesos de los pasajeros se cierre. Cuando las puertas están cerradas los contadores se inactivan de manera que si el oficial del autobús

tiene que moverse entre la cabina y el pasillo no se afectará la información sobre el número de personas en el autobús.

- **Cuando no se ha desactivado el estado de *Parada* y se mueve el auto.**

Cuando el indicador de color amarillo permanece encendido, significa que el modo de parada está activo y aun no se ha superado el tiempo mínimo programado para la parada. Si el vehículo se mueve mientras esta opción esta activada la alarma se activará hasta que se desactive la funcionalidad.

## 2.4.2. BARRERA INFRARROJA.

### 2.4.2.1. Diseño del emisor de luz infrarroja.

Dentro de la barrera infrarroja, el componente más sencillo de elaborar es el emisor.

El circuito consta principalmente de los siguientes elementos.

- Circuito integrado 555
- Grupo de reguladores de voltaje (similar al de la placa principal).
- LED Infrarrojo.
- Resistencias (Incluido una variable para ajuste de frecuencia de emisión).

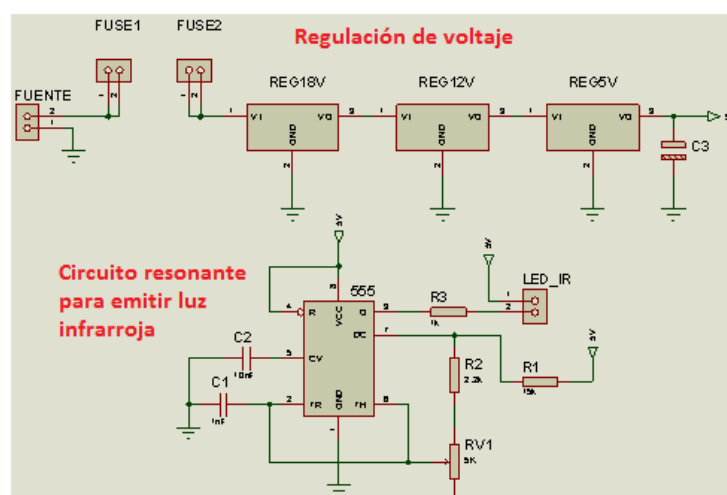


Figura 2.23 Emisor luz IR<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> IR: Infrarrojo.

### 2.4.2.1.1. Regulación de voltaje.

Esta sección es exactamente igual a la que alimenta la placa principal. Es necesario que el emisor tenga una fuente aislada para evitar que la oscilación producida por el integrado LM555 no afecte al resto de los componentes del dispositivo a bordo.

Se utilizan circuitos integrados de la familia LM78XX, para bajar gradualmente el voltaje y mantener la corriente del circuito emisor estable. Para que el oscilador LM555 genere una frecuencia más estable, se desciende el voltaje hasta 5V.

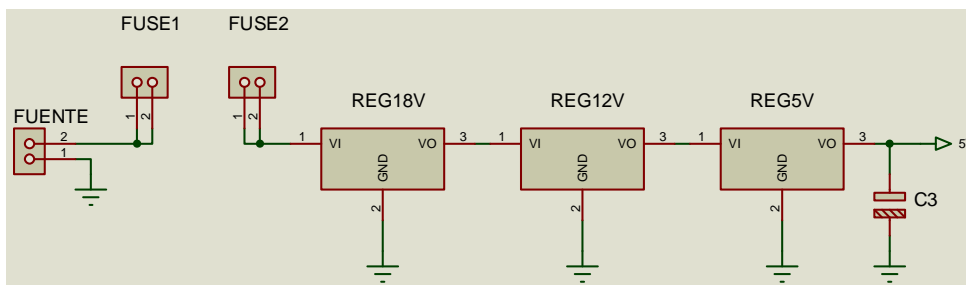
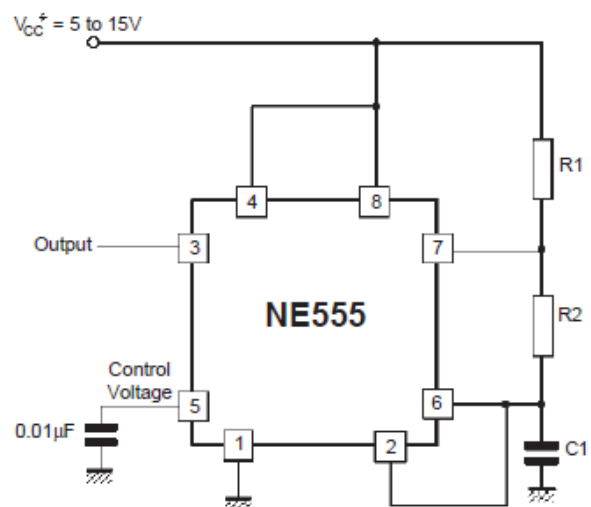


Figura 2.24 Circuito regulador de voltaje emisor IR.

### 2.4.2.1.2. Circuito resonante para emisión de luz.

La oscilación es una de las varias funcionalidades que tiene el integrado LM555. La configuración y el valor de los elementos que lo polarizan establecen la frecuencia generada basada en la siguiente relación matemática.

$$T = 0.693(R_1 + 2R_2) \cdot C_1$$



Cualquiera que sea la frecuencia que se logre generar en el emisor, debe ser la misma que espera recibir el receptor. Los valores que recomienda el fabricante dependen del valor de voltaje de alimentación y de la función que se necesite. En la figura

<b>Electrical Characteristics</b> (Notes 1, 2)					
(T <sub>A</sub> = 25°C, V <sub>CC</sub> = +5V to +15V, unless otherwise specified)					
Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		16	V
Supply Current	V <sub>CC</sub> = 5V, R <sub>L</sub> = ∞ V <sub>CC</sub> = 15V, R <sub>L</sub> = ∞ (Low State) (Note 4)		3 10	6 15	mA
Timing Error, Monostable	R <sub>A</sub> = 1k to 100kΩ, C = 0.1μF, (Note 5)		1		%
Initial Accuracy			50		ppm/°C
Drift with Temperature			1.5		%
Accuracy over Temperature			0.1		%/V
Timing Error, Astable	R <sub>A</sub> , R <sub>B</sub> = 1k to 100kΩ, C = 0.1μF, (Note 5)		2.25		%
Initial Accuracy			150		ppm/°C
Drift with Temperature			3.0		%
Accuracy over Temperature			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667		x V <sub>CC</sub>
Trigger Voltage	V <sub>CC</sub> = 15V		5		V
	V <sub>CC</sub> = 5V		1.67		V
Trigger Current			0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 6)		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	V <sub>CC</sub> = 15V	9	10	11	V
	V <sub>CC</sub> = 5V	2.6	3.33	4	V
Pin 7 Leakage Output High			1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 7)					

Figura 2.25 Tabla de valores elementos pasivos de circuito LM555

Con estas consideraciones se asumen los siguientes valores:

R1= 15k

R2= 2.2k + 5k (variable)

C1= 1nF

Si se utiliza los datos en la fórmula:

$$T = 0.693(15 + 2 \cdot 7.2) \cdot 1^{-9}$$

$$T = 0.0000000203742$$

$$f = 49,081\text{Mhz}$$

$$T = 0.693(15 + 2 \cdot 2.2) \cdot 1^{-9}$$

$$T = 0.0000000134442$$

$$f = 74.38\text{Mhz}$$

Con la presencia de la resistencia variable, la frecuencia en la que se enciende el LED infrarrojo puede variar entre aproximadamente 49 y 74 MHz. Provocar esta oscilación tiene algunos beneficios cuando se trata de energizar un LED.

- Alargar la vida útil del LED, permanece menos tiempo encendido.
- Aumentar el alcance de la luz emitida.
- Tener una directividad más pronunciada.

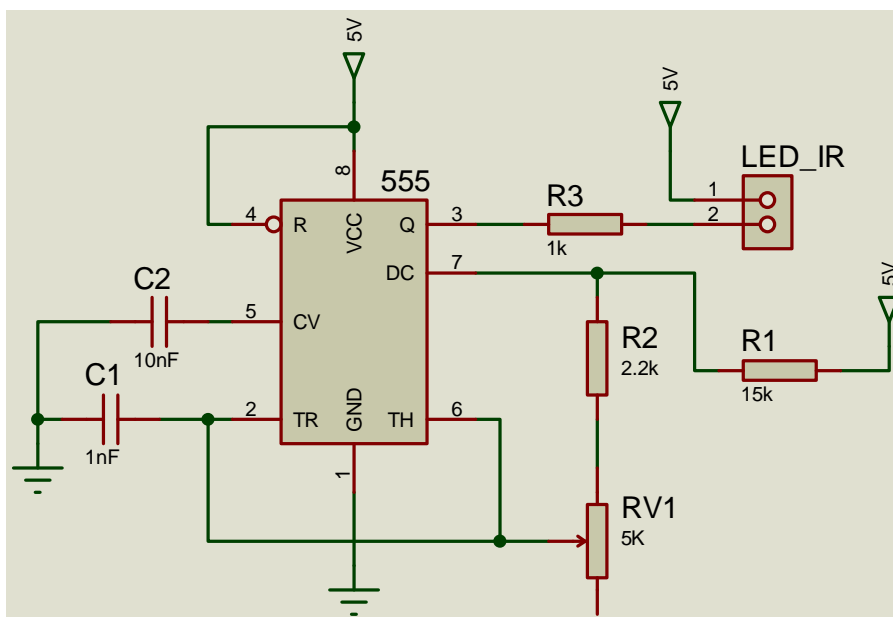


Figura 2.26 Circuito resonante emisor luz infrarroja.

A la salida del oscilador (Pin 3) se encuentra una resistencia que se encarga de manera básica únicamente de aumentar la corriente para encender el LED Infrarrojo.



#### 2.4.2.2. Diseño del receptor de luz infrarroja.

El diseño del receptor de luz infrarroja es más complicado que el del emisor. Lo complicado no radica en los cálculos, sino en lo repetitivo de los amplificadores que se utilizan.

Los elementos que forman parte de este circuito son:

- Reguladores de voltaje.
- Transistores 2N3904 y 2N3906.
- Diodos 1N4148 y 1N4007.
- Resistencias.
- Capacitores.
- Receptor de luz infrarroja.
- Led indicador para alineación de barrera.

Como se mencionó en el punto anterior, es necesario que entren en un estado de resonancia tanto el circuito emisor como el receptor. El término resonancia se refiere a que ambas partes se encuentren oscilando a la misma frecuencia.

La resonancia permitirá que las señales de luz enviadas desde el circuito emisor puedan ser reconocidas en el lado del receptor infrarrojo. El sensor reacciona a las señales recibidas con una salida de voltaje débil por uno de sus pines. Esta señal debe pasar por un proceso de amplificación tanto en voltaje como en corriente para que pueda ser convertida en niveles TTL y pueda ser interpretada por el microcontrolador.

En la figura 2.27 se puede observar el diseño del circuito receptor Infrarrojo.

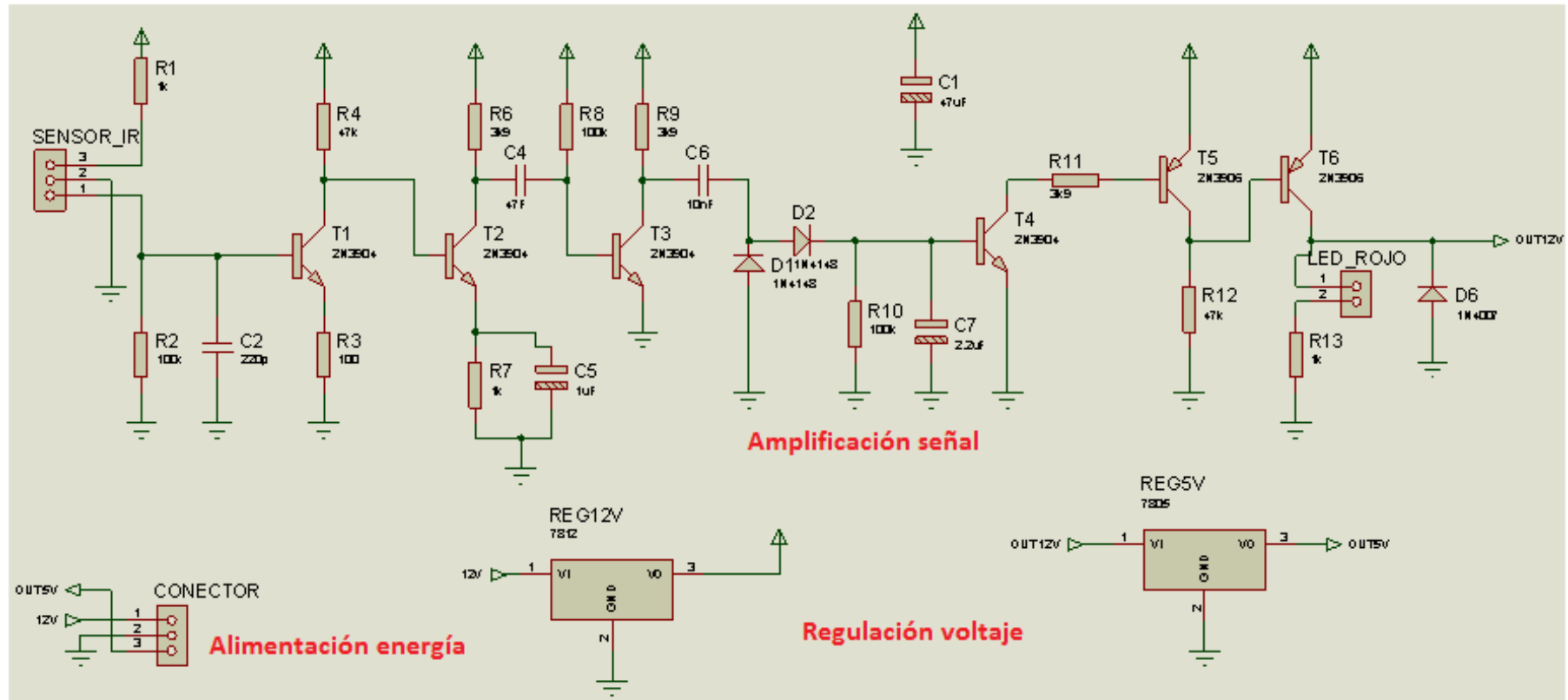


Figura 2.27 Diseño del circuito receptor IR.

### 2.4.2.2.1. Alimentación de energía

A diferencia del emisor de luz IR, el receptor necesita compartir la misma fuente de energía que el microcontrolador para tener la misma señal de referencia y así poder interpretar las señales de entrada.

La energía para esta placa la suministra la consola principal, pero para estabilizar la corriente se utiliza otro regulador LM7812.

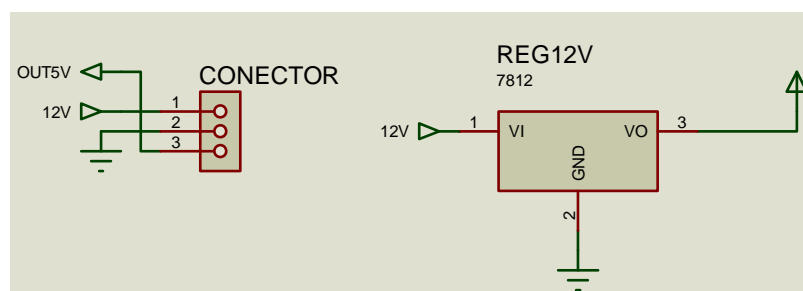


Figura 2.28 Circuito regulador de voltaje receptor IR.

El conector que se encuentra en esta placa, alimenta y a su vez regresa la señal que obtuvo el sensor. Como el microcontrolador trabaja en niveles TTL antes de devolver la señal de resultado a la placa principal la tiene que estabilizar, de manera que se utiliza un regulador LM7805.

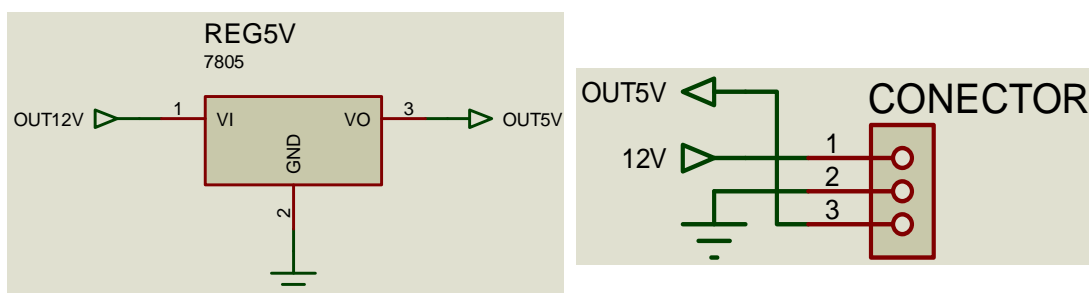


Figura 2.29 Regulación de voltaje a 5v.

#### 2.4.2.2.2. Amplificación de la señal

La señal que recibe el receptor infrarrojo, es interpretada y se refleja como una señal de voltaje en su Pin de salida (Puede variar dependiendo del modelo). El valor del voltaje que emite el receptor infrarrojo no es de tipo TTL, su valor depende mucho de la frecuencia con la que está trabajando el emisor y la distancia.

Por esta razón es que el sistema posee varias etapas de amplificación, la señal resulta muy débil y variable cuando sale del receptor. Es posible ampliar en una sola etapa ese valor, pero la corriente no sería suficiente ni para encender un LED, peor aún para que un microcontrolador pueda interpretar la señal.

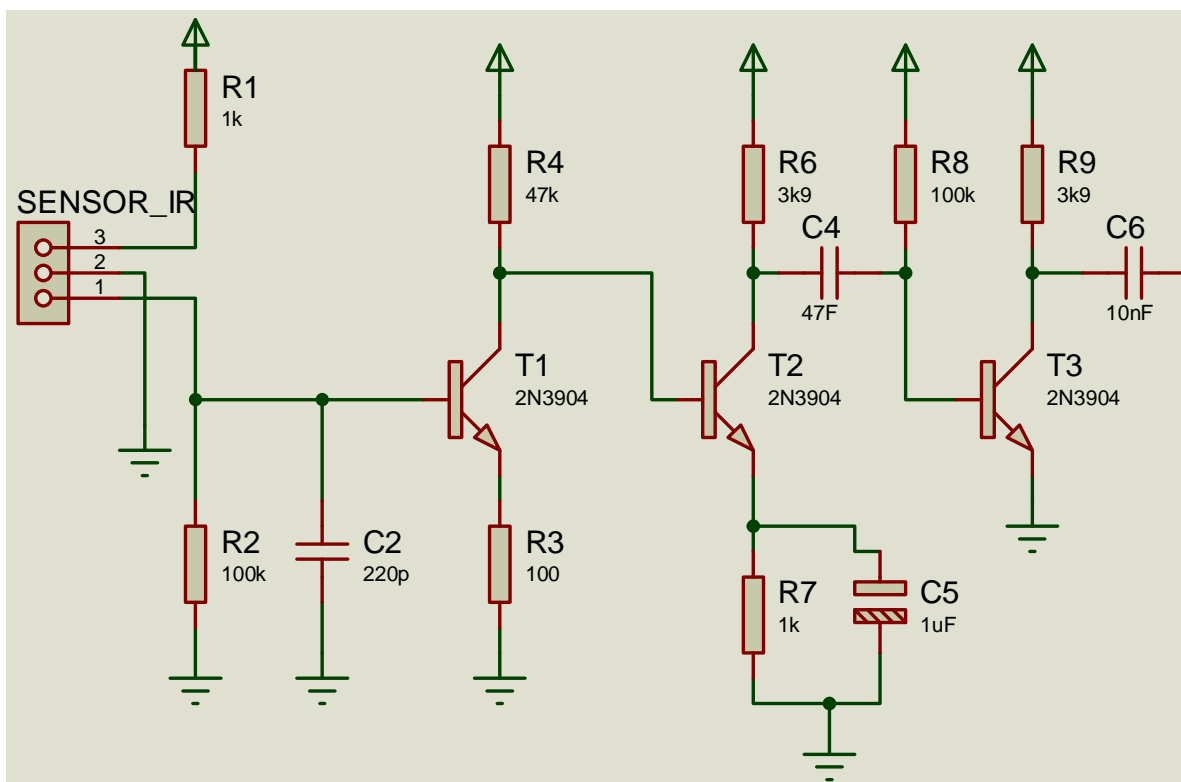


Figura 2.30 Amplificación de señal receptada.

### 2.4.3. INTEGRACIÓN CON EL MÓDULO GSM/GPRS/GPS.

#### 2.4.3.1. Descripción módulo.

El módulo utilizado para la transmisión de los datos es el Fastrack Supreme 20 de Wavecom, uno de los equipos más avanzados que presenta características muy interesantes, incluso el de poder admitir módulos de expansión para incrementar sus aplicaciones.

Comercialmente el módulo estándar únicamente actúa como un equipo GSM/GPRS/EDGE es decir que tiene capacidades como:

- Envío/recepción de SMS. (GSM)
- Realización/recepción de llamadas. (GSM)
- Envío/recepción de paquetes por medio del protocolo TCP/IP. (GPRS/EDGE)

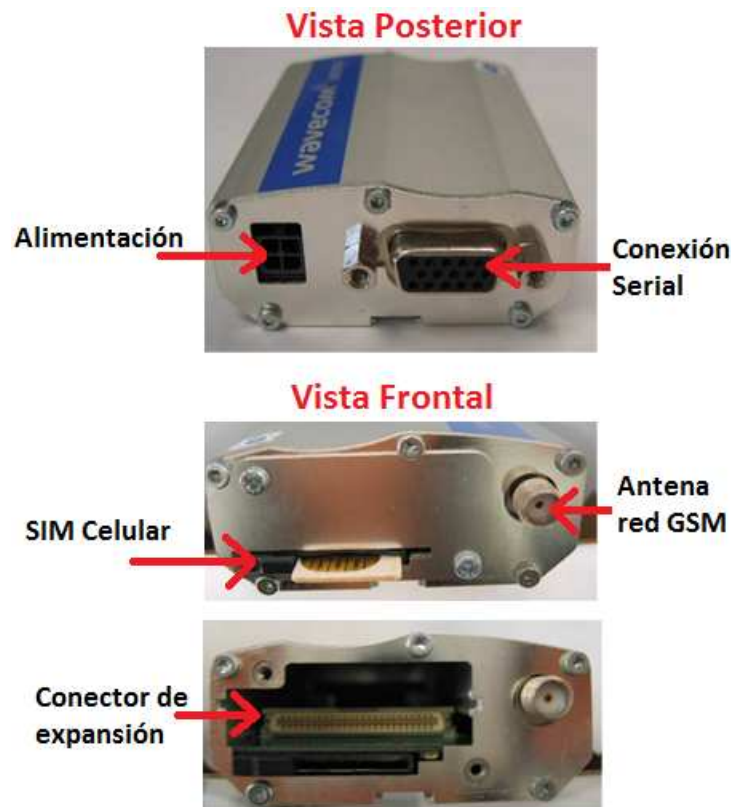


Figura 2.31 Descripción general del modem.

El módulo posee un zócalo llamado IESM (del inglés *Internal Expansion Socket Module*) que admite ciertos módulos de expansión:

- IESM IO + USB
- IESM GPS + USB
- IESM IO + USB + GPS
- IESM Ethernet

De los 4 módulos que admite el Fastrack Supreme 20, el que se utiliza es el IESM GPS+USB. Este módulo incorpora a todas las funcionalidades GSM estándar, la posibilidad de hacer la lectura de su posición basado en la red de satélites del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

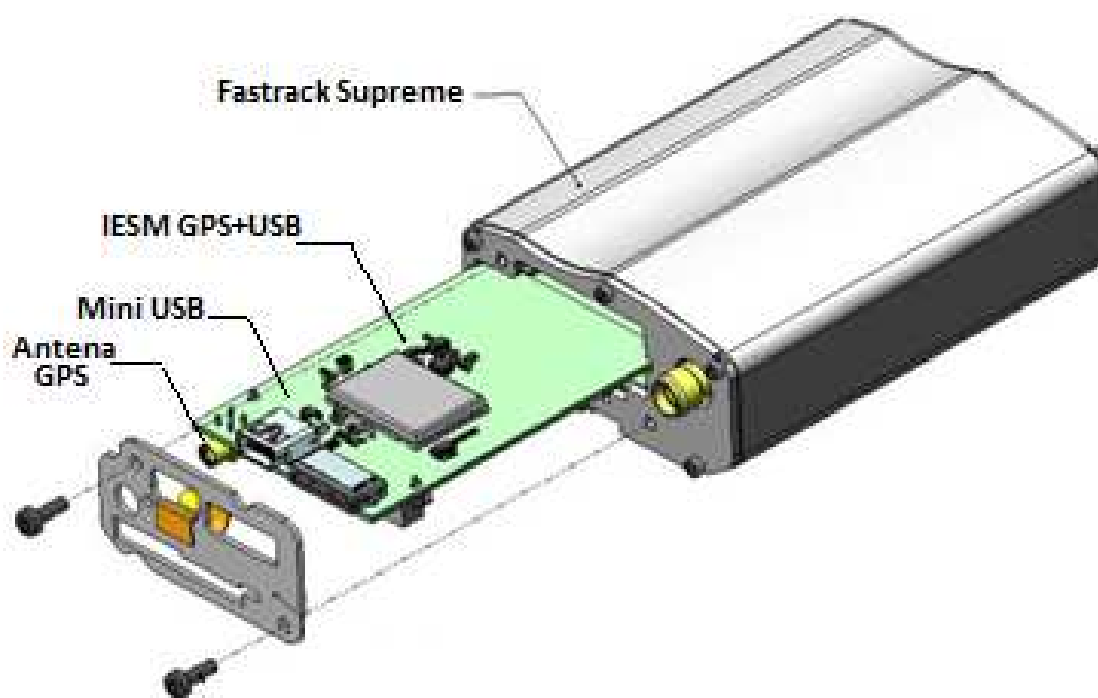


Figura 2.32 Módulo de expansión GPS.

En el módulo de expansión es necesaria una antena para poder receptar las señales GPS de los satélites. La antena tiene la sensibilidad suficiente para recibir estas señales en espacios abiertos y el CPU encargado de editar esta información, pone a disposición los datos para que el procesador del Fastrack haga las

consultas que se le hayan indicado por medio del programa que controla al dispositivo.

#### 2.4.3.2. Conexión con el módulo.

El módulo Fastrack posee un interfaz serial con estas características fundamentales.

- **Mecánicas.-** conector tipo D de 15 pines.
- **Eléctricas.-** 0L (+5 a +15v) y 1L (-15 a -5v).
- **Funcionales.-** Estándar RS232.

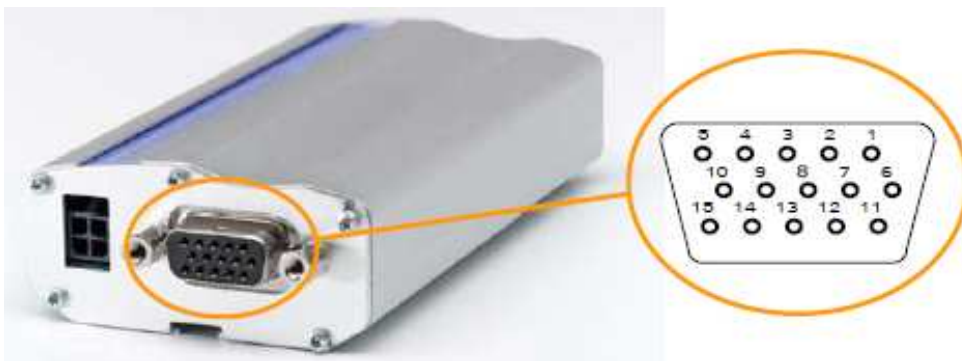


Figura 2.33 Distribución de pines conexión serial.

A continuación se describen cada uno de los pines asociado al estándar RS232.

# PIN	SEÑAL	E/S	DESCRIPCIÓN
1	CDCD	S	Data Carrier Detect
2	CTXD	E	Transmit Serial Data
3	BOOT	E	Boot
4	CMIC2P	E	Línea positiva del micrófono
5	CMIC2N	E	Línea positiva del micrófono

# PIN	SEÑAL	E/S	DESCRIPCIÓN
6	CRXD	S	Receive Serial Data
7	CDSR	S	Data Set Ready
8	CDTR	E	Data Terminal Ready
9	GND	-	Ground
10	CSPK2P	S	Línea positiva del parlante
11	CCTS	S	Clear to Send
12	CRTS	E	Request to Send
13	CRI	S	Ring indicator
14	RESET	E/S	Reset mecánico del módulo
15	CSPK2N	S	Línea negativa del parlante

Tabla 2.3 Distribución de pines estándar RS232. (46)

La comunicación que se va a utilizar entre el módulo y el microcontrolador es asincrónica *null modem*, lo que significa que de los 15 pines, únicamente 3 serán los utilizados.

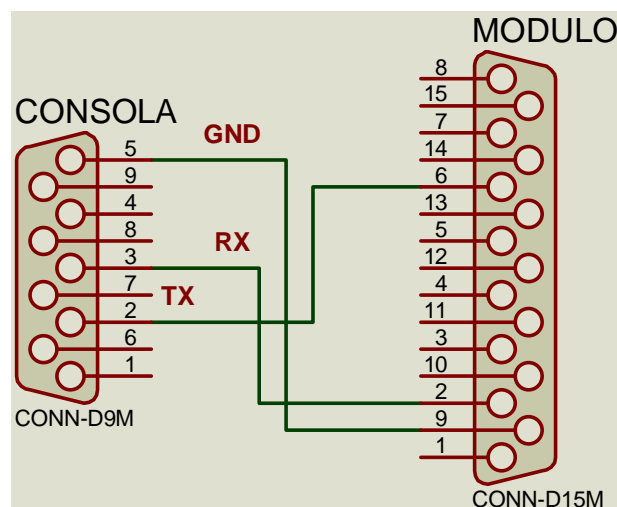


Figura 2.34 Conexión serial entre módulo y consola.



En la consola principal, el circuito integrado *MAX232* espera estas señales para convertirlas a niveles TTL y que puedan ser interpretadas por el microcontrolador.

#### 2.4.3.3. Comandos AT definidos en el módulo.

El módulo Wavecom necesita recibir comandos a través del puerto serial ya sea para configuración o envío de mensajes. Estos comandos son enviados desde el puerto serial del microcontrolador en un determinado momento.

#### Comando de configuración:

- ***AT+APN="apn", "usuario", "clave"***

Configura los parámetros de la red GPRS para poder acceder a Internet por medio de la red celular del proveedor. Sin importar el servicio celular utilizado, este debe tener un nombre de punto de acceso (apn), un usuario y una clave para registrar el terminal móvil en el Internet.

- ***AT+DIRECCION\_SERVIDOR="ipServidor", #puerto***

Se indica cual es la dirección IP pública del servidor remoto donde se encuentra la aplicación y el puerto en el que se va a establecer el socket para la comunicación UDP.

- ***AT+UNIDAD=numeroUnidad***

Se registra en el módulo Wavecom el número del autobús.

- ***AT+NUMERO\_VIAJE=numeroViaje***

Se registra en el módulo Wavecom el identificador del viaje.

- **AT+TIEMPO\_REPORTE=segundosEnvíoAutomatico**

El modulo Wavecom por defecto envía automáticamente las tramas de información al servidor cada un cierto número de segundos. Este tiempo puede ser parametrizable con este comando.

#### Comandos de envío de mensajes:

**AT+MENSAJE= "codigo",pasajerosEnBus,pasajerosIn,PasajerosOut, hora,fecha**

Este comando permite enviar información sobre la condición de los sensores y el modo en el que se encuentra el dispositivo según los datos que se envíe en el campo "código".

Además por defecto se envía el número de pasajeros que se encuentran en el bus el momento de generación del mensaje. Para control de las tarifas también se envía el número de pasajeros que entraron y salieron hasta ese momento del recorrido

La hora y la fecha del envío de la trama indican el momento en que se genera la información. La hora tiene el formato hh:mm:ss y la fecha aaaammdd.

A continuación se indican los valores que puede tomar el campo código:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
STBY	Cuando se activa el modo <i>Stand By</i> .
STBN	Cuando se activa el modo <i>Recorrido</i> después de estar en modo <i>Stand By</i> .
STBG	Cuando se envía información de la posición del vehículo mientras se encuentra en modo <i>Stand By</i> .

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
STPY	Cuando se activa el modo <i>Parada</i> .
STPN	Cuando se activa el modo <i>Recorrido</i> después de haber estado habilitado el modo <i>Parada</i> .
STPG	Cuando se envía información de la posición del vehículo mientras se encuentra en modo <i>Parada</i> .
PASJ	Cuando indica una actualización del número de pasajeros
SOSY	Cuando se presiona el botón de pánico en el dispositivo
PRTY	Cuando se informa que la puerta del vehículo está abierta
EIOS	Cuando se informa que ambos sensores están bloqueados
EOUT	Cuando se informa que el sensor externo está bloqueado.
EINT	Cuando se informa que el sensor interno está bloqueado.

Tabla 2.4 Códigos de los mensajes enviados al servidor remoto.

#### 2.4.4. RESPUESTA DEL DISPOSITIVO FRENTE A LOS EVENTOS

El funcionamiento del dispositivo se basa en modos. Los modos determinan como debe funcionar el sistema de contabilización y la información que debe transmitirse. El dispositivo se puede enfrentar a varias situaciones que deben ser procesadas inteligentemente con el objetivo de mantener un registro exacto de los pasajeros que usan el autobús.

Utilizando la ayuda del programa Proteus, se procederá a demostrar la reacción del dispositivo a bordo frente a las situaciones que se presentan en un autobús. Es necesario recordar que el dispositivo a bordo interactúa con el módulo WAVECOM en determinadas ocasiones, para transmitir información al servidor. Esta transmisión se analizará con detalle en un capítulo posterior.

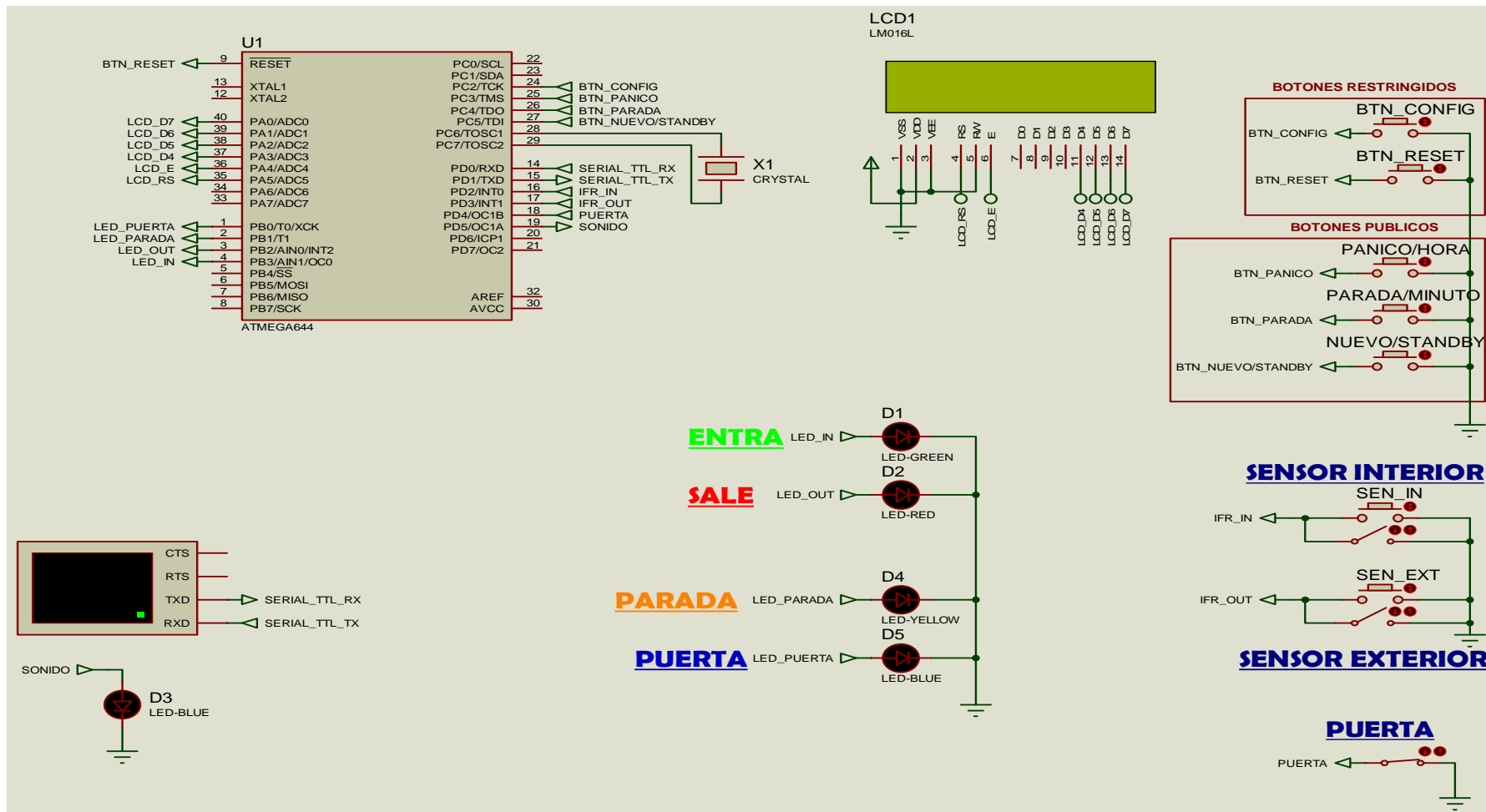


Figura 2.35 Simulación del dispositivo en el programa Proteus.

#### 2.4.4.1. Estado de reposo.

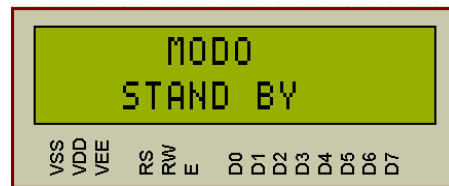


Figura 2.36 Imagen LCD modo de reposo.

El dispositivo se encuentra en este estado la primera vez que se inicia o cuando se activa mediante el botón de *STAND BY*.

Durante este modo el dispositivo no contabiliza pasajeros, pero está configurado para que cada cierto tiempo (programable) se envíe la señal de la posición al servidor principal. Por el puerto serial se envía estos mensajes.

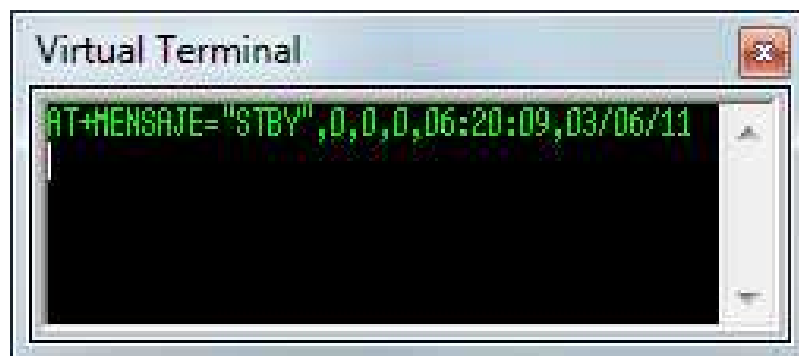


Figura 2.37 Envío de datos al módulo externo modo *stand by*.

Por el puerto serial se envía una primera trama al módulo externo que indica la activación del modo con este formato:

*AT+MENSAJE='STBY',0,0,0,06:20:09,03/06/11*

Interpretación del mensaje:

El sistema a bordo cambió a estado *Stand By* el día 03/06/11 a las 06:20 horas cuando no se ha subido ni se ha bajado ningún pasajero.

Luego, automáticamente se enviará una trama como la siguiente para indicar la posición del autobús:

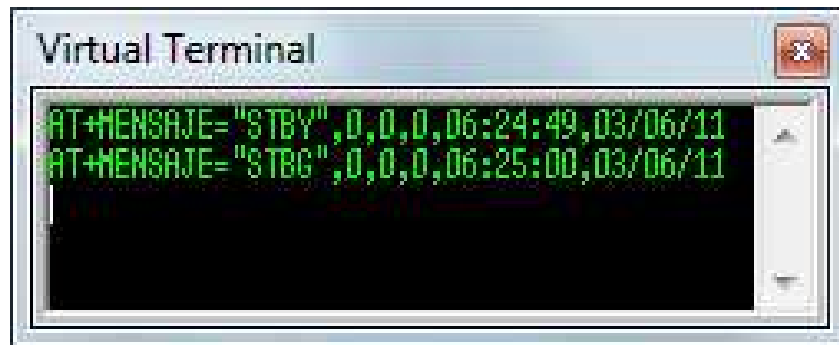


Figura 2.38 Envío de posición mientras está en modo Stand By.

Trama de ejemplo:

*AT+MENSAJE="STBG",0,0,0,06:25:00,03/06/11*

Interpretación del mensaje:

El autobús permanece en modo *Stand By* el día 03/06/11 a las 06:25 horas cuando no se ha subido ni se ha bajado ningún pasajero.

#### 2.4.4.2. Inicio de un recorrido.

Cuando el dispositivo se encuentra en el modo de STAND BY, con el mismo botón, se indica que el autobús está a punto de empezar un nuevo recorrido. La secuencia de notificaciones en el indicador LCD es la siguiente:



Figura 2.39 Imagen inicio de recorrido.

Para indicar al servidor que se habilitó el recorrido y se inició la contabilización de pasajeros se envía la siguiente trama:



Figura 2.40 Envío de datos al módulo externo inicio de recorrido.

Trama de ejemplo:

*AT+MENSAJE="STBN",0,0,0,07:00:34,03/06/11*

Interpretación del mensaje:

El sistema pasa a modo *Recorrido* después de haber estado en modo *Stand By* el día 03/06/11 a las 07:00 horas cuando no se ha subido ni se ha bajado ningún pasajero.

#### 2.4.4.3. Ingreso y salida de pasajeros.

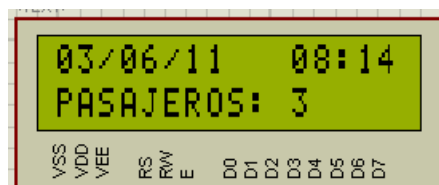


Figura 2.41 Indicador de pasajeros.

Cuando los sensores detectan el movimiento de las personas, se muestra en la pantalla solo el número actual de pasajeros que se encuentran en el autobús. Cada cierto número de minutos (programable) la información sobre los pasajeros se envía al servidor con el siguiente mensaje.



Figura 2.42 Envío de datos número pasajeros.

Trama ejemplo:

*AT+MENSAJE="PASJ",3,4,1,08:14:00,03/06/11*

Interpretación del mensaje:

Se indica al servidor que han ingresado hasta las 08:14 de día 04/06/11, 4 pasajeros, ha salido 1 pasajero y están actualmente en el vehículo 3 pasajeros. Pasado el tiempo estipulado para el envío automático de los pasajeros, una vez más se informa al servidor la información referente al número de los mismos.

#### 2.4.4.4. Parada programada.

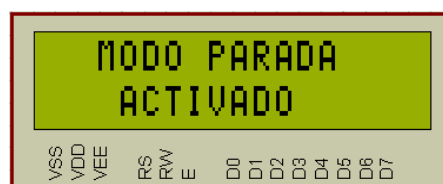


Figura 2.43 Imagen parada programada.



Esta funcionalidad se diseñó con la finalidad de pausar por unos momentos el sistema de contabilización. Por ejemplo, si el recorrido tiene programado detenerse para tomar algún refrigerio, los pasajeros tendrán que bajar y volver a subir al menos luego de un determinado tiempo. Para notificar al servidor remoto que se habilitó este modo se envía este mensaje:

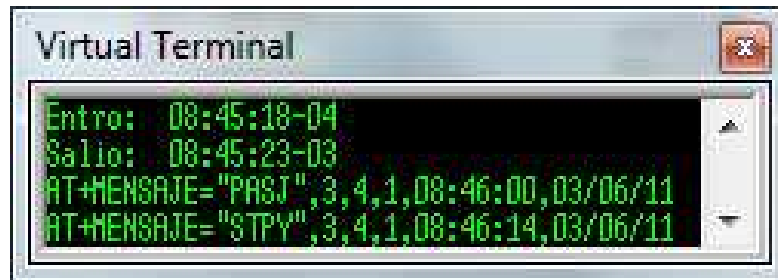


Figura 2.44 Envío mensaje de modo parada activado.

Trama de ejemplo:

```
AT+MENSAJE="STPY",3,4,1,08:46:14,03/06/11
```

Interpretación del mensaje:

El sistema pasa a modo *Parada* el día 03/06/11 a las 08:46 horas cuando hay 3 pasajeros en el vehículo y durante todo el recorrido han abordado 4 y ha bajado 1 pasajero.

Cuando se activa esta funcionalidad, se envía un mensaje al servidor y un indicador luminoso (LED) en la consola del dispositivo se encenderá. Si el vehículo se mueve antes del tiempo estipulado se asume que se trató de alterar el sistema de contabilización y se castiga asumiendo que durante esa parada se llenó el bus completamente. El conductor podrá darse cuenta de que el tiempo está cumplido cuando el indicador luminoso empiece a parpadear. Esta medida no será visible en el dispositivo a bordo, pero sí lo será en el reporte de viaje en el lado del servidor remoto.

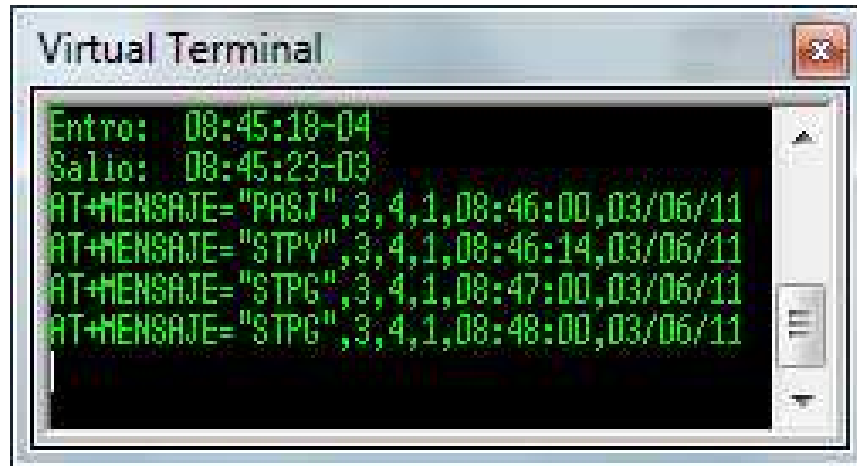


Figura 2.45 Mensaje de posición cuando está en modo Parada.

Trama de ejemplo:

```
AT+MENSAJE="STPG",3,4,1,08:49:59,03/06/11
```

Interpretación del mensaje:

El sistema permanece en modo *Parada* el día 03/06/11 a las 08:49 horas cuando hay 3 pasajeros y durante todo el recorrido han abordado 4 y ha salido 1 pasajero.

Cuando el conductor regresa al vehículo y se dispone a continuar con el recorrido debe presionar el mismo botón, es decir el de *Parada*. Al servidor se comunica el momento en que se desactivo la funcionalidad y el dispositivo nuevamente es capaz de contabilizar los pasajeros.



Figura 2.46 Mensaje desactivación del modo Parada.

Trama de ejemplo:

*AT+MENSAJE="STPN",3,4,1,08:50:16,03/06/11*

Interpretación del mensaje:

Se vuelve a habilitar el sistema de contabilización después de estar en modo *Parada* el día 03/06/11 a las 08:50 horas cuando hay 3 pasajeros y durante todo el recorrido han abordado 4 y ha salido 1 pasajero.

Luego de la activación se habilitará nuevamente la contabilización de pasajeros y el conductor podrá visualizar nuevamente los pasajeros en su unidad.

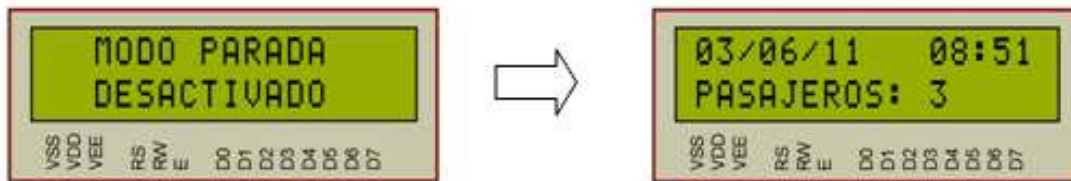


Figura 2.47 Reinicio del recorrido desde el modo parada.

#### 2.4.4.5. Alteración de uno o ambos sensores.

Durante el proceso normal de contabilización de personas, puede presentarse la posibilidad de que accidentalmente o voluntariamente se afecte el mecanismo de contabilización de pasajeros.

Lo común será que los sensores infrarrojos se bloqueen, en estos casos se indicará al conductor en la pantalla cual es el sensor bloqueado acompañado de la alarma sonora.

### Sensor interno bloqueado:



Figura 2.48 Información de bloqueo de sensor interno.

Trama de Ejemplo:

*AT+MENSAJE="EINT",3,4,1,08:52:04,03/06/11*

Interpretación del mensaje:

El sensor interno está bloqueado el día 03/06/11 a las 08:52 horas cuando hay 3 pasajeros y durante todo el recorrido han abordado 4 y ha salido 1 pasajero.

### Sensor externo bloqueado:

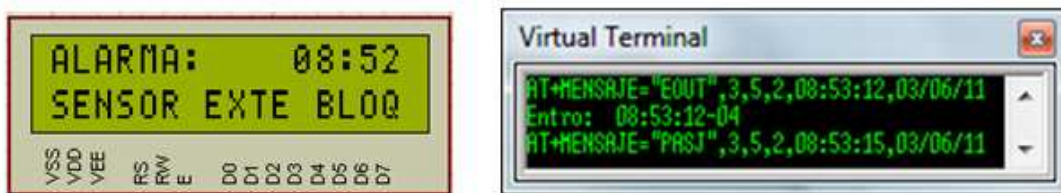


Figura 2.49 Información de bloqueo de sensor externo.

Trama de Ejemplo:

*AT+MENSAJE="EOUT",3,5,2,08:53:12,03/06/11*

Interpretación del mensaje:

El sensor externo está bloqueado el día 03/06/11 a las 08:53 horas cuando hay 3 pasajeros y durante todo el recorrido han abordado 5 y han salido 2 pasajeros.

### Ambos sensores bloqueados:



Figura 2.50 Información de bloqueo de sensores.

Trama de Ejemplo:

*AT+MENSAJE="EIOS",3,6,3,08:53:59,03/06/11*

Interpretación del mensaje:

Ambos sensores están bloqueados el día 03/06/11 a las 08:53 horas cuando hay 3 pasajeros y durante todo el recorrido han abordado 6 y han salido 3 pasajeros.

Si después de unos instantes que empezó a sonar la alarma no se ha tomado medidas para solucionar el problema, se enviará un mensaje al servidor indicando lo acontecido.

Además para estimular la solución pronta al problema, cualquiera que sea el sensor bloqueado se incrementará cada 10 segundos un nuevo pasajero al autobús.

#### 2.4.4.6. Fin de recorrido.

Para el dispositivo a bordo existen solo dos posibilidades, el vehículo se encuentra en un recorrido o se encuentra en *Stand by*. De esta manera, con el mismo botón es posible hacer esta transición.

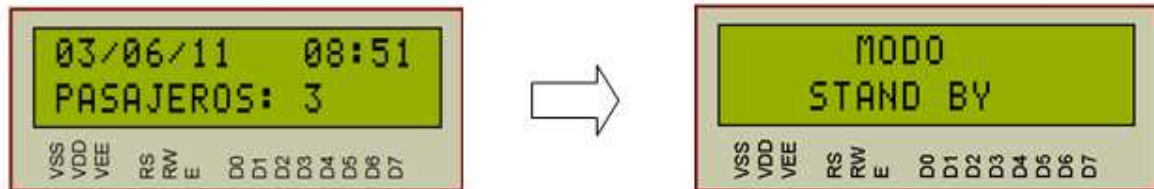


Figura 2.51 Transición de modo *Recorrido* a Stand By.

# CAPÍTULO III

## Envío y recepción de datos



Cuando la información está compilada por el dispositivo a bordo, la red GPRS se encarga de establecer comunicación con el servidor. Este capítulo describe como se transportan esos datos.

### 3. ENVÍO Y RECEPCIÓN DE DATOS.

Parte importante es la comunicación entre el prototipo instalado en el autobús y el servidor levantado en la oficina principal de la cooperativa. La comunicación se la realiza utilizando la red GPRS de una operadora móvil del país, de forma unidireccional.

El protocolo usado para el envío de datos es UDP, pues no es indispensable la confirmación de llegada de cada trama enviada, ya que se envía constantemente datos hacia el servidor.

#### 3.1. TRAMA DE ENVÍO DESDE EL MÓDULO.

La trama a enviar hacia el servidor consta de varias partes como se describe más adelante. Cada una de ellas está formada de datos importantes a ser analizados. La formación de la trama se la realiza con datos extraídos desde el módulo GPRS/GPS, como de datos leídos por el prototipo y otros ya preconfigurados.

Las tramas son enviadas a través de la red cada cierto intervalo de tiempo preconfigurable, y dependiendo de la situación en la que se encuentre el autobús, pudiendo ser este modo Stand By o modo Recorrido. En este caso en modo Stanb By por defecto se enviarán las tramas cada hora y en modo recorrido las tramas serán enviadas cada 15 minutos. Cabe recalcar que si es generada una alarma considerada una trama de notificación inmediata, ésta es enviada al momento que se genera, sin la necesidad que hayan transcurrido los 15 minutos.

- **Modo de Recorrido:** La frecuencia para enviar las tramas es relativamente alta, ya que al recopilar datos en el servidor estos se



necesitarán para reconstruir la ruta seguida por el autobús, así como el número de pasajeros que conservaba.

- **Modo standby:** La frecuencia a enviar las tramas disminuye ya que los datos a considerar en este son únicamente los de su posición.

A continuación se describe la trama enviada desde el módulo Wavecom hacia el servidor.

DESCRIPCIÓN	LONGITUD (BYTES)	TIPO DATO	ESPECIFICACIÓN
IdViaje	8	carácter	Tabla trama 1
númeroBus	3	numérico	Numero del Autobús
Longitud	10	numérico	Posición Geográfica 6 dígitos de precisión
Latitud	10	numérico	Posición Geográfica 6 dígitos de precisión
Velocidad	3	numérico	Kilómetros por Hora (Km/H)
Fecha	6	carácter	día/mes/año (ddmmAA)
Hora	8	carácter	hora/minutos/segundos (HH:mm:ss)
Estado	1	carácter	Tabla trama 2
mensaje	4	carácter	Tabla trama 3
númeroPasajeros	2	numérico	Pasajeros en el autobús 2 dígitos
pasajerosSalen	2	numérico	Pasajeros que salen del autobús 2 dígitos
pasajerosIngresan	2	numérico	Pasajeros que entran al autobús 2 dígitos

Longitud total trama:	59 bytes
-----------------------	----------

Tabla 3.1 Campos de la trama informativa enviada desde el módulo.

En la tabla 3.2 se muestra la descripción de las tablas de la trama.

<b>Tabla trama 1. Identificación Viaje</b>
--

<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
xxxxxx00	Fecha 6 dígitos + número de viaje 2 dígitos
<b>Tabla trama 2. Estado</b>	
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
B	Sin Problema
A	Alerta
<b>Tabla trama 3. Mensaje</b>	
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
PASJ	Pasajeros
STBY	Activa modo stand by
STBN	Desactiva modo stand by
SOSY	Emergencias
STPY	Activa modo parada
STPN	Desactiva modo parada
STBG	Posición en modo stand by
STPG	Posición en modo parada
PRTY	Puerta abierta
EIOS	Ambos sensores bloqueados
EOUT	Sensor externo bloqueado
EINT	Sensor interno bloqueado

Tabla 3.2 Especificaciones de valores de campos en la trama.

Un ejemplo de una trama enviada desde el prototipo hacia el servidor es la siguiente.

30061101032-78.515151-00.24147910030061110:20:10BPASJ501011

Donde:

300611: En la fecha 30 de junio de 2011.

01: Número de viaje.

032: Número de autobús.

-78.515151: Posición de longitud en ese momento del viaje.

-00.241479: Posición de latitud en ese momento del viaje.

100: velocidad del autobús medida en Km/H.

300611: Fecha de envío (30 de junio de 2011).

10:20:10: Hora de envío de la trama.

B: Estado del autobús.

PASJ: Descripción de la trama enviada, en este caso información normal de los pasajeros en el autobús.

50: Número de pasajeros que están actualmente en el autobús.

10: Número de pasajeros que hasta el momento se han subido al autobús.

11: Número de pasajeros que hasta el momento se han bajado del autobús.

## **3.2. RECEPCIÓN DE DATOS MEDIANTE EL SOCKET.**

La recepción de datos se lo realiza en el servidor mediante la creación de un socket, el cual usa el puerto 65000, a este socket se lo configura en modo escucha, pues la comunicación es unidireccional y solo permanecerá esperando los datos enviados desde el dispositivo a bordo.

### **3.2.1. CÓDIGO DE RECEPCIÓN.**

La implementación del software en el servidor, que permite crear el socket y recibir datos desde el prototipo, se la desarrolló utilizando la herramienta Visual Studio .NET 2008 usando el lenguaje de programación Visual Basic.NET. En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo del software de recepción de datos.

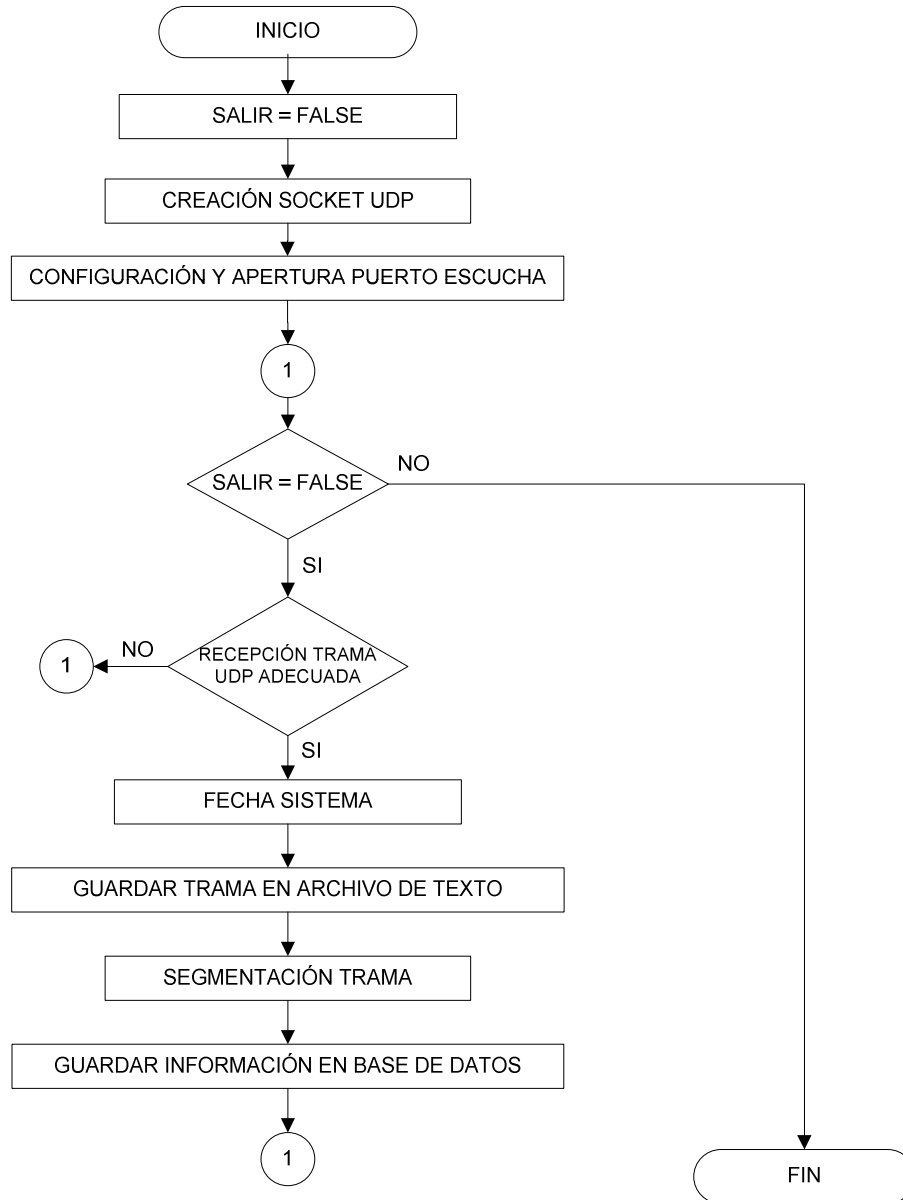


Figura 3.1 Diagrama Flujo de la aplicación en el servidor.

En primera instancia se declara una variable que permitirá validar hasta que momento el socket permanece abierto. Se crea un socket tipo datagrama en el puerto 6500 que soporte protocolos de Internet, al cual mediante la creación de hilos se lo configura para que permanezca recibiendo datos.

Una vez configurado el socket se establece un lazo para la recepción de datagramas entrantes, para esto se usa el método *ReceiveFrom*, este se realiza

mientras la condición se cumpla. Cuando se reciben datos desde el prototipo, los bytes de la trama recibida, son codificados a caracteres definidos por el sistema operativo y almacenados en una variable.

Terminado esto se procede a obtener la fecha del sistema y almacenar la información, tanto en un archivo de texto como en una base de datos.

Al salir del programa se termina la recepción de datos mediante el método *abort*, posteriormente con el método *shutdown* se deshabilita el socket, y finalmente se usa el método *close* para liberar todos los recursos asociados al socket.

### **3.2.2. ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN.**

El almacenamiento de la información recibida desde el prototipo se lo realiza en dos localidades, se lo almacena en el disco duro de la máquina en un archivo de texto (.txt) y en una base de datos, usado para ello SQL Server 2008.

#### **3.2.2.1. Almacenamiento en archivo de texto (.txt)**

En el archivo de texto se almacena toda la trama recibida, se usa como título la fecha en la que se recibió la información. Si existe un archivo con ese título (*fecha*) se lo sobrescribe, añadiendo la nueva trama recibida en una línea nueva, caso contrario crea el archivo y añade la trama recibida.

#### **3.2.2.2. Almacenamiento en base de datos.**

##### *3.2.2.2.1. Filtrado de datos.*

Para guardar la información en la base de datos se realiza la segmentación de la variable que contiene la trama recibida, en varias variables usando el método *substr()*, cuyos parámetros son posición de inicio, iniciando por 0 e indicando el número de caracteres o seleccionar.

Cada una de las variables va tomando la información respectiva dependiendo de la posición que esta ocupen en la trama como fue descrito en el punto 3.1.

Teniendo ya las variables asignadas con los datos, estos son enviados a la base para que sean guardados.

Además de almacenar las variables se realiza una validación de la trama, pues si se tiene una trama de alerta en el servidor se emitirá una alerta con el objetivo de que el operador pueda rápidamente saber de esta alerta.

#### 3.2.2.2.2. Tablas usadas para el almacenamiento de información.

Las tablas creadas en la base de datos (“*TESIS*”) del servidor, para el almacenamiento de la información son: Viaje, Autobús, Ciudades.

- **Viaje:** En esta tabla se almacena toda la información generada durante la trayectoria del autobús, así como las posiciones geográficas enviadas por medio del prototipo. Los campos que contiene la tabla se los describe a continuación.

CAMPO	TIPO DATO	PERMITE NULOS	CLAVE PRIMARIA
secuencial	int	no	si
idViaje	varchar(20)	no	no
numeroBus	int	no	no
longitud	float	no	no
latitud	float	no	no
velocidad	int	no	no
fecha	varchar(15)	no	no
hora	varchar(15)	no	no
estado	varchar(20)	no	no
mensaje	varchar(20)	no	no
numeroPasajeros	int	no	no
pasajerosIngresan	int	no	no
pasajerosSalen	int	no	no

Tabla 3.3 Campos de la tabla Viaje en la base de datos

- **Autobús:** En esta tabla se almacena la información de los Autobuses y de los propietarios pertenecientes a la cooperativa. A continuación se describen los campos que la tabla posee.

CAMPO	TIPO DATO	PERMITE NULOS	CLAVE PRIMARIA
numeroBus	int	no	si
propietario	varchar(50)	no	no
telefono	varchar(20)	no	no
direccion	varchar(50)	no	no
ciudad	varchar(20)	no	no
detalleBus	varchar(100)	no	No

Tabla 3.4 Campos de la tabla Autobús en la base de datos.

- **Ciudades:** En esta tabla se define puntos de control que permite la generación del reporte, contiene el valor del pasaje según los tramos definidos y la ruta seguida por el autobús. A continuación se describen los campos que esta tabla posee.

CAMPO	TIPO DATO	PERMITE NULOS	CLAVE PRIMARIA
secuencial	int	no	si
ciudad	varchar(50)	no	no
latitudInicio	float	no	no
latitudFin	float	no	no
costoPasaje	float	no	no
ruta	int	no	No

Tabla 3.5 Campos de la tabla Ciudades en la base de datos.

### 3.2.3. SEGURIDAD DEL PUERTO UTILIZADO POR EL SOCKET.

El puerto definido para escuchar los datos (tramas UDP) enviados desde el prototipo es el 65000, se utiliza el firewall del sistema operativo, para la definición de las seguridades.

Se añade una excepción para el puerto a utilizar y así mantener la seguridad configurada en el servidor. A continuación se muestra una figura de configuración.

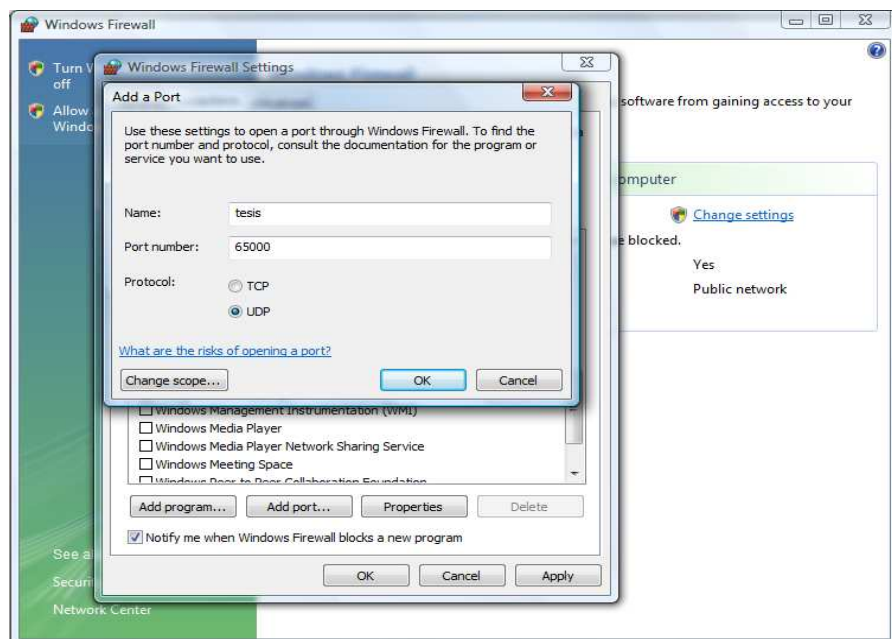


Figura 3.2 Configuración de Firewall para usar socket UDP.



# CAPÍTULO IV

## Desarrollo de la aplicación en el servidor



Se describe el desarrollo de una interfaz amigable y funcional, encargada de mostrar lo que ocurre en el vehículo o lo que ocurrió en un viaje anterior.

## **4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN EN EL SERVIDOR.**

El desarrollo de la aplicación a interactuar con el usuario fue desarrollada utilizando la herramienta Visual Studio .NET 2008.

La aplicación consta de varias pestañas, las mismas que contienen un entorno diferente con el fin de permitir al usuario manejar información necesaria.

- La primera pestaña permite manejar información tanto de los autobuses como de los propietarios de los mismos, realizar consultas, almacenamiento y edición de información.
- La segunda pestaña se la utilizó para permitir ver la trayectoria seguida por el autobús en diferentes instantes, según la información basada en la recepción de datos desde el prototipo.
- Se tiene una tercera pestaña en la cual se podrá obtener un reporte de un viaje específico, dependiendo del id del viaje.

Cada una de estas pestañas indicadas se las explica a continuación de una manera detallada, su desarrollo y uso.

### **4.1. MANEJO DE PROPIETARIOS.**

La parte de la aplicación diseñada para manejar la información de los propietarios y de los autobuses, se encuentra desarrollada en una misma pestaña. En esta se tiene una casilla principal la cual dependiendo de la opción seleccionada en el lado izquierdo permite: Consultar, Editar o Insertar información en la base de

datos, esto se lo realiza en base al número de la unidad. En la Figura 4.1 se muestra una imagen de esta pestaña.

Figura 4.1 Pantalla de control de propietarios.

En esta se tendrá la siguiente información:

- **Número de Autobús (Nº Autobús):** Este número es único para cada transporte, se lo asigna la cooperativa a la que pertenezca.
- **Propietario:** Es el dueño del autobús, almacena sus nombres y apellidos.
- **Teléfono:** Almacena un número de teléfono al cual se podrá localizar al propietario.
- **Dirección:** Almacena la ubicación del domicilio del propietario.
- **Ciudad:** Almacena la ciudad donde reside el propietario.
- **Detalle Autobús:** Este campo almacena una breve descripción del autobús. Como la marca, modelo de fabricación, número de pasajeros que tiene capacidad u otras descripciones que se desee.

Se tiene las siguientes opciones.

- **Consultar:** Al seleccionar esta opción se habilita un botón y una casilla, en la cual debe ser ingresado el número de autobús a consultar, para posteriormente presionar el botón *Consultar* y desplegar toda su información almacenada.
- **Insertar:** Al seleccionar esta opción se habilita la parte derecha de la pantalla en la cual se debe ingresar la información de un nuevo autobús que haya ingresado a la cooperativa.
- **Editar:** Al seleccionar esta opción se habilita la casilla para poder ingresar el número del autobús a modificar los datos, así como el lado derecho donde se encuentra las casillas para ingresar información, en estas, la casilla del número permanece bloqueada pues el número no variará. Una vez modificada la información se debe presionar el botón *Actualizar*.

## 4.2. GRÁFICA DE LA RUTA DEL AUTOBÚS.

La segunda pestaña permite mirar la trayectoria que ha seguido un autobús. Se puede observar la trayectoria de un viaje que está realizando como de un viaje pasado, esto se realiza basándose en la información recibida desde el prototipo. A continuación se muestra una imagen de esta pestaña.

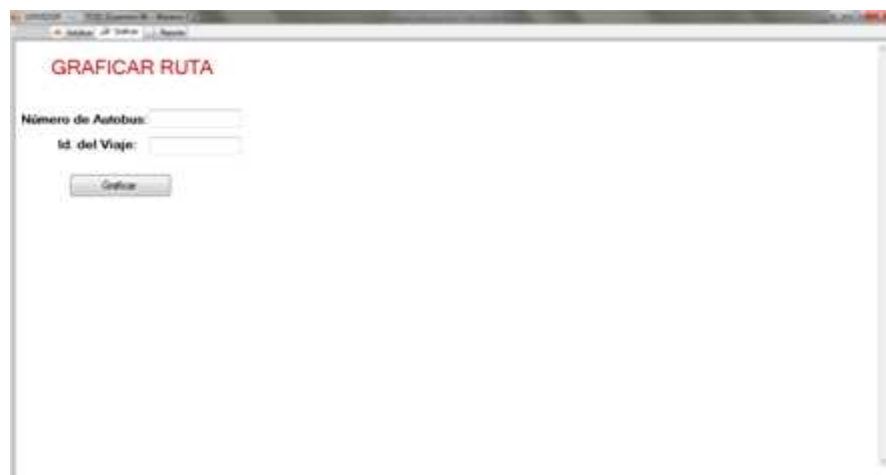


Figura 4.2 Pantalla para graficar ruta de autobuses.



Figura 4.3 Página asociada a *googlemaps* para mostrar recorrido del autobús.

Dentro del mapa desplegado se muestran marcas a manera de globos rojos, las cuales al presionar sobre estos, se indica información en ese instante del autobús.

Se indica:

- Hora.
- Velocidad.
- Número de pasajeros dentro del autobús.
- Número de pasajeros que salieron.
- Número de pasajeros que ingresaron.

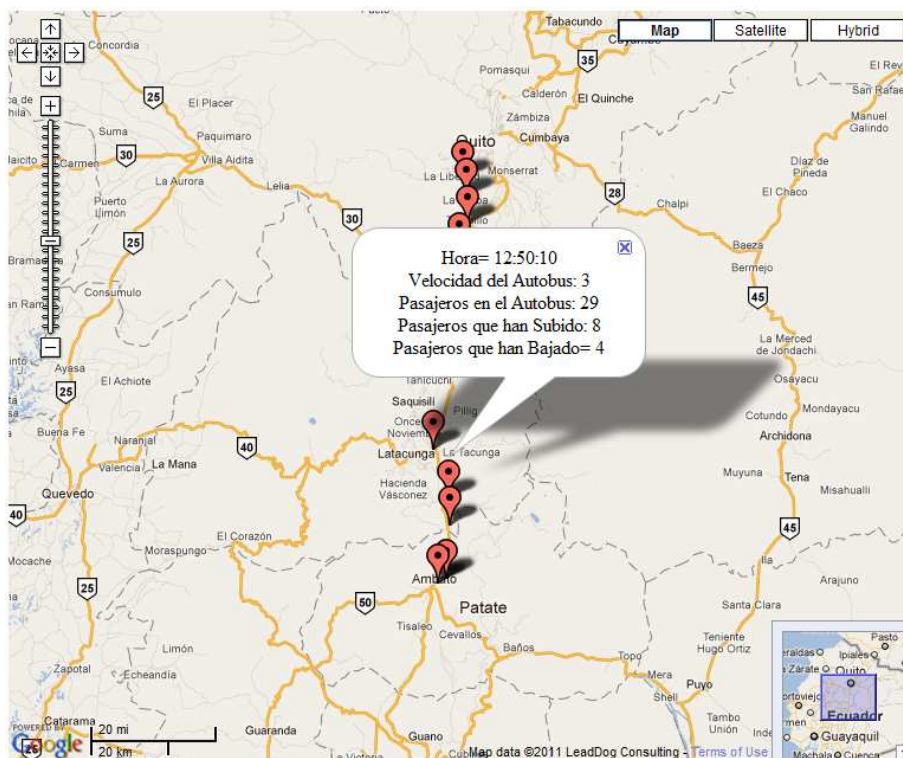


Figura 4.4 Información desplegada en la pantalla.

Para la realización de esta aplicación se utilizó la API de google Maps, esta API interactúa con los requerimientos a través del lenguaje java script. En el *Anexo D* se puede mirar el código realizado para la implementación del mapa que muestre la información que se requiere.

En la Figura 4.5 se muestran los controles y tipos de mapa que tiene Google Maps para la navegación.



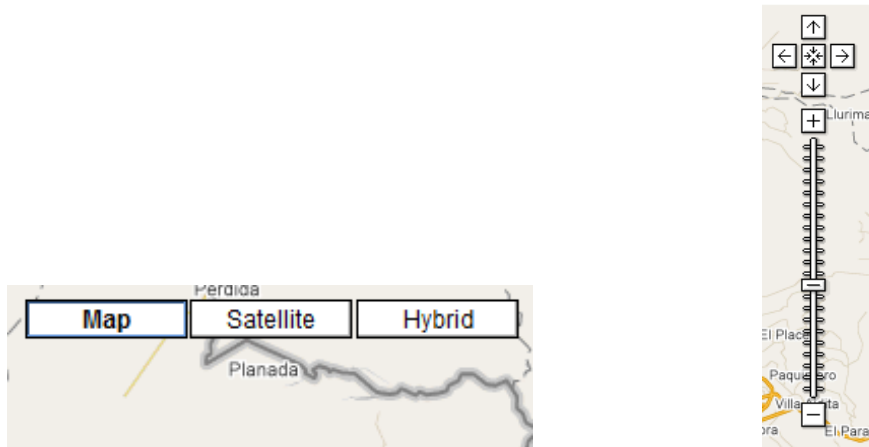


Figura 4.5 Opciones de navegación en GoogleMaps.

Los controles que se incluye son:

- **Tipo de Mapa:** Este control se encuentra en la parte superior derecha, permite seleccionar el tipo de mapa a desplegar, puede ser: Satelital, Mapa ó Híbrido
  - **Mapa:** La imagen se muestra como un mapa plano, indica los nombres de lugares principales y calles.



Figura 4.6 Mapa tradicional de visualización.

- **Satelital:** La imagen se muestra como un mapa con relieve, muestra imágenes tomadas desde un satélite.



Figura 4.7 Visualización de ruta con imagen satelital.

- **Híbrido:** La imagen es una combinación de los mencionados anteriormente, muestra un mapa con relieve conjuntamente con nombres de lugares principales y calles.



Figura 4.8 Mapa híbrido de visualización.



- **Zoom:** Esta barra se encuentra a lado izquierdo de la pantalla, permite alejar o acercar el mapa dependiendo de la necesidad.

### 4.3. EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN.

La tercera pestaña permite generar un informe de un viaje específico. En la Figura 4.9 se muestra la interfaz.



REPORTE DEL VIAJE REALIZADO POR EL AUTOBUS.

Por favor digite el número de autobus y la identificación del Viaje para obtener el reporte.

Número de Autobus:

Id. del Viaje:

Ruta:

Generar Reporte


Figura 4.9 Pantalla de generación de reporte para un viaje específico

Para obtener el reporte se debe ingresar el número de autobús, la identificación del viaje y la ruta, para posteriormente presionar el botón *Generar Reporte*.

Al realizar lo descrito se desplegará un formulario el cual muestra el reporte. En la Figura 4.10 se visualiza el reporte resultante después de un recorrido.

REPORTE DE VIAJE

1 of 2 Page Width Find | Next



## Cooperativa de Transportes

### Reporte de Viaje

N° de Autobus: 1  
 Identificación Viaje: 29071104  
 Propietario: Guerrero M., Moreno C.

Fecha	Hora	Velocidad (Km/h)	Tramo	Mensaje	N° Pasajeros en el Autobus
290711	10:20:10	44	Quito-Latacunga	Activación modo stand by	22
290711	10:35:10	70	Quito-Latacunga	Envío de Control de Pasajeros	21
290711	10:50:10	82	Quito-Latacunga	Envío de Control de Pasajeros	20
290711	11:05:10	68	Quito-Latacunga	Sensor interno bloqueado	21
290711	11:20:10	0	Quito-Latacunga	Activación modo parada	22
290711	11:35:10	0	Quito-Latacunga	Desactivación modo parada	22
290711	11:50:10	40	Quito-Latacunga	Sensor interno bloqueado	22
290711	12:05:10	55	Quito-Latacunga	Sensor interno bloqueado	22
290711	12:20:10	70	Quito-Latacunga	Sensor interno bloqueado	22
290711	12:34:50	85	Latacunga-Salcedo	Envío de Control de Pasajeros	23
290711	12:35:01	85	Latacunga-Salcedo	Envío de Control de Pasajeros	24
290711	12:35:10	85	Latacunga-Salcedo	Envío de Control de Pasajeros	25
290711	12:50:10	76	Salcedo-Ambato	Envío de Control de Pasajeros	26
290711	13:05:10	26	Salcedo-Ambato	Envío de Control de Pasajeros	27
290711	13:20:10	40	Ambato-Baños	Envío de Control de Pasajeros	27
<b>Total a Recibir \$:</b>					261

Durante el viaje tuvo: 1 parada(s)  
 PARADA(1): Posición inicial y final fueron iguales. NO SE MOVIO EL AUTOBÚS

Figura 4.10 Reporte de eventos en un recorrido.

Este reporte se basa en la información que llega de los pasajeros y el lugar donde se detectó un ingreso o la salida de uno de ellos. El costo del pasaje para una persona depende del tramo donde esta ingresó. Tanto el tramo como el valor que representa se configuran en el sistema.

Como es lógico, el sistema no identifica al pasajero como una entidad única dentro del vehículo. Es decir, el sistema está limitado de distinguir el lugar donde una persona subió y bajó. Para compensar este hecho un cálculo matemático basado en el número total de pasajeros y el número de pasajeros que se encuentran en los buses en diferentes momentos, permite determinar cuál es el número de pasajeros en los distintos tramos.

El reporte muestra información necesaria para entregar al propietario del autobús con el número de pasajeros que se transportaron.

En la parte superior del reporte se encuentran iconos, los mismos que permiten seleccionar una impresora, imprimirlo o también la posibilidad de exportarlo ya sea a PDF o Excel, según el formato que prefiera el usuario.

#### **4.4. PRUEBAS Y RESULTADOS DEL DISPOSITIVO A BORDO.**

Para demostrar que el dispositivo funciona correctamente se realizó un recorrido demostrativo desde la ciudad de Quito hasta la ciudad de Ambato en Tungurahua. La información que se utilizó en el punto anterior se capturó en este recorrido. A continuación se describe el modo de operación que el dispositivo a bordo.

##### **4.4.1. FUERA DE RECORRIDO.**

Antes de empezar el recorrido el dispositivo se encuentra en modo **Stand By**. El dispositivo debe considerarse en este estado cuando no está dentro de un recorrido regular o simplemente cuando termino su jornada laboral. En estas circunstancias la información de interés se limita únicamente a su posición geográfica por cuestiones de seguridad.

Esto es lo que se podrá ver en el dispositivo a bordo.



Figura 4.11 Dispositivo en modo *Stand By*.

Mientras el LCD muestra esta información, el dispositivo se basa en el tiempo programado para enviar mensajes automáticos periódicamente indicando la posición del vehículo. Todo esto resulta transparente para el conductor.

#### 4.4.2. INICIO DE UN RECORRIDO.

El conductor debe cambiar el dispositivo a modo de recorrido para que de esta manera se habiliten los sensores de contabilización. En este momento la pantalla LCD mostrará el número de pasajeros que se encuentran en el vehículo.



Figura 4.12 Pantalla justo después de activar el recorrido en Santa Rosa.

Mientras en la pantalla se muestra el número de pasajeros inicial, al servidor se ha enviado un mensaje que indica justamente la posición geográfica donde el vehículo empieza su recorrido.



Figura 4.13 Mapa en el servidor de la posición donde empieza el recorrido.

Esta información se actualiza cada vez que un pasajero ingresa o sale del vehículo.

Se simula que en el mismo lugar donde se empezó el recorrido ingresan los primeros pasajeros.



Figura 4.14 Pantalla luego del ingreso de pasajeros en Santa Rosa.

El vehículo se detiene en el sector de Tambillo para que un nuevo grupo de persona ingrese al vehículo.



Figura 4.15 Pantalla luego del ingreso de pasajeros en Tambillo.

Mientras el conductor puede ver esta información, el dispositivo automáticamente envía cada cierto número de minutos información al servidor con la posición y el número de pasajeros que hasta ese momento han ingresado o han salido.



Figura 4.16 Mapa de ingreso de pasajeros hasta Tambillo.

A partir de Tambillo no se tiene planificado detenerse para el ingreso de nuevos pasajeros. La siguiente prueba es una parada programada en el sector del Chasqui.

#### 4.4.3. PARADA PROGRAMADA.

En la gasolinera ubicada en la parte más alta del sector del Chasqui se realiza una parada de 15 minutos. Durante este período puede haber pasajeros que deseen salir del vehículo u otros que prefieren permanecer en él. Para desactivar el mecanismo de conteo de manera temporal, es necesario presionar el botón que activa el *modo parada*.

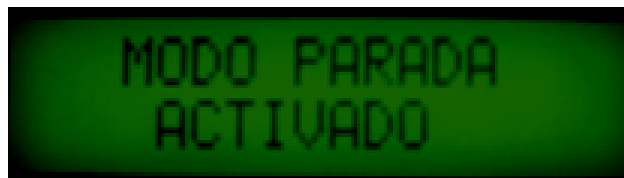


Figura 4.17 Dispositivo en modo parada en el sector del Chasqui.

Mientras el modo de parada está activo, una luz color naranja permanecerá encendida. Durante el tiempo que esta luz se encuentre encendida, el conductor

no podrá desactivar el modo. Si se permitiera este proceso, el dispositivo podría volverse vulnerable a fraudes. Por ejemplo, se podría activar el modo parada por 3 minutos, tiempo suficiente para que se ingresen un considerable número de pasajeros capaces hasta de llenar el vehículo pero no para almorzar o tomar un refrigerio en el caso de un viaje prolongado.

El tiempo programado por el propietario debe ser lo suficientemente razonable para exigir al conductor del bus que al menos la parada sea de 15 minutos. Un vehículo en recorrido no puede detenerse por completo a recoger pasajeros por demasiado tiempo sin que los pasajeros u otros vehículos lo presionen para exigir su movimiento. Sin que el conductor lo note, se envía información al servidor indicando que el vehículo está en modo parada pero además está cambiando de posición. De esta manera, la violación al sistema podrá visualizarse en el reporte de los eventos del recorrido y el propietario del vehículo tendrá un criterio para ejecutar algún tipo de sanción al conductor.

Para controlar además que no se realizó una falsa parada, el vehículo no debería moverse del lugar donde activo el modo inicialmente. Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de que por algún motivo el vehículo debe moverse mientras los pasajeros están fuera del vehículo.

Considerando esto último, el vehículo tiene una tolerancia de 30 metros aproximadamente para cambiar su ubicación mientras el modo parada se encuentra activo. El control la tolerancia se realiza en el servidor, basado en los mensajes de posición que envía el dispositivo a bordo.

Cuando el tiempo programado de espera ha terminado, la luz empezará a parpadear. Esto indica al conductor que se encuentra libre de cualquier sanción y que podrá presionar el botón de parada y desactivar el modo de parada.



Figura 4.18 Modo parada desactivado en el sector del Chasqui.

Cuando se desactiva el modo de parada, los sensores de contabilización se habilitan y se muestra en la pantalla el mismo número de pasajeros que estaban en el vehículo justo antes de activar el modo.



Figura 4.19 Pasajeros después de desactivar el *Modo Parada*.

Cuando el vehículo empieza a moverse nuevamente, un mensaje de notificación se envía al servidor remoto. Aunque la posición puede variar en una forma mínima y no se aprecie con detalle en el mapa, esta información resulta más útil para la creación de los reportes de viaje de la unidad.

#### 4.4.4. BLOQUEO DE SENSORES.

En la ciudad de Latacunga ingresaron y bajaron pasajeros. De manera involuntaria se obstruyeron ambos sensores. Esto provoca un mensaje informativo y también sonoro en el dispositivo a bordo.



Figura 4.20 Información que los sensores están bloqueados.

Cada 30 segundos que no se toma alguna medida para habilitar nuevamente los sensores, el dispositivo automáticamente aumentará un pasajero al vehículo. No importa si uno o ambos de los sensores están bloqueados. Es responsabilidad del



conductor y su ayudante mantener el sistema operativo en su totalidad para que el propietario del vehículo o el conductor no sean perjudicados económicamente.

#### 4.4.5. MENSAJE DE EMERGENCIA

En cualquier momento del recorrido o fuera del mismo, existe la posibilidad de enviar los mensajes de emergencia en caso de robo. El conductor lo único que debe hacer es presionar el botón de SOS para enviar un mensaje instantáneamente al servidor. La posición de este botón depende de la comodidad del conductor para presionarlo o también en la misma consola del dispositivo a bordo, junto a los demás botones.

En la pantalla no se indicará nada extraño para no llamar la atención del atacante, pero el mensaje si provocará una alarma en el servidor remoto.

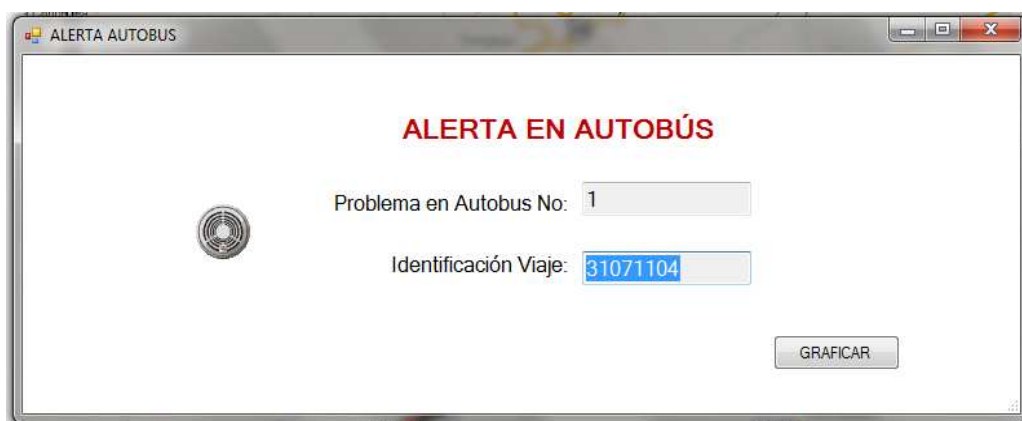


Figura 4.21 Alarma en el servidor remoto.

El personal encargado del monitoreo en la central de la flota, al recibir esta notificación puede tomar las medidas de seguridad necesarias y facilitar el trabajo de las autoridades ya que cuenta con la posición geográfica del vehículo.

#### 4.4.6. FIN DEL RECORRIDO

El destino final del recorrido es la ciudad de Ambato. Al terminar el recorrido el contador de pasajeros volverá a marcar 0 y será necesario configurar el dispositivo nuevamente a modo **Stand By** para repetir el ciclo descrito.



Figura 4.22 Información cuando todos los pasajeros han bajado.

Una vez terminado el recorrido, es necesario notificar al servidor sobre este hecho. La manera de hacerlo es activar el modo parada y de esta manera el ciclo se repite hasta el momento que el vehículo nuevamente ingrese en un recorrido regular.



Figura 4.23 Notificación de que el vehículo salió del modo recorrido.

# CAPÍTULO V

## Conclusiones y Recomendaciones.



Se describe las principales conclusiones y recomendaciones del presente proyecto.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- La fortaleza ante el ruido en los pines de entrada del microcontrolador ATMEGA 644P hace que las señales que provienen de los receptores infrarrojos se reciban correctamente y puedan ser interpretados en el proceso de contabilización de pasajeros.
- La velocidad en la ejecución de instrucciones que soporta el microcontrolador, hace posible programar subrutinas de considerables instrucciones bajo el control de TIMERS sin que esto afecte al rendimiento del sistema.
- En el país la red GSM/GPRS ha alcanzado gran cobertura, gracias a ello el prototipo logra tener alcance en todo el país. A parte de las ventajas que ofrece la tecnología GPRS en sí, es el costo relativamente bajo que tiene en el mercado actual.
- Se utiliza el protocolo de transmisión UDP, pues este requiere la mínima sobrecarga necesaria, haciendo óptimo el uso de los canales GPRS y evita sobrecarga de información en la red.
- La realización de pruebas en el envío de datos entre el prototipo y el servidor usando la red GPRS, permite corroborar que posee una tasa de transferencia y eficiencia considerables, entendiendo así la razón para su crecimiento acelerado y la creación de varias aplicaciones ya sean de voz o video.
- La API de Google Maps, es una herramienta creada por Google para interactuar con desarrolladores en todo el mundo, existen tres tipos: free,

pro y plus. La utilización de la versión free tiene acceso libre sin costo, tras la obtención de una clave previa. Es importante no sobrepasar las 50.000 peticiones al día a la API de Google Maps, pues es una condición aceptada al generar la clave de uso.

- La estructura de la base de datos sobre todo las relaciones que se presenten entre las tablas son de mucha importancia en la velocidad de de inserción o recuperación de datos.
- El servidor constantemente se encuentra recibiendo datos desde el dispositivo en los vehículos. Cuando se tratan varias unidades de una cooperativa de Transporte, puede darse la llegada simultánea de más de una trama, por ello es indispensable el uso de hilos en la recepción para así poder atender varias peticiones simultáneamente.
- La interfaz gráfica de la aplicación en el servidor permite a los usuarios hacer un uso intuitivo del mismo. El usuario encargado del manejo del sistema no necesita estar pendiente de este la totalidad del tiempo. Las alarmas sonoras en caso de las emergencias llamarán la atención del usuario en caso de que este se encuentre realizando otra actividad.
- Los sensores basados en luz infrarroja son discretos pero una mala alineación de los mismos puede provocar muchas señales falsas y alterar el mecanismo de contabilización.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Para la impresión de imágenes en el reporte se debe tener levantado el servidor web de Microsoft llamado Internet Information Services. Este deberá contener un directorio virtual direccionado a la carpeta donde se encuentran las imágenes, pues es a esta dirección a donde llamará el reporte para imprimir la imagen correspondiente, dependiendo de la URL asignada.

- El servidor se encontrará ubicado en la oficina principal de la cooperativa de Transporte, es recomendable siempre la permanencia de una persona en la oficina, para poder brindar inmediatamente ayuda en el caso de la generación de una alarma desde cualquier autobús.
- El manejo del prototipo es simple y no es necesario la interacción constante del chofer, por lo que no se causaría distracción alguna mientras se encuentra conduciendo el autobús.
- El botón de alarmas situado en el dispositivo a bordo, solo debe ser presionado en una situación en la que el chofer no pueda tomar otras medidas como una llamada telefónica, es el caso de un robo, pues la persona situada en la oficina principal deberá tomar las medidas del caso y reportar a las autoridades correspondientes indicando la ubicación del vehículo.
- Cuando se desee recuperar información de la base de datos, lo mejor es usar el menor número de sentencias. Si bien SQL Server es un gestor muy eficiente de base de datos, cada llamada que se realice desde el Sistema en el servidor consume recursos de hardware o de software. Obviamente el tiempo de respuesta no será un problema para una cooperativa que empieza con 100 unidades. Pero si los recorridos, el número de vehículos y la frecuencia de envío de mensajes desde los mismos aumenta, la información en la base crecerá inevitablemente.

## BIBLIOGRAFÍA

REF.	CATEG.	DESCRIPCIÓN
[1]	Página Web	"Diodos" <a href="http://www.revolucionesindustriales.com/electronica/repuracion/diodos.html">http://www.revolucionesindustriales.com/electronica/repuracion/diodos.html</a>
[2]	Página Web	"Led- información sobre Leds, Historia y Tecnologías " <a href="http://www.dbup.com.ar/info.html">http://www.dbup.com.ar/info.html</a>
[3]	Página Web	"Los diodos y sus aplicaciones " <a href="http://www.monografias.com/trabajos-pdf/diodos-aplicaciones/diodos-aplicaciones.pdf">http://www.monografias.com/trabajos-pdf/diodos-aplicaciones/diodos-aplicaciones.pdf</a>
[4]	Página Web	"Tipos de Diodos" <a href="http://www.kalipedia.com/fotos/distintos-tipos-diodos.html?x=20070822klpington_252.les">http://www.kalipedia.com/fotos/distintos-tipos-diodos.html?x=20070822klpington_252.les</a>
[5]	Página Web	"Electrónica Open Source" <a href="http://es.emcelettronica.com/manejando-leds-i">http://es.emcelettronica.com/manejando-leds-i</a>
[6]	Página Web	"Led " <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Led">http://es.wikipedia.org/wiki/Led</a>
[7]	Página Web	"Los Módulos GSM/GPRS/(GPS) de SIEMENS" <a href="http://www.elkonet.com/iweb/files_registro/26czoyOToiY2ludGVyaW9uK3krbGFzK3JlZGVzK2dzbS5wZGYiOw%3D%3D.pdf">http://www.elkonet.com/iweb/files_registro/26czoyOToiY2ludGVyaW9uK3krbGFzK3JlZGVzK2dzbS5wZGYiOw%3D%3D.pdf</a>
[8]	Página Web	"Integrando nuevas tecnologías: GPS, GSM Y GPRS" <a href="http://cybernauta.files.wordpress.com/2008/04/desarrollos-gps-gsm-gprsrastreo-celular.pdf">http://cybernauta.files.wordpress.com/2008/04/desarrollos-gps-gsm-gprsrastreo-celular.pdf</a>
[9]	Página Web	"Modem SIM340 RS232" <a href="http://spanish.alibaba.com/product-gs/simcom-modem-sim340-rs232-tcp-ip-260118228.html">http://spanish.alibaba.com/product-gs/simcom-modem-sim340-rs232-tcp-ip-260118228.html</a>
[10]	Página Web	"Zumbador " <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Zumbador">http://es.wikipedia.org/wiki/Zumbador</a>
[11]	Página Web	"Speakers / Buzzers / related" <a href="http://www.mutr.co.uk/index.php?cPath=16_193">http://www.mutr.co.uk/index.php?cPath=16_193</a>
[12]	Página Web	"Microcontrolador" <a href="http://usuarios.multimania.es/sfriswolker/pic/uno.htm">http://usuarios.multimania.es/sfriswolker/pic/uno.htm</a>
[13]	Página Web	"Microprocesador" <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Microprocesador">http://es.wikipedia.org/wiki/Microprocesador</a>
[14]	Página Web	"LCD: Display de Cristal Líquido (Liquid Crystal Display)" <a href="http://www.unicrom.com/Tut_LCD.asp">http://www.unicrom.com/Tut_LCD.asp</a>
[15]	Libro	Bernal I. "Comunicaciones Inalámbricas", Ecuador: EPN, 2008.
[16]	Libro	Escalona A. "Fundamentos de los sistemas de comunicaciones móviles.", 1ra. España: McGraw-Hill, 2004.
[17]	Libro	Regis J. (Bud) Bates. "Comunicaciones Inalámbricas de Banda Ancha.", 1ra. España: McGraw-Hill, 2003.

REF.	CATEG.	DESCRIPCIÓN
[18]	Página Web	"GSM Global System for Mobile Communication" <a href="http://www.fortunecity.com/millennium/berkeley/85/gsm/">http://www.fortunecity.com/millennium/berkeley/85/gsm/</a>
[19]	Libro	Dubendorf Vern A. "WIRELESS DATA TECHNOLOGIES.", 1ra . England: Wiley Interscience, 2003.
[20]	Página Web	"GSM and GPRS Security" <a href="http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/Tik-110.501/2000/papers/peng.pdf">http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/Tik-110.501/2000/papers/peng.pdf</a>
[21]	Tesis	ROMERO V., SEGURA G. "Diseño y construcción de un equipo electrónico (computador a bordo) para el transporte escolar, usando la red gsm/gprs para su monitoreo en un servidor open source (sockets) para el control y seguridad de sus usuarios.", Ecuador: EPN, 2009.
[22]	Página Web	"Propuesta para la implementación de la red GPRS en (Cuba). Presentación Tecnológica y Valoración Económica" <a href="http://www.monografias.com/trabajos44/telefoniamovil-cuba/telefoniamovil-cuba2.shtml">http://www.monografias.com/trabajos44/telefoniamovil-cuba/telefoniamovil-cuba2.shtml</a>
[23]	Página Web	"GPRS - General Packet Radio System" <a href="http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11425/fichero/Memoria%252F6-Cap%EDtulo+3.pdf">http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11425/fichero/Memoria%252F6-Cap%EDtulo+3.pdf</a>
[24]	Página Web	"GPRS - Sistema general de paquetes vía radio" <a href="http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/123456789/1082/4/T10891CAP2.pdf">http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/123456789/1082/4/T10891CAP2.pdf</a>
[25]	Página Web	"Sistema de posicionamiento global" <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_global">http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_global</a>
[26]	Página Web	"Sistema TRANSIT" <a href="http://www.alsitel.com/tecnico/gps/historia.htm">http://www.alsitel.com/tecnico/gps/historia.htm</a>
[27]	Página Web	"Satélites" <a href="http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/ciberhabitat/medios/satelites/textos/texto_artificial.htm">http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/espanol/ciberhabitat/medios/satelites/textos/texto_artificial.htm</a>
[28]	Página Web	"GARMIN" <a href="http://www.garmin.com/garmin/cms/site/us/ontheroad">http://www.garmin.com/garmin/cms/site/us/ontheroad</a>
[29]	Página Web	"G.P.S.: Global positioning system" <a href="http://www.upv.es/satelite/trabajos/pracGrupo4/secus.htm">http://www.upv.es/satelite/trabajos/pracGrupo4/secus.htm</a>
[30]	Página Web	"TCP and UDP Socket Interface" <a href="http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/tcpip/usersmanualv1/sockets.html">http://www.rabbit.com/documentation/docs/manuals/tcpip/usersmanualv1/sockets.html</a>
[31]	Página Web	"Sockets" <a href="http://www.fismat.umich.mx/mn1/manual/node24.html">http://www.fismat.umich.mx/mn1/manual/node24.html</a>
[32]	Página	"Sockets UDP"



	Web	<a href="http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/ii/ComunicacionesVxWorks-SocketsUDP.pdf">http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/ii/ComunicacionesVxWorks-SocketsUDP.pdf</a>
REF.	CATEG.	DESCRIPCIÓN
[33]	Libro	Harvey D., Paul D. <i>"Como Programar en C#."</i> , 2da. México: Prentice Hall, 2007.
[34]	Página Web	<i>"System.Net.Sockets (Espacio de nombres)"</i> <a href="http://msdn.microsoft.com/es-es/library/system.net.sockets(v=VS.80).aspx">http://msdn.microsoft.com/es-es/library/system.net.sockets(v=VS.80).aspx</a>
[35]	Página Web	<i>"Microsoft SQL Server"</i> <a href="http://www.microsoft.com/sqlserver/en/us/default.aspx">http://www.microsoft.com/sqlserver/en/us/default.aspx</a>
[36]	Página Web	<i>"Modelo entidad-relación"</i> <a href="http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/327124">http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/327124</a>
[37]	Página Web	<i>"Microsoft Visual Studio"</i> <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio">http://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio</a>
[38]	Página Web	<i>"Google Maps"</i> <a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Google_Maps">http://es.wikipedia.org/wiki/Google_Maps</a>
[39]	Página Web	<i>"Registro en el API de Google Maps"</i> <a href="http://code.google.com/intl/es-ES/apis/maps/signup.html">http://code.google.com/intl/es-ES/apis/maps/signup.html</a>
[40]	Página Web	<i>"Explicaciones y ejemplos para crear Google Maps en tu página web"</i> <a href="http://www.desarrolloweb.com/manuales/desarrollo-con-api-de-google-maps.html">http://www.desarrolloweb.com/manuales/desarrollo-con-api-de-google-maps.html</a>
[41]	Página Web	<i>"MSC Electronics BASCOM. MSC Electronics BASCOM"</i> <a href="http://www.mcselec.com/">http://www.mcselec.com/</a>
[42]	Página Web	<i>"Proteus"</i> <a href="http://electrovolqz.blogspot.es/1250996580/">http://electrovolqz.blogspot.es/1250996580/</a>
[43]	Página Web	<i>"Labcenter Electronics"</i> <a href="http://www.labcenter.com/index.cfm">http://www.labcenter.com/index.cfm</a>
[44]	Página Web	<i>"Adaptador RS-232 a TTL"</i> <a href="http://linuxdroids.wordpress.com/2010/02/08/adaptador-rs-232-a-tt">http://linuxdroids.wordpress.com/2010/02/08/adaptador-rs-232-a-tt</a>

# ANEXOS



En esta parte se adjuntan anexos con datos específicos.

# ANEXO A

---

DATASHEET

MICROCONTROLADOR

---

---

---

---

Debido a la magnitud del documento toda la información respectiva se encuentra en forma digital en el disco anexo al presente proyecto.

# ANEXO B

---

DATASHEET

WAVECOM

---

---

---

---

Debido a la magnitud del documento toda la información respectiva se encuentra en forma digital en el disco anexo al presente proyecto.

# ANEXO C

---

CÓDIGO

MICROCONTROLADOR

---

---

---

---

Se muestra el conjunto de instrucciones para que el dispositivo interprete los eventos que ocurren en el vehículo y se puedan enviar al servidor remoto.

# ANEXO D

---

CÓDIGO  
APLICACIÓN

---

---

---

---

Se muestra el código de la programación de la interfaz, como se capturan los mensajes en el socket y la forma en la que se ingresan o recupera la información en la base de datos.