



REPÚBLICA DEL ECUADOR
Escuela Politécnica Nacional
" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

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 sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MONITOREO Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN PARA EL PARQUE AUTOMOTOR DE ANETA (ESCUELA LA PRADERA)

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

CASA ORTIZ ARMANDO JOSÉ

armand_0729@hotmail.com

CRUZ HERRERA PABLO ROBERTO

pablorcruh@hotmail.com

DIRECTOR: ING. CARLOS ENRIQUE FLORES SÁNCHEZ

carlos.flores@epn.edu.ec

Quito, diciembre 2012

DECLARACIÓN

Nosotros, Armando José Casa Ortiz y Pablo Roberto Cruz Herrera, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Armando José Casa Ortiz

Pablo Roberto Cruz Herrera

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Armando José Casa Ortiz y Pablo Roberto Cruz Herrera, bajo mi supervisión.

Ing. Carlos Flores
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanos por ser los pilares en mi vida para que llegue a donde estoy ahora, gracias por confiar en mí, los quiero mucho.

A mis amigos en especial a Juan Bolaños y Edison Santacruz, hemos pasado por muchas cosas en la universidad, son los mejores.

A mi compañero de Tesis, por la ayuda y apoyo para que este proyecto sea realidad.

A mi Andreita y su familia, es parte de mi vida, y lo será siempre; gracias por darme su apoyo y amor, la quiero mucho.

Por último y no menos importante al Ing. Carlos Flores por su gran colaboración para sacar adelante este proyecto.

AGRADECIMIENTO

A mi mamá por depositar toda su confianza en mí.

A mi padre por enseñarme que nunca es tarde para alcanzar un objetivo.

A toda mi familia que siempre ha sido fuente de motivación.

A mi compañero de tesis Armando quien ha demostrado su determinación y apoyo en el desarrollo de este proyecto.

A nuestro director el Ing. Carlos Flores por su apertura al desarrollo de este proyecto.

Pablo

DEDICATORIA

A mi nueva vida e ilusión,
sé que vas a estar orgulloso
de mí como yo lo voy a estar de ti;
espero ya verte y
decirte lo feliz que estoy.
A mi familia y a mi Andreita
,siempre estaré ahí para ustedes.

Armando

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres Alba y Benigno quienes me han apoyado incondicionalmente durante toda mi carrera universitaria, a través de su ejemplo han sido mi fuente de inspiración, me han ayudado a sobreponerme a los tropiezos que he tenido durante mis estudios y me han enseñado que con trabajo y sacrificio se puede conquistar cualquier meta.

A mi tía María Elena quien ha sido como una segunda madre para mí, me abrió su hogar y me brindó su apoyo incondicional.

A mi tía Aura quien siempre ha sido una fuente de motivación a través de su sabio consejo.

A mis hermanos Alex y Diego, quienes son excepcionales profesionales y excelentes personas.

Pablo

CONTENIDO

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	V
CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
RESUMEN.....	XX
PRESENTACIÓN	XXII
CAPÍTULO 1.....	1
1 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS GSM, GPS, Y DEL ESTÁNDAR IEEE 802.15.1	1
1.1 SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES (GSM, GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS)	1
1.1.1 ARQUITECTURA DE LA RED GSM	1
1.1.1.1 Subsistema de Conmutación Red	2
1.1.1.2 Subsistema de Estación Base	2
1.1.1.3 Subsistema de Soporte y Operación	3
1.1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS NODOS PRINCIPALES DE LA RED	3
1.1.2.1 Estación Móvil: (MS, Mobile Station).....	3
1.1.2.2 Transceptor de Estación Base (BTS)	4
1.1.2.3 Controlador de Estaciones Base (BSC)	4
1.1.2.4 Centro de Conmutación Móvil (MSC)	5
1.1.2.5 Registro de Localización Base (HLR, Home Location Register) .	5
1.1.2.6 Registro de Localización de estaciones móviles visitantes (VLR, Visitor Location Register)	5

1.1.2.7	Registro Identidad Equipo (EIR, Equipment Identity Register))....	6
1.1.2.8	Centro de Autenticación (AUC, Authentication Center)).....	6
1.1.2.9	Gateway-MSC (Gateway Mobile Switching Center)	6
1.1.2.10	IWF (InterWorking Function)	6
1.1.2.11	Centro de Operación y Mantenimiento (OMC, Operation and Maintenance Center)	6
1.1.3	<i>INTERFACES</i>	7
1.1.3.1	Interfaz Radio	8
1.1.3.1.1	Bandas de frecuencia de operación	8
1.1.3.1.2	Técnica de acceso	10
1.1.3.1.3	Canales Lógicos	11
1.1.4	<i>SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS, SERVICE MESSAGE SERVICE)</i>	14
1.1.4.1	Estructura básica de la red SMS	15
1.1.4.1.1	SMSC	15
1.1.4.1.2	SMS-GMSC	15
1.1.4.1.3	SMS-IW MSC	16
1.1.4.2	Servicios del Abonado.....	17
1.1.4.2.1	SMS-MO: Short Message Service - Mobile Originated	17
1.1.4.2.2	SMS-MT: Short Message Service - Mobile Terminated	18
1.2	<i>SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS, GLOBAL POSITIONAL SYSTEM)</i>	19
1.2.1	<i>INTRODUCCIÓN</i>	19
1.2.2	<i>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA</i>	19
1.2.1.1	Segmento espacial	19
1.2.1.2	Segmento de control	20
1.2.1.2.1	Master Control Station	21
1.2.1.2.2	Estaciones de Monitoreo	22
1.2.1.2.3	Antenas de tierra	22
1.2.1.3	Segmento de usuario	22
1.2.1.3.1	Servicio de Posicionamiento Estándar.....	23
1.2.1.3.2	Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS)	24

1.2.2	<i>AMPLIACIONES GPS</i>	24
1.2.2.1	GPS Diferencial (DGPS)	24
1.2.2.1.1	Área Local DGPS (LADGPS).....	25
1.2.2.1.2	Área ancha DGPS (WADGPS)	25
1.2.2.2	Sistema de Aumento de Zona Amplia (WAAS)	25
1.2.3	<i>FUNCIONAMIENTO DEL GPS</i>	26
1.2.4	<i>FUENTES DE ERROR DEL GPS</i>	28
1.2.4.1	Fuentes de error	28
1.2.4.1.1	Errores en posición de los satélites	28
1.2.4.1.2	Errores en relojes de los satélites	29
1.2.4.1.3	Errores en la propagación de señales	29
1.2.5	<i>APLICACIONES DEL SISTEMA GPS</i>	30
1.2.5.1	Aplicaciones militares.....	30
1.2.5.2	Aplicaciones civiles	31
1.3	<i>BLUETOOTH</i>	32
1.3.1	<i>INTRODUCCIÓN</i>	32
1.3.2	<i>FUNCIONAMIENTO</i>	33
1.3.3	<i>DEFINICIONES DE LOS TÉRMINOS UTILIZADOS EN BLUETOOTH)</i>	
	34	
1.3.3.1	Picored	34
1.3.3.2	Scartternet	35
1.3.3.3	Unidad Maestra	35
1.3.3.4	Unidad Esclavo	36
1.3.3.5	Dirección MAC	36
1.3.4	<i>PILA DE PROTOCOLOS BLUETOOTH</i>	36
1.3.4.1	Capa de Radio	37
1.3.4.2	Capa de Banda Base	37
1.3.4.3	Link Manager.....	37
1.3.4.4	Host Controller Interface.....	37
1.3.4.5	Protocolo de Adaptación y Control de Enlaces Lógicos L2CAP..	38
1.3.4.6	RFCOMM	38
1.3.4.7	TCS y SDP	38

CAPÍTULO 2	39
2 DISEÑO DEL PROTOTIPO	39
2.1 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE	39
2.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA32 41	
2.1.1.2 Arquitectura avanzada RISC:	41
2.1.1.3 Memorias de programa y datos no volátiles de alta duración	41
2.1.1.4 Características de los periféricos internos	42
2.1.1.5 Características Especiales del Microcontrolador	42
2.1.1.6 Encapsulamiento para Entradas/Salidas	42
2.1.1.7 AVR CPU Core	43
2.1.2 <i>CARACTERÍSTICAS DEL GPS CLICK</i>	44
2.1.2.1 Descripción General Módulo GPS.....	44
2.1.2.2 Características Técnicas.	45
2.1.2.3 Comunicación Microcontrolador/GPS	45
2.1.3 <i>CARACTERÍSTICAS MÓDULO DEL BLUETOOTHV3</i>	48
2.1.3.1 Descripción General del Módulo Bluetoothv3.....	48
2.1.3.2 Características Técnicas Módulo Bluetoothv3.....	48
2.1.3.3 Comunicación Microcontrolador/Módulo Bluetoothv3	48
2.1.4 <i>CARACTERÍSTICAS MÓDULO GSM ME-3006</i>	49
2.1.4.1 Características Técnicas Módulo ME-3006.....	49
2.1.4.2 Interfaces Módulo ME-3006	50
2.1.4.3 Comunicación Microcontrolador/Módulo ME-3006.....	50
2.2 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE	56
2.2.1 <i>ANDROID</i>	56
2.2.1.1 Arquitectura	57
2.2.1.1.1 Núcleo Linux	57
2.2.1.1.2 Entorno de ejecución Android.....	57
2.2.1.1.3 Bibliotecas	57
2.2.1.1.4 Marco de trabajo (Framework) de aplicaciones	57
2.2.1.1.5 Aplicaciones.....	57
2.2.1.2 Fundamentos de la aplicación.....	58

2.2.1.2.1 Componentes de la Aplicación	59
2.2.1.3 Estructura de una aplicación	60
2.2.1.4 Ejecutable de la aplicación	62
2.2.2 JAVA	62
2.2.2.1 Especificaciones Java	63
2.2.2.2 Definición de una aplicación Java	64
2.2.2.2.1JDK.....	64
2.2.2.2.2Eclipse	65
2.3 DESARROLLO DE APLICACIONES	65
2.3.1 <i>DESCRIPCIÓN FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR</i>	67
2.3.1.1 Descripción Compilador BASCOM-AVR	67
2.3.1.2 Descripción del Programa Principal	68
2.3.1.2.1 Diagrama de Flujo de la Lectura Serial Bluetooth de Usuarios	70
2.3.1.2.2 Diagrama de Flujo Lectura datos protocolo I2C.....	71
2.3.1.2.3 Diagrama de Flujo Autenticación de Usuarios	72
2.3.1.2.4 Diagrama de Flujo de Espera Respuesta desde el Módulo GSM	74
2.3.1.2.5 Diagrama de Flujo de lectura de mensajes.....	75
2.3.1.2.6 Descripción de las tramas utilizadas.....	75
2.3.2 <i>APLICACIÓN ANDROID</i>	78
2.3.2.1 Diagrama de flujo de la aplicación Android	80
2.3.2.1.1 Diagrama de flujo TesisActividad.....	80
2.3.2.1.2 Diagrama de flujo ListaDispositivosServicio	80
2.3.2.1.3 Diagrama de flujo Administrador.....	81
2.3.2.1.4 Diagrama de flujo Alumno.....	81
2.3.2.1.5 Requerimientos mínimos para la Aplicación	82
2.3.3 <i>APLICACIÓN JAVA</i>	82
2.3.3.1 Sistema gestor de base de datos	82
2.3.3.2 API para JAVA	83
2.3.3.2.1 JDBC	83
2.3.3.2.2 Giovynet Driver	84
2.3.3.3 MVC	84

2.3.3.4	Interfaz Gráfica.....	85
2.3.3.4.1	Splash.....	85
2.3.3.4.2	Formulario Login.....	86
2.3.3.4.3	Formulario Principal.....	86
2.3.3.4.4	Formulario Auto.....	87
2.3.3.4.5	Formulario Profesor.....	88
2.3.3.4.6	Formulario Alumno.....	88
2.3.3.4.7	Formulario Instrucción.....	89
2.3.3.5	Diagrama de flujo de la aplicación Java.....	89
2.3.3.5.1	Configuración del módulo GSM.....	90
2.3.3.5.2	Recepción de datos.....	90
2.4	DISEÑO DEL DISPOSITIVO A BORDO DEL VEHÍCULO DE INSTRUCCIÓN.....	92
2.4.1	<i>DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....</i>	92
2.4.2	<i>DISEÑO DE LA ETAPA DE CONTROL Y comunicación.....</i>	95
CAPÍTULO 3.....		97
3	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	97
3.1	INSTRUCCIÓN.....	97
3.1.1	<i>INICIO DE INSTRUCCIÓN.....</i>	97
3.1.2	<i>TRANSCURSO DE INSTRUCCIÓN.....</i>	98
3.1.3	<i>FIN DE INSTRUCCIÓN.....</i>	98
3.2	LOCALIZACIÓN.....	100
3.3	NOTIFICACIÓN DE EMERGENCIA.....	101
CAPÍTULO 4.....		104
4	ESTIMACIÓN DE COSTOS.....	104
4.1	LISTA DE COSTOS DE LOS ELEMENTOS PARA EL PROTOTIPO.....	104
4.2	ESTIMACIÓN DEL COSTOS DE LOS MENSAJES SMS.....	105
4.2.1	<i>OPCIÓN OPERADORA MÓVIL CLARO.....</i>	106
4.2.2	<i>OPCIÓN OPERADORA MÓVIL MOVISTAR.....</i>	107
4.2.3	<i>OPCIÓN OPERADORA MÓVIL CNT.....</i>	109

4.3 COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO	110
CAPÍTULO 5.....	112
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
5.1 CONCLUSIONES	112
5.2 RECOMENDACIONES.....	113
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
GLOSARIO	120
ANEXOS	124
ANEXO A CARACTERÍSTICAS LM7812	
ANEXO B CARACTERÍSTICAS LM7805	
ANEXO C CARACTERÍSTICAS L1117	
ANEXO D CARACTERÍSTICAS MICROCONTROLADOR ATMEGA32	
ANEXO E CARACTERÍSTICAS GPS CLICK	
ANEXO F CARACTERÍSTICAS BLUETOOTHV3	
ANEXO G CARACTERÍSTICAS ME-3006	
ANEXO H CÓDIGO FUENTE DEL MICROCONTROLADOR	
ANEXO I MANUAL DE USUARIO DE LA APLICACIÓN EN JAVA	
ANEXO J MANUAL DE USUARIO DE LA APLICACIÓN EN ANDROID	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Arquitectura GSM	3
Figura 1.2: Estructura Jerárquica GSM	4
Figura 1.3: Arquitectura GSM y sus elementos	7
Figura 1.4: Bandas de Frecuencia GSM en el mundo	10
Figura 1.5: Estructura de Tramas	11
Figura 1.6: Canal de Tráfico	12
Figura 1.7: Canales Lógicos	14
Figura 1.8: Estructura del SMS	17
Figura 1.9: Envío SMS	17
Figura 1.10: Recepción de SMS.....	18
Figura 1.11: Constelación de satélites GPS	20
Figura 1.12: Segmento de Control	21
Figura 1.13: Representación del WAAS	26
Figura 1.14: Funcionamiento GPS parte 1	27
Figura 1.15: Funcionamiento GPS parte 2	27
Figura 1.16: Funcionamiento GPS parte 3	28
Figura 1.17: Error en la propagación de señales en GPS	29
Figura 1.18: Aplicaciones del GPS	31

Figura 1.19: Soluciones Bluetooth	33
Figura 1.20: Diagrama Picored	35
Figura 1.21: Diagrama Scatternet	35
Figura 1.22 Dirección MAC de un teléfono inteligente	36
Figura 1.23: Protocolo Bluetooth	36
Figura 2.1: Esquema General del Sistema.....	39
Figura 2.2: Configuración de Pines del ATmega32	43
Figura 2.3: Diagrama de Bloque del ATmega32	43
Figura 2.4: Módulo GPS Click	44
Figura 2.5: Diagrama de la memoria U-Blox 6	46
Figura 2.6: Acceso de Lectura Aleatorio	47
Figura 2.7 Módulo Bluetoothv3.....	48
Figura 2.8: Módulo GSM ME-3006.....	49
Figura 2.9: Distribución de Pines Conector DB9	51
Figura 2.10: Arquitectura Android	58
Figura 2.11: Pantalla de Simulación.....	60
Figura 2.12: Aplicación Android en Eclipse	61
Figura 2.13: Plataforma Java	63
Figura 2.14: Proceso de una aplicación Java con JDK	64
Figura 2.15: Ambiente de Desarrollo Eclipse	65
Figura 2.16: Máquina de Estados Programa Principal Microcontrolador.....	69

Figura 2.17: Subrutina Lectura Serial Bluetooth	71
Figura 2.18: Subrutina Lectura datos Protocolo I2C.....	72
Figura 2.19: Subrutina autenticación Usuarios.....	73
Figura 2.20: Subrutina Espera Respuesta Módulo GSM.....	74
Figura 2.21: Subrutina Lectura de Mensaje.....	75
Figura 2.22: Secuencia de datos enviados desde el módulo a bordo del vehículo de instrucción	77
Figura 2.23: Formato de los Tipos de Datos enviados por el módulo a bordo del vehículo de instrucción.....	78
Figura 2.24: Pantallas de la Aplicación Android	79
Figura 2.25: Diagrama de flujo de TesisActividad	80
Figura 2.26: Diagrama de flujo de ListaDispositivosServicio	80
Figura 2.27: Diagrama de Flujo de Administrador	81
Figura 2.28: Diagrama de Flujo de Alumno	82
Figura 2.29: JDBC y una Base de Datos.....	83
Figura 2.30: Estructura de la aplicación con MVC.....	85
Figura 2.31: Splash	86
Figura 2.32: Formulario Login	86
Figura 2.33: Formulario Principal	86
Figura 2.34: Diagrama de la estructura del menú en formulario principal	87
Figura 2.35 Formulario Auto.....	87

Figura 2.36: Formulario Profesor.....	88
Figura 2.37: Formulario Alumno	89
Figura 2.38: Formulario Instrucción	89
Figura 2.39: Diagrama de flujo de la configuración del módulo GSM.....	90
Figura 2.40: Diagrama de flujo de la Recepción de datos.....	91
Figura 2.41 Etapa de alimentación.....	94
Figura 2.42 Etapa de Control y Comunicación	96
Figura 2.43: Dispositivo a bordo del vehículo de instrucción.....	96
Figura 3.1 Pantalla Registro de Usuarios	97
Figura 3.2 Pantallas Validación de usuario	98
Figura 3.3 Pantalla de Fin de Instrucción	98
Figura 3.4 Registros de una Instrucción	99
Figura 3.5 Visualización de la ruta de una Instrucción	100
Figura 3.6 Pantalla y visualización de la Localización del vehículo de instrucción	101
Figura 3.7 Notificación de Fallo Mecánico.....	102
Figura 3.8 Mensaje de Notificación de Fallo Mecánico	102
Figura 3.9 Notificación de Choque	102
Figura 3.10 Mensaje Notificación de Choque.....	102
Figura 3.11 Visualización de la ubicación del vehículo de instrucción en emergencia.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Frecuencias del Sistema GSM en MHz.	9
Tabla 1.2: Clases de dispositivos Bluetooth	37
Tabla 2.1: Comparación microcontroladores AVR	41
Tabla 2.2: Comando CNMI	52
Tabla 2.3: Comando CMGF	54
Tabla 2.4: Comando CMGS	54
Tabla 2.5: Componentes de una aplicación Android	59
Tabla 2.6: Subdirectorios de res/	62
Tabla 2.7: Detalles Trama RMC	76
Tabla 2.8: Descripción de los Campos trama RMC.....	77
Tabla 2.9: Tipos de Datos enviados y su descripción por el módulo a bordo del vehículo de instrucción.....	78
Tabla 2.10 Elementos Activos y sus Voltajes	92
Tabla 2.11: Especificaciones técnicas del dispositivo a bordo del vehículo de instrucción	93
Tabla 4.1 Costo de los elementos del prototipo	105
Tabla 4.2 Tarifas SMS Claro	107
Tabla 4.3 Tarifas SMS Movistar	108
Tabla 4.4 Número de mensajes cortos por plan en Movistar	109

Tabla 4.5 Tarifas SMS Empresarial CNT110

RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolla un prototipo que utiliza una aplicación instalada en un teléfono inteligente para tomar los datos de usuario y contraseña de los estudiantes que toman la instrucción de conducción, para ello se cuenta con un microcontrolador que recepta los datos vía Bluetooth y verifica los mismos. El microcontrolador que está instalado en un dispositivo a bordo del vehículo de instrucción toma la ubicación geográfica de un GPS y los complementa con la información del usuario que se encuentra en este, para enviar estos datos por medio de mensajes cortos utilizando el SMS a un computador que se encarga de recibir esta información para ser almacenada e interpretada para visualizarla de manera gráfica.

En el Capítulo 1, se describe los principios de funcionamiento del estándar GSM, los Sistemas de Posicionamiento Global así como su funcionamiento básico, y la tecnología Bluetooth.

El Capítulo 2, contiene el diseño del prototipo donde se describe el desarrollo del software tanto del microcontrolador, aplicación de escritorio y aplicación celular por medio de diagramas de flujo y se describe los tipos de datos enviados. Se describen los elementos y características de los módulos utilizados en el hardware del prototipo.

El Capítulo 3, se presenta los resultados de las pruebas realizadas al prototipo para comprobar su correcto funcionamiento.

En el Capítulo 4, se presenta una estimación de costos de los elementos utilizados como parte del prototipo y un cálculo aproximado del número de mensajes cortos necesarios para que el dispositivo a bordo del vehículo de instrucción funcione con normalidad.

El Capítulo 5, contiene las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto.

Finalmente, se incluyen los anexos con características de los elementos electrónicos, módulos utilizados, y código fuente desarrollado para el funcionamiento del microcontrolador.

PRESENTACIÓN

El parque automotor de la Escuela de Conducción de ANETA (Escuela La Pradera) se encuentra en constante crecimiento, dificultando la tarea del supervisor del departamento académico al momento de llevar un registro de novedades y ubicación de los vehículos, cada vez que salen a las clases de conducción.

El presente proyecto desarrolla un prototipo a nivel de software y hardware, parte del software desarrollado funcionará en una computadora de escritorio y el hardware irá instalado a bordo de un vehículo de instrucción, estos dos componentes del prototipo se comunican a través de mensajes de texto enviados a través de la red celular.

El dispositivo a bordo del vehículo de instrucción está compuesto por un módulo GSM, un módulo Bluetooth y un módulo GPS los que son operados por medio de un microcontrolador para su interacción.

Utilizando una aplicación en un teléfono inteligente con sistema operativo Android el instructor ingresa nombres de usuarios y contraseñas correspondientes a los diferentes estudiantes que utilizan el vehículo de instrucción a lo largo del día, información enviada vía Bluetooth. El módulo a bordo del vehículo de instrucción está en capacidad de reconocer a los diferentes estudiantes al discriminar el usuario y su contraseña proporcionados.

Una vez que el módulo a bordo del vehículo de instrucción recibe información válida de un estudiante vía Bluetooth desde la aplicación en el teléfono inteligente, como parte inicial de una clase de conducción, se envía un mensaje de texto hacia la computadora central con información de su posición inicial por medio de otro módulo GSM instalado a la misma. Se reportará periódicamente su posición geográfica automáticamente hasta que el estudiante decida terminar su sesión de instrucción.

La aplicación de la computadora de escritorio posee una interfaz amigable al usuario que permite acceder a la base de datos y visualizar en un mapa la ruta y posiciones geográficas.

CAPÍTULO 1.

1 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS GSM, GPS, Y DEL ESTÁNDAR IEEE 802.15.1

1.1 SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES (GSM, GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS) (1) (2)

Los primeros trabajos con GSM los inició en 1982 un grupo de trabajo que después se estableció como comité llamado Groupe Spécial Mobile dentro del Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI, European Telecommunications Standards Institute). Originalmente, este organismo se llamaba Conferencia Europea de Administraciones Postales y Telecomunicaciones (CEPT, *Conference European Posts and Telecommunications*).

El objetivo de este proyecto era poner fin a la incompatibilidad de sistemas en el área de las comunicaciones móviles y crear una estructura de sistemas de comunicaciones a nivel europeo.

Uno de los hitos fundamentales del GSM es la constitución del MoU (Memorandum of Understanding), en el que se establecen acuerdos de itinerancia entre redes para posibilitar la internacionalización de las comunicaciones.

GSM es un estándar de telefonía móvil digital, utilizado para la transmisión de voz móvil y servicios de datos. GSM soporta llamadas de voz y velocidades de transferencia de datos de hasta 9,6 kbps, junto con la transmisión de Servicio de Mensajes Cortos (SMS, Short Message Service).

1.1.1 ARQUITECTURA DE LA RED GSM (3) (4) (5) (6)

Las especificaciones del estándar GSM definen los requerimientos para las funciones e interfaces en detalle.

La red GSM está dividida en tres subsistemas principales:

- Subsistema de Comutación Red (NSS: Network Switching Sub-System)
- Subsistema de Estación Base (BSS: Base Station Sub-System)
- Subsistema de Soporte y Operación (OSS: Operation and Support Sub-System).

1.1.1.1 Subsistema de Conmutación Red (3) (4) (5)

El Subsistema de Conmutación Red (NSS) incluye las funciones básicas de conmutación del GSM, así como las bases de datos necesarias para los datos de usuario y la gestión de la movilidad. La función principal del NSS es gestionar las comunicaciones entre los usuarios GSM y los usuarios de otras redes de telecomunicación.

Dentro del NSS, la función básica de conmutación se realiza en el Centro de Conmutación Móvil (MSC, Mobile Switching Center), cuya misión principal es coordinar el establecimiento de llamadas desde y hacia usuarios GSM. La MSC tiene interfaces con la BSS de un lado (a través de la cual está en contacto con los usuarios GSM), y con las redes exteriores por otro.

1.1.1.2 Subsistema de Estación Base (3) (4) (5)

El Subsistema de radio, Subsistema de Estaciones Base o BSS agrupa los equipos específicos a los aspectos de radio y celulares del GSM.

El BSS incluye dos tipos de elementos: el Transceptor de Estación de Base (BTS, Base Transceiver Station), en contacto con las estaciones móviles a través del interfaz radio, y el Controlador de Estaciones Base (BSC, Base Station Controller), este último en contacto con las centrales de conmutación del NSS. En la Figura 1.1 se muestra el diagrama de la arquitectura GSM.

1.1.1.3 Subsistema de Soporte y Operación (3) (4) (5)

El Subsistema de Soporte y Operación está representado normalmente en un Centro de Operación y Mantenimiento (OMC: Operation and Maintenance Center). Es una unidad funcional que permite monitorear la red y controlar el sistema completo. Una función importante del OSS es proveer al operador, una visión general de la red y soportar diferentes actividades de mantenimiento.

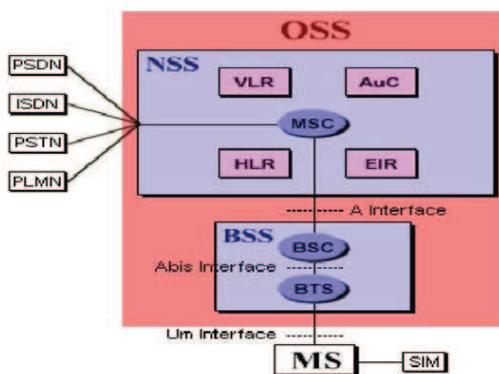


Figura 1.1 Arquitectura GSM (6)

1.1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS NODOS PRINCIPALES DE LA RED (3) (4) (5) (7)

1.1.2.1 Estación Móvil: (MS, Mobile Station) (3) (4) (5)

Está formada por el equipo móvil (ME, Mobile Equipment) asignado con un identificador único en el mundo, la Identidad Internacional del Equipo Móvil (IMEI, International Mobile Equipment Identity) y por el módulo de identificador del suscriptor (SIM, Subscriber Identity Module).

El SIM es una tarjeta, que permite identificar al abonado independientemente del terminal usado, y contiene la Identidad internacional del abonado móvil (IMSI, International Mobile Subscriber Identity), usada para identificar al abonado en cualquier sistema GSM.

1.1.2.2 Transceptor de Estación Base (BTS) (4) (5)

Cuya función principal es la de proporcionar un número de canales de radio en su respectiva área de cobertura. En la Figura 1.2 se muestra la estructura jerárquica en GSM.

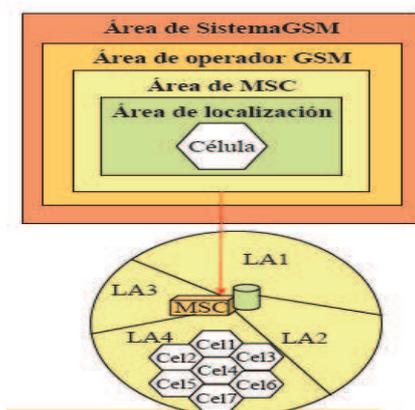


Figura 1.2: Estructura Jerárquica GSM (7)

El sistema consiste en una red de celdas contiguas (con cobertura sobrepuesta para asegurar el handover¹) para cubrir una determinada área geográfica controlada por un MSC (área de servicio). Cada celda tiene una BTS. Un grupo de BTSs es controlado por un BSC.

1.1.2.3 Controlador de Estaciones Base (BSC) (4) (5)

Es el encargado de proveer todas las funciones de control y enlaces físicos entre el MSC y las BTS. Es un conmutador de alta capacidad que provee una serie de funciones como el handover entre BTSs, datos de configuración de celdas y control de los niveles de potencia de los transceptores de las estaciones bases. Un número de BSCs son servidos por un MSC.

¹ Handover: Procedimiento por el que la llamada se mantiene sin que se produzcan interrupciones importantes al momento en que el usuario se desplaza cambiando de sector.

1.1.2.4 Centro de Conmutación Móvil (MSC) (4) (5)

Responsable del establecimiento, enrutamiento y terminación de cualquier llamada, es la interfaz con otras redes, control de los servicios complementarios y del handover entre BSCs, así como la generación de información necesaria para la medición y registro de tráfico. También actúa de interfaz entre la red móvil y la red pública.

1.1.2.5 Registro de Localización Base (HLR, Home Location Register) (4) (5)

Es la base de datos centralizada de una red, contiene y administra principalmente información de estado de cada estación móvil definida en el sistema (tipo de suscripción, servicios complementarios, etc.), así como información sobre las posibles áreas visitadas, a efecto de enrutar llamadas destinadas al mismo (terminadas en el móvil). Un HLR está conectado al MSC y VLR.

La información almacenada que contiene por cada estación móvil:

- Identidad.
- Servicios Suplementarios
- Información de su ubicación
- Información de Autenticación.

1.1.2.6 Registro de Localización de estaciones móviles visitantes (VLR, Visitor Location Register) (4) (5)

Es la base de datos que contiene información temporal de las estaciones móviles visitantes y que son requeridos por el MSC para darles servicio.

El VLR normalmente viene integrado con el MSC. Contiene principalmente información de estado de todas las estaciones móviles que en un momento dado están registrados dentro de la zona de servicio de un MSC; información que ha sido requerida y obtenida a partir de los datos contenidos en el HLR.

1.1.2.7 Registro Identidad Equipo (EIR, Equipment Identity Register) (4) (5)

Es una base de datos que contiene la información acerca de la identidad de los equipos móviles y verifica si un ME está autorizado o no para acceder al sistema, evitando llamadas fraudulentas, no autorizadas o estaciones móviles defectuosas.

1.1.2.8 Centro de Autenticación (AUC, Authentication Center) (4) (5)

Es una base de datos que provee parámetros de autenticación y encriptación, que permiten verificar la identidad del usuario y asegurar la confidencialidad de cada llamada.

1.1.2.9 Gateway-MSC (Gateway Mobile Switching Center) (4) (5)

Es un nodo que permite interrogar al HLR para obtener información de encaminamiento para una llamada dirigida a un móvil. Por lo tanto, es el camino de enlace de la red GSM con otras redes externas.

1.1.2.10 IWF (InterWorking Function) (4) (5)

Entidad funcional asociada al MSC. Proporciona los medios necesarios para el interfuncionamiento de la red GSM con las redes externas fijas (PSTN, ISDN y redes de paquetes PDN).

1.1.2.11 Centro de Operación y Mantenimiento (OMC, Operation and Maintenance Center) (5)

Es un centro de monitoreo computarizado que se conecta a otras componentes de la red como los MSC y los BSC por enlaces de datos. Tiene las siguientes funciones:

- Acceso remoto a todos los elementos que componen la red GSM (BSS, MSC, VLR, HLR, EIR y AUC).
- Gestión de las alarmas y del estado del sistema con posibilidad de efectuar varios tipos de pruebas para analizar las prestaciones y verificar el correcto funcionamiento del mismo.

- Supervisión del flujo de tráfico a través de las centrales.
- Visualización de la configuración de la red con posibilidad de cambiarla por control remoto.
- Administración de los abonados y posibilidad de poder conocer su posición dentro del área de cobertura.

En la Figura 1.3 se muestra la arquitectura GSM con sus elementos.

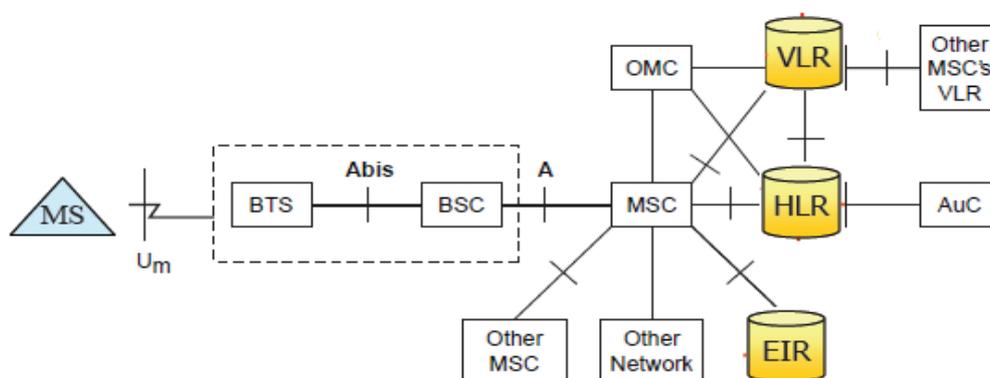


Figura 1.3: Arquitectura GSM y sus elementos (8)

1.1.3 INTERFACES (2) (4) (7) (8) (9) (10) (11)

En la arquitectura de red GSM se definen varias interfaces para la comunicación entre sus elementos de red. Se definen las siguientes interfaces como las más representativas:

Interfaz A, o interfaz de línea: Un lado de la interfaz se ocupa de las operaciones de MSC, HLR y VLR, y el otro lado de ella se encarga de las operaciones de BSC y de radio.

Interfaz A bis, que generalmente es transparente al operador: Define las operaciones entre el BSC y la BTS.

Interfaz Um, o interfaz de radio: Nombre con el que se conoce a la conexión entre ME y el BTS, este se desarrollará en el siguiente subcapítulo. En la Figura 1.1 se muestra un diagrama donde se encuentra especificados las interfaces.

1.1.3.1 Interfaz Radio (2) (4) (7) (8) (9) (10) (11)

Todos los esquemas y mecanismos que se usa para hacer posible la comunicación en el canal de radio, se agrupan en los procedimientos de la interfaz de radio o Um.

1.1.3.1.1 Bandas de frecuencia de operación (10)

La tecnología GSM opera en configuración full dúplex en las bandas de frecuencias 850 MHz, 900MHz, 1800 MHz y 1900 MHz.

GSM-850:

- Uplink(Móvil-Base): 824 MHz a 849 MHz
- Dowlink(Base-Móvil):869 MHz a 894 MHz

P-GSM (GSM-900), Primaria o Estándar:

- Uplink(Móvil-Base): 890 MHz a 915 MHz
- Dowlink(Base-Móvil):935 MHz a 960 MHz

E-GSM (GSM-900), Extendida (incluye la banda GSM-900 Estándar):

- Uplink(Móvil-Base): 880 MHz a 915 MHz
- Dowlink(Base-Móvil):925 MHz a 960 MHz

R-GSM, (GSM-900), Railways (incluye la banda GSM-900 Estándar y la Extendida):

- Uplink(Móvil-Base): 876 MHz a 915 MHz
- Dowlink(Base-Móvil):921 MHz a 960 MHz

DCS (GSM-1800):

- Uplink(Móvil-Base): 1710 MHz a 1785 MHz
- Dowlink(Base-Móvil):1805 MHz a 1880 MHz

PCS (GSM-1900):

- Uplink(Móvil-Base): 1850 MHz a 1910 MHz
- Dowlink(Base-Móvil): 1930 MHz a 1960 MHz

Las bandas de frecuencias superiores e inferiores se dividen en canales de 200 KHz llamados ARFCN. El ARFCN denota un par de canales "uplink" y "downlink". Si $F_i(n)$ representa el valor de la frecuencia de la portadora ARFCN en la banda inferior, y $F_s(n)$ representa el valor de la frecuencia correspondiente en la banda superior, que se representa en la Tabla 1.1: Frecuencias del Sistema GSM en MHz. Tabla 1.1:

Banda	Frecuencia inferior	Número de Canales	Frecuencia Superior
GSM-850	$F_i(n) = 824.2 + 0.2 \cdot (n - 128)$	$128 \leq n \leq 251$	$F_s(n) = F_i(n) + 45$
P-GSM	$F_i(n) = 890 + 0.2 \cdot n$	$1 \leq n \leq 124$	$F_s(n) = F_i(n) + 45$
E-GSM	$F_i(n) = 890 + 0.2 \cdot n$ $F_i(n) = 890 + 0.2 \cdot (n - 1024)$	$0 \leq n \leq 124$ $975 \leq n \leq 1023$	$F_s(n) = F_i(n) + 45$
R-GSM	$F_i(n) = 890 + 0.2 \cdot n$ $F_i(n) = 890 + 0.2 \cdot (n - 1024)$	$0 \leq n \leq 124$ $955 \leq n \leq 1023$	$F_s(n) = F_i(n) + 45$
DCS-1800	$F_i(n) = 1710.2 + 0.2 \cdot (n - 512)$	$512 \leq n \leq 885$	$F_s(n) = F_i(n) + 95$
PCS-1900	$F_i(n) = 1850.2 + 0.2 \cdot (n - 512)$	$512 \leq n \leq 810$	$F_s(n) = F_i(n) + 80$

Tabla 1.1: Frecuencias del Sistema GSM en MHz. (10)

En la Figura 1.4, se muestra una representación de las frecuencias GSM adoptadas en diferentes lugares en el mundo:

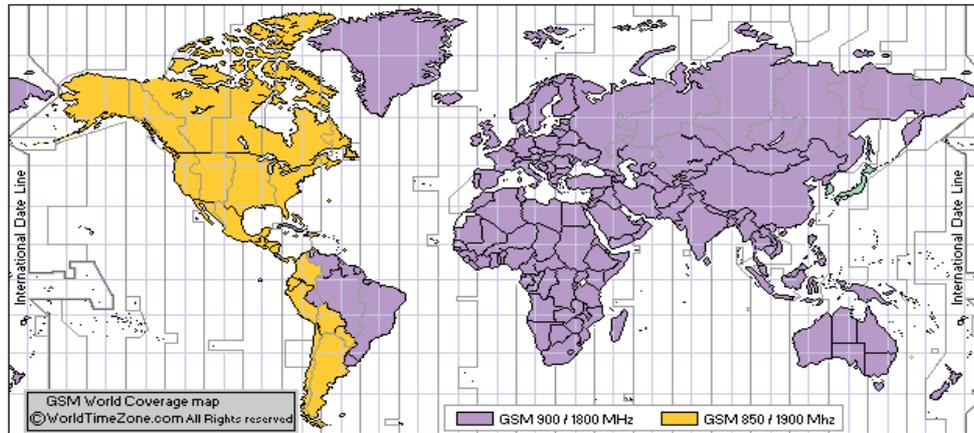


Figura 1.4: Bandas de Frecuencia GSM en el mundo (11)

Un equipo móvil GSM puede funcionar teóricamente en todo el mundo. Se usa en las frecuencias de 900 y 1800 MHz en la mayor parte del mundo como Europa, Asia, África, Oriente Medio y Oceanía; y en las frecuencias de 850 y 1900 MHz en Norteamérica, Centroamérica y en la mayoría de países de Sudamérica.

1.1.3.1.2 Técnica de acceso (2) (9)

GSM usa Duplex por División de Frecuencia y una combinación de Acceso Múltiple por División de Tiempo y Acceso Múltiple por División de Frecuencia para proporcionar a las estaciones base y a los equipos móviles un acceso múltiple.

En la banda de 25 MHz que se adjudica a GSM, FDMA se utiliza para dividir ese espectro en un total de 124 frecuencias portadoras espaciadas por una separación de canales de 200 KHz. Una o más de estas frecuencias portadoras se asigna a cada una de las estaciones base. A partir de ahí, cada una de las frecuencias portadoras se subdivide en divisiones de tiempo utilizando TDMA.

Los elementos básicos de TDMA son las ranuras o slots de tiempo, cada uno dura 0.577 ms (156.25 bits). Ocho slots de tiempo se agrupan en una trama. La trama

TDMA dura aproximadamente 4.615 ms, la misma forma la base de un canal lógico. Un canal físico en una trama TDMA es una ranura de tiempo.

Hay diferentes tipos de tramas que se transmiten para transportar datos diferentes. Las tramas están organizadas en multitramas, supertramas, e hipertrama para proporcionar una sincronización global. La estructura de una hipertrama GSM, supertrama, multitrama se da en la Figura 1.5. Se tiene a la vez multitramas y supertramas de tráfico y de control, una multitrama de tráfico está en una supertrama de tráfico y así con las tramas de control. Y en una hipertrama puede contener supertramas tanto de tráfico como de control como lo muestra la Figura 1.5.

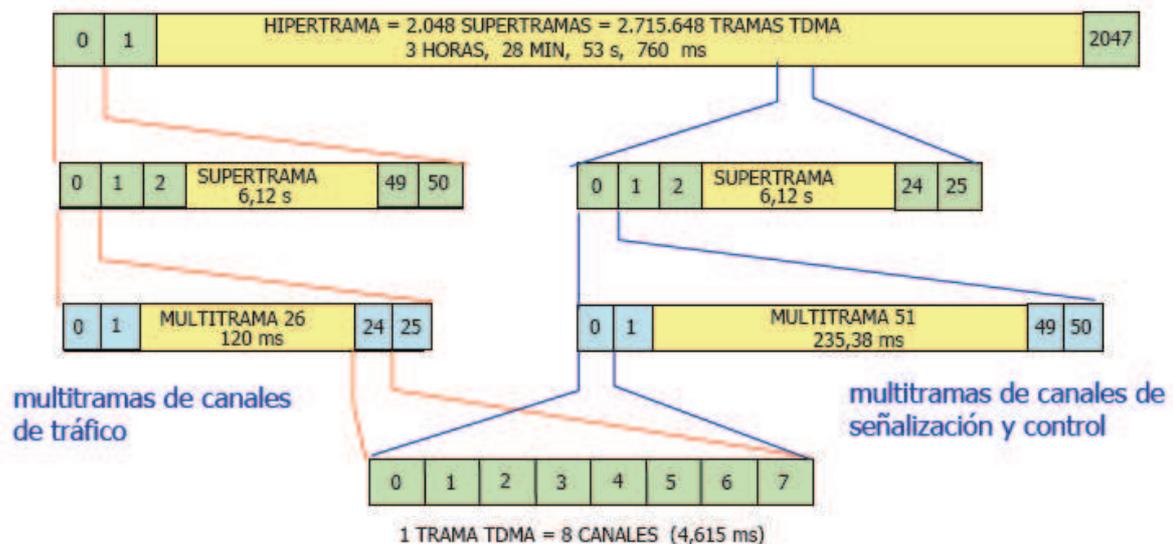


Figura 1.5: Estructura de Tramas (7)

1.1.3.1.3 Canales Lógicos (2) (9) (8)

GSM utiliza una variedad de canales en los que se lleva la información. Estos canales están separados en canales físicos y canales lógicos. Los canales físicos se determinan por las ranuras de tiempo, mientras que los canales lógicos se determinan por la información transportada dentro de los canales físicos.

Los canales físicos se usan para los datos de usuario (carga útil) o de señalización para permitir que el sistema funcione.

Hay tres tipos de canales lógicos: canales de tráfico, canales de control, y el canal de difusión celular. Los canales de tráfico se utilizan para transmitir información de usuario (voz o datos). Se definen mediante grupos de 26 tramas TDMA denominados multitramas. Una multitrama dura 120ms y se divide en:

- 24 tramas que transportan tráfico.
- Una trama que transporta un Canal Lento de Control Asociado.
- Una trama no se utiliza, como lo muestra la Figura 1.6.

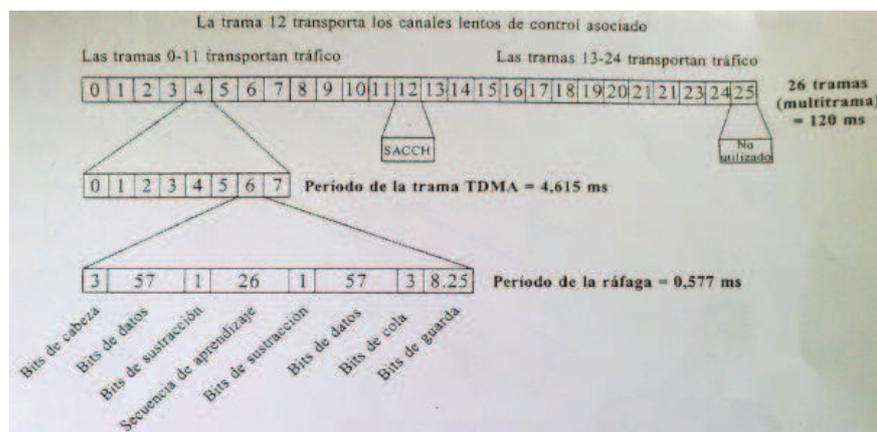


Figura 1.6: Canal de Tráfico (9)

Los canales de control se utilizan para transmitir información de control y señalización. El canal de difusión celular se utiliza para transmitir información de usuario desde un centro de servicio a las estaciones móviles que escuchan en una zona de la celda dada. Este es unidireccional (enlace descendente solamente, de la estación base a la estación móvil), punto a multipunto canal usado para un servicio de mensaje corto de información.

Los canales de control se componen de los canales de difusión, canales de control común y canales de control dedicado y cada uno consiste en:

BCHs, se utilizan en enlace descendente (Base -Móvil), punto-multipunto:

- Canal de Control de Difusión Común: Que transmite información de la estación base y otros canales de control.
- Canal de Corrección de Frecuencia: Se utiliza para transmitir ráfagas de datos de corrección de frecuencia que contiene el conjunto de todos "0".
- Canal de Sincronización: Que transmite información de sincronismo e identidad de las estaciones base.

CCCHs, se utilizan tanto en el enlace descendente y ascendente, existen tres tipos:

- Canal de Acceso Aleatorio: Es el único canal transmitido en enlace ascendente y es empleado por los móviles para acceder al sistema haciendo la petición de un enlace dedicado.
- Canal de Búsqueda: Lo utilizan las estaciones base para buscar las unidades móviles en el sistema.
- Canal de Acceso Concedido: A través de este canal, el sistema asigna recursos a las estaciones móviles.

DCCH, se emplean para transmitir mensajes entre la red y las estaciones móviles, lo cual excluye su uso para el envío de voz o datos del usuario.

- Canal de Control Asociado Standalone: Es bidireccional que se utiliza para la solicitud de servicio, autenticación de abonado, validación de equipos, y la asignación de un canal de tráfico.
- Canal de Control Asociado: Es bidireccional, está asociado con un TCH dado y SDCCH. Este canal se utiliza para enviar datos de control entre la estación móvil y la estación base, como mediciones de intensidad de señal desde una estación móvil a la estación base o para enviar la información de transmisión de temporización desde la estación base a la estación

móvil. Los canales de control asociados se dividen como canales lentos de control asociados (SACCHs) y canales rápidos de control asociados.

En la Figura 1.7, se muestra un diagrama de los canales lógicos:

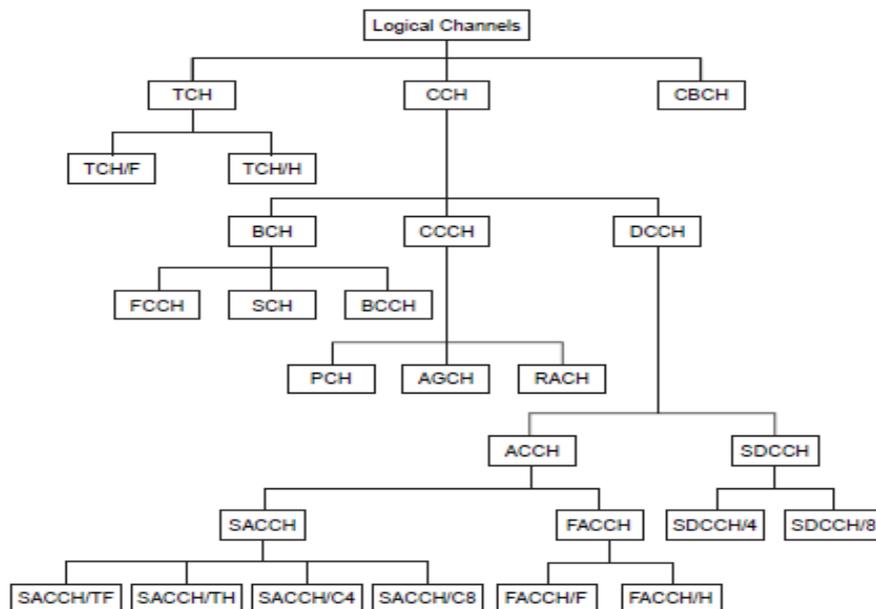


Figura 1.7: Canales Lógicos (8)

1.1.4 SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS, SERVICE MESSAGE SERVICE) (4) (12) (13) (14)

Es un sistema para enviar y recibir mensajes de texto. El texto puede estar compuesto de palabras o números o una combinación alfanumérica. SMS fue creado como una parte del estándar GSM fase 1. Cada mensaje puede tener hasta 160 caracteres cuando se usa el alfabeto latino.

Los mensajes cortos pueden ser de dos tipos: punto a punto o desde la red a un conjunto de móviles (broadcast). El mensaje corto se intercambia entre un móvil y otra entidad capaz de transmitir o recibir mensajes cortos. La Entidad de Mensaje Corto puede ser un terminal situado en una red externa, un móvil o un Centro de Servicio de Mensajes Cortos.

1.1.4.1 Estructura básica de la red SMS (4) (13)

Para comunicarse con el SMSC la red utiliza los nodos SMS - GMSC (Short Message Service - Gateway Mobile-Services Switching Center) y SMS-IWMSC (Short Message Service -InterWorking MSC).

1.1.4.1.1 SMSC (4) (13)

Es un nodo capaz de dirigir y recibir SM hacia y desde los móviles. También debe ser capaz de intercambiar mensajes de confirmación de la recepción o envío de los SMS.

Si el SMSC no puede entregar inmediatamente un SM a un móvil (por ejemplo, porque está apagado), deberá esperar a que esté disponible (en el ejemplo, a que se encienda). Si sucede esto, la red notificará el estado de indisponibilidad al SMSC para que tenga constancia e intente volver a enviarlo más tarde.

1.1.4.1.2 SMS-GMSC (4) (13)

Es el nodo que realiza las funciones de pasarela para el servicio SMS-MT; es decir, sólo interviene cuando hay un SM dirigido a un móvil. Físicamente puede ser un MSC cualquiera.

Cuando el SMS-GMSC recibe un SM desde el SMSC, comprueba que todos los parámetros sean correctos e interroga al HLR para que le envíe la información de encaminamiento que necesita para entregar el SM.

Con esta información, el SMS-GMSC envía el SM al MSC correspondiente, quien finalmente se lo intentará entregar al móvil. El SMS-GMSC informará al HLR del resultado de la entrega, tanto si ha sido satisfactoria como si no. En este último caso, deberá indicar la causa por la que no se ha podido entregar el mensaje para que el HLR actúe en consecuencia y realice las acciones que considere

necesarias, como por ejemplo informar también al SMSC de la causa del error para que de este modo pueda ajustar sus tiempos de reintentos.

1.1.4.1.3 SMS-IWMSC (4) (13)

Es el nodo que realiza las tareas de inter-funcionamiento para el servicio SMS-MO; es decir, sólo interviene cuando hay un SM originado por un móvil.

Cuando un móvil genera un SM, el MSC lo recibe y pide a su VLR información para poder continuar la operación de entrega. Cuando recibe la confirmación por parte del VLR de que todo es correcto, entrega el SM al SMS-IWMSC.

El SMS-IWMSC recibe el SM y establece una comunicación con el SMSC correspondiente para entregárselo. Una vez que el SMSC recibe el SM, responderá al SMS-IWMSC indicando si todo ha ido bien o si se ha producido algún error. El SMS-IWMSC deberá remitir esta información al MSC donde está el móvil que ha originado el SM.

En el caso de que pase el intervalo de tiempo estipulado por el operador sin que el SMS-IWMSC reciba contestación del SMSC, informará al MSC de que se ha producido un error.

Asimismo, el SMS-IWMSC avisa al SMSC de que un móvil para el que tiene guardado un SM ya está disponible para recibirlo. Para ello, cuando el móvil entra en actividad, el HLR es notificado y avisa al SMS-IWMSC para que indique al SMSC que ya puede enviar el SM. En la Figura 1.8 se muestra la estructura de la red SMS.

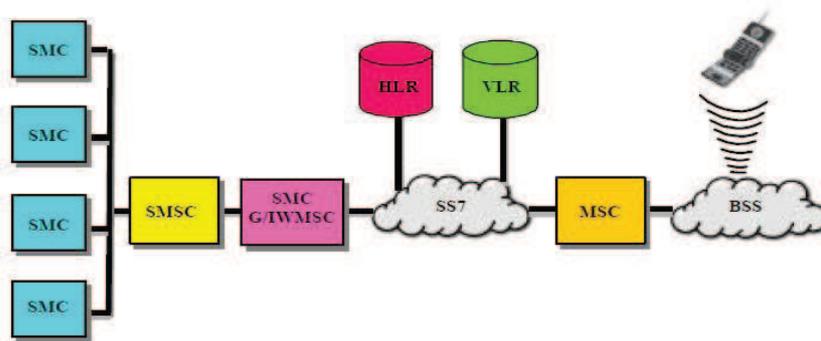


Figura 1.8: Estructura del SMS (12)

1.1.4.2 Servicios del Abonado (12) (14)

Dentro de los servicios punto a punto, GSM distingue dos servicios:

1.1.4.2.1 SMS-MO: Short Message Service - Mobile Originated (12) (14)

Los mensajes MO son enviados por el equipo móvil al SMSC. En la Figura 1.9 se detalla el procedimiento del envío del mensaje.

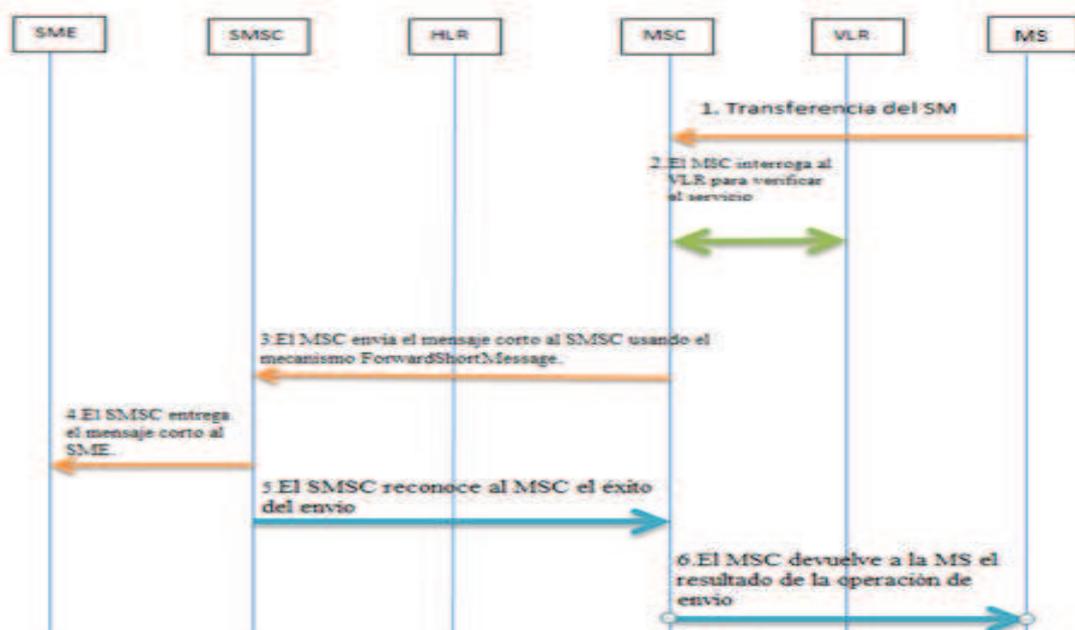


Figura 1.9: Envío SMS (12)

1.1.4.2.2 SMS-MT: Short Message Service - Mobile Terminated (12) (14)

Los mensajes MT son enviados desde el SMSC al equipo móvil. En la Figura 1.10 se detalla el procedimiento para recibir un mensaje.

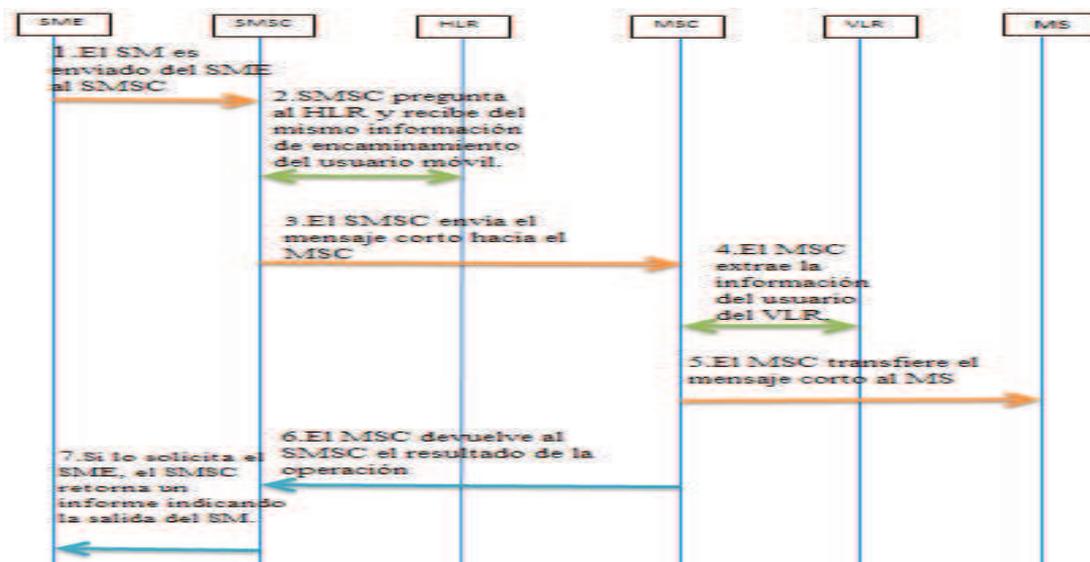


Figura 1.10: Recepción de SMS (12)

Algunas de las posibles aplicaciones de la tecnología SMS, utilizando tanto MT-SM y MO-SM son:

- Servicios de Notificación: Son actualmente los más utilizados.
- Correo electrónico. La pasarela convierte un mensaje de correo en SMS y un mensaje SMS en mensaje de correo.
- Banca GSM. Servicios financieros y alarmas para el seguimiento de operaciones de valores, etc.

1.2 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS, GLOBAL POSITIONAL SYSTEM)

1.2.1 INTRODUCCIÓN (15)

El GPS es un sistema de posicionamiento por satélites desarrollado por el Departamento de la Defensa de los E.U., diseñado para apoyar los requerimientos de navegación y posicionamiento precisos con fines militares. En la actualidad es una herramienta importante para aplicaciones de navegación, posicionamientos de puntos en tierra, mar y aire.

1.2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA (15) (16) (17) (18) (19)

Todos los sistemas de navegación por satélite constan de tres subsistemas o segmentos, con diferentes trabajos y responsabilidades:

- El segmento espacial: constituido por los satélites.
- El segmento de control: el mando del sistema, cuya misión es el seguimiento y control de los satélites, así como el cálculo de los datos sobre el movimiento del satélite y su posterior transmisión a los usuarios a través de los propios satélites.
- El segmento de usuario: formado por los receptores

1.2.1.1 Segmento espacial (15) (16)

El segmento espacial GPS consta de una constelación de satélites que transmiten señales de radio a los usuarios. Está formado por una constelación de 24 satélites, que circundan la tierra en la órbita terrestre media (MEO) aproximadamente a 20.200 Km de altura y forman 6 orbitas diferentes con 4 satélites en cada una. Cada orbita tiene una inclinación de 55° respecto al ecuador, sabiendo que están separados 60° unas de otras.

Los satélites están posicionados de tal forma que normalmente hay un mínimo de cinco a la vista (en uso) para un usuario en cualquier sitio donde esté y en

cualquier momento. La constelación fue diseñada para asegurar disponibilidad continuada y se muestra un diagrama en la Figura 1.11.

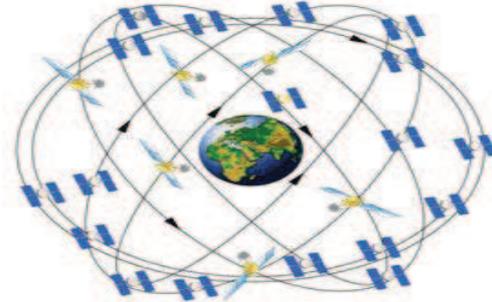


Figura 1.11: Constelación de satélites GPS (16)

Cada satélite transmite de manera permanente, un mensaje de navegación indicando su posición orbital así como la hora exacta de la emisión de dicho mensaje. También se transmite los datos que proporcionan la posición y el estado operativo de cada satélite. Dichos datos permiten a los receptores GPS que puedan localizar todos los demás satélites a partir de la detección de uno de ellos.

Han sido puestos en órbita satélites más eficaces que son denominados del bloque IIA y luego del bloque IIR. Los satélites de los bloques II, IIA y IIR van equipados con cuatro relojes atómicos, dos de cesio y dos de rubidio. Así pueden permanecer 14 días sin conectar con las estaciones de tierra, y siguen conservando suficiente precisión. Disponen de un software de diagnóstico interno que les permite detectar gran parte de las anomalías de funcionamiento y tomar los correctivos pertinentes.

1.2.1.2 Segmento de control (15) (17)

El segmento de control GPS consta una red global de instalaciones terrenas que realizan un seguimiento de los satélites GPS, analizando las señales emitidas por estos y a su vez, actualiza los datos de los elementos y mensajes de navegación, controla sus transmisiones, así como las correcciones de reloj de los satélites.

El segmento de control actual operativo incluye una estación de control principal, una estación de control maestra suplente, 12 de mando y control de las antenas, y 17 sitios de monitoreo, distribuidos como se muestra en la Figura 1.12.

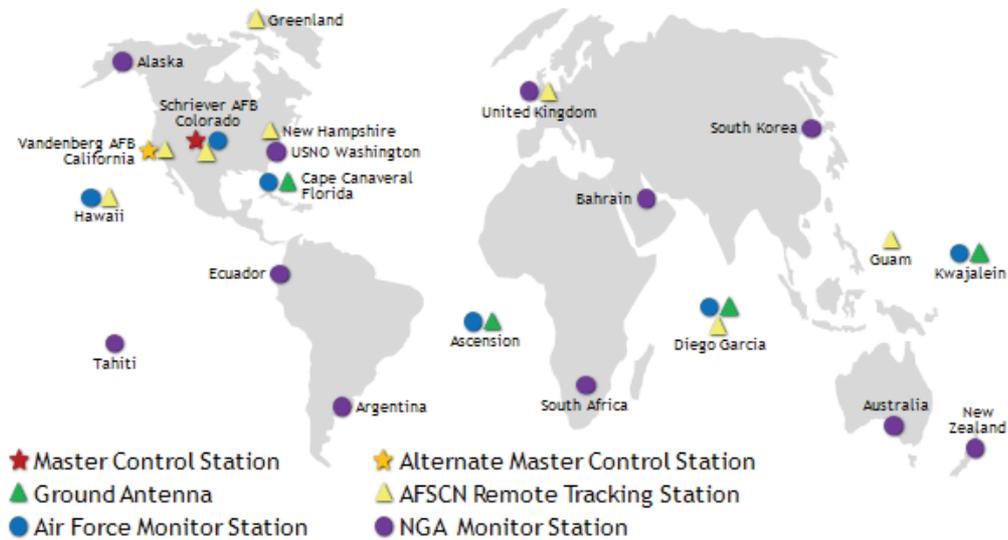


Figura 1.12: Segmento de Control (17)

1.2.1.2.1 Master Control Station (17)

La estación de control principal situado en Colorado Spring es donde se realiza las funciones de control primarias del segmento, proporcionando el mando y control de la constelación GPS.

La estación principal recibe las informaciones captadas por las estaciones de monitoreo, calcula la órbita exacta de cada satélite, evalúa las informaciones necesarias para el funcionamiento del sistema, y luego envía las correcciones a incorporar en los mensajes de navegación transmitidos por cada satélite. La estación MCS también se encarga de detectar cualquier fallo y aportar las medidas correctivas pertinentes, así como asegurar el mantenimiento normal de los satélites.

1.2.1.2.2 Estaciones de Monitoreo (17)

Las estaciones de monitoreo recogen datos atmosféricos, medidas de alcance, y las señales de navegación. Los sitios utilizan sofisticados receptores GPS y son operados por los MCS, su función es el seguimiento pasivo de los satélites GPS que tiene a la vista, más de 11 simultáneamente, y obtiene la información necesaria para calcular con gran precisión las órbitas de los satélites.

Hay 17 estaciones de monitoreo ubicadas en todo el mundo, entre ellos seis son de la Fuerza Aérea y 11 de la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial.

1.2.1.2.3 Antenas de tierra (17)

Las antenas de tierra se utilizan para comunicarse con los satélites GPS para fines de mando y control. Estas antenas soportan enlaces de comunicaciones en la banda S para envío/transmisión de archivos de datos de navegación, y recoger telemetría.

Hay cuatro antenas terrestres ubicadas conjuntamente con las estaciones de monitoreo tal como se muestra en la Figura 1.12. Además, el segmento de control está conectado a las ocho estaciones remotas de seguimiento en todo el mundo (Red de Control Satelital de la Fuerza Aérea, AFSCN).

1.2.1.3 Segmento de usuario (15) (18) (19)

El segmento de usuario es el consumidor final del GPS y consiste de los receptores, procesadores y antenas que permiten a los operadores tanto en tierra, mar o aire poder recibir las emisiones por el satélite GPS y calcular su posición, velocidad y tiempo.

El GPS fue diseñado para dos niveles de usuarios, los que usan el Servicio de Posicionamiento Estándar y los que utilizan el Servicio de Posicionamiento Preciso.

En general

- El PPS está reservado para uso militar
- El SPS para uso civil, comercial y científico.

La precisión real depende de algunos factores, incluidos los efectos atmosféricos y la calidad del receptor. La precisión de la señal GPS en el espacio es en realidad el mismo, tanto para el servicio civil de GPS (SPS) y el servicio militar GPS (PPS). Sin embargo, SPS transmite en una sola frecuencia, mientras PPS utiliza dos.

Esto significa que los usuarios militares pueden realizar ajustes debido a errores en la propagación de la señal. Con menos degradación, PPS proporciona una mejor precisión que el SPS. Muchos usuarios mejoran el SPS con sistemas de ampliación local o regional.

1.2.1.3.1 Servicio de Posicionamiento Estándar (18)

El SPS es un servicio de posicionamiento y temporización proporcionado a modo de señales de difusión que van a la frecuencia GPS L1. La frecuencia L1, transmitida por todos los satélites, contiene una señal de código coarse/acquisition (C / A), con un mensaje de datos de navegación.

- Coarse/acquisition (C/A)

Código de ruido pseudoaleatorio (PRN) modulado en la frecuencia L1 (1575.42 MHz), que permite obtener pseudodistancias a partir del tiempo de viaje de la señal, además de identificar al satélite que emite la señal; es menos preciso que el código P pero más rápido en el uso de adquisición de datos de los satélites.

1.2.1.3.2 Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS) (19)

El PPS es un servicio de posicionamiento y temporización proporcionado a modo de acceso autorizado a señales de difusión que van en las frecuencias GPS L1 y L2 (1227.6 MHz).

- Código de precisión (P)

Código de ruido pseudoaleatorio (PRN) modulado en la frecuencia L2, que cumple la misma función que el código C/A, en algunos receptores primero escuchan el código C/A para luego cambiar al código P, que es de uso autorizado.

1.2.2 AMPLIACIONES GPS (20) (21)

Para satisfacer los requisitos de posicionamiento, navegación y cronometría de determinados usuarios, existen varias ampliaciones para el Sistema de Posicionamiento Global. Una ampliación es todo sistema que perfeccione el GPS proporcionándole precisión, integridad, fiabilidad u otra mejora para el posicionamiento, la navegación y la cronometría, que no sea parte integrante del propio sistema.

1.2.2.1 GPS Diferencial (DGPS) (20)

El uso de sistemas de navegación diferenciales está muy extendido y se basa en el hecho de que la mayor parte de los errores de los sistemas de navegación están fuertemente correlacionados entre receptores espacialmente próximos. Así, un receptor que conozca su posición puede estimar los errores del sistema y transmitirlos a los usuarios para que estos corrijan sus datos. Debido a las características de la disponibilidad selectiva, esta fuente de error es considerablemente reducida usando técnicas diferenciales; así el error usando DGPS se reduce al orden de metros.

Se pueden distinguir dos tipos de sistemas DGPS, los de área local, LADGPS, y los de área amplia, WADGPS. La diferencia entre ambos, como su nombre indica es el área de cobertura del sistema.

1.2.2.1.1 Área Local DGPS (LADGPS) (20)

Este tipo de sistemas cuentan con una estación monitora, un canal de datos (normalmente unidireccional, con el transmisor junto a la estación monitora y los receptores de los usuarios) y usuarios, cuyo receptor GPS debe tener capacidad para realizar correcciones diferenciales. La posición de la estación monitora debe ser conocida con precisión; esta estación monitora debe incluir un receptor GPS y un ordenador para calcular errores y configurar el mensaje a enviar a los usuarios.

La cobertura de estos sistemas tiene un radio de unos 200 Km, ya que es la distancia a la que los errores están suficientemente correlacionados.

1.2.2.1.2 Área ancha DGPS (WADGPS) (20)

WADGPS intenta alcanzar precisión sobre una gran región usando una fracción del número de estaciones monitoras que se requieren para el LADGPS. El enfoque general es descomponer el error total de la pseudodistancia en sus componentes y estimar cada componente para la región completa, en vez de solo en la posición de la estación monitora. De esta manera la precisión no depende de la proximidad del usuario a una estación de referencia.

1.2.2.2 Sistema de Aumento de Zona Amplia (WAAS) (20) (21)

El WAAS es un sistema de ampliación basado en satélites para América del Norte que incrementa la difusión SPS-GPS por mensajes de corrección GPS diferencial (DGPS) de los satélites GEO.

El Servicio de WAAS está ideado como un complemento para la red GPS para proporcionar una mayor precisión y seguridad en las señales, es un servicio

abierto y proporciona correcciones diferenciales, así como el estado de satélite para los satélites GPS.



Figura 1.13: Representación del WAAS (21)

1.2.3 FUNCIONAMIENTO DEL GPS (22)

GPS trabaja con el principio de triangulación. Conociendo la distancia desde tres o más satélites, el receptor puede calcular su posición, normalmente siempre hay 8 satélites dentro del “campo visual” de cualquier receptor GPS. Se necesita la información de esos tres satélites para conocer la longitud y latitud a una elevación conocida. Para conocer también la altitud será preciso conocer la distancia de al menos cuatro satélites. También se podrá sincronizar el reloj del receptor. El funcionamiento básico de un GPS constaría de los siguientes pasos:

- a) Cuando el receptor detecta el primer satélite se genera una esfera virtual o imaginaria, cuyo centro es el propio satélite. El radio de la esfera, es decir, la distancia que existe desde su centro hasta la superficie, será la misma que separa al satélite del receptor. Éste último asume entonces que se encuentra situado en un punto cualquiera de la superficie de la esfera, que aún no puede precisar.

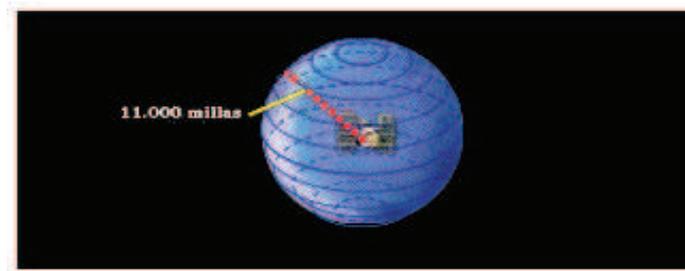


Figura 1.14: Funcionamiento GPS parte 1 (22)

- b) Al calcular la distancia hasta un segundo satélite, se genera otra esfera virtual. La esfera anteriormente creada se superpone a esta otra y se crea un anillo imaginario que pasa por los dos puntos donde se interceptan ambas esferas. En ese instante ya el receptor reconoce que sólo se puede encontrar situado en uno de ellos.

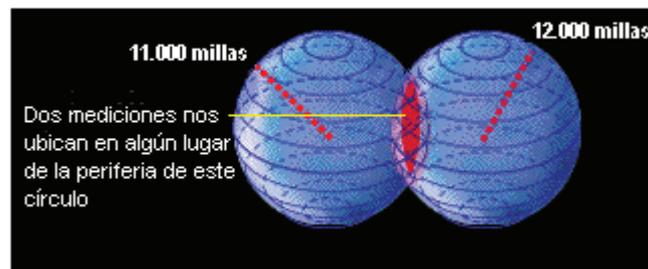


Figura 1.15: Funcionamiento GPS parte 2 (22)

- c) El receptor calcula la distancia a un tercer satélite y se genera una tercera esfera virtual. Esa esfera se corta con un extremo del anillo anteriormente creado en un punto en el espacio y con el otro extremo en la superficie de la Tierra. El receptor discrimina como ubicación el punto situado en el espacio utilizando sus recursos matemáticos de posicionamiento y toma como posición correcta el punto situado en la Tierra.

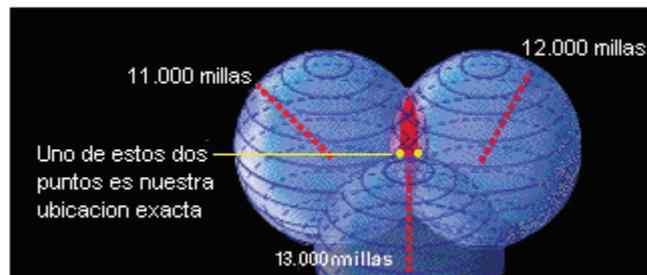


Figura 1.16: Funcionamiento GPS parte 3 (22)

- d) Una vez que el receptor ejecuta los tres pasos anteriores ya puede mostrar en su pantalla los valores correspondientes a las coordenadas de su posición, es decir, la latitud y la longitud.
- e) Para detectar también la altura a la que se encuentra situado el receptor GPS sobre el nivel del mar, tendrá que medir adicionalmente la distancia que lo separa de un cuarto satélite y generar otra esfera virtual que permitirá determinar esa medición.

1.2.4 FUENTES DE ERROR DEL GPS (22) (23)

La precisión con la que se puede determinar la posición depende de la exactitud con la que pueden ser determinadas las pseudodistancias y la geometría que tengan los satélites en ese momento.

1.2.4.1 Fuentes de error (22) (23)

Las principales fuentes de error están asociadas a las inestabilidades de los relojes atómicos, los errores en el cálculo de la posición de los satélites, y la propagación anormal de las señales.

1.2.4.1.1 Errores en posición de los satélites (22) (23)

Los satélites se desvían de las órbitas calculadas a partir de las efemérides (ubicación del satélite) por diversas causas, principalmente por variaciones del

campo gravitatorio; otras causas de desviación son la fricción con moléculas libres y la presión de la radiación solar, pero influyen poco en satélites GPS. Debido a esto se puede tener un error en la posición del satélite de unos 20m. Este error puede reducirse empleando modelos de errores.

1.2.4.1.2 Errores en relojes de los satélites (22) (23)

Se deben fundamentalmente a dos causas:

- Deriva de los osciladores.
- Efectos relativistas (debido a las altas velocidades de los satélites).

1.2.4.1.3 Errores en la propagación de señales (22) (23)

Una señal de GPS pasa a través de partículas cargadas en su paso por la ionósfera y luego al pasar a través de vapor de agua en la tropósfera pierde algo de velocidad, creando el mismo efecto que un error de precisión en los relojes.

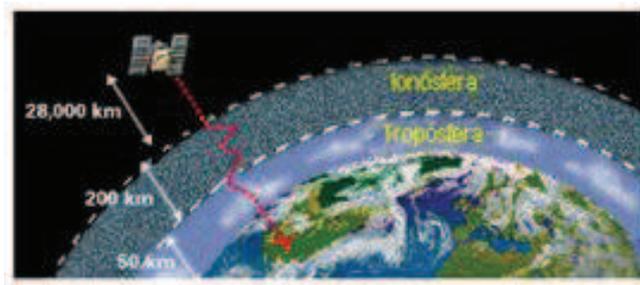


Figura 1.17: Error en la propagación de señales en GPS (22)

Existen diferentes maneras de minimizar este tipo de error. Por un lado, se podría predecir cuál sería el tipo de error de un día promedio. A esto se lo llama modelación y puede ayudar pero, por supuesto, las condiciones atmosféricas raramente se ajustan exactamente al promedio previsto.

Otra manera de manejar los errores inducidos por la atmósfera es comparar la velocidad relativa de dos señales diferentes. Esta medición de doble frecuencia es muy sofisticada y solo es posible en receptores GPS muy avanzados.

Los problemas para la señal de GPS no terminan cuando llega a la tierra. La señal puede rebotar varias veces debido a obstrucciones locales antes de ser captada por nuestro receptor GPS.

La ionósfera y la tropósfera son medios dispersivos que modifican las velocidades de grupo y fase de las ondas de radio que las atraviesan. Especialmente significativo es el efecto de la ionósfera, sin embargo son errores más sistemáticos y fáciles de corregir que los de la tropósfera. Esto puede provocar errores de hasta un centenar de metros.

1.2.5 APLICACIONES DEL SISTEMA GPS (24)

Debido al gran potencial para aplicaciones especializadas y variadas, el equipamiento de usuario puede variar significativamente en su diseño y función.

1.2.5.1 Aplicaciones militares (24)

- **Aviación:** reconocimiento y localización de objetivos, repostaje en vuelo, cálculo de rutas, aproximación al aterrizaje, precisión de los bombardeos, etc.
- **Fuerzas terrestres:** supervivencia, emplazamiento de la artillería, reconocimiento y localización de objetivos, recuperación de equipos, puntos de encuentro, evacuaciones, etc.
- **Operaciones navales:** navegación, operaciones anfibias, patrulla costera, emplazamiento de minas, posicionamiento de submarinos, etc.
- **Lanzamiento de armas:** misiles auto guiados usando GPS.

1.2.5.2 Aplicaciones civiles (24)

- **Usos marítimos:** navegación recreativa (es la mayor aplicación civil), posicionamiento, submarinismo, localización de bancos de pesca, puntos de encuentro, navegación en puertos y zonas costeras (con sistema DGPS), etc.
- **Aviación civil:** posicionamiento, navegación aérea, aproximación al aterrizaje.
- **Transporte terrestre:** mejora en la eficiencia y seguridad en el transporte de mercancías, vehículos auto guiados.
- **Protección civil:** optimización en el uso y guiado de vehículos de emergencia (policía, bomberos, ambulancias) mediante control de semáforos, telemetría, etc.
- **Sincronización:** GPS proporciona una herramienta para sincronizar sistemas de gran extensión, por ejemplo redes de transporte de datos.
- **Aplicaciones geográficas:** geodesia, geodinámica, topografía, etc.

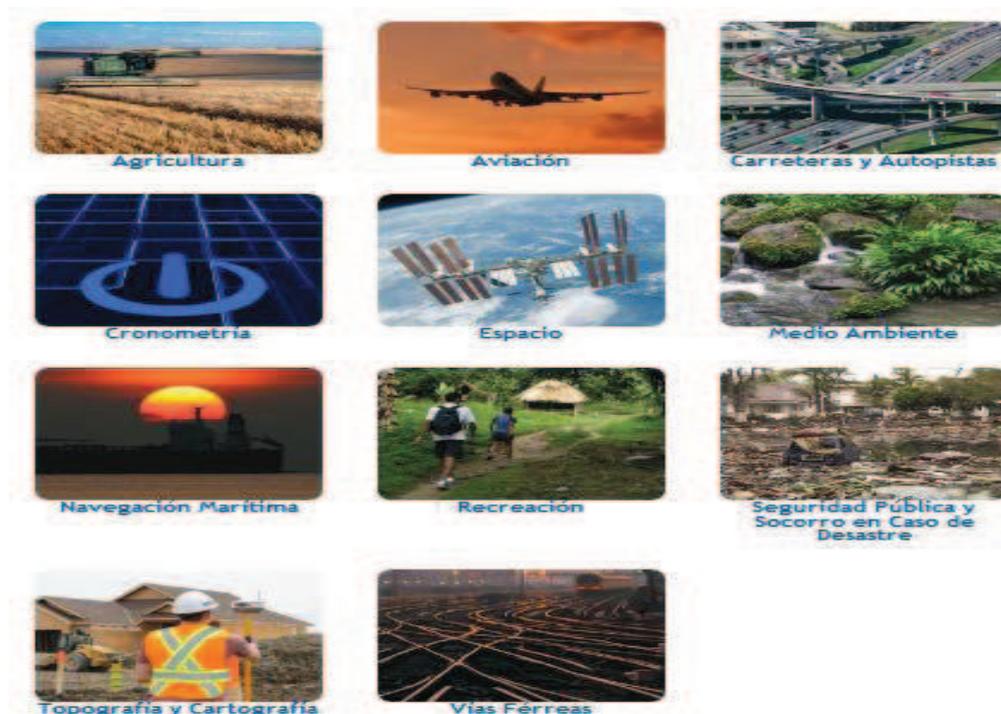


Figura 1.18: Aplicaciones del GPS (24)

1.3 BLUETOOTH

1.3.1 INTRODUCCIÓN (25) (26)

La tecnología Bluetooth es una tecnología para comunicaciones de corto alcance, cuyo objetivo fue, en primer lugar, la substitución de cables de dispositivos, haciendo éstos mucho más portables manteniendo los niveles de seguridad en las comunicaciones.

En el año 1997 donde un grupo de empresas líderes en su mercado se unieron en un grupo llamado SIG con la finalidad de comunicar diferentes tecnologías y dispositivos de forma inalámbrica. Las empresas por mencionar algunas: Intel, IBM, Nokia, Microsoft, 3Com, Motorola, entre otras, unieron la tecnología de punta con la que contaban en su momento dando como resultado la Tecnología Bluetooth.

Bluetooth es un estándar global de comunicación inalámbrica establecido por la IEEE 802.15.1, donde se pueden realizar conexiones de red inalámbricas teniendo la posibilidad de transmitir voz, datos, imagen, multimedia entre diferentes dispositivos utilizando la tecnología de radio frecuencia de corto alcance.

Las principales características del Bluetooth son la robustez, el bajo consumo y el bajo costo. Las especificaciones Bluetooth definen una completa estructura uniforme para que una amplia gama de dispositivos puedan conectarse y comunicarse entre ellos. Cuando dos dispositivos Bluetooth se conectan entre sí, esto se denomina emparejamiento.

El alcance de la tecnología Bluetooth depende de que aplicación específica está trabajando. La especificación principal impone una distancia mínima de 10 metros o 30 pies que un dispositivo este del otro para su comunicación, pero no hay ningún límite establecido y los fabricantes pueden sintonizar sus implementaciones para proporcionar el rango o alcance necesario para apoyar a los casos de uso de sus soluciones.

La tecnología Bluetooth ha conseguido tal aceptación a nivel mundial que cualquier dispositivo que disponga del Bluetooth habilitado puede comunicarse con otro dispositivo Bluetooth que se encuentre en sus inmediaciones. Estas comunicaciones inalámbricas entre dispositivos son pequeñas redes de corto alcance de tipo ad hoc², conocidas como picoredes.

Pero la característica más importante de la tecnología Bluetooth es la capacidad de poder realizar transmisiones de voz y datos de forma simultánea. Esto permite a los usuarios de Bluetooth disfrutar de soluciones muy útiles, como son las manos libres, los auriculares inalámbricos, impresoras inalámbricas, sincronizar PDA, etc.



Figura 1.19: Soluciones Bluetooth (26)

1.3.2 FUNCIONAMIENTO (25)

La tecnología Bluetooth opera en la banda sin licencia industrial, científica y médica (ISM) en 2.4 a 2.485Ghz utilizando un espectro ensanchado (spread spectrum), salto de frecuencia (frequency hopping), señal full duplex a una velocidad de 1600hops/sec (saltos de frecuencia por segundo). La banda ISM está abierta a cualquier sistema de radio, como teléfonos inalámbricos, dispositivos para abrir puertas de garajes y microondas, y por lo tanto es susceptible a interferencias.

² Red *ad hoc* es una red inalámbrica descentralizada.

AFH³ funciona dentro del espectro para tomar ventaja de la frecuencia disponible. Esto se hace mediante la tecnología de detección de otros dispositivos en el espectro y evitando las frecuencias que están utilizando. Este salto adaptable de entre 79 frecuencias a intervalos de 1 MHz da un alto grado de inmunidad a interferencias y también permite una transmisión más eficiente dentro del espectro. Para los usuarios de la tecnología Bluetooth este salto proporciona mayor rendimiento, incluso cuando otras tecnologías están siendo utilizadas junto con la tecnología Bluetooth.

1.3.3 DEFINICIONES DE LOS TÉRMINOS UTILIZADOS EN BLUETOOTH (8) (27)

1.3.3.1 Picored (8)

Un conjunto de dispositivos conectados a través de la tecnología Bluetooth de una manera ad hoc. Una picored comienza con dos dispositivos conectados, tales como un PC y un teléfono celular, y puede crecer hasta ocho dispositivos conectados. Todos los dispositivos Bluetooth son unidades iguales y tienen implementaciones idénticas. Sin embargo, cuando se establece una picored, una unidad actuará como maestro para fines de sincronización, y el otro(s) como esclavo(s) por la duración de la conexión picored.

³ AFH(Adaptive frequency hopping): El salto de frecuencia adaptivo de la tecnología Bluetooth, capacidad que reduce la interferencia entre las tecnologías inalámbricas que comparten el espectro de 2,4 GHz.

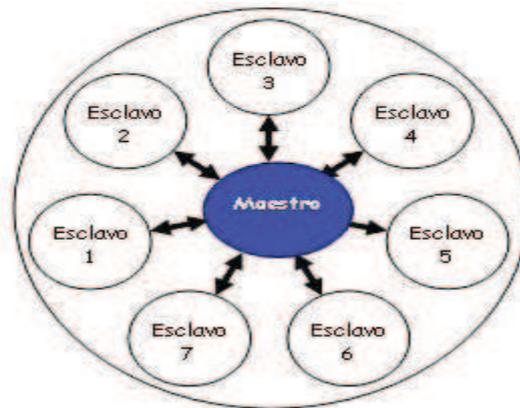


Figura 1.20: Diagrama Picored (27)

1.3.3.2 Scarttneret (8)

Dos o más picoredes independientes y no sincronizadas que se comunican una con otra. Un esclavo, así como una unidad maestra en una picored puede establecer esta conexión al convertirse en un esclavo en otra picored.

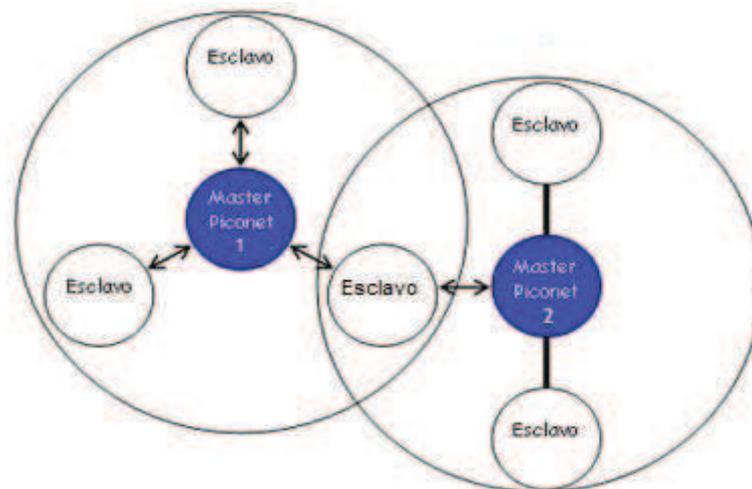


Figura 1.21: Diagrama Scarttneret (27)

1.3.3.3 Unidad Maestra (8)

El dispositivo en la picored cuyo reloj y secuencia de salto se utilizan para sincronizar todos los demás dispositivos de la picored.

1.3.3.4 Unidad Esclavo (8)

Todos los dispositivos en una picored que no son el maestro (de hasta siete unidades activas para cada maestro).

1.3.3.5 Dirección MAC (8)

Dirección única de 48 bits de control de acceso al medio usada para distinguir entre las unidades que participan en la picored.



Figura 1.22 Dirección MAC de un teléfono inteligente

1.3.4 PILA DE PROTOCOLOS BLUETOOTH (28) (29)

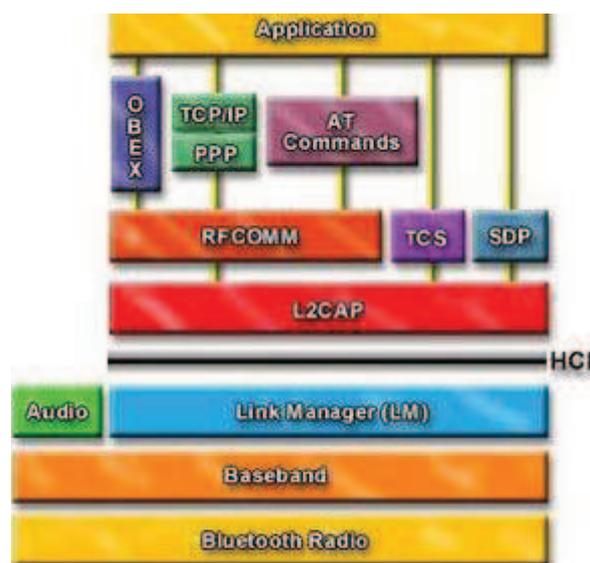


Figura 1.23: Protocolo Bluetooth (29)

1.3.4.1 Capa de Radio (28) (29)

Define los requisitos para un transmisor-receptor de radio Bluetooth, el cual opera en la banda de los 2.4 GHz. Los niveles de sensibilidad de dicho transmisor-receptor, establecen los requisitos para utilizar las frecuencias del espectro expandido y clasifica a los dispositivos Bluetooth en tres clases, según se indica en la Tabla 1.2:

Clase	Potencia Máxima Permitida		Potencia Mínima Permitida		Distancia [m]
	[mW]	[dBm]	[mW]	[dBm]	
Clase 1	100	20	1	0	100
Clase 2	2,5	4	0,25	-6	10
Clase 3	1	0	N/A	N/A	1

Tabla 1.2: Clases de dispositivos Bluetooth (25)

1.3.4.2 Capa de Banda Base (28) (29)

Representa a la capa física de Bluetooth. Se usa como controladora de enlace, la cual trabaja junto con el link manager para llevar a cabo operaciones tales como la creación de conexiones de enlace con otros dispositivos.

Controla el direccionamiento de dispositivos, el control del medio, operaciones de ahorro de energía, así como control de flujo y sincronización entre dispositivos.

1.3.4.3 Link Manager (28) (29)

Se encarga de establecer canales lógicos entre dispositivos, incluyendo administración de energía, autenticación y calidad de servicio.

1.3.4.4 Host Controller Interface (28) (29)

Permite el acceso mediante línea de comandos a la capa de banda base y al Link Manager Protocol para controlar y recibir información acerca del estado. Se compone de tres partes:

- El firmware HCI, o programa oficial del fabricante, actualmente forma parte del hardware Bluetooth.
- El controlador HCI, o driver, que se encuentra en el software del dispositivo Bluetooth.
- El Host Controller Transport Layer, que conecta el firmware con el driver.

1.3.4.5 Protocolo de Adaptación y Control de Enlaces Lógicos L2CAP (28) (29)

El protocolo L2CAP aísla a las capas superiores de los detalles de transmisión. Proporciona servicios orientados y no orientados a la conexión a las capas superiores.

L2CAP permite a los protocolos de alto nivel y a las aplicaciones enviar y recibir paquetes de datos de hasta 64 Kb. Buena parte de su tiempo la dedica a la segmentación y reemsablado.

1.3.4.6 RFCOMM (28) (29)

RFCOMM es el protocolo que emula el puerto serie estándar RS232 de los ordenadores para la conexión de teclados, ratones y módems, entre otros dispositivos.

1.3.4.7 TCS y SDP (28) (29)

El protocolo de telefonía TCS es un protocolo de tiempo real y está destinado a los tres perfiles orientados a voz (HFP, HSP e ICP). También se encarga del establecimiento y terminación de llamadas. Por su parte, el protocolo de descubrimiento de servicios (SDP) se emplea para la detección automática de dispositivos dentro de la red, así como de servicios ofrecidos por dichos dispositivos.

CAPÍTULO 2.

2 DISEÑO DEL PROTOTIPO

2.1 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

El módulo a bordo del vehículo de instrucción tiene como función recoger información sobre el usuario⁴ que se encuentra realizando la clase de conducción, su posición geográfica, su velocidad y la hora en que se hizo la adquisición de dicha información, para ser enviada hacia la computadora central cada cierto intervalo de tiempo usando para ello la infraestructura de la red celular.

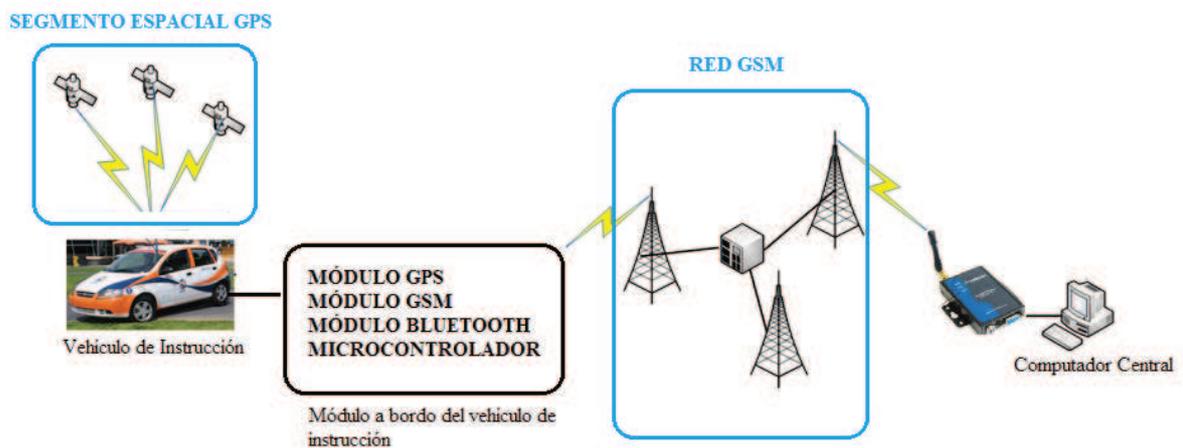


Figura 2.1: Esquema General del Sistema.

El dispositivo a bordo del vehículo de instrucción también está en capacidad de reportar su posición si esta es requerida por el supervisor desde la computadora central, además da la posibilidad al instructor a cargo del vehículo de instrucción de reportar su ubicación en caso de desperfecto mecánico o posible accidente por medio de dos botones separados, uno para cada caso, estos pueden ser utilizados en cualquier momento.

⁴ Usuario: Estudiante de instrucción de conducción.

El microcontrolador, por medio del módulo Bluetooth, recibe el usuario y contraseña desde el teléfono inteligente, dentro del perfil de administrador⁵ de la aplicación Android, para poder ingresar los distintos estudiantes que utilizarán el vehículo de instrucción en el transcurso del día, para almacenarlos en la memoria EEPROM. De esta manera los estudiantes que utilicen el vehículo de instrucción tendrán que proporcionar su usuario y contraseña, en el perfil de alumno, antes de iniciar su tiempo de instrucción, así la información sobre la posición se complementará con el usuario que se encuentra en instrucción.

El dispositivo a bordo del vehículo de instrucción dispone de indicadores visuales para mostrar el correcto funcionamiento de los diferentes elementos que lo conforman al momento de su inicialización.

El primero led rojo del extremo izquierdo permanecerá encendido hasta que el microcontrolador envíe la configuración, a través de la interface serial, hacia el módulo GSM y responda con una confirmación afirmativa, el led se apagará y se encenderá el segundo led rojo, el que parpadea en espera de que el módulo GPS empiece a enviar tramas válidas sobre la posición geográfica hacia el microcontrolador. Cuando el microcontrolador reciba tramas con información válida desde el módulo GPS, se apagará el segundo led rojo y se encenderá el led verde que indica que los distintos módulos conectados se han inicializado con éxito.

Los requerimientos de hardware necesarios para el dispositivo a bordo del vehículo de instrucción son: un módulo GPS, un módulo GSM, y un módulo Bluetooth que interactúan por medio de las diferentes interfaces seriales de un microcontrolador de 8 bits de la familia ATMEL, en la Tabla 2.1 se compara diferentes microcontroladores AVR.

⁵ Administrador: Instructor de la clase práctica de conducción.

CARACTERÍSTICAS	ATMEGA8	ATMEGA16	ATMEGA32
Max I/O Pines	23	32	32
Velocidad de Procesamiento	16 MIPS a 16 MHz	16 MIPS a 16 MHz	16 MIPS a 16 MHz
Capacidad de Memoria Flash	8 KB	16 KB	32 KB
Capacidad de Memoria RAM	1 KB	1 KB	2 KB
Capacidad EEPROM	512 Bytes	512 Bytes	1 KB

Tabla 2.1: Comparación microcontroladores AVR

El microcontrolador ATMEGA32 es el escogido debido a su espacio en EEPROM y RAM, además de poder habilitar un puerto serial adicional virtual para la comunicación de los módulos permitiendo una lectura rápida y sencilla, sin necesidad de tener que administrar el vector de interrupciones cada vez que se lee un dato.

2.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA32 (30)

2.1.1.2 Arquitectura avanzada RISC: (30)

- 131 instrucciones. La mayoría de un solo ciclo de reloj de ejecución.
- 32 registros de trabajo de 8 bits para propósito general.
- Funcionamiento estático total.
- Capacidad de procesamiento de unos 16 MIPS a 16 MHz.
- Multiplicador por hardware de 2 ciclos.

2.1.1.3 Memorias de programa y datos no volátiles de alta duración (30)

- 32K Bytes de memoria Flash programable dentro del sistema.
- 1024 Bytes de EEPROM.

- 2K Byte de SRAM interna.
- Ciclos de escritura/borrado: 10.000 en flash / 100.000 en EEPROM.
- Sección opcional de códigos Boot con bits de bloqueo independientes.
- Bloqueo programable para seguridad del software.

2.1.1.4 Características de los periféricos internos (30)

- Dos Temporizadores/contadores de 8 bits con prescalamiento separado y modo comparación.
- Un Temporizador/Contador de 16 bits con prescalamiento separado, modo comparación y modo de captura.
- Contador en Tiempo Real con Oscilador separado.
- 4 Canales para PWM.
- 8 canales de convertidor Analógico-Digital de 10 bits con opción a ser diferenciales.
- Una interfaz serial orientada a byte de dos líneas.
- Un puerto Serial USART Programable, Un puerto I2C.
- Interfaz Serial SPI maestro-esclavo.
- Watchdog Timer programable con oscilador independiente, dentro del mismo chip.
- Comparador Analógico dentro del mismo Chip.

2.1.1.5 Características Especiales del Microcontrolador (30)

- Power-on Reset (en el encendido) y detección de Brown-out (pérdida de polarización) programable.
- Oscilador RC interno calibrado.
- Fuentes de interrupción externas e internas.
- Power-down, Standby y Standby extendido.

2.1.1.6 Encapsulamiento para Entradas/Salidas (30)

- 32 líneas de E/S programables.

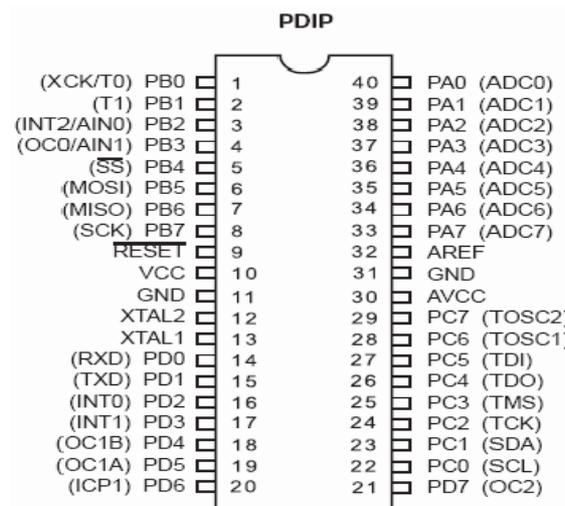


Figura 2.2: Configuración de Pines del ATmega32 (30)

2.1.1.7 AVR CPU Core (30)

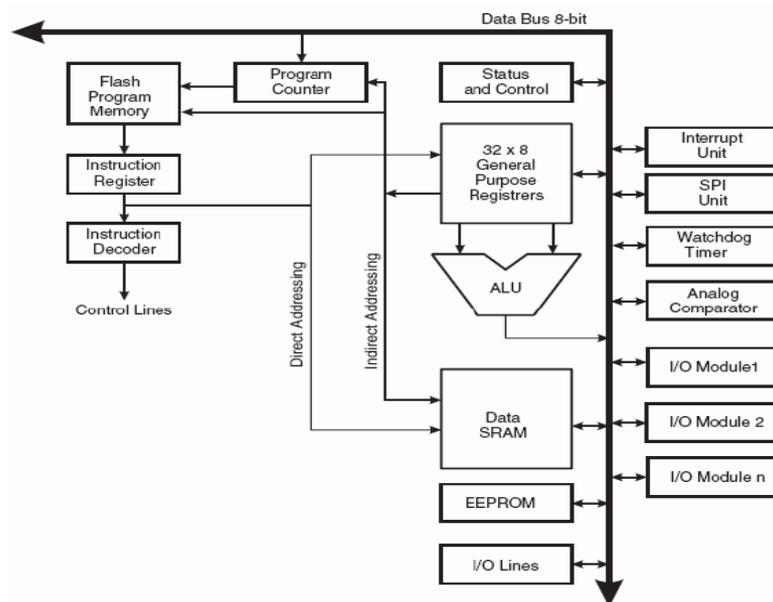


Figura 2.3: Diagrama de Bloque del ATmega32 (30)

La CPU debe ser capaz de acceder a la memoria, llevar a cabo cálculos, control de periféricos y atención de interrupciones. Para maximizar el rendimiento y el paralelismo, el AVR usa una arquitectura de Hardware con separador de memorias y buses para programa y datos.

Las instrucciones en la memoria del programa son ejecutadas con un simple nivel de colas. Seis de los 32 registros pueden ser usados como tres registros punteros de 16 bits de dirección, para direccionar los datos y permitir los cálculos de direcciones diferentes. Uno de estos tres punteros puede ser usado como un puntero de direcciones para tablas en la memoria de programa de la Flash.

La ALU soporta operaciones lógicas y aritméticas entre registros o entre constantes y registros. Simples operaciones de registros pueden ser ejecutadas en la ALU. Después de una operación aritmética, el registro de estado es actualizado para reflejar la información acerca de los resultados de la operación.

Todas las interrupciones tienen separado un vector de interrupciones en la tabla del vector de interrupciones. Las interrupciones tienen prioridad de conformidad con su vector de interrupciones. La dirección más baja del vector de interrupciones tiene alta prioridad.

2.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL GPS CLICK

2.1.2.1 Descripción General Módulo GPS



Figura 2.4: Módulo GPS Click

- GPS click es una solución compacta para añadir funcionalidades de GPS a un dispositivo. Posee el dispositivo LEA-6S, el cual es el u-blox 6 un motor de posicionamiento de alto desempeño.
- Esta placa puede comunicarse con un microcontrolador a través de su interface UART o I2C, o los datos pueden ser recogidos por un PC por medio de la conexión USB.

- Posee un conector compatible con antenas activas y pasivas.
- Puede operar únicamente a 3.3 V

2.1.2.2 Características Técnicas.

- -147dBm sensibilidad en arranque frio
- Actualización de datos de 5Hz
- Adquisición de datos menor a 1 segundo.

2.1.2.3 Comunicación Microcontrolador/GPS (31)

El módulo GPS tiene un canal de datos que usa una comunicación de dos hilos DDC (Data Display Channel) la que es compatible con el standard I2C, pero que no puede implementarse en modo full-duplex. La comunicación entre el microcontrolador y el módulo GPS usará el standard I2C.

El standard I2C, facilita la comunicación entre microcontroladores, memorias y otros dispositivos, sólo requiere de dos líneas de señal y un común o masa.

Cada dispositivo es reconocido por su código (dirección) y puede operar como transmisor o receptor de datos. El Master es el dispositivo que inicia la transferencia en el bus y genera la señal de reloj. El Slave (esclavo) es el dispositivo direccionado.

Las líneas SDA (serial Data) y SCL (serial Clock) son bidireccionales, conectadas al positivo de la alimentación a través de las resistencias de pull-up. Cuando el bus está libre, ambas líneas están en nivel alto.

Antes de que se establezca un intercambio de datos el Master debe informar el comienzo de la comunicación (condición de Start): la línea SDA cae a cero mientras SCL permanece en nivel alto. A partir de este momento comienza la transferencia de datos. Una vez finalizada la comunicación se debe informar

de esta situación (condición de Stop). La línea SDA pasa a nivel alto mientras SCL permanece en estado alto.

El primer byte que se transmite luego de la condición de inicio contiene siete bits que componen la dirección del dispositivo que se desea seleccionar, y un octavo bit que corresponde a la operación que se quiere realizar con él (lectura o escritura). Si el dispositivo cuya dirección corresponde a la que se indica en los siete bits (A0-A6) está presente en el bus, éste contesta con un bit en bajo, ubicado inmediatamente luego del octavo bit que ha enviado el dispositivo maestro. Este bit de reconocimiento (ACK) en bajo le indica al dispositivo maestro que el esclavo reconoce la solicitud y está en condiciones de comunicarse. Aquí la comunicación se establece en firme y comienza el intercambio de información entre los dispositivos.

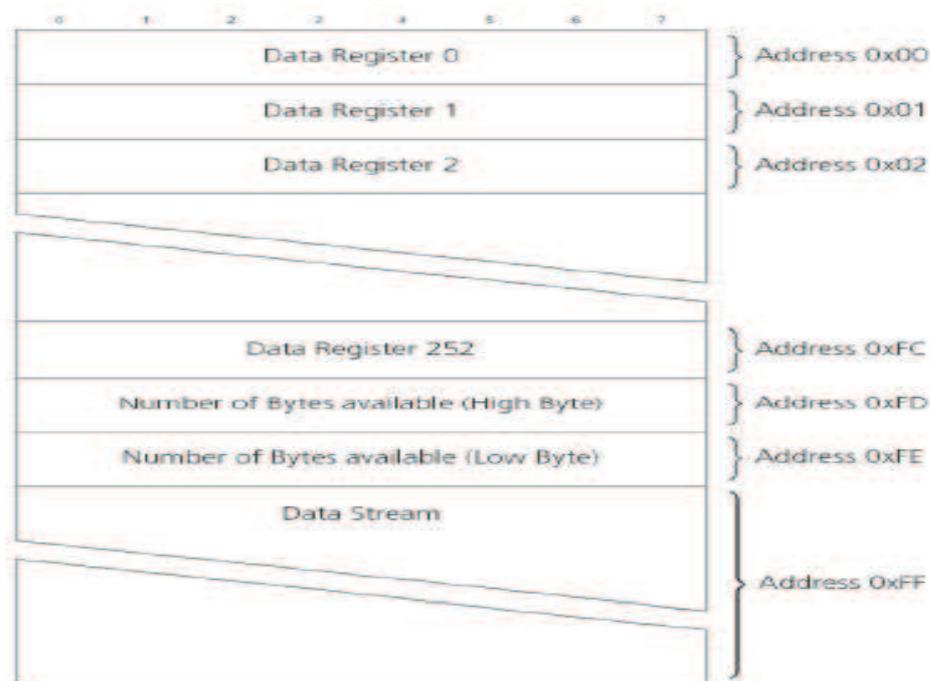


Figura 2.5: Diagrama de la memoria U-Blox 6 (32)

El acceso de lectura permite tener un dato completo, los registros del 0 al 252, en las direcciones 0x00 a 0xFC, de un byte de tamaño, están definidas en la Figura 2.5 del arreglo de registros. El registro 0xFF es donde se encuentra

localizado el mensaje, al leer este registro se tiene el buffer de transmisión byte a byte.

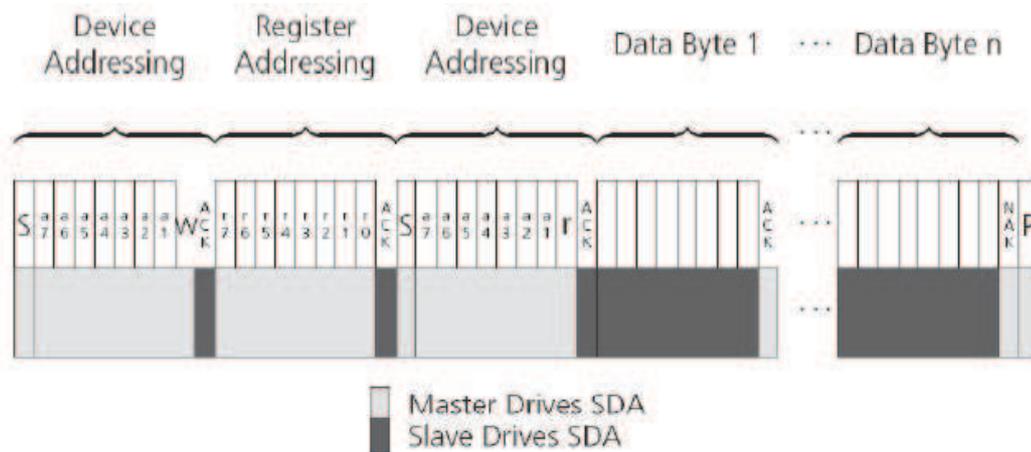


Figura 2.6: Acceso de Lectura Aleatorio (32)

La operación de lectura permite al maestro acceder a cualquier registro de manera aleatoria. Para realizar este tipo de operación de lectura se debe escribir en el receptor. Luego de la condición de inicio del maestro, la dirección de 7 bits del dispositivo y luego el bit RW (cero lógico para escritura), el que es sacado por el bus por la transmisión del maestro. El receptor responde con un ACK para indicar que es el responsable por la dirección asignada.

A continuación, la dirección de 8-bit del registro a ser leídos debe ser escrita en el bus. Seguido del ACK del receptor, el maestro nuevamente activa una condición de inicio y escribe la dirección del dispositivo, pero esta vez el bit RW es un nivel lógico alto para iniciar el acceso de lectura. Ahora, el maestro puede leer 1 a N bytes desde el receptor, generando un NACK y una condición de parada después de que el último byte se ha leído. Después de que cada byte se ha leído, el contador interno de dirección se incrementa en uno, saturando a 0xFF.

2.1.3 CARACTERÍSTICAS MÓDULO DEL BLUETOOTHV3

2.1.3.1 Descripción General del Módulo Bluetoothv3



Figura 2.7 Módulo Bluetoothv3

El Bluetoothv3 es una solución Bluetooth de tamaño pequeño y baja potencia, que resulta efectivo al momento de realizar aplicaciones inalámbricas de bajo costo. Es simple en su diseño y totalmente certificado, convirtiéndolo en una completa solución Bluetooth incorporada.

2.1.3.2 Características Técnicas Módulo Bluetoothv3

- UART completamente configurable.
- Velocidad UART: 4800 ~ 1382400 / N / 8/1, por defecto: 9600.
- Flujo de datos de 160Kbps hasta 2.1Mbps en interface aire.
- Potencia de transmisión: $\leq 4\text{dBm}$, Clase 2.
- Distancia de transmisión: 20 ~ 30 metros en espacio libre.
- Incluye soporte de protocolo SPP.
- Soporta operación a 5v.

2.1.3.3 Comunicación Microcontrolador/Módulo Bluetoothv3

Para la comunicación entre el microcontrolador y el módulo bluetooth se configura un puerto serial virtual que posee las mismas características de un puerto serial por hardware, esto se debe al compilador utilizado que da las herramientas necesarias para la misma.

2.1.4 CARACTERÍSTICAS MÓDULO GSM ME-3006

El módulo ME3006 provisto por la corporación ZTE utiliza comandos AT, a través de los cuales el módulo puede comunicarse con dispositivos externos de manera inalámbrica, permitiendo su configuración a través de otros dispositivos.



Figura 2.8: Módulo GSM ME-3006

2.1.4.1 Características Técnicas Módulo ME-3006

- Diseño industrial con capacidades de software inteligente, por lo que es fiable en soluciones celulares para la recolección de datos y transmisión.
- Plug-and-play, con la interfaz de software fácil de usar para una fácil integración.
- Incorpora Watch-dog.
- Posee Reloj en Tiempo Real (RTC).
- Control y monitoreo de datos remotamente.
- Fiable conectividad de red GSM, proporcionando un rápido y amplio rango de comunicación inalámbrica.
- Diseño industrial con protección contra sobrecarga.
- Configuración local y remota.

- Modo de acceso: GSM Banda de frecuencias para MG3006 GSM 850/EGSM 900/DCS 1800/PCS 1900 MHz.

2.1.4.2 Interfaces Módulo ME-3006

- Las funciones básicas del módulo son:
- Soporta cuatro bandas.
- Soporta paquete de servicio de datos
- Soporta servicio de mensajes cortos
- Soporta estándar de comandos AT y comandos AT extendidos
- Soporta estándar interfaz UART
- Soporta protocolos TCP/IP

2.1.4.3 Comunicación Microcontrolador/Módulo ME-3006

La interacción entre el módulo GSM y el microcontrolador se realiza por medio de la comunicación serial utilizando la interfaz UART de ambos dispositivos.

La Institución de Normalización Americana (EIA) ha escrito el estándar RS-232-C que regula el protocolo de la transmisión de datos, el cableado, las señales eléctricas y los conectores en los que debe basarse una conexión RS-232.

La comunicación realizada con el puerto serial puede ser asíncrona o síncrona. Se intercalan antes y después los datos de información de estado según el protocolo RS-232. Esta información es determinada por el emisor y el receptor al estructurar la conexión mediante la correspondiente programación de sus puertos seriales. Esta información puede ser la siguiente:

- Bit de inicio.- cuando el receptor detecta el bit de inicio sabe que la transmisión ha comenzado y es a partir de entonces que debe leer la transmisión y entonces debe leer las señales de la línea a intervalos concretos de tiempo, en función de la velocidad determinada.

- Bit de parada.- indica la finalización de la transmisión de una palabra de datos. El protocolo de transmisión de datos permite 1, 1.5 y 2 bits de parada.
- Bit de paridad.- con este bit se pueden descubrir errores en la transmisión. Se puede dar paridad par o impar. En la paridad par, por ejemplo, la palabra de datos a transmitir se completa con el bit de paridad de manera que el número de bits 1 enviados es par.

El protocolo RS-232 consiste en un conector tipo DB-25 de 25 pines, aunque es normal encontrar la versión de 9 pines DB-9, más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos. Las señales con las que trabaja este puerto serial son digitales, de +3V a +25V (0 lógico) y -3 a -25V (1 lógico), para la entrada y salida de datos. Dependiendo de la velocidad de transmisión empleada, es posible tener cables de hasta 15 metros. Cada pin puede ser de entrada o de salida, teniendo una función específica cada uno de ellos.

#	Pin	E/S	Función	Conector DB 9
1			Tierra de Chasis	
2	RXD	E	Recibir Datos	
3	TXD	S	Transmitir Datos	
4	DTR	S	Terminal de Datos Listo	
5	SG		Tierra de señal	
6	DSR	E	Equipo de Datos Listo	
7	RTS	S	Solicitud de Envío	
8	CTS	E	Libre para Envío	
9	RI	S	Timbre Telefónico	

Figura 2.9: Distribución de Pines Conector DB9

Para lograr realizar la configuración de parámetros iniciales dentro del módulo GSM se utiliza comandos AT⁶, que permitan acceder a la configuración del módulo por medio de comandos específicos.

Todos los teléfonos GSM poseen un conjunto de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales.

+CNMI: Establece un formato para indicar los SMS

Descripción	Este comando es usado para establecer un formato para indicar los SMS.
Formato	AT+CNMI=<mode>,<mt>,<bm>,<ds>,<bfr>

Tabla 2.2: Comando CNMI

El comando AT recibe como parámetros los siguientes:

<mode>.- controla la posición o almacenamiento del código del mensaje corto recibido. Puede tomar los siguientes valores:

- 0: El código del mensaje corto será almacenado en el TA, si está lleno será almacenado en otro lugar o será borrado y reemplazado por el último código recibido.
- 1: Como la conexión entre el TA-TE es permanente, borra el código del mensaje corto almacenado y coloca el nuevo código recibido. En otros casos, muestra directamente el código en el terminal.
- 2: Como la conexión entre el TA-TE es permanente, el mensaje corto será guardado en TA; mientras la conexión se libera, directamente muestra el código del mensaje corto en el terminal. En otros casos, muestra directamente el código en el terminal.

⁶ Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un terminal modem. Los comandos AT se denominan así por la abreviatura de *attention*.

- 3: Muestra directamente el código en el terminal.

<mt>.- establece el formato del código del mensaje corto. El valor por default es 1. Puede tomar los siguientes valores:

- 0: Sin indicación de formato de código de mensaje corto nuevo. El mensaje no será guardado.
- 1: Nuevo código de mensaje corto en formato MT, <index>. El mensaje corto será guardado pero no visualizado directamente.
- 2: Nuevo código de mensaje corto en formato modo texto. El mensaje corto será mostrado directamente pero no se guardará.

<bm>.- Indica el método cuando el mensaje corto difundido llega. Puede tomar los siguientes valores:

- 0: no envía salida al terminal en modo broadcast (CBM)
- 2: Directamente envía al terminal a mostrar cuando la nueva difusión ha llegado

<ds>.- Indica el estado del mensaje corto que está siendo enviado

- 0: Reporta estado mensaje corto no enviado

<bfr>.- Puede tomar los siguientes valores

- 0: El código de este comando almacenado en TA será enviado al TE,
- 1: El código de este comando almacenado en TA será borrado.

El microcontrolador establece el siguiente comando para el módulo GSM con los siguientes parámetros: **AT+CNMI = 1, 2, 0, 0, 0**

Es un comando que da formato al mensaje corto que no almacena los códigos de los mensajes cortos recibidos sino que conforme llegan los borra y coloca el nuevo mensaje corto recibido (1); permite visualizar directamente el mensaje corto pero sin guardarlo (2); no envía salida en modo broadcast al terminal (0), reporta si el mensaje corto no fue enviado (0); y el código almacenado en TA se envía a TE (0).

+CMGF: establece el modo de los SMS

Descripción	Este comando es usado para establecer el formado de entrada para los SMS
Formato	AT+CMGF=<num>

Tabla 2.3: Comando CMGF

Este comando acepta como parámetros:

- 0: muestra el mensaje corto entrante con formato de PDU
- 1: muestra el mensaje corto entrante con formato de texto plano

+CMGS: Permite enviar un mensaje corto

Descripción	Este comando permite enviar un mensaje corto desde el terminal hacia la red celular. Responde otros parámetros cuando el mensaje corto es enviado con éxito.
Formato	Mensaje corto en modo de texto(AT+CMGF=1) AT+CMGS=<DESTINATARIO><CR> <MENSAJE><CTRL+Z>

Tabla 2.4: Comando CMGS

El timer del microcontrolador permitirá tener una temporización precisa del intervalo de tiempo luego del cual se enviará el dato con su posición, usuario y velocidad.

Para poder generar la base de un segundo con mayor precisión se configuró el timer1 de 16 bits como timer, con un prescalador igual a 256, una frecuencia de oscilación del cristal igual a 4MHz y un valor constante de $A=49910^7$.

Para realizar el cálculo del tiempo, se emplea una sencilla fórmula que relaciona todos estos parámetros y determina el tiempo que el timer ocupa para poder realizar la cuenta desde 49910 hasta 65535, bajo los parámetros de prescalador y cristal antes mencionados.

$$T = \frac{(2^{16} - A) \cdot \text{Prescalador}}{f_{\text{cristal}}} [\text{Seg}]$$

Dentro de la subrutina que está encargada de administrar la interrupción del timer1 se actualiza la variable que almacena la cantidad de tiempo transcurrido y si esta variable alcanza un tiempo determinado, actualiza el estado de una bandera que refleja el cumplimiento de esta condición dentro del programa principal.

Cada recorrido en una instrucción de conducción se realiza bajo la supervisión del instructor a una velocidad aproximada de 50 Km/hora, en un periodo aproximado de 60 minutos, dentro de área metropolitana de Quito.

Para poder mostrar la información recolectada de manera clara dentro del mapa, se ha decidido que el envío de mensaje de posición, desde el vehículo de instrucción, sea cada 10 minutos.

⁷ A=49910 es el valor inicial que toma el timer1.

$$\textit{Tiempo en horas} = \frac{10 \textit{ minutos} * 1 \textit{ hora}}{60 \textit{ minutos}}$$

$$\textit{Tiempo en horas} = \frac{1}{6} \textit{ hora}$$

$$\textit{Distancia Recorrida} = 50 \frac{\textit{Km}}{\textit{hora}} * \frac{1}{6} \textit{ hora}$$

$$\textit{Distancia Recorrida} = 8,3 \textit{ Km}$$

Por medio de este análisis se establece una distancia recorrida mayor a 8 Km, que debido a condiciones de tráfico y circulación, propias de la ciudad de Quito, reducen la distancia recorrida.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

Existe una variedad de lenguajes en la actualidad del cual se puede escoger, siendo unos de alto nivel, permitiendo al desarrollador terminar una aplicación en menos tiempo de lo planificado.

Siendo uno de esos lenguajes Java que implementa la tecnología básica de C++ con algunas mejoras y ofrece toda la funcionalidad de un lenguaje potente, pero sin las características menos usadas y más confusas de éstos.

2.2.1 ANDROID (33) (34)

Android es una pila de software para dispositivos móviles que incluye el sistema operativo, middleware y aplicaciones clave. El SDK (kit de desarrollo de software) de Android proporciona las herramientas y APIs necesarias para empezar el desarrollo de aplicaciones en la plataforma Android usando el lenguaje de programación Java.

2.2.1.1 Arquitectura (33) (34)

2.2.1.1.1 Núcleo Linux (33) (34)

El núcleo actúa como una capa de abstracción entre el hardware y el resto de la pila de software.

2.2.1.1.2 Entorno de ejecución Android (33) (34)

El componente principal del entorno de ejecución de Android es la MV (máquina virtual) Dalvik. El mismo ejecuta archivos en el formato Dalvik Executable (.dex).

2.2.1.1.3 Bibliotecas (33) (34)

Proporcionan funcionalidad a las aplicaciones para tareas que se repiten con frecuencia.

2.2.1.1.4 Marco de trabajo (Framework) de aplicaciones (33) (34)

La mayoría de los componentes de esta capa son librerías Java que acceden a los recursos de las capas anteriores a través de la máquina virtual Dalvik.

2.2.1.1.5 Aplicaciones (33) (34)

Esta capa incluye aplicaciones tanto las que tienen interfaz de usuario como las que no. En la Figura 2.10 se muestra las capas y sus componentes principales de la arquitectura Android.

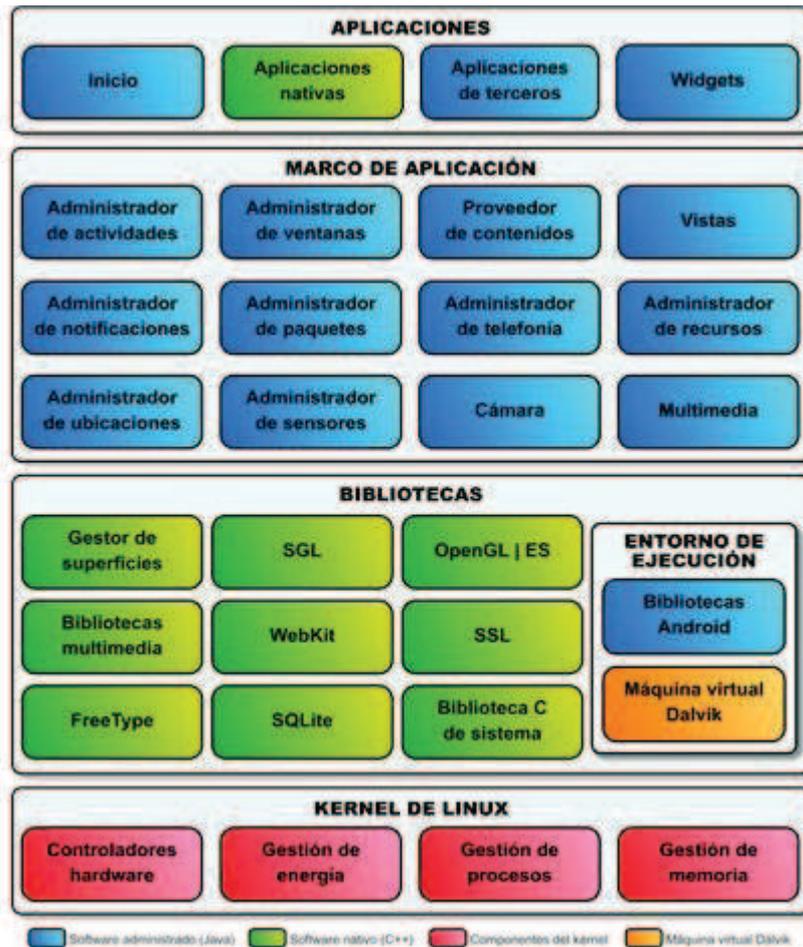


Figura 2.10: Arquitectura Android (34)

2.2.1.2 Fundamentos de la aplicación (33)

Las herramientas SDK de Android compilan el código, junto con los datos y archivos de los recursos dentro de un paquete, en un archivo comprimido con el sufijo .apk.

El sistema operativo Android es un sistema multi-usuario de Linux en el que cada aplicación es un usuario diferente, por defecto cada uno tiene su propia MV, y se ejecuta en forma aislada de otras aplicaciones, pero puede compartir datos, tales como los contactos del usuario, mensajes SMS, el almacenamiento montable (tarjeta SD), cámara, Bluetooth, etc.

2.2.1.2.1 Componentes de la Aplicación (33)

Cada componente es un punto diferente a través del cual el sistema puede entrar en la aplicación. No todos los componentes son verdaderos puntos de entrada para el usuario y algunos dependen el uno del otro, pero cada uno existe como una entidad propia y puede ser activado por otro componente (incluso por otras aplicaciones).

En la Tabla 2.5 se describen los diferentes componentes de una aplicación. No es necesario tener todos los componentes para tener una aplicación funcional.

Componentes	Descripción
Actividades	Representa una pantalla única con una interfaz de usuario, se implementan como una subclase de Activity.
Servicios	Se ejecutan en segundo plano sin interfaz gráfico para realizar operaciones de larga duración o para realizar un trabajo para procesos remotos. Una actividad puede iniciar el servicio, se implementan como una subclase de Service.
Proveedores de Contenido	Gestionan un conjunto compartido de datos de aplicación. Pueden almacenar los datos en el sistema de archivos, una base de datos , en la web, o cualquier otro lugar de almacenamiento persistente, se implementa como una subclase ContentProvider
Receptores de Difusión	Detectan y reaccionan ante determinados mensajes o eventos globales generados por el sistema , se implementan como una subclase de BroadcastReceiver

Tabla 2.5: Componentes de una aplicación Android (33)

Cada componente es una subclase de su respectiva clase en java, pero tres de los cuatro tipos de componentes (actividades, servicios y receptores de difusión)

se activan mediante un mensaje asíncrono llamado intento. Las intenciones que enlazan componentes individuales entre sí en tiempo de ejecución (se puede pensar en ellos como los mensajeros que solicitan una acción de otros componentes), si el componente pertenece a su aplicación u otra.

2.2.1.3 Estructura de una aplicación

Para la construcción de aplicaciones Android se utiliza el IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) para desarrolladores Java, Eclipse. Además de instalar el plugin para el IDE ((ADT) Herramientas de Desarrollo Android) que está diseñado para facilitar su desarrollo.

Usando el IDE, se puede desarrollar en cualquier dispositivo con Android disponible o crear dispositivos virtuales como la muestra en la Figura 2.11 que emulan cualquier configuración de hardware con el AVD (Dispositivos Virtuales Android) propio del SDK de Android.

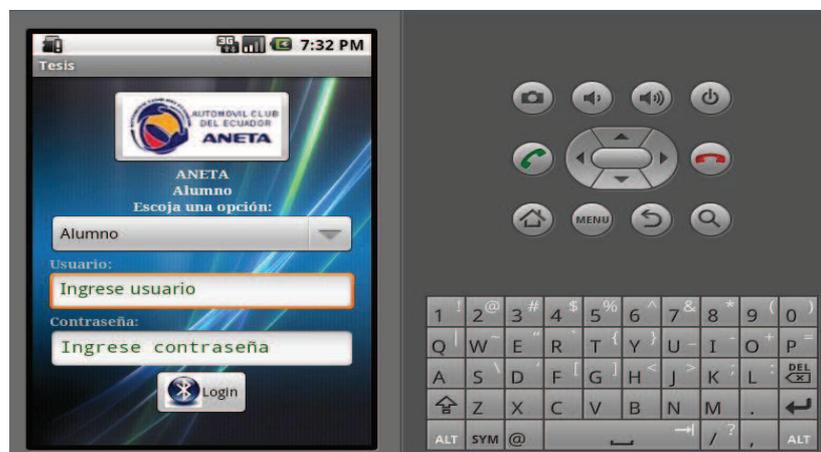


Figura 2.11: Pantalla de Simulación

Cuando se crea un nuevo proyecto Android en Eclipse se genera automáticamente la estructura de carpetas necesaria para poder generar posteriormente la aplicación. Esta estructura será común a cualquier aplicación, independientemente de su tamaño y complejidad.

En la Figura 2.12 se muestra los elementos creados para el proyecto Android.

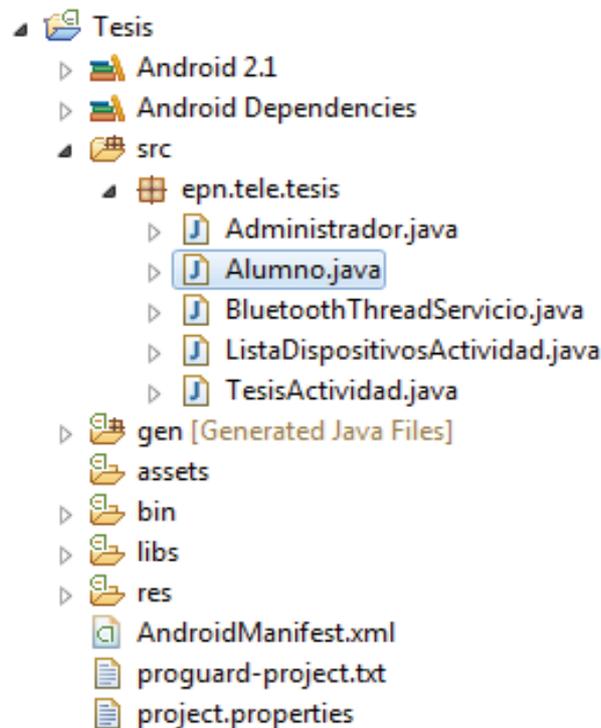


Figura 2.12: Aplicación Android en Eclipse

Se debe tomar en cuenta algunos directorios, y archivos:

- src/: Directorio para los archivos de código fuente de la aplicación principal. Por defecto, se incluye una clase Activity que se ejecuta cuando la aplicación se inicia mediante el icono de la aplicación.
- res/: Directorio que contiene todos los ficheros de recursos necesarios para el proyecto: imágenes, vídeos, cadenas de texto, etc. En la Tabla 2.6 se nombrarán varios subdirectorios.
- AndroidManifest.xml: Archivo que contiene la definición en XML de los aspectos principales de la aplicación, como por ejemplo su identificación (nombre, versión, icono, etc), sus componentes (pantallas, mensajes, etc), o los permisos necesarios para su ejecución.

Subdirectorio (res/)	Descripción
/res/drawable	Contiene las imágenes de la aplicación. Para utilizar diferentes recursos dependiendo de la resolución del dispositivo se suele dividir en varias subcarpetas
/res/layout	Directorio para los archivos que definen la interfaz de usuario de su aplicación en formato XML.
/res/menú	Contiene la definición de los menús de la aplicación en formato XML.
/res/raw	Contiene recursos adicionales, normalmente en formato distinto a XML, que no se incluyan en el resto de carpetas de recursos.
/res/values	Contiene otros recursos de la aplicación como por ejemplo cadenas de texto (strings.xml), estilos (styles.xml), colores (colors.xml), etc.

Tabla 2.6: Subdirectorios de res/ (35)

2.2.1.4 Ejecutable de la aplicación

Para construir el .apk se utiliza el JDK (Java Developer Kit) específicamente las herramientas Keytool y Jarsigner, que proporciona una firma digital para la aplicación, requerimiento de Android para la instalación. La firma es un medio que le sirve al sistema a identificar al autor de la aplicación, además para facilitar actualizaciones posteriores.

2.2.2 JAVA (36) (37)

Java fue creado en 1991 por James Gosling, trabajador de la Sun Microsystems. Se llamó inicialmente Oak, en 1995 es renombrado como Java y se lanza la primera versión comercial.

Es un lenguaje de programación de alto nivel cuyas características son:

- Orientado a Objetos
- Multitarea
- Multiplataforma
- Robusto
- Alto rendimiento
- Interpretado

2.2.2.1 Especificaciones Java (36)

Java tiene desarrolladas algunas tecnologías como:

- Java Standard Edition: Orientada al desarrollo de aplicaciones para entornos de gama media y estaciones de trabajo, como una PC de escritorio.
- Java Enterprise Edition: Orientada al entorno empresarial.
- Java Micro Edition: Orientada a dispositivos con capacidades restringidas.
- JavaFX
- Java Card
- Java Web Services
- Otras tecnologías.



Figura 2.13: Plataforma Java

2.2.2.2 Definición de una aplicación Java (36)

Para el desarrollo de aplicaciones Java se especifica las siguientes herramientas:

- JDK 1.5 o superior(fundamental)
- IDE (Integrated Development Environment) (opcional): Eclipse.

2.2.2.2.1 JDK (36)

Es el conjunto de herramientas de desarrollo que consta de una serie de aplicaciones y componentes, entre los cuales se tiene:

- java: Intérprete que ejecuta programas en byte-code.
- javac: Compilador de Java que convierte el código fuente en byte-code.
- javap: Es un descompilador de byte-code a código fuente Java.
- javadoc: Es un generador automático de documentos HTML a partir del código fuente Java.

El código fuente es escrito en archivos de texto plano con la extensión .java estos archivos son compilados por el compilador javac a archivos con la extensión .class que poseen bytecodes, y se puede ejecutar en cualquier plataforma. Para ello es necesario java (run-time), el mismo que es dependiente de la máquina y del sistema operativo. En la Figura 2.14 se muestra el proceso para una aplicación Java.

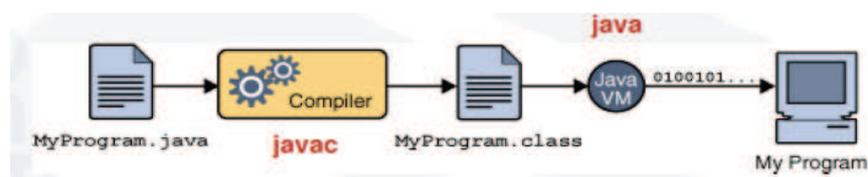


Figura 2.14: Proceso de una aplicación Java con JDK

2.2.2.2.2 Eclipse (37)

Eclipse es un almacén (workbench) sobre el que se puede montar herramientas de desarrollo para cualquier lenguaje, mediante la implementación de los plugins adecuados.

La arquitectura de plugins de Eclipse permite integrar diversos lenguajes sobre un mismo IDE. En si es un ambiente integrado de desarrollo que permite agilizar el proceso de desarrollo de diferentes aplicaciones como las de Java, para lo mismo es necesario también el JDK.

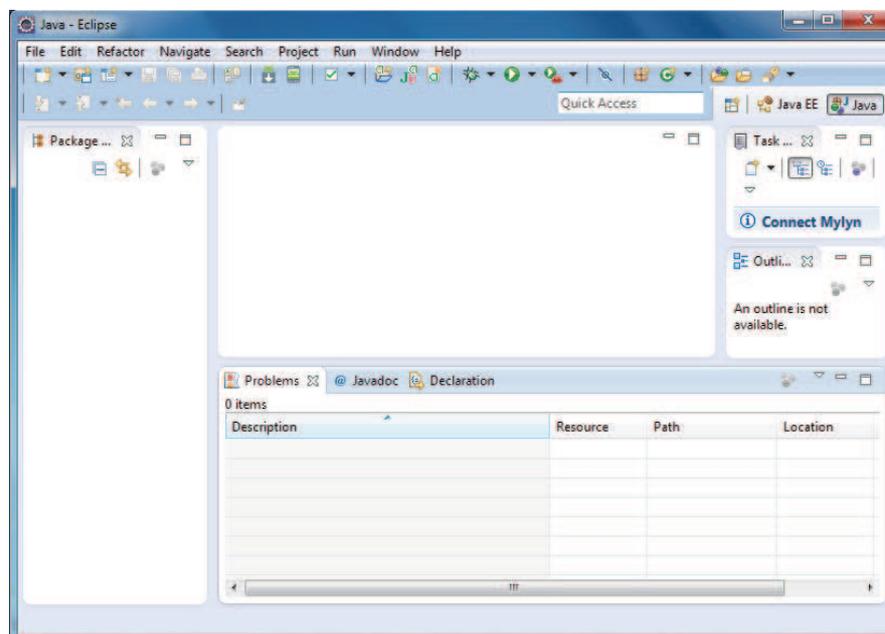


Figura 2.15: Ambiente de Desarrollo Eclipse

2.3 DESARROLLO DE APLICACIONES

Para el prototipo propuesto se define tres clases de aplicaciones las cuales ejecutarán tareas específicas junto con el hardware necesario y especificado anteriormente para el adecuado funcionamiento del mismo. Las tareas especificadas para el prototipo son:

- **Registro de Usuarios:** El instructor podrá enviar los datos de usuario y contraseña al módulo a bordo del vehículo de instrucción a través del Bluetooth cada vez que inicie un nuevo curso de conducción de todos los alumnos respectivos. Los datos serán ingresados y guardados en la memoria no volátil del microcontrolador. Para ello existen tareas tanto para la aplicación Android y el Firmware del microcontrolador.
- **Registro de Instrucción:** Los alumnos cada día de clase de conducción podrán iniciar una sesión, que permitirá enviar automáticamente cada cierto tiempo un SMS con los datos del usuario, tiempo y ubicación. Todas las posiciones geográficas recibidas por mensajes cortos serán almacenados en una base de datos para luego poder visualizar las diferentes posiciones de cada sesión sobre un mapa. Para ello existen tareas tanto para la aplicación Android, el Firmware del microcontrolador y la aplicación Java.
- **Localización del vehículo de instrucción:** El supervisor podrá saber la ubicación del vehículo de instrucción en cualquier momento si no está en una sesión de instrucción. Para ello existen tareas tanto para el Firmware del microcontrolador y la aplicación Java.
- **Aviso de Emergencia:** El instructor podrá enviar un SMS de emergencia al supervisor, si el vehículo de instrucción sufre una colisión o un fallo mecánico; además se visualizará su ubicación geográfica. Para ello existen tareas tanto para el Firmware del microcontrolador y la aplicación Java.
- **Registro de Vehículos de Instrucción, Profesores y Alumnos:** El supervisor podrá ingresar, eliminar, modificar y consultar datos tanto de vehículos de instrucción, profesores y alumnos. Para ello existen tareas para la aplicación Java.

2.3.1 DESCRIPCIÓN FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR

2.3.1.1 Descripción Compilador BASCOM-AVR (38)

Bascom es desarrollado y distribuido por MCS Electronics. Bascom viene en tres variantes

- Bascom-LT para microcontroladores Atmel AT89Cx051
- Bascom-8051.
- Bascom-AVR de microcontroladores Atmel AVR

Bascom es una aplicación para PC que permitirá:

- Escribir programas en Basic
- Compila código de alto nivel a código maquina (.HEX).
- Simular el código compilado

Características:

- BASIC estructurado con etiquetas.
- Programación estructurada con IF-THEN-ELSE-END IF, DO-LOOP, WHILE-WEND, SELECT- CASE.
- Código máquina compilado, mucho más rápido que los interpretados.
- Nombres de variables y etiquetas largos, hasta 32 caracteres de longitud.
- Variables Bit, Byte, Integer, Word, Long, Single y String.
- Las instrucciones y comandos son en su mayoría compatibles con Microsoft's VB/QB
- Mezcla Assembler y Basic dentro del mismo código fuente.
- Puede generar librerías.
- Variables locales, funciones de usuario, soporte de librería.
- Programador SPI integrado.

- Contexto de ayuda sensitivo.

2.3.1.2 Descripción del Programa Principal

Los sistemas de control que gestionan los sistemas eléctricos o mecánicos a menudo deben ser capaces de generar o responder a eventos secuenciales. Sin embargo, la implementación de secuencias múltiples puede llegar a ser larga y complicada si se utiliza un estilo lineal en la codificación.

Una construcción simple, llamada máquina de estado, simplifica la tarea de generar secuencias separando estas en una serie de pasos que luego se ejecutarán secuencialmente. La diferencia es que las distintas secciones o pasos en la secuencia, se codifican en una instrucción SWITCH / CASE.

Para mantener la posición en la máquina de estado⁸, una variable de almacenamiento determina que paso en la secuencia va a ser ejecutado a continuación. Esta variable se refiere como la variable de estado, y se utiliza en la instrucción SWITCH / CASE para determinar que paso, o estado, se va a ejecutar.

Una de las ventajas en el diseño basado en la máquina de estado es que permite la fácil generación de una secuencia de eventos. Otra ventaja en el diseño de la máquina de estado es su capacidad para reconocer una secuencia de eventos.

⁸ La definición corta de una máquina de estado es un conjunto de pasos (estados) seleccionado para la ejecución en base al valor en una variable de estado.

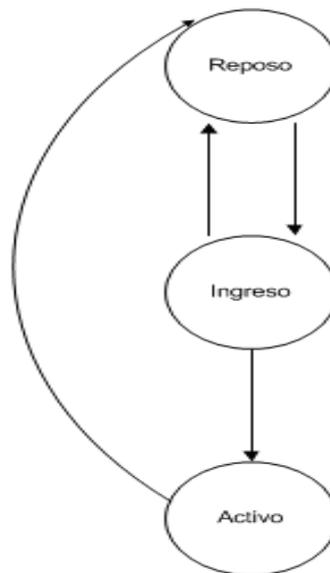


Figura 2.16: Máquina de Estados Programa Principal Microcontrolador

El primer estado en el Programa Principal es el estado de reposo dentro del cual se espera el ingreso de datos por medio del puerto serial virtual correspondiente del módulo Bluetooth, o también el ingreso de datos por medio del puerto serial al cual se encuentra conectado el módulo GSM, en espera de recibir un mensaje corto que solicite el reporte de la posición geográfica, para ellos se cambia el estado de las banderas que permitan determinar que se ha cumplido esta condición.

Al pasar al estado de ingreso se hace el llamado a la subrutina que se encarga de autenticar los datos recibidos por medio de la interfaz Bluetooth, de no tener una autenticación exitosa se retorna al estado de reposo, caso contrario se avanza al estado activo.

Dentro del estado Activo se pone en marcha el timer que permitirá tener una temporización adecuada, y a su vez se llama a una subrutina que toma los datos del GPS para poder reportar la posición geográfica por medio de un mensaje corto al iniciar la instrucción de conducción. La subrutina que toma datos del GPS

solo será llamada cada vez que se expire la temporización, o en su defecto al inicio o término de la instrucción de conducción.

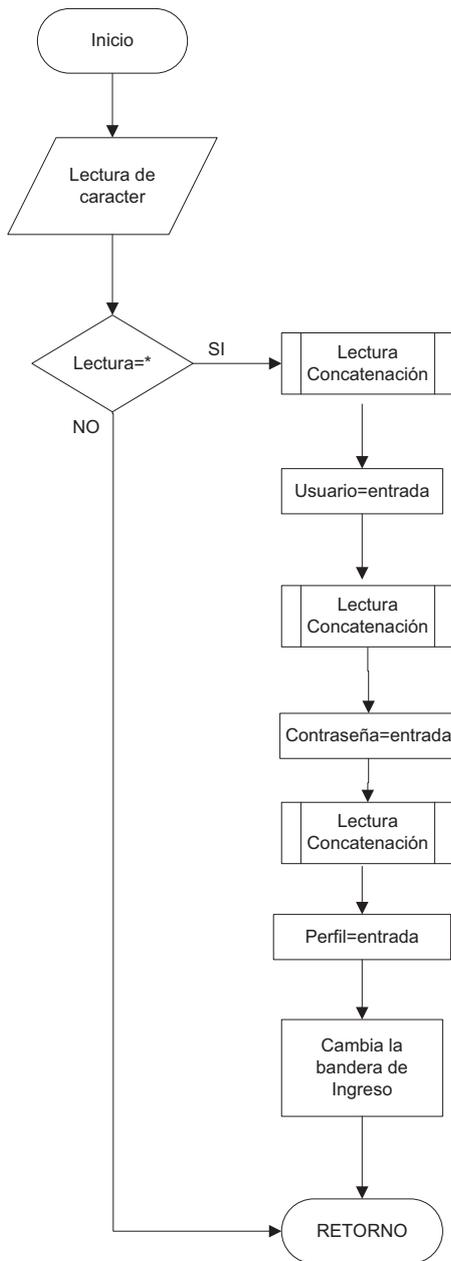
Por medio del uso de banderas se determina cuando se ha cumplido la temporización luego de la que se enviará un mensaje corto indicando la posición actual del vehículo de instrucción a la computadora central, así mismo el cambio de estado de una bandera indicará si se desea terminar la sesión de instrucción que permitirá enviar un reporte con la última posición al término de la instrucción.

A continuación se describe de manera general el funcionamiento de las subrutinas de mayor relevancia a través de sus respectivos diagramas de flujo.

2.3.1.2.1 Diagrama de Flujo de la Lectura Serial Bluetooth de Usuarios

En esta subrutina se recibe los datos ingresados correspondientes al usuario, contraseña, y perfil provenientes del puerto serial virtual.

Lectura Serial Bluetooth



Lectura Concatenación

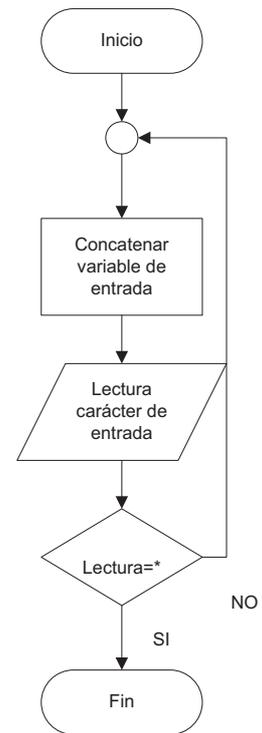


Figura 2.17: Subrutina Lectura Serial Bluetooth

2.3.1.2.2 Diagrama de Flujo Lectura datos protocolo I2C

Esta subrutina toma los datos generados por el módulo GPS y recogidos por medio del puerto I2C, para de esta manera determinar la posición geográfica del vehículo de instrucción.

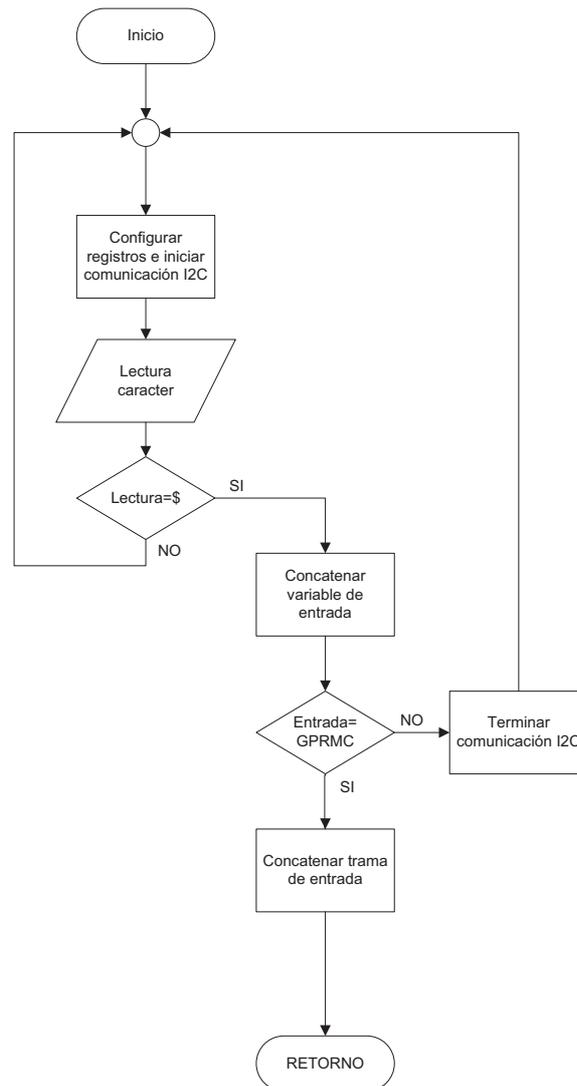


Figura 2.18: Subrutina Lectura datos Protocolo I2C

2.3.1.2.3 Diagrama de Flujo Autenticación de Usuarios

Dentro de esta subrutina se discrimina entre los perfiles de usuario y administrador, se guardan nuevos usuarios en la memoria EEPROM del microcontrolador y verifica que los datos ingresados corresponden con los datos almacenados.

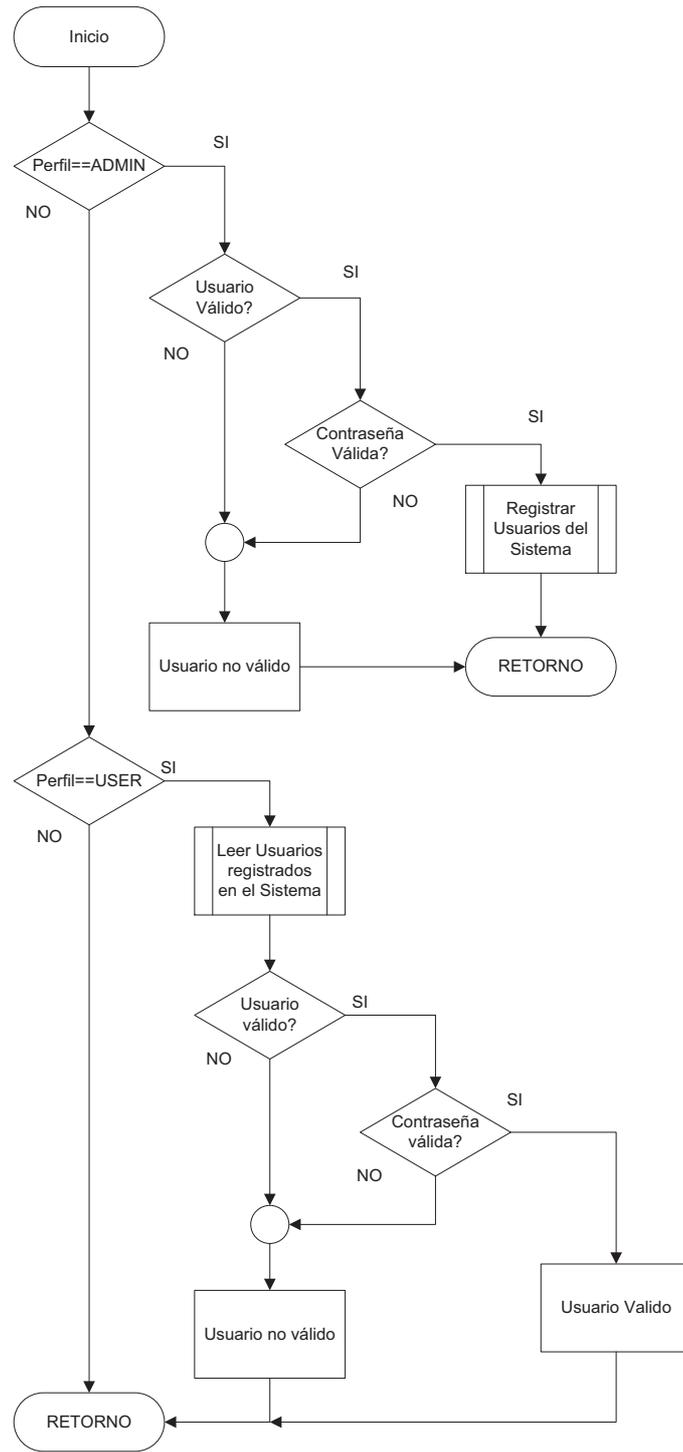


Figura 2.19: Subrutina autenticación Usuarios

2.3.1.2.4 Diagrama de Flujo de Espera Respuesta desde el Módulo GSM

Esta subrutina espera las respuestas que genera el módulo GSM después de configurar diversos parámetros antes de iniciar el programa principal.

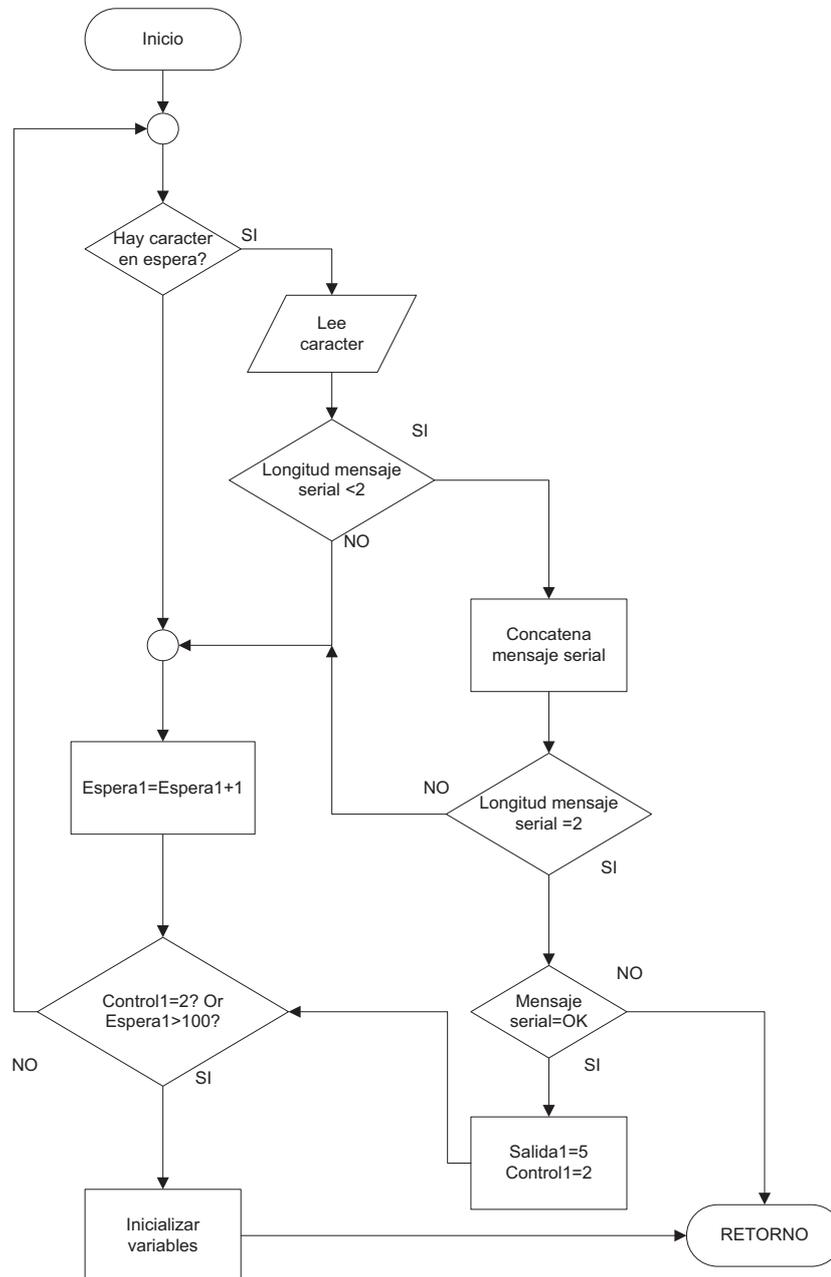


Figura 2.20: Subrutina Espera Respuesta Módulo GSM

2.3.1.2.5 Diagrama de Flujo de lectura de mensajes

En esta subrutina se espera el ingreso de un carácter especial que forma parte del mensaje corto enviado por la computadora central, el mismo que pide un reporte de la posición del vehículo de instrucción, cuando no existe un usuario en instrucción.

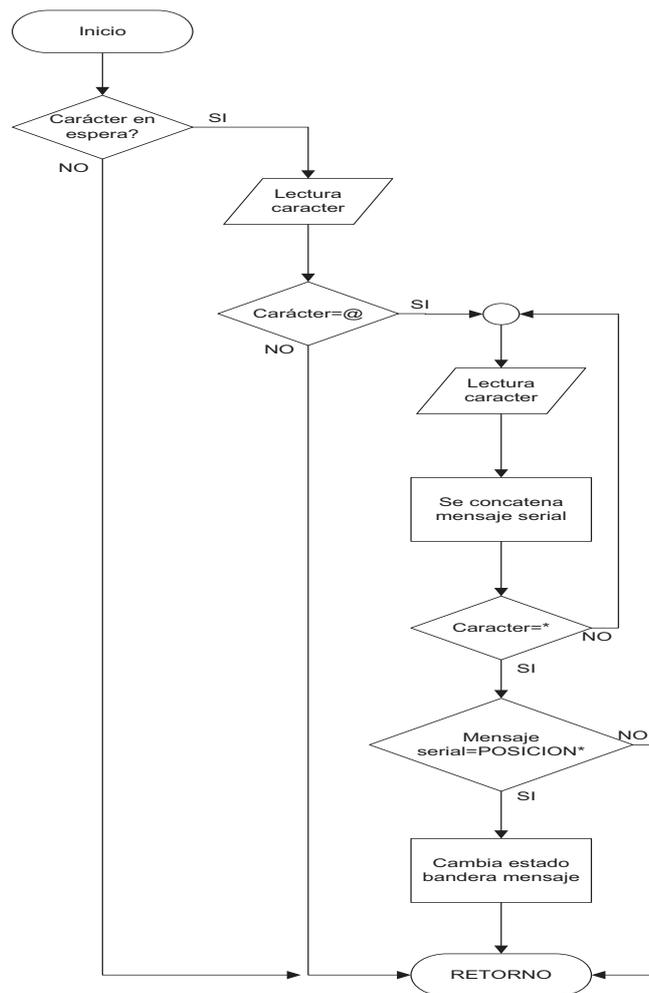


Figura 2.21: Subrutina Lectura de Mensaje.

2.3.1.2.6 Descripción de las tramas utilizadas.

El funcionamiento del prototipo se basa en un reporte de la ubicación geográfica del vehículo de instrucción en el transcurso de una clase de conducción, por lo que la información que se extrae del módulo GPS corresponde a una trama que

proporcione una cantidad de información suficiente para ser enviada hacia el computador central, para poder ser interpretada.

Para ello se escoge la trama recomendada, que posee varios parámetros de información de carácter general, que es de gran utilidad.

Mensaje	RMC
Descripción	Recommended Minimum Data (Mínima Cantidad de Datos Recomendada)
Firmware	Versión 6.00 hasta la versión 7.03
Tipo	Mensaje de salida
Comentario	Este mensaje de salida depende del Datum seleccionado (Datum por defecto WGS84)

Tabla 2.7: Detalles Trama RMC

A continuación se describe la estructura del mensaje.

\$GPRMC,hhmmss,status,latitud,N,longitu,E,spd,cog,ddmmyy,mv,mvE,mode*cs

#CAMPO	FORMATO	NOMBRE	DESCRIPCION
0	String	\$GPRMC	Identificador del mensaje, cabecera del protocolo
1	hhmmss.sss	hhmmss.ss	Hora UTC
2	Caracter	Status	V=Navegación advertencia del receptor, A=Dato Válido
3	ddmm.mmmm	Latitud	Latitud, grados + minutes
4	Caracter	N/S	Indicador Norte / Sur

5	<i>ddmm.mmmm</i>	Longitud	<i>Longitud, grados + minutes</i>
6	<i>Caracter</i>	E/W	<i>Indicador Este / Oeste</i>
7	<i>Numérico</i>	Spd	<i>Velocidad sobre la tierra (en nudos)</i>
8	<i>Numérico</i>	Cog	<i>Curso sobre la Tierra (en grados).</i>
9	<i>Ddmmyy</i>	Date	<i>Fecha en formato día, mes ,año</i>
10	<i>Numérico</i>	Mv	<i>Valor de la variación magnética, salida no se muestra en el receptor</i>
11	<i>Caracter</i>	mvE	<i>Variación magnética indicador E/W, salida no se muestra en el receptor</i>
12	<i>Caracter</i>	Mode	<i>Indicador del modo</i>
13	<i>Hexadecimal</i>	Cs	<i>Checksum</i>

Tabla 2.8: Descripción de los Campos trama RMC

Esta trama es la base de la información enviada a través de la red celular a la computadora central, es complementada con campos adicionales y se separa por medio de caracteres especiales, para poder discriminar estos campos en su posterior procesamiento.



Figura 2.22: Secuencia de datos enviados desde el módulo a bordo del vehículo de instrucción

El campo de usuario es introducido como parte de los datos enviados, cada vez que un usuario inicie una sesión, en caso de no proporcionar un usuario o contraseña este campo permanecerá vacío.

Para discriminar diferentes casos que pueden presentarse dentro y fuera de una instrucción de conducción se determina cuatro tipos de datos a ser enviados.

TIPO	FORMATO	DESCRIPCION
Emergencia	&EMER@	Reporta una posible emergencia o colisión
Instrucción	&INST@	Reporta que el usuario se encuentra realizando un recorrido.
Fallo	&FALLO@	Reporta un posible fallo mecánico
Posición	&POS@	Reporta la ubicación geográfica del vehículo de instrucción cuando este no se encuentra realizando recorridos como parte de la clase de conducción

Tabla 2.9: Tipos de Datos enviados y su descripción por el módulo a bordo del vehículo de instrucción

En la siguiente figura se muestra los diferentes datos a ser enviados por el módulo a bordo del vehículo de instrucción como parte de su funcionamiento.

TRAMA RMC	*	USUARIO	&	INST	@
TRAMA RMC	*	USUARIO	&	EMER	@
TRAMA RMC	*	USUARIO	&	FALLO	@
TRAMA RMC	*	&	POS	@	

Figura 2.23: Formato de los Tipos de Datos enviados por el módulo a bordo del vehículo de instrucción.

2.3.2 APLICACIÓN ANDROID

En esta aplicación se establece cuatro actividades las mismas que son:

- TesisActividad: pantalla inicial de la aplicación como se muestra en la Figura 2.24a.
- Administrador: pantalla para que el administrador ingrese usuarios como se lo muestra en la Figura 2.24b
- Alumno: pantalla que se visualizará si el usuario se registra como se muestra en la Figura 2.24c.
- ListaDispositivosActividad: pantalla que enlista los dispositivos emparejados y descubiertos como se muestra en la Figura 2.24d. El dispositivo Bluetooth que se elija será el que forma parte del dispositivo a bordo del vehículo de instrucción.



Figura 2.24: Pantallas de la Aplicación Android

Además se define una clase BluetoothThreadServicio, clase que reproduce la conexión Bluetooth en un hilo (tarea) o hilos diferentes al hilo principal de la aplicación, es una de las propiedades de Java que permite correr una aplicación sin que este se vuelva lenta o se detenga por cumplir múltiples tareas. Cabe recalcar que la aplicación maneja los dos perfiles tanto para usuario y administrador.

2.3.2.1 Diagrama de flujo de la aplicación Android

A continuación se detallan los diagramas de flujo pertenecientes a cada actividad.

2.3.2.1.1 Diagrama de flujo TesisActividad

Actividad inicial donde la interfaz gráfica permite el ingreso de datos.

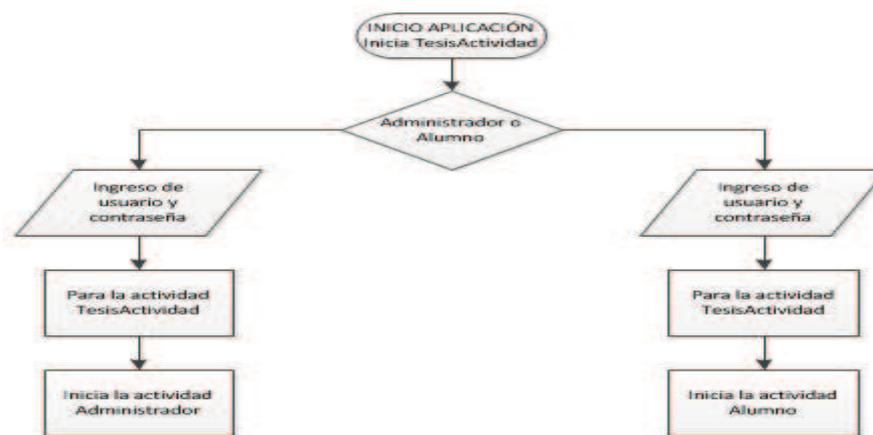


Figura 2.25: Diagrama de flujo de TesisActividad

2.3.2.1.2 Diagrama de flujo ListaDispositivosServicio

Actividad que será instanciada cada vez que se necesite iniciar la conexión con un dispositivo con bluetooth. Tanto Administrador como Alumno la instancian.

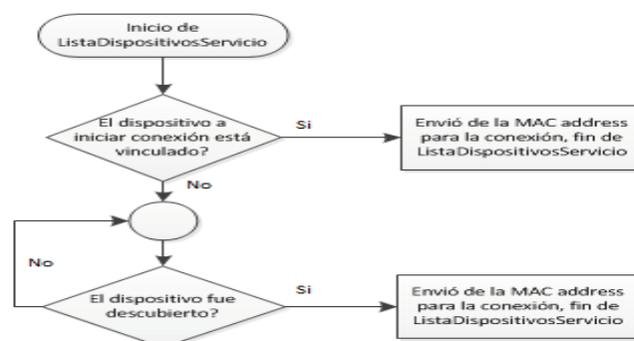


Figura 2.26: Diagrama de flujo de ListaDispositivosServicio

2.3.2.1.3 Diagrama de flujo Administrador

En la actividad Administrador se habilita el Bluetooth y se envía los datos ingresados en TesisActividad al dispositivo elegido en ListaDispositivosActividad, toda esta tarea se realiza junto con la clase BluetoothThreadServicio e inicia el registro de usuarios.

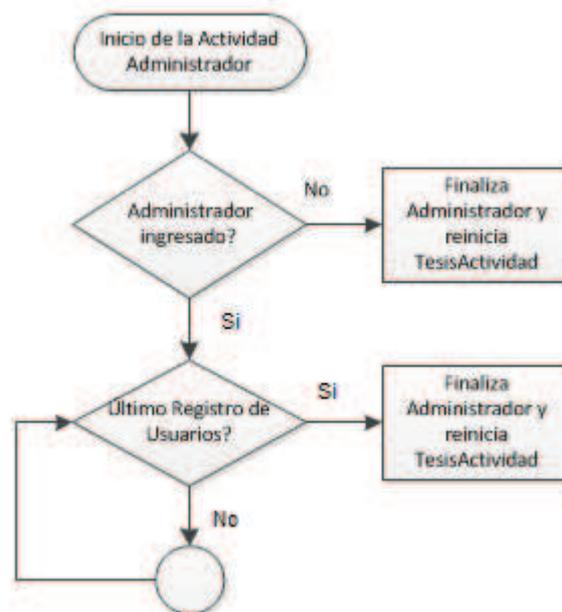


Figura 2.27: Diagrama de Flujo de Administrador

2.3.2.1.4 Diagrama de flujo Alumno

Para esta actividad el proceso inicial de envío de datos es el mismo que Administrador, se espera una respuesta del registro; si el usuario es autorizado se deshabilita el Bluetooth para ahorrar energía en el teléfono inteligente. Después de pasar el tiempo de instrucción para finalizar la sesión se habilita el Bluetooth y se envía los datos de fin al dispositivo seleccionado.

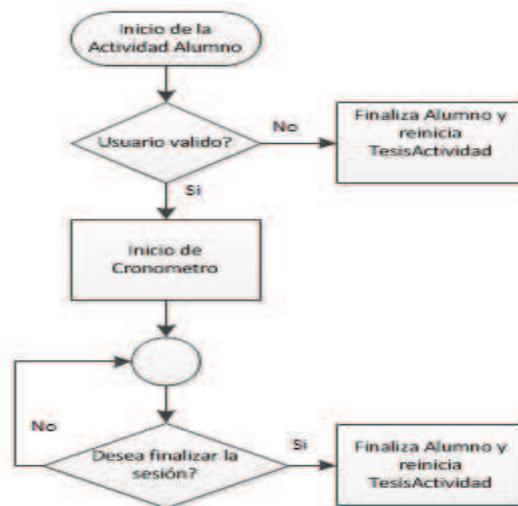


Figura 2.28: Diagrama de Flujo de Alumno

2.3.2.1.5 Requerimientos mínimos para la Aplicación

Un teléfono inteligente es un teléfono celular que, además de realizar llamadas, tiene acceso a un conjunto de aplicaciones y funciones similares a las de una computadora, incluyendo más opciones de conectividad como GPS.

Para la aplicación se debe tener un teléfono inteligente con un sistema operativo Android mínima con la versión 2.1 (Eclair), además de Bluetooth.

2.3.3 APLICACIÓN JAVA (39) (40)

Esta aplicación proporcionará todos los datos e información del prototipo, que estarán disponibles para el supervisor, para ello es necesario especificar los elementos o componentes necesarios adicionales a la aplicación, además del modelo de abstracción de desarrollo.

2.3.3.1 Sistema gestor de base de datos (39)

El software de propósito general, para la gestión de la base de datos. El Sistema Gestor de Base de Datos maneja todas las solicitudes de acceso a la base de

datos formuladas por los usuarios y los programas de aplicación. Para el prototipo se utiliza MySQL.

2.3.3.2 API para JAVA (39) (40)

El API de Java provee de un conjunto de clases utilitarias para efectuar toda clase de tareas necesarias dentro de un programa, como:

- Conexión a un gestor de base de datos: ofrece implícitamente una conexión directa a la base de datos.
- Comunicación serial: ofrece métodos para poder manejar las propiedades y la comunicación de los puertos seriales físicos y lógicos.

2.3.3.2.1 JDBC (39)

JDBC (Java DataBase Connectivity - conexión con bases de datos desde Java) es una API de Java, proporcionada por un conjunto de clases, que permite al programador ejecutar instrucciones en lenguaje estándar de acceso a Bases de Datos, SQL (Structured Query Language – lenguaje estructurado de consultas). Para que una aplicación pueda hacer operaciones en una Base de Datos, previamente ha de tener una conexión con esta, que se establece a través de un controlador o driver (para el prototipo se utiliza el controlador para MySQL), según muestra la figura siguiente, que convierte el lenguaje de alto nivel a sentencias de Base de Datos.

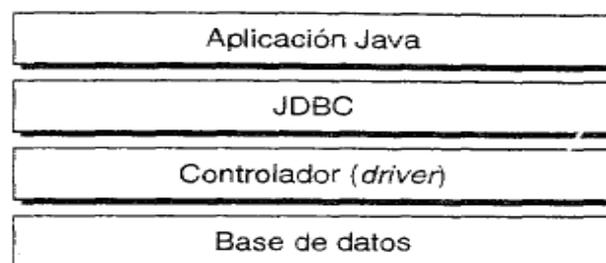


Figura 2.29: JDBC y una Base de Datos

Las acciones principales que realiza JDBC son:

- Establecer la conexión a la base de datos
- Enviar sentencias SQL a esa base de datos
- Procesar los resultados obtenidos por la base de datos.

2.3.3.2.2 *Giovynet Driver (40)*

Es un framework que permite a las aplicaciones Java comunicar circuitos externos con una PC a través de clases y métodos específicos para realizar esta tarea. Admite el envío y recepción de símbolos ASCII a través de RS-232, utilizando las líneas de transmisión, recepción y común en conexión null modem.

2.3.3.3 MVC

Modelo Vista Controlador (MVC) es un patrón o modelo de abstracción de desarrollo de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de negocio en tres componentes distintos.

- **Modelo:** Esta es la representación específica de la información con la cual el sistema opera. También es la que interactúa directamente con la base de datos.
- **Vista:** Este presenta el modelo en un formato adecuado para interactuar con el sistema, usualmente la interfaz de usuario.
- **Controlador o Negocio:** Este responde a eventos, usualmente acciones del usuario, e invoca peticiones al modelo y, probablemente, a la vista.

En la Figura 2.30 se visualiza la estructura de la aplicación Java que se base en el patrón MVC.

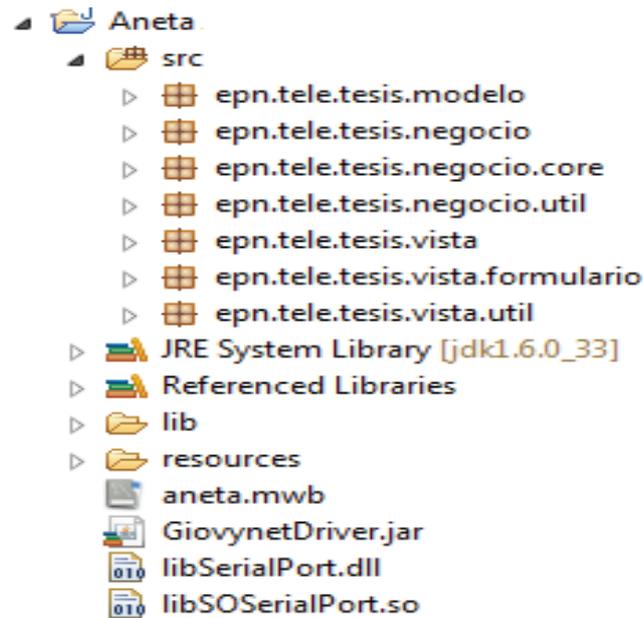


Figura 2.30: Estructura de la aplicación con MVC

2.3.3.4 Interfaz Gráfica

La interfaz gráfica está compuesta por una presentación y seis formularios:

- Splash (presentación antes de ingresar al sistema)
- Formulario Login
- Formulario Principal
- Formulario Auto
- Formulario Profesor
- Formulario Alumno
- Formulario Instrucción

2.3.3.4.1 *Splash*

Gráfica o presentación que se visualizará por tres segundos o hasta que se de click sobre él.



Figura 2.31: Splash

2.3.3.4.2 Formulario Login

Formulario que permite solo al supervisor el ingreso al sistema con su respectivo usuario y contraseña.

Figura 2.32: Formulario Login

2.3.3.4.3 Formulario Principal

Formulario que muestra un menú para el ingreso a los formularios auto, profesor, alumno e instrucción; además de eliminar registros de datos de instrucciones cada vez que inicie un nuevo curso. En la Figura 2.34 se muestra el diagrama del menú.

Figura 2.33: Formulario Principal

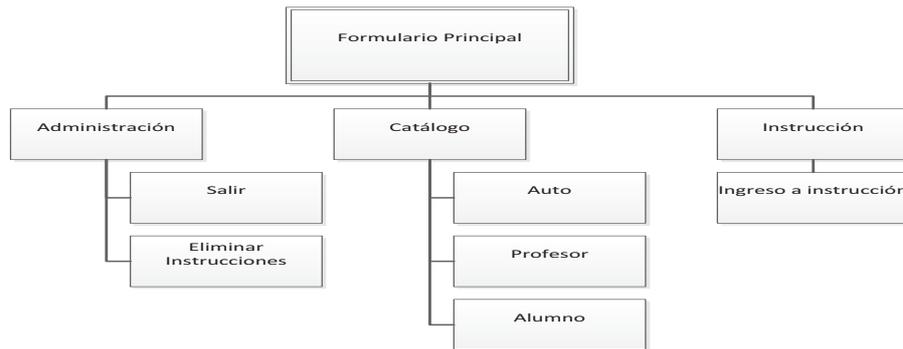


Figura 2.34: Diagrama de la estructura del menú en formulario principal

2.3.3.4.4 Formulario Auto

Este formulario permite ingresar, eliminar, actualizar y consultar registros de vehículos de instrucción, una característica importante es cuando se escoge la opción consultar, se habilita el botón Localización para ubicar el vehículo de instrucción especificando su placa dentro de un mapa. Hay que tomar en cuenta que para eliminar un auto hay que desvincular primero los registros de profesores que tengan la id del auto.

La imagen muestra una captura de pantalla de un formulario web titulado 'Formulario Auto'. El formulario está dividido en secciones:

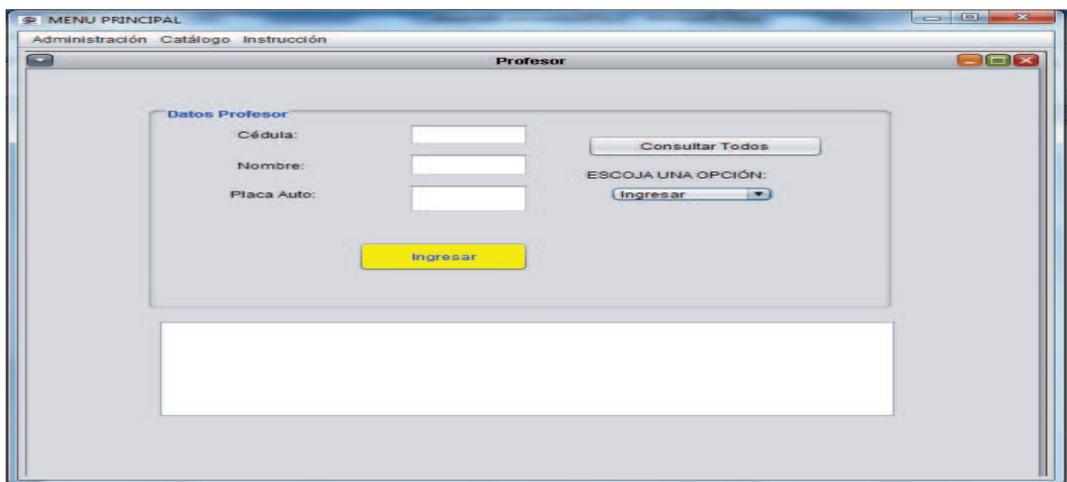
- Datos Auto:** Incluye campos de entrada para 'Placa', 'Marca', 'Modelo', 'Año', 'Fallas' y 'Número Teléfono'. Hay un botón 'Ingresar' amarillo debajo de estos campos.
- Acciones:** Hay botones para 'Localización' y 'Consultar Todos'.
- Selección:** Una etiqueta 'ESCOJA UNA OPCION:' seguida de un menú desplegable con la opción 'Ingresar' seleccionada.

El formulario está dentro de una ventana con el título 'MENU PRINCIPAL' y sub-títulos 'Administración Catálogo Instrucción' y 'Automovil'.

Figura 2.35 Formulario Auto

2.3.3.4.5 Formulario Profesor

Este formulario al igual que formulario auto permite realizar operaciones con la base de datos pero con los registros de profesores. Cabe recalcar que para ingresar un profesor debe existir el registro del vehículo de instrucción al cual se va a vincular, y para eliminar un profesor se debe desvincular los alumnos que estén ligados a este profesor.



The screenshot shows a web browser window titled 'MENU PRINCIPAL' with a navigation menu containing 'Administración', 'Catálogo', and 'Instrucción'. The main content area is titled 'Profesor'. It features a form with the following elements:

- Section: **Datos Profesor**
- Fields: 'Cédula:', 'Nombre:', and 'Placa Auto:' each followed by an empty text input box.
- Buttons: 'Consultar Todos' and a yellow 'Ingresar' button.
- Dropdown: 'ESCOJA UNA OPCIÓN:' with a dropdown menu currently showing 'Ingresar'.
- Table: A large empty white rectangular area below the form, likely intended for a list of records.

Figura 2.36: Formulario Profesor

2.3.3.4.6 Formulario Alumno

Permite realizar las mismas operaciones con la base de datos pero con los registros alumnos, este formulario tiene un campo llamado Usuario, el mismo que se utiliza para el registro de usuarios vía Bluetooth por medio del teléfono inteligente con la aplicación Android al dispositivo a bordo del vehículo de instrucción. Pero para ingresar un registro alumno debe existir el registro del profesor a vincular.

Figura 2.37: Formulario Alumno

2.3.3.4.7 Formulario Instrucción

Este formulario permite hacer consultas a la base de datos de las sesiones diarias de instrucción de conducción de cada alumno, además de visualizar los puntos tomados en la ruta, dentro de un mapa.

Figura 2.38: Formulario Instrucción

2.3.3.5 Diagrama de flujo de la aplicación Java

A continuación se detallan los diagramas de flujo de la configuración del módulo GSM y de la recepción de datos de la comunicación serial.

2.3.3.5.1 Configuración del módulo GSM

Esta función permite enviar al módulo los comandos AT necesarios para desactivar el eco, como el envío del mensaje corto al puerto serial cuando llega sin necesidad de guardar ni en la memoria del módulo o del SIM.

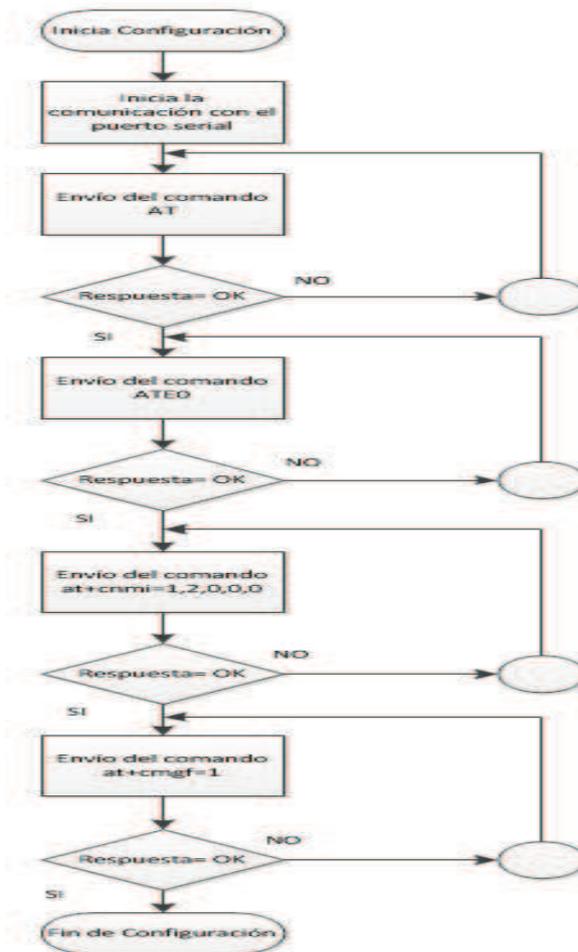


Figura 2.39: Diagrama de flujo de la configuración del módulo GSM

2.3.3.5.2 Recepción de datos

Parte de la aplicación que se encarga de la recepción de SMS y realiza diferentes tareas de acuerdo al tipo de dato recibido.

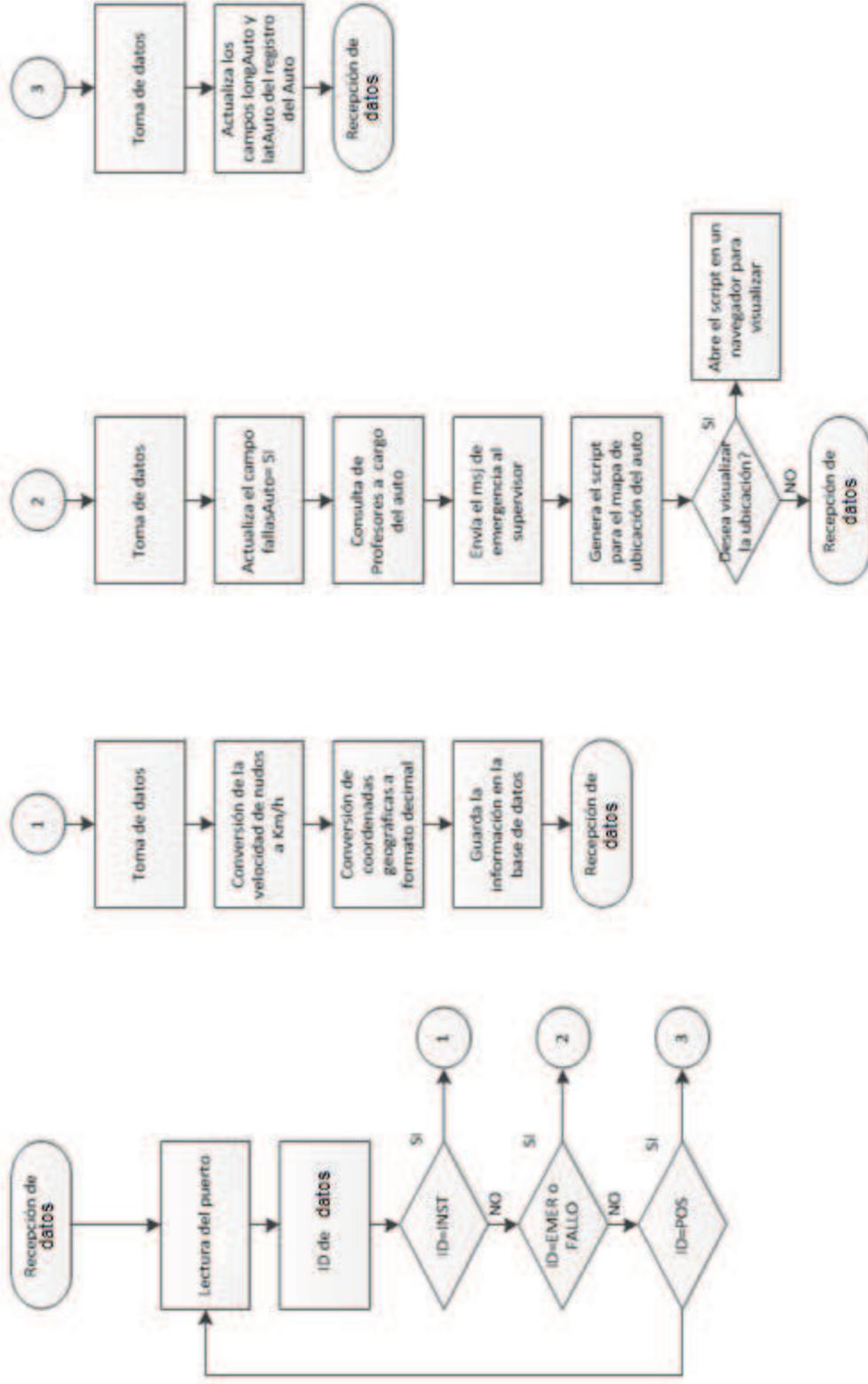


Figura 2.40: Diagrama de flujo de la Recepción de datos

El mensaje corto que se envía al supervisor se compone de los siguientes datos:

- Nombre de trama: EMERGENCIA POSIBLE CHOQUE o EMERGENCIA POSIBLE FALLO MECÁNICO.
- Placa
- Marca
- Instructor: Uno o varios dependiendo el número de profesores a cargo del auto.
- Usuario: Solo sí la emergencia se da dentro de las clases de instrucción, caso contrario este campo irá vacío.

2.4 DISEÑO DEL DISPOSITIVO A BORDO DEL VEHÍCULO DE INSTRUCCIÓN

2.4.1 DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para el funcionamiento del prototipo se debe tener en cuenta que los elementos activos que forman parte del mismo se alimentan con diferente voltaje, y además la batería del auto proporciona un voltaje mayor a los 12v. En la Tabla 2.10 se especifica los diferentes componentes con sus respectivos voltajes de operación.

ELEMENTOS	VOLTAJE
MÓDULO GSM ZTE	12V
MICROCONTROLADOR ATMEGA32	5V
MÓDULO BLUETOOTHV3	5V
LED	5V
MÓDULO GPS CLICK	3.3V

Tabla 2.10 Elementos Activos y sus Voltajes

PARÁMETRO	MEDICIÓN
Voltaje de entrada máximo	13,6 V
Voltaje de entrada mínimo	12,2 V
Voltaje promedio	12,9 V
Temperatura ideal de operación	25 °C
Corriente máxima	150 mA
Corriente mínima	200 mA
Potencia de Operación	2,72 W

Tabla 2.11: Especificaciones técnicas del dispositivo a bordo del vehículo de instrucción

Para alimentar los diferentes elementos dentro de los voltajes de operación necesarios se utilizó los reguladores de voltaje LM7812, LM7805 y L1117; cada uno proporciona 12V, 5V y 3.3V respectivamente.

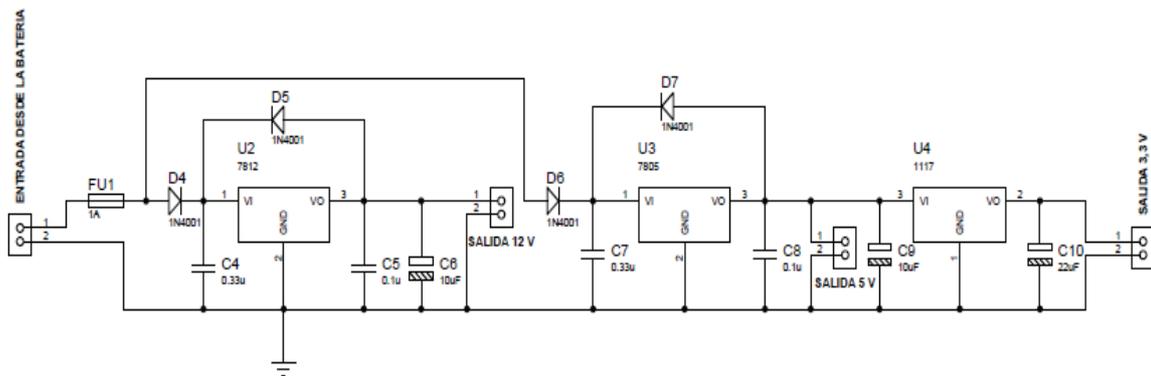


Figura 2.41 Etapa de alimentación

La alimentación recibida desde la batería del vehículo de instrucción se hace a través de la caja de fusibles ubicados en el interior. Por medio de cables se alimenta el circuito a través de un fusible de protección, también se dispone de dos diodos ubicados antes de los reguladores de 12V y de 5V para prevenir voltajes negativos en caso de existir una conexión incorrecta del cable de alimentación.

Cada regulador de voltaje posee un arreglo de capacitores de filtrado y diodos de protección recomendados por el fabricante para su óptimo funcionamiento.

Cuando se utilizan condensadores electrolíticos en la salida de estos reguladores se recomienda colocar un diodo de protección conectado entre la salida y la entrada. Sin la protección de este diodo, cuando se quita la alimentación del voltaje al regulador, la tensión a la salida, debido a la carga almacenada en el condensador de salida, se descargara a través del circuito de salida interno del regulador a masa. Si la energía descargada por el condensador es lo suficientemente grande, el regulador puede ser destruido.

Dependiendo de la cantidad de voltaje a ser suministrada el integrado entregará una cantidad de energía que debe ser disipada en forma de calor. Los reguladores 7812 y 7805 disponen de disipadores para evitar un calentamiento excesivo que podría llevar a un funcionamiento indebido de dichos componentes.

2.4.2 DISEÑO DE LA ETAPA DE CONTROL Y COMUNICACIÓN

El microcontrolador tiene la capacidad de manejar la distintas interfaces de comunicación, al disponer de un puerto serial virtual permite la conexión directa con el módulo Bluetooth, su puerto UART está conectado con el módulo GSM a través de dos transistores, en configuración de inversor, que tienen la función invertir el nivel de voltaje, y de esta manera realizar la comunicación.

La comunicación hacia el módulo GPS se realiza utilizando la interfaz I2C del microcontrolador que únicamente requiere una resistencia conectada a VCC para cada una de las líneas de comunicación, conforme a las recomendaciones brindadas por el fabricante.

El microcontrolador tiene dos botones conectados en los puertos de interrupciones externas, cada uno de ellos dispone de un arreglo de resistencias y capacitores que eliminar el rebote generado al presionado.

Los indicadores visuales están conectados al puerto B del microcontrolador a través de resistencias que limiten la corriente hacia cada led.

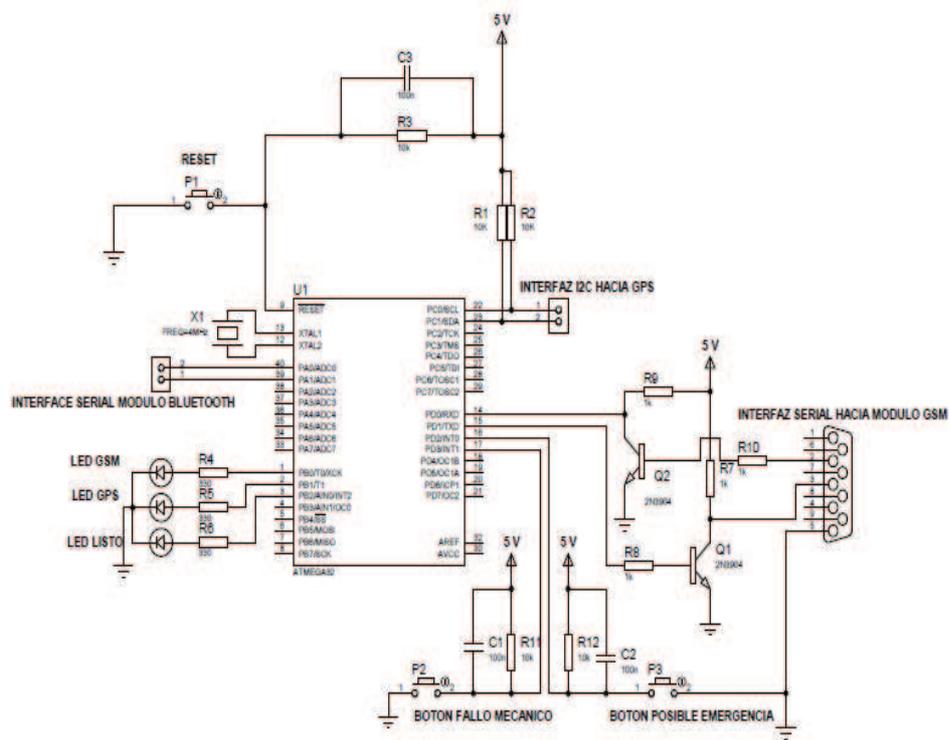


Figura 2.42 Etapa de Control y Comunicación

En la Figura 2.43 se muestra el prototipo del dispositivo a bordo del vehículo de instrucción, armado y montado dentro de una caja plástica.



Figura 2.43: Dispositivo a bordo del vehículo de instrucción

CAPÍTULO 3.

3 PRUEBAS Y RESULTADOS

Para realizar las pruebas del prototipo en un recorrido de clase de conducción y fuera de esta se debe tener en cuenta antes lo siguiente:

- Registro de Vehículos de instrucción, Profesores y Alumnos.
- Registro de Usuarios. En la Figura 3.1 se muestra la pantalla para el registro de usuarios en el dispositivo a bordo.



Figura 3.1 Pantalla Registro de Usuarios

Para lo mismo se detalló estas tareas en el capítulo anterior.

3.1 INSTRUCCIÓN

3.1.1 INICIO DE INSTRUCCIÓN

Para iniciar una sesión de instrucción el alumno debe enviar su usuario y contraseña al dispositivo a bordo del vehículo de instrucción vía Bluetooth por medio del teléfono inteligente con la aplicación Android, si el usuario existe y su contraseña es correcta iniciará el cronómetro y a la vez se envía un mensaje corto con los datos de tipo instrucción inicial a la computadora central. A continuación en la Figura 3.2 se muestra las pantallas de la aplicación Android del ingreso de los datos y si el registro del alumno fue correcto.



Figura 3.2 Pantallas Validación de usuario

3.1.2 TRANSCURSO DE INSTRUCCIÓN

Durante la hora de clase se envían datos de tipo instrucción a la computadora central, el tiempo de envío es cada 10 minutos.

3.1.3 FIN DE INSTRUCCIÓN

Para finalizar el estudiante envía una petición para terminar la instrucción y al mismo tiempo el dispositivo a bordo del vehículo de instrucción envía un mensaje corto con el último dato de tipo instrucción. En la Figura 3.3 se indica la pantalla con el cuadro de diálogo en la aplicación Android para finalizar la instrucción.

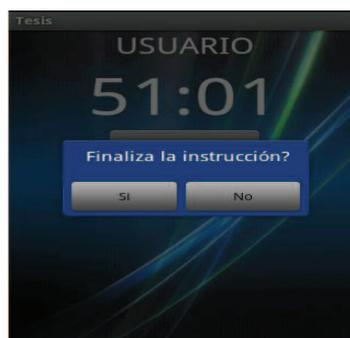
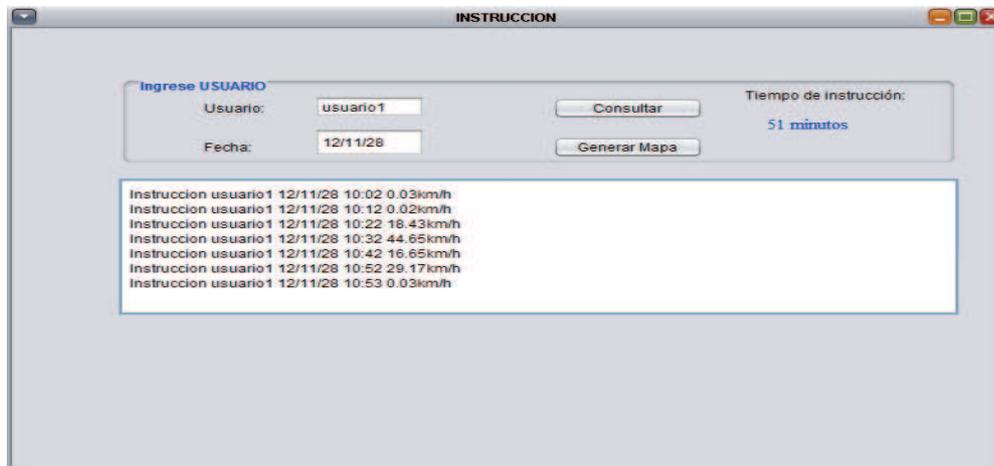


Figura 3.3 Pantalla de Fin de Instrucción

Para visualizar los registros se ingresa el usuario y la fecha de instrucción en el formulario instrucción además de visualizar el mapa que contiene los puntos

geográficos pertenecientes a la ruta seguida. En la Figura 3.4 se muestra el formulario con los registros de instrucción según el usuario y fecha.



Ingreso USUARIO			
Usuario:	<input type="text" value="usuario1"/>	<input type="button" value="Consultar"/>	Tiempo de instrucción:
Fecha:	<input type="text" value="12/11/28"/>	<input type="button" value="Generar Mapa"/>	51 minutos

Instruccion usuario1	12/11/28	10:02	0.03km/h
Instruccion usuario1	12/11/28	10:12	0.02km/h
Instruccion usuario1	12/11/28	10:22	18.43km/h
Instruccion usuario1	12/11/28	10:32	44.65km/h
Instruccion usuario1	12/11/28	10:42	16.65km/h
Instruccion usuario1	12/11/28	10:52	29.17km/h
Instruccion usuario1	12/11/28	10:53	0.03km/h

Figura 3.4 Registros de una Instrucción

Al pulsar el botón generar mapa, se abre automáticamente un archivo con nombre *ruta* y formato HTML basado en el lenguaje script. Para lo mismo se genera el código en la aplicación Java, además de utilizar el API de google Maps. A continuación en la Figura 3.5 se muestra el mapa con los diferentes puntos de ubicación del recorrido. Al pasar el mouse por cada punto se podrá observar:

- Usuario
- Velocidad en esa ubicación
- Hora

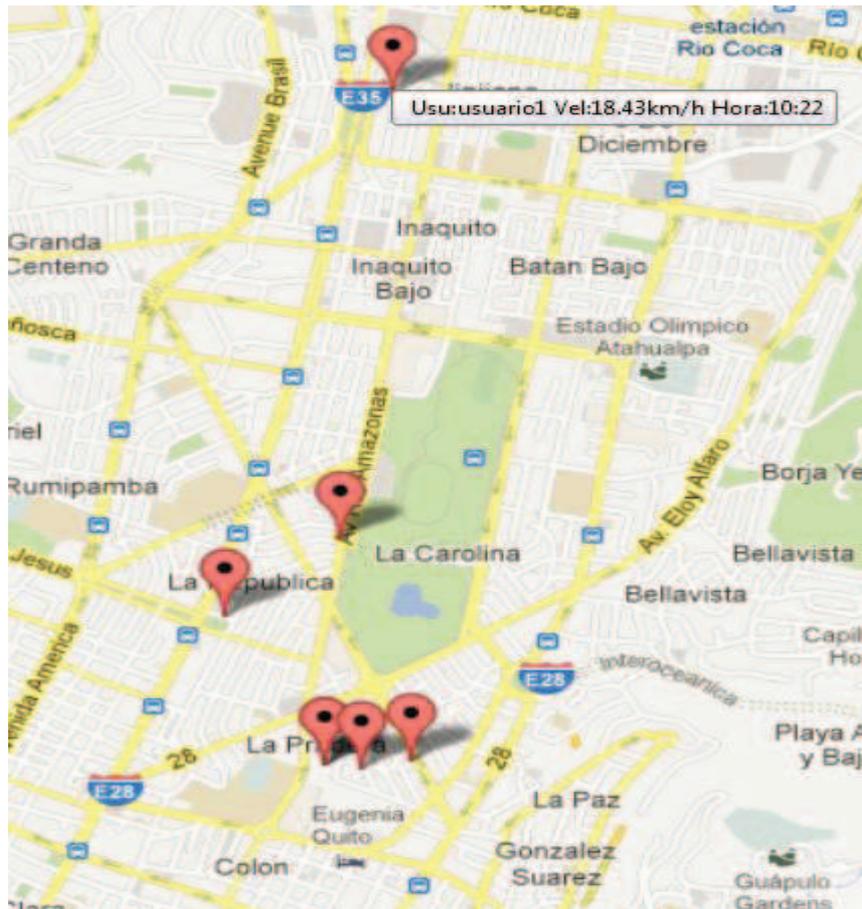


Figura 3.5 Visualización de la ruta de una Instrucción

3.2 LOCALIZACIÓN

Para esta tarea se habilita el botón Localización del formulario auto, para ello deben existir los registros de vehículos de instrucción válidos con los campos obligatorios ingresados debidamente. Como en instrucción se forma un archivo HTML pero con el nombre de *posición*, en la Figura 3.6 se indica el mapa con la ubicación actual del vehículo de instrucción. Al pasar el cursor del mouse sobre cada punto su muestra la placa del vehículo de instrucción, y cada vez que se pulsa el botón se puede obtener su localización; es importante recordar que se puede pedir la ubicación del vehículo de instrucción cuando este no se encuentre realizando una instrucción de conducción.

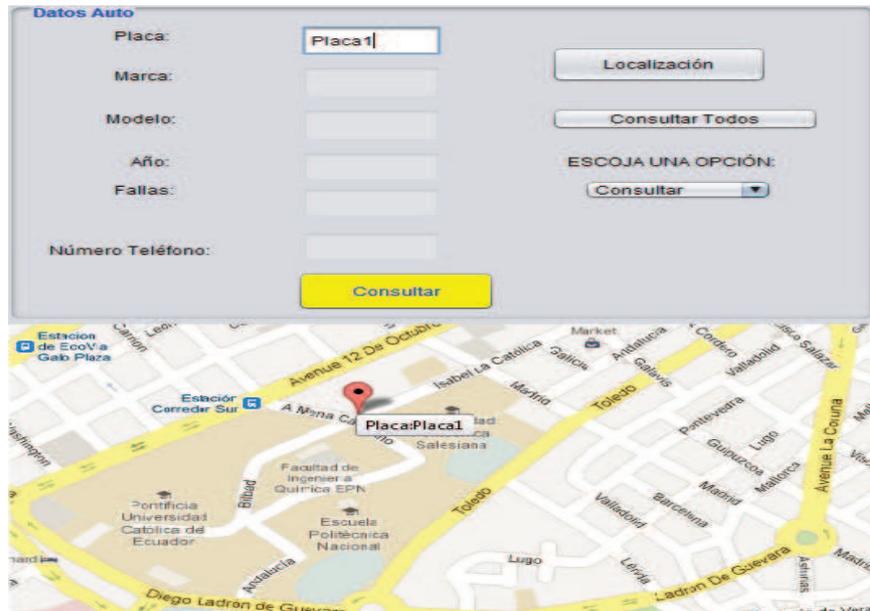


Figura 3.6 Pantalla y visualización de la Localización del vehículo de instrucción

3.3 NOTIFICACIÓN DE EMERGENCIA

En el dispositivo a bordo del vehículo de instrucción hay dos botones que servirán para reportar falla mecánica o una colisión. Al pulsar cualquiera de los dos botones se enviará un mensaje corto a la computadora central con un dato de tipo EMER o FALLA según el botón pulsado, es importante saber que esta función esta siempre habilitada para ser usada, ya sea dentro o fuera de una clase de conducción.

En la Figura 3.7 se muestra el cuadro de diálogo si se pulsa el botón de aviso de falla mecánica. En este cuadro se tiene la opción para poder mirar en un mapa la ubicación del vehículo de instrucción, y se abrirá el archivo HTML pero con el nombre de *emergenciaposición* que como los demás archivos son generados por la aplicación Java. En la Figura 3.8 se presenta el mensaje corto que llega al celular supervisor para este caso.

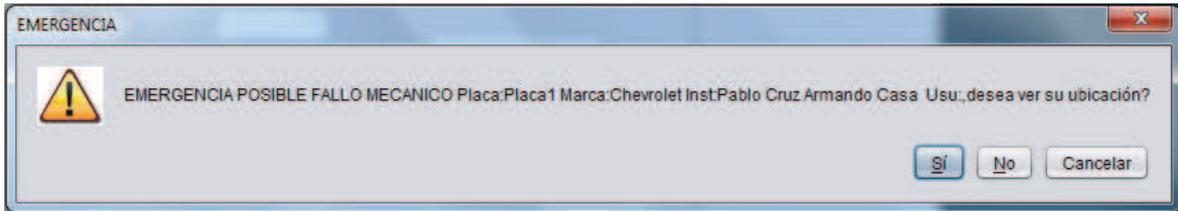


Figura 3.7 Notificación de Fallo Mecánico



Figura 3.8 Mensaje de Notificación de Fallo Mecánico

En la Figura 3.9 se visualiza el cuadro de diálogo si se pulsa el botón para enviar el reporte de una colisión y en la Figura 3.10 se presenta el mensaje corto que llega al supervisor para este caso.

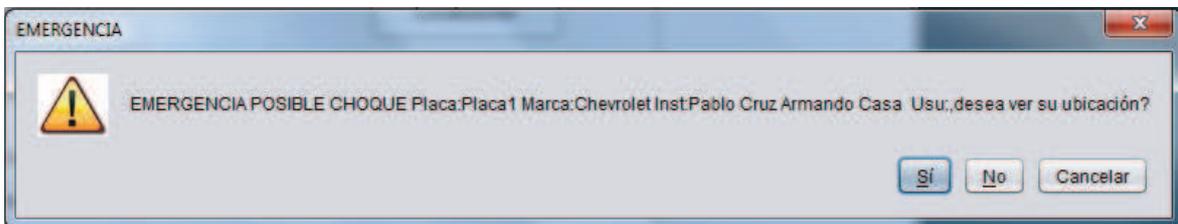


Figura 3.9 Notificación de Choque

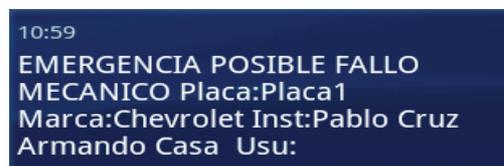


Figura 3.10 Mensaje Notificación de Choque

Por último en la Figura 3.11 se muestra el mapa con el punto de ubicación del vehículo de instrucción que está en emergencia, donde al pasar el cursor aparecerá:

- Placa Auto
- Marca Auto
- Instructores a cargo
- Y usuario si está en instrucción



Figura 3.11 Visualización de la ubicación del vehículo de instrucción en emergencia

CAPÍTULO 4.

4 ESTIMACIÓN DE COSTOS

En este capítulo se presenta una lista de precios de todos los elementos electrónicos que forman parte de la placa del prototipo, así como una estimación referente a la cantidad aproximada de mensajes cortos necesarios para que el sistema pueda operar.

4.1 LISTA DE COSTOS DE LOS ELEMENTOS PARA EL PROTOTIPO

A continuación se detalla los elementos necesarios para ensamblar el prototipo que formará parte del módulo a bordo del vehículo de prueba.

DETALLE DE LOS COMPONENTES ELECTRONICOS UTILIZADOS			
Cantidad	Detalle	Costo Unitario	Costo Total
1	LM7812	\$0.42	\$0.42
1	LM7805	\$0.42	\$0.42
1	L1117	\$0.42	\$0.42
1	GPS Click	\$105.00	\$105.00
2	Módulos GSM	\$120.00	\$240.00
2	Disipadores	\$0.60	\$1.2
1	Módulo Bluetooth	\$40.00	\$40.00
1	ATmega32	\$7.00	\$7.00
9	Capacitores Cerámicos	\$0.08	\$0.72
3	Diodos 1N4001	\$0.07	\$0.21

11	Resistencias	\$0.02	\$0.22
2	Botones	\$0,50	\$1.00
2	Transistores 2N3904	\$0.09	\$0.18
4	Borneras	\$0.08	\$0.32
1	Conector DB9 Macho	\$0.39	\$0.39
2	Capacitores Electrolíticos	\$0.08	\$0.16
2	Láminas de Papel Termotransferible	\$0.30	\$0.60
1	Baquelita de doble lado	\$1.56	\$1.56
2	Fundas de Cloruro Férrico	\$0.35	\$0.70
1	Porta fusibles	\$0.26	\$0.26
1	Cristal de Cuarzo de 4MHz	\$0.60	\$0.60
2	Espadines Hembra maquinados	\$0.39	\$0.78
3	Diodos emisores de luz	\$0.08	\$0.24
2	SIM Card CNT	\$5.00	\$10.00
TOTAL			\$402.40

Tabla 4.1 Costo de los elementos del prototipo

4.2 ESTIMACIÓN DEL COSTOS DE LOS MENSAJES SMS

El funcionamiento del prototipo requiere el uso de mensajes cortos a través de la red de telefonía celular para mantener comunicado el dispositivo a bordo del vehículo de instrucción con la aplicación de escritorio encargada de la gestión de la información.

Es por ello que se buscó una solución que brinde una cantidad de mensajes cortos acorde a los requerimientos del prototipo a bajo costo, para un número de líneas de telefonía móvil dentro de una misma operadora celular.

Para proceder al cálculo de la cantidad de mensajes cortos necesarios para mantener operativo el prototipo y en funcionamiento, se considera las horas por día en los que un vehículo de instrucción se utiliza para las clases de conducción son de diez horas, cada clase de instrucción será de una hora, y las clases se llevarán a cabo de lunes a viernes.

$$10 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 6 \frac{\text{SMS}}{\text{hora}} = 60 \frac{\text{SMS}}{\text{día}}$$

$$60 \frac{\text{SMS}}{\text{día}} * 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} = 300 \frac{\text{SMS}}{\text{semana}}$$

$$300 \frac{\text{SMS}}{\text{semana}} * 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}} = 1200 \frac{\text{SMS}}{\text{mes}}$$

Se estima que la cantidad promedio de mensajes necesarios para el prototipo es de 1200 mensajes para un mes de instrucción bajo las condiciones antes mencionadas.

4.2.1 OPCIÓN OPERADORA MÓVIL CLARO

Dispone, dentro de la telefonía móvil, planes postpago para empresas con capacidad de envío de mensajes a bajo costo.

Planes Ideal con SMS incluidos, incluyen minutos de voz y un paquete de mensajes escritos dentro de la cuota mensual del plan, donde el costo del minuto de Claro a Claro va desde \$ 0.10 + imp. hasta \$ 0.12 +imp. y paquetes de hasta 3000 SMS de Claro a Claro dependiendo del plan contratado. Existen planes

personales desde \$ 12 + imp hasta \$ 30 + imp. Por ser un plan postpago primero se consume el saldo y luego se lo paga.

Nombre Plan	Tarifa final Plan	Servicio Datos que Incluye	Minutos a Claro Móvil	Minutos Claro móvil a otras operadoras móviles	Minutos Claro móvil a operadoras fijas
PLAN IDEAL 12	\$13.44	300 SMS	Hasta 83	Hasta 45	Hasta 66
PLAN IDEAL JOVENES 15	\$16.80	300 SMS	Hasta 105	Hasta 57	Hasta 84
PLAN IDEAL JOVENES 18	\$20.16	500 SMS	Hasta 117	Hasta 63	Hasta 93
PLAN IDEAL JOVENES 20	\$22.40	1000 SMS	Hasta 101	Hasta 55	Hasta 80
PLAN IDEAL JOVENES 22	\$24.64	1500 SMS	Hasta 85	Hasta 46	Hasta 68
PLAN IDEAL 30 (3000 SMS)	\$33.60	3000 SMS	Hasta 181	Hasta 90	Hasta 133

Tabla 4.2 Tarifas SMS Claro

4.2.2 OPCIÓN OPERADORA MÓVIL MOVISTAR

Plan Smart Total, ofrece una tarifa de \$0,04 más impuestos aplica para todos los números movistar previamente registrados y aplica únicamente dentro de la cuota

mensual contratada. Precio final: \$0,045, se comercializan con teléfonos en contrato a 24 meses. El valor del SMS a movistar y otras operadoras es \$0.06 + Impuestos. Adicional SMS Internacional es \$ 0,10 + Impuestos. Los consumos adicionales de los paquetes contratados se descuentan del saldo disponible en el plan.

Nombre del Plan	Tarifa Mensual	Tarifa Mensual Voz	Tarifa Mensual Datos	Tarifa Mensual SMS
Plan Smart Total 22	\$24,63	\$11	\$11,19	\$2,24
Plan Smart Total 27	\$30,23	\$11	\$16,79	\$2,24
Plan Smart Total 32	\$35,83	\$11	\$22,39	\$2,24
Plan Smart Total 42	\$47,03	\$22	\$22,39	\$2,24
Plan Smart Total 52	\$58,23	\$34	\$22,39	\$2,24
Plan Smart Hplus Total 65	\$72,80	\$34	\$33,60	\$5,60
Plan Smart Hplus Total 75	\$84,00	\$45	\$33,60	\$5,60
Plan Smart Hplus Total 85	\$95,20	\$45	\$44,80	\$5,60
Plan Smart Hplus Total 105	\$117,60	\$56	\$56,00	\$5,60

Tabla 4.3 Tarifas SMS Movistar

Tarifa SMS movistar a otras operadoras movistar \$0,06 sin impuestos (IVA). Precio final \$0,067. Tarifa SMS internacional \$0,10 sin impuestos (IVA). Precio final \$0,112.

Nombre del plan	Movistar a todas las Operadoras
Plan Smart Total 22	200
Plan Smart Total 27	200
Plan Smart Total 32	200
Plan Smart Total 42	200
Plan Smart Total 52	200
Plan Smart Hplus Total 65	1.000
Plan Smart Hplus Total 75	1.000
Plan Smart Hplus Total 85	1.000
Plan Smart Hplus Total 105	1.000

Tabla 4.4 Número de mensajes cortos por plan en Movistar

4.2.3 OPCIÓN OPERADORA MÓVIL CNT

Si se contrata un plan EMPRESA se puede acceder del servicio SMS CORPORATIVO sin costo de activación, con el cual se podrá enviar SMS a todas las líneas dentro del contrato de una manera rápida, sencilla y dinámica y activar paquetes de SMS de acuerdo a las diferentes necesidades.

Es posible la activación de paquetes de SMS para cada línea del contrato dependiendo de la necesidad y el envío de SMS simultáneos y masivos a todas las líneas del contrato. Se puede crear distintas listas de grupos de usuarios de

acuerdo a cada necesidad y programar la hora y fecha de los envíos de SMS informativos en las comunicaciones.

SMS CORPORATIVO		TARIFA	PRECIO PAQUETE	
INICIO	FIN	PRECIO POR MENSAJE	PRECIO MÍNIMO	PRECIO MÁXIMO
1500	2499	\$ 0,0090	\$13.50	\$ 22,49
2500	3699	\$ 0,0085	\$21.25	\$ 31,44
3700	6999	\$ 0,0080	\$29.60	\$ 55,99
7000	en adelante	\$ 0,0070	\$49.00	----

Tabla 4.5 Tarifas SMS Empresarial CNT

En la Tabla 4.5 se puede observar que la primera opción se ajusta a los requerimientos del sistema, ofreciendo una cantidad de 1500 SMS a un costo total de \$13.5 dólares, siendo esta cantidad de SMS la más cercana a la estimación realizada.

4.3 COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO

Para el cálculo del costo total se toma en cuenta los costos de los elementos, del paquete de mensajes además del costo de diseño e implementación.

Para el costo de diseño e implementación se hace referencia al tiempo total invertido para el desarrollo del software y diseño del circuito, necesarios para el funcionamiento del prototipo.

Se utiliza el valor referencia del sueldo que percibe un desarrollador mensualmente de aproximadamente \$800. Para el prototipo se invirtió 60 días, por lo que el costo está dado por:

$$\frac{\$5}{hora} * \frac{8 \text{ horas}}{dia} * 60 \text{ dias} = \$2400$$

En el desarrollo del prototipo se toma en cuenta el tiempo para diseño, desarrollo e implementación de dos personas por lo que el valor total es de \$4800.

El paquete de mensajes ofrecidos por la operadora móvil CNT es de 1500 a 2499, a un precio mínimo de \$13,5 hasta un precio máximo de \$22,49. En la siguiente tabla se describe el costo total del proyecto.

COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO	
DETALLE	COSTO
COSTO DE LOS ELEMENTOS DEL PROTOTIPO	\$402.40
COSTO DEL PAQUETE DE SMS	\$13.50
COSTO DE DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN	\$4800
COSTO TOTAL	\$5215.90

CAPÍTULO 5.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El SMS es un servicio que en la actualidad sigue siendo muy utilizado por los usuarios de la red celular debido a que todos los equipos soportan este servicio, y ayuda en muchas aplicaciones en especial para transmisión de datos cortos, como es el caso para este prototipo.
- Las APIs para realizar diferentes aplicaciones como en Java o Android permiten un acceso al hardware como conexión a Bluetooth, a un dispositivo con comunicación serial o a un servidor en la misma aplicación.
- Para este prototipo se integró tres tecnologías como son el Bluetooth, GSM y GPS; todas dan soporte al mismo y tienen como interfaz común al microcontrolador. Así dependiendo el prototipo a realizar se puede integrar diferentes tecnologías de comunicación según sus requerimientos.
- El compilador Bascom-AVR permite ampliar las funcionalidades del microcontrolador, como es el caso de configurar un puerto serial adicional virtual que permite tener comunicación entre el microcontrolador y el módulo bluetooth.
- Según las pruebas realizadas del dispositivo montado sobre el vehículo de instrucción consume un mínimo de corriente de 150mA y un máximo de corriente de hasta 200mA, un consumo que no representa una carga excesiva a la batería del auto.
- El módulo GSM MG3006 posee dentro de su circuitería interna un elemento que permite que sus salidas hacia la interfaz RS232 sean a nivel

TTL, razón por la cual se omite el uso del max232 como parte de la comunicación serial.

- Se utilizó un arreglo de transistores dentro de la comunicación entre el microcontrolador y el módulo GSM, para de esta manera invertir los niveles de voltaje en el canal de comunicación.
- La comunicación I2C permite la comunicación de un gran número de dispositivos, únicamente requiere una línea para la señal de reloj y otra línea para la transmisión y recepción de datos, siendo una solución versátil para varias aplicaciones.
- Se utilizó un oscilador externo al microcontrolador que permita mayor precisión al trabajar a mayor frecuencia.
- Los teléfonos inteligentes que tienen como sistema operativo a Android, son los que en la actualidad están siendo más adquiridos en el mundo y en nuestro país, además que existe información como ambientes de desarrollo para aplicaciones.

5.2 RECOMENDACIONES

- El dispositivo a bordo del vehículo de instrucción debe ser ubicado en un lugar donde no varíe considerablemente la temperatura y sea un sitio seguro.
- La alimentación del dispositivo a bordo de vehículo de instrucción debe estar conectado a través de un fusible de protección individual a la batería del auto, así se asegura que por cualquier motivo que se apague o prenda el vehículo de instrucción el prototipo siga funcionando

ininterrumpidamente. Esto se debe a que en el auto existe un mecanismo que interrumpe la alimentación si este se apaga.

- Una buena opción es planificar la estructura general del programa principal, para de esta manera dividirlo en acciones más pequeñas que faciliten su codificación y depuración.
- Dentro de una aplicación que requiera de cierto nivel de precisión y temporización es de gran utilidad el uso de un cristal externo como parte de la circuitería que acompaña al microcontrolador.
- Actualmente existen en el mercado nacional soluciones GSM/GPS embebidas dentro de un módulo, se debe investigar sus características para determinar con criterio la mejor solución a ser usada dentro de un prototipo.
- Tener activos los paquetes de mensajes para que el prototipo mantenga su adecuado funcionamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GSMA.
<http://www.gsma.com/aboutus/gsm-technology/gsm/>.
2. **BATES, Regis.** *Comunicaciones Inalámbricas de Banda Ancha*. España : MacGraw-Hill, 2003.
3. **SINCHE, Soraya.** *Folleto Comunicaciones Inalámbricas*. 2011.
4. **ETSI, 3GPP TS 23.002 versión 11.5.0 Release 11.** Network architecture.
www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123000_123099/123002/11.05.00_60/ts_123002v110500p.pdf.
5. **Móvil, Telefónica.** *Descripción Estructura Empresa Eficiente en Chile*. 2008.
6. A Project Report on GSM Architecture.
<http://www.123eng.com/projects/gsm.html>.
7. Arquitectura GSM.
<http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/comunicaciones-moviles-digitales/contenidos/Presentaciones/GSM-07.pdf>.
8. **GARG, Vijay.** *Wireless communications and Networking*. Morgan Kaufmann, 2007.
9. **SENDIN, ALberto.** *Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles* . 2004.

10. **ETSI, 3GPP TS 45.005 version 10.6.0 Release 10.** Radio transmission and reception.

http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/145000_145099/145005/10.06.00_60/ts_145005v100600p.pdf.

11. Frecuencias en GSM.

<http://www.worldtimezone.com/gsm.html>.

12. Tutorial SMS.

http://www.mobilein.com/SMS_tutorial.pdf.

13. GSM y SMS.

<http://www.coopvgg.com.ar/alumnado-gomara/Files/gsm.pdf>.

14. **ETSI, 3GPP TS 23.040 version 11.3.0 Release 11.** Technical realization of the Short Message Service (SMS).

http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123000_123099/123040/11.03.00_60/ts_123040v110300p.pdf.

15. GPS.

<http://www.gps.gov/systems/gps/>.

16. GPS space.

<http://www.gps.gov/systems/gps/space/>.

17. GPS control.

<http://www.gps.gov/systems/gps/control/>.

18. SPS GPS.

<http://www.gps.gov/technical/ps/2008-SPS-performance-standard.pdf>.

19. PPS GPS.

<http://www.gps.gov/technical/ps/2007-PPS-performance-standard.pdf>.

20. Ampliaciones GPS.

<http://www.gps.gov/systems/augmentations/>.

21. WAAS.

http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/waas/.

22. Funcionamiento GPS.

http://gutovnik.com/como_func_sist_gps.htm#fuentes_error.

23. Fuentes de error GPS.

www.gps.gov/cgsic/meetings/2012/comberiate.pdf.

24. Aplicaciones GPS.

<http://www.gps.gov/applications/spanish.php>.

25. Bluetooth.

<http://www.bluetooth.com/Pages/Basics.aspx>.

26. Definición Bluetooth.

<http://www.blogelectronica.com/conceptos-de-la-tecnologia-bluetooth/>.

27. Picored y Scatternet.

<http://www.hispazone.com/Guia/72/Bluetooth-El-Futuro-de-las-Comunicaciones-I.html>.

28. Protocolo Bluetooth.

<http://developer.bluetooth.org/TechnologyOverview/Pages/Core.aspx>.

29. TCS Protocolo Bluetooth.

<http://bluehack.elhacker.net/proyectos/bluesec/bluesec.html>.

30. Datasheet Atmega32.

<http://www.atmel.com/products/microcontrollers/avr/default.aspx>.

31. I2C.

http://robots-argentina.com.ar/Comunicacion_busI2C.htm.

32. *u-blox 6 Receiver Description Including Protocol Specification.*

33. *Fundamentos Android.*

<http://developer.android.com/guide/components/fundamentals.html>.

34. Arquitectura Android.

<http://columna80.wordpress.com/2011/02/17/arquitectura-de-android/>.

35. Directorio de recursos Android.

<http://developer.android.com/guide/topics/resources/available-resources.html>.

36. Fundamentos Java.

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/getStarted/intro/definition.html>.

37. Definición de eclipse.

<http://www.eclipse.org/articles/Article-WorkbenchSelections/article.html>.

38. BASCOMAVR.

http://www.mcselec.com/index.php?option=com_content&task=view&id=14&Itemid=41.

39. **ESTEBAN, Angel.** Acceso a Base de Datos con Java. Eidos, 2000.

40. Giovynet.

http://www.giovynet.com/giovynetDriver_es.html.

GLOSARIO

PSTN: Public Switched Telephone Network.

ISDN: Integrated Services Digital Network.

PDN: Public Data Network.

ARFCN: Absolute Radio Frequency Channel Number ó Números de Canales de Radio Frecuencia Absolutos

FDD: Frequency Division Duplex.

TDMA: Time Division Multiple Access.

FDMA: Frequency Division Multiple Access

TCHs: Traffic Channels.

CCHs: Control Channels.

CBCH: Cell Broadcast Channel.

SACCH: Slow Associated Control Channel.

BCHs: Broadcast Channel.

CCCHs: Common Control Channel.

DCCHs: Dedicated Control Channels

BCCH: Broadcast Common Control Channel.

FCH: Frequency Correction Channel.

SCH: Synchronization Channel.

RACH: Random Access Channel.

PCH: Paging Channel.

AGCH: Access Grant Channel.

SDCCH: Stand-alone Dedicated Control Channel.

ACCH: Associated Control Channel.

FACCHs: Fast Associated Control Channel.

SM: Short Message.

SME: Short Message Entity.

SMSC: Short Message Service Center.

SMS-MT: Móvil de mensaje corto Terminado.

MCS: Master Control Station.

AMCS: Alternate Master Control Station.

NGA: National Geospatial-Intelligence Agency.

SPS: Standard Positioning Service.

PPS: Precise Positioning Service.

SBAS: Satellite Based Augmentation System

SIG: Special Interest Group

AFH: Adaptive frequency hopping.

TCS: TELEPHONY CONTROL

HFP: HANDS-FREE PROFILE

HSP: HAND SET PROFILE.

ICP: INTERCOM PROFILE

TCS: TELEPHONY CONTROL

HFP: HANDS-FREE PROFILE

HSP: HAND SET PROFILE

ICP: INTERCOM PROFILE

MIPS: Millions of instructions per second (Millones de instrucciones por segundo).

PWM: Pulse Width Modulation (Modulación por ancho de pulsos)

USART: Universal synchronous/asynchronous receiver/transmitter.

SPI: Serial Peripheral Interface.

ALU: Unidad Aritmética Lógica.

TA: Terminal Adapter.

TE: Terminal Equipment.

API: Application Programming Interface

ANEXOS