

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA BASADO EN
TRANSMISORES DE CORRIENTE Y TECNOLOGÍA CELULAR
GSM, PARA EL MONITOREO Y PREVENCIÓN DE FUGAS EN
UNA SECCIÓN DEL POLIDUCTO TRANSECUTORIANO.**

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

DIEGO FERNANDO ESPÍN ESTÉVEZ

EDISON FERNANDO MALDONADO TINIZARAY

DIRECTOR: DR. LUIS CORRALES

Quito, Enero de 2008

DECLARACIÓN

Nosotros, Diego Fernando Espín Estévez y Edison Fernando Maldonado Tinizaray, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Diego Fernando Espín Estévez

Edison Fernando Maldonado Tinizaray

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Fernando Espín Estévez y Édison Fernando Maldonado Tinizaray, bajo mi supervisión.

Dr. Luis Corrales
DIRECTOR DEL PROYECTO

CONTENIDO

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE DERIVADOS DE PETRÓLEO POR EL POLIDUCTO.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVO GLOBAL DEL PROYECTO.....	2
1.3 FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4 IMPORTANCIA ECONÓMICO – SOCIAL Y APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	8
1.5 ANÁLISIS PARA ELECCIÓN DE VARIABLES A SENSAR.....	10
1.6 IMPORTANCIA ECONÓMICO – SOCIAL Y APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	12

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS SOBRE GSM.....	13
2.1 GENERALIDADES.....	13
2.1.1 DEFINICIÓN DE GSM.....	13
2.1.2 BANDAS DE FRECUENCIA PARA GSM.....	14
2.1.3 VENTAJAS Y BENEFICIOS DE GSM.....	15
2.1.4 VELOCIDADES Y ANCHO DE BANDA, RADIO DE LA CELDA.....	17
2.2 ARQUITECTURA DE LA RED GSM.....	18
2.2.1 IDENTIFICADORES.....	21
2.2.2 AUTENTACIÓN.....	23
2.2.3 INTERFACES GSM.....	24
2.3 ENLACE DE RADIO.....	25
2.3.1 CANALES DE TRÁFICO.....	27
2.3.1.1 Canales Full Rate.....	28
2.3.1.2 Canales Half Rate.....	30
2.3.2 CANALES DE CONTROL.....	30
2.3.2.1 BCHS (Broadcast Channels): FCCH, SCH, BCCH.....	31
2.3.2.2 Canales de Control Común.....	32
2.3.2.3 Canales de Control Dedicados.....	32
2.3.3 CODIFICACIÓN DE VOZ.....	33
2.3.4 CONTROL DE POTENCIA.....	34
2.4 ASPECTOS DE LA RED.....	34
2.4.1 MANEJO DE LOS RECURSOS DE RADIO.....	37
2.4.1.1 Handover.....	37
2.4.2 MANEJO DE LA MOVILIDAD.....	38

2.4.2.1 Localización del móvil.....	39
2.4.2.2 Actualización de la localización.....	40
2.4.2.3 Cifrado y seguridad.....	41
2.4.3 MANEJO DE LAS COMUNICACIONES.....	41
2.4.3.1 Direccionamiento de llamadas.....	42
2.5 SERVICIOS OFRECIDOS.....	42
2.5.1 SERVICIOS PORTADORES.....	43
2.5.2 TELESERVICIOS.....	43
2.5.3 SERVICIOS SUPLEMENTARIOS.....	44
2.6 GPRS.....	44
2.6.1 GENERALIDADES.....	44
2.6.2 ARQUITECTURA.....	45
2.6.3 APLICACIONES.....	48
2.6.4 COMUNICACIÓN DE DATOS DE GPRS.....	48
2.6.4.1 Enrutamiento de los Datos.....	49
2.6.4.1.1 Encaminamiento del paquete de los datos.....	49
2.6.4.2 Manejo de la Movilidad de GPRS.....	49
2.7 SMS (SHORT MESSAGE SERVICE).....	52
2.7.1 GENERALIDADES.....	52
2.7.2 VENTAJAS DEL SERVICIO DE MENSAJERÍA CORTA.....	53
2.7.3 ARQUITECTURA.....	53
2.7.3.1 Entidades de Mensajería Corta.....	54
2.7.3.2 Centro de Servicio de Mensajería Corta.....	54
2.7.3.3 SMS-Gateway/ Interworking Mobile Switching Center.....	54
2.7.3.4 Registro casero de la localización.....	55
2.7.3.5 Centro de conmutación móvil.....	55
2.7.3.6 Registro de localización del visitante.....	55
2.7.3.7 El sistema de estación base.....	55
2.7.3.8 La estación móvil.....	56
2.7.4 SERVICIOS DEL SUSCRIPTOR.....	56
2.8 ASPECTOS GENERALES DE GSM/GPRS.....	59

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MÓDULOS GSM Y DE LOS TRANSMISORES DE CORRIENTE.....	64
3.1. LA TELEMETRÍA COMO SOLUCIÓN EFICAZ DEL MONITOREO Y CONTROL DE PROCESOS.....	64
3.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN PROCESO CON TELEMETRÍA GPRS.....	66
3.1.1.1 Adquisición de datos.....	66
3.1.1.2 Procesamiento de datos y Actuación.....	66
3.1.2 INTERACCIÓN CON EL USUARIO Y EL SISTEMA CENTRAL.....	68
3.1.2.1 Teléfonos móviles.....	68
3.1.2.2 Ordenador Central.....	68
3.1.2.3 Seguridad del sistema.....	69
3.1.2.4 SMS.....	70

3.1.2.5 APN/GPRS.....	70
3.1.3 CAMPOS DE APLICACIÓN.....	70
3.2 TELECOMANDO. TRANSMISIÓN ÓPTICA DE DATOS.....	72
3.2.1 ACOPLADORES ÓPTICOS PARA TRANSMISIÓN DE DATOS.....	72
3.2.2 ACOPLAMIENTO ÓPTICO DE DATOS.....	73
3.3. FREEWAVE. RADIOS PARA TELEMETRÍA Y SCADA.....	74
3.3.1 COMMCONTROL (A LA VENTA, BAJO LICENCIA).....	77
3.3.2 EZ CONFIG (DESCARGA GRATUITA).....	77
3.4 EQUIPO RTU/GPRS WILLISA-CONTROL 4.....	78
3.4.1 FUNCIONANDO COMO EQUIPO DE TELECONTROL.....	78
3.4.2 EN EL CAMPO DE LA TELEMETRÍA.....	79
3.4.3 CONFIGURADO COMO TRADUCTOR DE PROTOCOLOS.....	79
3.4.4 COMO LIMITADOR DE CARGA, UNA FUNCIÓN ÚTIL PARA EL MERCADO ELÉCTRICO.....	80
3.4.5 APLICACIONES.....	81
3.5. NETBITER® DISPOSITIVO REMOTO DE SOLUCIONES DE ADMINISTRACIÓN.....	81
3.5.1 PERSPECTIVA DEL NETBITER® DISPOSITIVO REMOTO DE SOLUCIONES DE ADMINISTRACIÓN.....	82
3.5.2 BENEFICIOS TÉCNICOS Y CONCEPTUALES.....	83
3.5.3 GSM / GPRS MODEM.....	84
3.6 TRANSMISOR DE TEMPERATURA PR ELECTRONICS.....	85
3.7 TRANSMISORES DE PRESIÓN Y ACCESORIOS TRANS-P.....	85
3.7.1 APLICACIONES.....	86
3.7.2 ESPECIFICACIONES.....	86
3.8 TRANSMISORES DE NIVEL DE LÍQUIDO.....	87
3.8.1 ESPECIFICACIONES.....	87
3.9 TRANSMISORES DE PRESIÓN PARA LÍQUIDOS Y GASES.....	88
3.9.1 TRANSMISOR COMPACTO MONORANGO SITRANS P SERIE Z.....	88
3.10 MÓDULO FOTOVOLTAICO I-22.....	89
3.11 JUSTIFICACIÓN.....	91

CAPÍTULO 4

MAPA Y EXAMEN DEL SITIO (MAP Y SITE SURVEY) EN EL TRAMO QUITO – AMBATO.....	93
4.1 GEOREFERENCIACIÓN.....	93
4.1.1 OBJETIVOS.....	93
4.1.2 EQUIPOS.....	94
4.1.3 PERSONAL.....	94
4.1.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	95
4.1.4.1 Criterios de georeferenciación.....	95
4.1.4.2 Procedimiento.....	95
4.2 MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE LA SEÑAL GSM.....	96
4.2.1 COBERTURA: PARÁMETROS Y METODOLOGÍA.....	96
4.2.2 EQUIPOS.....	97
4.2.3 PARÁMETROS DE LA SEÑAL GSM.....	98

4.2.3.1 Accesibilidad de la red.....	99
4.2.3.2 Accesibilidad del servicio.....	99
4.2.3.3 Integridad del servicio.....	100
4.2.4 FACTORES PRINCIPALES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE LA SEÑAL DE RADIO.....	101
4.3 ESTADÍSTICAS DE COBERTURA.....	103
4.4. GEOREFERENCIACIÓN Y NIVELES DE SEÑAL.....	106
4.5 ESTABLECIMIENTO DE PUNTOS VULNERABLES DEL POLIDUCTO.....	111
4.6 INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	117

CAPÍTULO 5

DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS POR MEDIO DE GSM..... 119

5.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES DEL POLIDUCTO.....	119
5.2. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL MICROCONTROLADOR DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS.....	128
5.3. DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DEL SOFTWARE PARA ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	131
5.3.1. DESCRIPCIÓN DE INSTRUCCIONES UTILIZADAS.....	132
5.3.2. DISEÑO DEL SOFTWARE DE INTERFAZ DE USUARIO PARA GESTIÓN Y VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN Y EVENTOS.....	136

CAPÍTULO 6

PRUEBAS, RESULTADOS Y DETALLE DE COSTOS..... 144

6.1 ASPECTOS RELACIONADOS CON LAS MEDICIONES DE PRESIÓN, TEMPERATURA Y VIBRACIONES.....	144
6.1.1 PRESIÓN.....	145
6.1.2 TEMPERATURA.....	148
6.1.3 VIBRACIÓN.....	149
6.1.3.1 Definición de vibración.....	150
6.2 PRUEBAS REALIZADAS.....	152
6.2.1 ASPECTOS GENERALES DE PRUEBAS REALIZADAS.....	152
6.2.2. RESULTADO DE LAS PRUEBAS REALIZADAS.....	153
6.3 ASPECTOS GENERALES SOBRE COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO.....	156
6.3.1 BALANCE DE LOS IMPACTOS GENERADOS POR EL PROYECTO...	157
6.3.2 BENEFICIOS DEL PROYECTO.....	158
6.3.3 IMPACTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	158
6.3.4 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO.....	159
6.3.4.1. TIR (Tasa interna de Retorno).....	159
6.3.4.2. VAN (Valor Actual Neto).....	160
6.3.5 DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS Y TOTALES DEL	

PROYECTO.....	161
6.3.6 CONSTRUCCIÓN DEL FLUJO DE FONDOS DEL PROYECTO.....	163
6.3.7 RESULTADOS DE LA RELACIÓN COSTO/BENEFICIO.....	163
6.3.7.1 Costos.....	164
6.3.7.2 Beneficios.....	165
CAPÍTULO 7	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	166
7.1 CONCLUSIONES.....	166
7.2 RECOMENDACIONES.....	168

CONTENIDO DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE DERIVADOS DE PETRÓLEO POR EL POLIDUCTO

Figura 1.1. Mapa de la red de Poliductos de PETROCOMERCIAL.....	4
Figura 1.2. Representación gráfica de puntos kilométricos.....	6

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS SOBRE GSM

Figura 2.1. Arquitectura de una Red GSM.....	18
Figura 2.2. Identidades en GSM.....	21
Figura 2.3. Autenticación y Cifrado.....	23
Figura 2.4 Ejemplo de Utilización de TDMA.....	26
Figura 2.5 Canales GSM.....	27
Figura 2.6 Canales de Tráfico.....	28
Figura 2.7 Estructura de una Hypertrama.....	29
Figura 2.8 Canales de Control.....	31
Figura 2.9. Antenas GSM.....	35
Figura 2.10. Estructura del Protocolo de Señalización en GSM.....	36
Figura 2.11. Handover.....	37
Figura 2.12. Localización del Móvil.....	40
Figura 2.13. Procedimiento de Llamada.....	42
Figura 2.14. Arquitectura de la red GPRS.....	47
Figura 2.15. Encaminamiento de Paquetes de Datos.....	50
Figura 2.16 Estados de GPRS en una Estación Móvil.....	50
Figura 2.17 Elemento de Red y Arquitectura.....	54
Figura 2.18. Mensaje Corto Originado por el Móvil.....	57
Figura 2.19 Mensaje Corto Terminado por el Móvil.....	58

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MÓDULOS GSM Y DE LOS TRANSMISORES DE CORRIENTE

Figura 3.1. Descripción del módulo GPRS.....	66
Figura 3.2. Adquisición de datos a través de un módulo compacto.....	67
Figura 3.3. Interacción de los diferentes módulos en red GSM/GPRS.....	67
Figura 3.4. Comunicación entre la aplicación central y los módulos en la red GSM/GPRS.....	69
Figura 3.5. Ejemplo de control logístico de distribución.....	71

Figura 3.6. Acopladores Ópticos de varios tipos.....	72
Figura 3.7. Acopladores ópticos inalámbricos.....	73
Figura 3.8. Esquema de funcionamiento y compatibilidad de los Tranceptores.....	75
Figura 3.9. Radios con terminales I/O.....	76
Figura 3.10. Radios ETHERNET, 115/867 Kbps.....	76
Figura 3.11. Radios RS-232/422/485, 115 Kbps.....	76
Figura 3.12. CommControl.....	77
Figura 3.13. EZ Config.....	77
Figura 3.14. FreeWave Enterprise Gateway.....	78
Figura 3.15. Tarjeta de Adquisición y envío de Datos a través de GSM/GPRS.....	79
Figura 3.16. Módulos de Adquisición y Transmisión de Datos NETBITER.....	82
Figura 3.17. Dispositivo Remoto de Soluciones de Administración.....	83
Figura 3.18. Modem GSM / GPRS SIEMENS.....	54
Figura 3.19. Transmisor Programable.....	85
Figura 3.20. Transmisores de Presión, Temperatura y Caudal.....	85
Figura 3.21. Transmisores de nivel de líquido.....	87
Figura 3.22. Transmisores de presión con display e invasivos.....	88
Figura 3.23. Transmisores invasivos de 4 a 20 mA.....	89
Figura 3.24. Módulo Fotovoltaico.....	90

CAPÍTULO 4

MAPA Y EXAMEN DEL SITIO (MAP Y SITE SURVEY) EN EL TRAMO QUITO – AMBATO

Figura 4.1. Equipo Magellan GP 315.....	94
Figura 4.2. Equipo Analizador de Frecuencias BK-Precision 2658.....	97
Figura 4.3. Estadísticas de Calidad de Señal.....	104
Figura 4.4. Distribución Acumulada de Intensidad de Señal.....	104
Figura 4.5. Datos Estadísticos de Throughput y transferencia de Datos.....	105
Figura 4.6. Mapa de cobertura de CONECEL (RED EGPRS) en el Trayecto Quito – Ambato.....	105
Figura 4.7. Mapa de cobertura de CONECEL (RED GSM) en el Trayecto Quito – Ambato.....	106
Figura 4.8. Nivel de Señal máximo en la banda de operación celular.....	110
Figura 4.9. Primer nivel de señal con otro tipo de interfaz Gráfica del Software.....	110
Figura 4.10. Mapa de Georeferenciación del Poliducto Quito – Ambato.....	111

CAPÍTULO 5

DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS POR MEDIO DE GSM

Figura 5.1 Diseño para sitios sin acceso a la Red eléctrica común.....	120
Figura 5.2 Diseño para sitios con acceso a la Red eléctrica común.....	121
Figura 5.3 Diagrama detallado para punto de sensado.....	122

Figura 5.4. Tarjeta de adquisición de datos.....	122
Figura 5.5. Transmisores de Presión y Temperatura.....	123
Figura 5.6. Sensor de Vibraciones Marca PCE.....	125
Figura 5.7. Diagrama de circuito de instalación de un panel solar.....	126
Figura 5.8. Diagrama de una configuración fotovoltaica típica.....	126
Figura 5.9. Diagrama del circuito de funcionamiento del sistema de alimentación del equipo.....	127
Figura 5.10. Antena Yagui para banda celular.....	128
Figura 5.11. Diagrama de Flujo del Software del Microcontrolador.....	129
Figura 5.12. Ventana de presentación de Información recibida.....	131
Figura 5.13. Diagrama de Flujo General del Software de Monitoreo.....	137
Figura 5.14. Ventana Inicio de Sesión.....	139
Figura 5.15. Ventana Monitoreo de Fugas para Poliductos.....	139
Figura 5.16. Ventana Captación de Datos I.....	140
Figura 5.17. Ventana Captación de Datos II.....	140
Figura 5.18. Ventana Estatus de Sensores.....	141
Figura 5.19. Ventana Imprimir Informe.....	143

CAPÍTULO 6

PRUEBAS, RESULTADOS Y DETALLE DE COSTOS

Figura 6.1. Multímetro FLUKE 179.....	148
Figura 6.2. Analizador de Vibraciones marca SNAPSHOT.....	151
Figura 6.3 Datos recopilados de de los Puntos de Sensado 1, 2 y 3.....	153
Figura 6.4. Información desplegada en los Globos indicadores.....	154
Figura 6.5. Informe estadístico de la información recopilada de los sensores.....	155

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONTENIDO DE TABLAS

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE DERIVADOS DE PETRÓLEO POR EL POLIDUCTO

Tabla 1.1 Puntos identificados del poliducto Quito – Ambato.....	5
Tabla 1.2 Estaciones del poliducto Quito - Ambato.....	8
Tabla 1.3 Volumen de combustible transportado por el poliducto Quito – Ambato. Año 2005.....	10

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS SOBRE GSM

Tabla 2.1 Bandas de Frecuencia GSM.....	14
Tabla 2.2 Interfaces GSM.....	24
Tabla 2.3 Clases de Potencias para Estaciones Móviles.....	34

CAPÍTULO 4

MAPA Y EXAMEN DEL SITIO (MAP Y SITE SURVEY) EN EL TRAMO QUITO – AMBATO

Tabla 4.1. Estadísticas de Calidad de Señal.....	103
Tabla 4.2. Distribución Acumulada de Intensidad de Señal.....	104
Tabla 4.3. Datos Estadísticos de Throughput y transferencia de Datos.....	105
Tabla 4.4. Frecuencias de Transmisión de móviles y estaciones bases.....	107
Tabla 4.5. Canales de Control y Frecuencias de los Bloques A y B.....	108
Tabla 4.6 Niveles de Señal y Georeferenciación.....	109
Tabla 4.7 Estado de la tubería, Factores de Riesgo y ubicación de sensores.....	112

CAPÍTULO 5

DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS POR MEDIO DE GSM

Tabla 5.1 Características Técnicas del Sensor de Vibración.....	125
---	-----

CAPÍTULO 6

PRUEBAS, RESULTADOS Y DETALLE DE COSTOS

Tabla 6.1. Estaciones del Poliducto Quito-Ambato.....	144
Tabla 6.2. Características Técnicas de la tubería del Poliducto Quito-Ambato.....	145
Tabla 6.3. Presión Máxima y Mínima presentes en el Poliducto Quito-Ambato.....	146
Tabla 6.4. Características técnicas de multímetro FLUKE 170.....	149
Tabla 6.5. Contratación de datos obtenidos y error generado.....	156
Tabla 6.6 Costos del Hardware.....	161
Tabla 6.7 Costos Central de Monitoreo.....	161
Tabla 6.8 Gastos Administrativos y Operacionales.....	162
Tabla 6.9 Gastos de Constitución.....	162
Tabla 6.10 Costos de Activos.....	162
Tabla 6.11 Depreciaciones y Amortizaciones.....	162
Tabla 6.12 Costos de Honorarios Profesionales.....	163

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONTENIDO DE FOTOS

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE DERIVADOS DE PETRÓLEO POR EL POLIDUCTO

Foto 1.1. Estación de Bombeo Beaterio.....	3
Foto 1.2. Perforaciones clandestinas para robo de derivados.....	7
Foto 1.3. Válvulas reductoras de presión.....	9
Foto 1.4. Sección de tubería de poliducto.....	9
Foto 1.5. Cortes y perforaciones de la tubería del poliducto.....	11

CAPÍTULO 6

PRUEBAS, RESULTADOS Y DETALLE DE COSTOS

Foto 6.1. La Nasa PK 37.....	147
Foto 6.2. Cuartel Vencedores PK 20.....	147

ANEXOS

ANEXO 1: REPRESENTACIÓN DE PUNTOS KILOMÉTRICOS DEL POLIDUCTO QUITO-AMBATO.....	175
ANEXO 2: TIPOS DE PERFORACIÓN PARA ROBO DE COMBUSTIBLES...	179
ANEXO 3: MEDICIONES DE NIVEL DE SEÑAL Y GEOREFERENCIACIÓN..	181
ANEXO 4: DATASHEETS.....	190

RESUMEN

Los problemas que afronta PETROECUADOR al no disponer de un indicador que permita conocer en tiempo real sobre derrames de petróleo y sus derivados, provocados por robos y actos mal intencionados, ha impedido que se corrija oportunamente los mismos, causando severas repercusiones sobre el medio ambiente y grandes perjuicios económicos al estado.

Debido a los problemas y necesidades descritas anteriormente, se ha propuesto el diseño de un sistema de adquisición, transmisión y recepción de parámetros relacionados con el transporte de crudo por las tuberías.

Con este objetivo, en este proyecto se busca poder controlar (monitorear) variables como: Presión, Temperatura y Vibraciones desde un centro de control, al que llegará toda la información que se obtendrá desde puntos de monitoreo estratégicos ubicados a lo largo del poliducto. Esta información serviría para alertar a los organismos pertinentes sobre situaciones anómalas., y estos puedan reaccionar oportunamente. Como un primer paso, objetivo de este trabajo, se busca diseñar un prototipo que cumpla con el objetivo indicado que cubra el tramo Quito – Ambato del poliducto.

Para presentar este trabajo, las tareas se han dividido en siete capítulos. En el Capítulo 1 se realiza el planteamiento del problema a dar solución, describiendo y analizando todos los factores influyentes que se deben considerar para evitar el robo de derivados de petróleo.

En el Capítulo 2 se describe la Tecnología GSM para la transmisión de datos, utilizando SMS o GPRS, tratando de enfocar el estudio hacia la determinación de sus ventajas y desventajas para el propósito de este trabajo.

En el Capítulo 3 se describen las características técnicas de los módulos GSM, transmisores de corriente y sensores de vibración, temperatura y presión. Se hace énfasis en seleccionar equipos que califiquen como intrínsecamente seguros.

En el Capítulo 4 se presenta e interpreta la información de cobertura que brindan de los proveedores de telefonía celular GSM, obtenida en el trayecto comprendido entre Quito y Ambato y se procede a la verificación de estos datos en los puntos destinados para monitoreo de variables.

En el Capítulo 5 se presenta el diseño del software para el procesamiento de los datos, gestión de eventos (alarmas, cambios en las variables a monitorear, etc).

En el Capítulo 6 se describen las pruebas efectuadas al equipo en su totalidad y se listarán los resultados obtenidos. Además se presenta un breve análisis de costos del equipo diseñado y los equipos que se usarán adicionalmente, y un breve análisis de mercado para determinar si es o no viable su comercialización en el mercado ecuatoriano.

En el Capítulo 7 se indican las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en el desarrollo de éste Proyecto de Titulación.

PRESENTACIÓN

En este trabajo se busca ayudar a resolver la problemática que afecta a PETROECUADOR en cuanto a robo de combustibles, un problema que está causando daños irreparables al medio ambiente y causa ingentes pérdidas económicas al país. El objetivo de este proyecto consistió en diseñar un sistema de adquisición, transmisión y recepción de los siguientes parámetros asociados con el transporte de crudo: vibraciones, temperatura y presión.

La tecnología de comunicación empleada para la transmisión de los datos es la de GSM/GPRS, la misma que recoge la información capturada por transmisores industriales de vibración, temperatura y presión ubicados en puntos críticos del poliducto. Cuando se detecten valores fuera de aquellos establecidos como normales, el sistema hace conocer de este particular al centro de control, en donde se ha desarrollado una interfaz hombre-máquina (HMI) con este propósito.

Los resultados, producto de varias pruebas realizadas, mostraron que, tanto equipos de medición de variables (sensores), equipos de transmisión y recepción de datos y software diseñado para interpretación de la información, funcionaron de acuerdo a las expectativas planteadas como objetivos de este proyecto.

Un análisis económico realizado sobre la factibilidad de implementación del presente diseño, dio índices favorables, especialmente, al tomarse en cuenta la contribución de este proyecto en la economía del país. Los impactos también serán favorables pues se reducirán los daños ambientales causados a nivel local.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE DERIVADOS DE PETRÓLEO POR EL POLIDUCTO.

1.1 INTRODUCCIÓN

PETROECUADOR tiene la responsabilidad de velar por la explotación racional de los recursos petroleros, así como, de la distribución y venta de derivados de petróleo en el país. Además tiene la responsabilidad de prever y evitar los posibles efectos dañinos que estas actividades causen al medio ambiente, salud de la población actual y, por consiguiente, generaciones futuras.

Esta enorme responsabilidad obliga a Petroecuador a tomar medidas de control en tiempo real sobre el poliducto, evitando así derrames y robo de derivados.

Como parte del sistema de control el presente proyecto propone diseñar un sistema piloto de monitoreo en tiempo real del poliducto, para evitar las pérdidas ocasionadas por diferentes motivos.

Actualmente, PETROECUADOR no dispone de un sistema de monitoreo en tiempo real del poliducto, lo que ha dado lugar a que los derrames de petróleo y derivados tengan severas repercusiones sobre el medio ambiente, y que los robos constantes de gasolina y diesel causen grandes perjuicios económicos al estado.

De acuerdo a la firma Meric Holding Limited, la cual realizó una auditoria externa en 1995, la pérdida por el robo de gasolina (súper y extra) y de diesel está en el rango de 50,3 a 55,9 millones de dólares anuales, y, considerando la desaparición de derivados por modificaciones en el sistema de balances, las pérdidas llegan a 150 millones de dólares. El volumen de pérdidas, según PETROCOMERCIAL, en

el 2002 es del orden de 3'056.920 galones, lo que corresponde al 0,21% de la producción. En el 2003, de acuerdo a las autoridades de PETROECUADOR, las pérdidas por robo fluctúan entre 60 a 80 millones de dólares anuales.

En los últimos años la estatal petrolera pierde, por robo de combustibles, aproximadamente 150 millones de dólares al año, declaraciones del ex-Ministro de Energía **Carlos Arboleda** (Diario el Comercio 2 de marzo del 2006)

1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Diseñar un sistema prototipo de adquisición, transmisión y recepción de datos de vibraciones, temperatura y presión del poliducto, a lo largo del tramo comprendido entre Quito y Ambato, mediante circuitos de transmisión GSM y transmisores industriales de vibración, temperatura y presión en puntos críticos del poliducto, para evitar fugas y robo de los derivados. El diseño deberá contemplar la posibilidad de que el sistema desarrollado pueda ser reproducido en otras secciones del poliducto.

Para el cumplimiento del objetivo principal, será necesario respaldarlo con los siguientes objetivos específicos:

- Fundamentar mediante pruebas de campo el análisis de vibraciones, temperatura y presión.
- Seleccionar los equipos y sensores a ser adquiridos, que permitirán el análisis de presión, temperatura y vibraciones
- Obtener los patrones de comportamiento de los diferentes tipos de vibraciones causadas en los poliductos.
- Diseñar la Unidad de Detección Prototipo a ser instalada en los tramos del poliducto.
- Determinar la factibilidad del método de sensado de presión, temperatura y vibraciones como alternativa para la detección de fugas causadas por rupturas intencionales en el poliducto.

1.3 FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

En condiciones normales, el poliducto presenta un conjunto característico de señales acústicas, propias de un sistema estable.

Las fugas, obstrucciones, rupturas de tuberías, así como fallas en las bombas o compresores causan un comportamiento anómalo de la red del poliducto. Un sistema de detección de fugas debe permitir la localización del problema, la transmisión inmediata de los parámetros críticos y la activación de alarmas que permitan a los operadores tomar las medidas correctivas adecuadas.

En la tubería se propagan ondas mecánicas producidas por diversas fuentes que producen perturbaciones de distintas frecuencias como son: bombas, accionamiento de válvulas, reductores de presión, efectos térmicos, perforaciones externas, roce del líquido viscoso con el tubo, ruidos aleatorios, etc. (Ver Foto 1.1)



Foto 1.1. Estación de Bombeo Beaterio

Los sensores que existen en la actualidad permiten la obtención de parámetros críticos en sistemas estables (para este caso vibración, temperatura y presión), razón por la cual, en el presente proyecto se dará mayor énfasis en la transmisión de datos, tema correspondiente a Telecomunicaciones, realizando un minucioso estudio de cobertura y otros factores importantes para garantizar la integridad de

los datos. Los datos de la Tabla 1.1 permiten identificar los puntos kilométricos (PK) a lo largo del tramo Quito – Ambato como se muestra en la Figura 1.2. En la Figura 1.1 se muestra la red de Poliductos existentes en el País.



Figura 1. 1. Mapa de la red de Poliductos de PETROCOMERCIAL [1.1]

Tabla 1.1. Puntos identificados del poliducto Quito - Ambato ^[1.1]

PK 00		PK 40		PK 81	
	BEATERIO		ACOSA		BARRIO SAN JOSE
1	GUAMANI-CAUPICHO	41	ACOSA	82	COMUNA ODILA JALO SALCEDO
2	CIUD. STO. THOMAS	42	ACOSA	83	COLLAMA COMUNA SALCEDO
3	TURUBAMBA	43	ACOSA	84	PILALO-SAN ANDRES
4	CIUD. MANUELA SAENZ	44	ACOSA	85	HCDA. LA HERRADURA
5	CIUD. SANTIAGO ROLDOS	45	ACOSA -LASSO	86	PISCINA NAGSICHE
6	I.N.I.A.P.	46	SAN FCO. DEL CHASQUI	87	PANZALEO
7	CIUD, LA JOYA	47	HCDA. SAN JOSE	88	SANTA LUCIA
8	SANTA ROSA	48	HCDA. SAN RAFAEL	89	SANTA LUCIA
9	TAMBILLO	49	HCDA. SAN RAFAEL	90	MULALILLO
10	COL. DE TAMBILLO	50	LASSO	91	CUNCHIBAMBA
11	TAMBILLO VIEJO	51	LASSO	92	CUNCHIBAMBA
12	MIRAFLORES	52	LA CIENEGA	93	RECINTO SAN JOSE
13	MIRAFLORES	53	SAN LUIS DE LIPUA	94	RECINTO SAN PABLO
14	HCDA. HUASIPUNGO	54	HCDA. SANTA ELSA	95	CUNCHIBAMBA SAN JOSE
15	LA ADUANA	55	LA AVELINA	96	CONCHIBAMBA MOROCHO
16	ALOAG	56	LA AVELINA	97	CUNCHIBAMBA SAN FRANCISCO
17	ALOAG	57	LA AVELINA	98	SAMANGA BAJO
18	F.M. ATAHUALPA	58	GUAYTACAMA	99	SAMANGA BAJO
19	F.M. ATAHUALPA	59	GUAYTACAMA	100	SAMANGA ALTO
20	HCDA. EL RANCHO	60	GUAYTACAMA	101	SAMANGA ALTO
21	MACHACHI	61	HCDA. NINTANGA GRANDE	102	SAMANGA ALTO ATAHUALPA
22	MACHACHI-EL TAMBO	62	HCDA. NINTINGA CHICO	103	ATAHUALPA
23	ALOAG	63	HCDA. RUMIPAMBA CUARTEL MILITAR	104	ATAHUALPA
24	HCDA. STA. ELENA	64	HCDA. RUMIPAMBA CUARTEL MILITAR	105	LA VICTORIA AMBATO
25	HCDA. STA ELENA	65	HCDA. LA CALERA	106	PENINSULA
26	HCDA. STA. ELENA	66	HCDA. LA CALERA	107	PENINSULA
27	HCDA. SAN IGNACIO	67	HCDA. LA CALERA	108	PISHILATA
28	HCDA. LA MARIA	68	CAMP. LATACUNGA	109	HUACHI LORETO
29	HCDA. ROMERILLO	69	COL. LATACUNGA	110	TERMINAL AMBATO
30	HCDA. ROMERILLO-ESTACION	70	CIUD. MALDONADO		
31	CULTEX	71	CIUD. BANCO DE LA VIVIENDA		
32	CULTEX	72	LATACUNGA		
33	CULTEX	73	CIUD. VASCONEZ CUBI		
34	CULTEX	74	HCDA. MONICA		
35	CULTEX	75	HCDA. MONICA		
36	CULTEX	76	CARRETERO CUTUCHI		
37	CULTEX	77	CARRETERO CUTUCHI		
38	CULTEX	78	HCDA. SALACHI		
39	ACOSA	79	RIO SALACHI		
		80	SALACHI BARBASPAMBA		

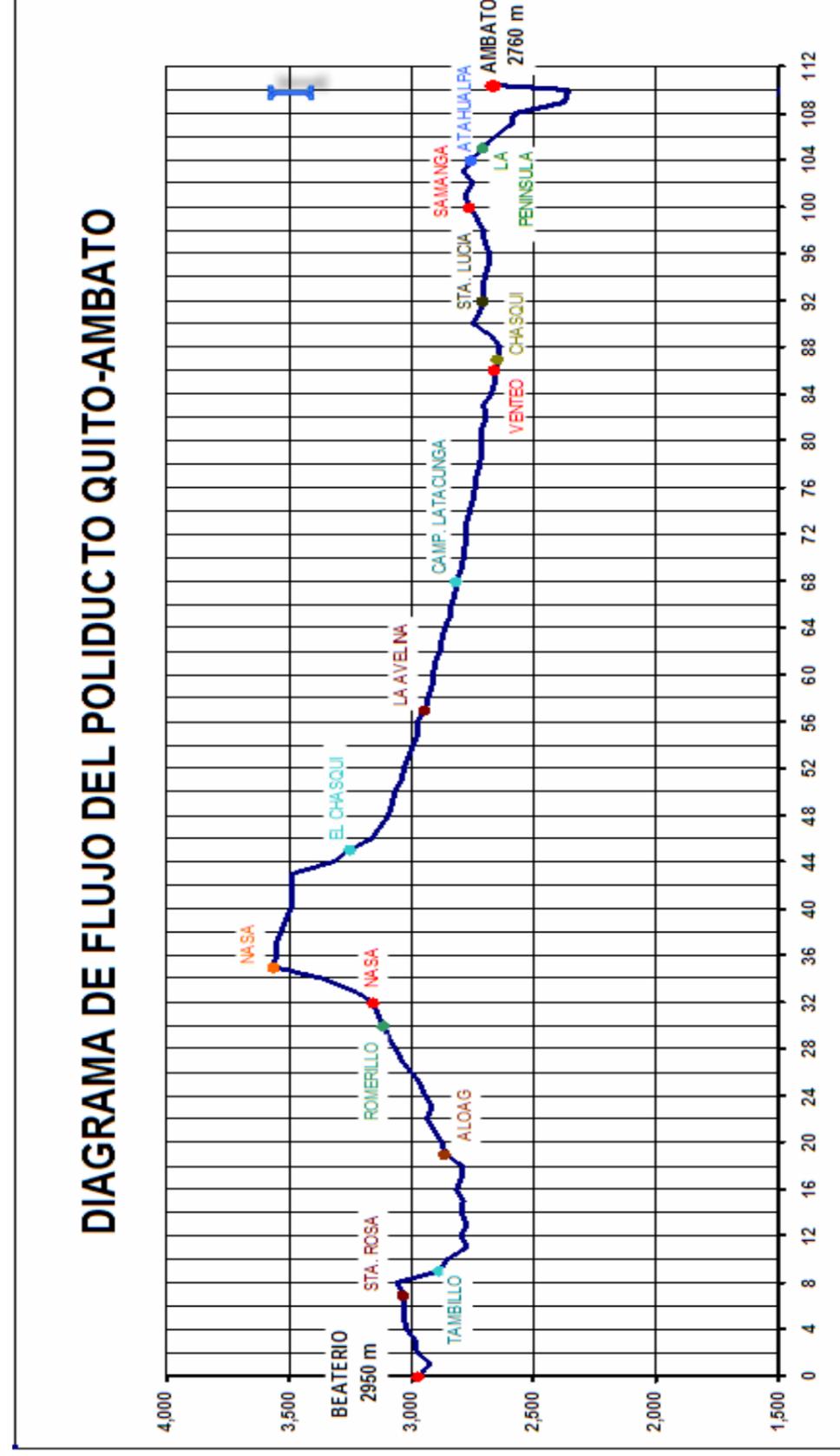


Figura 1.2. Representación gráfica de puntos kilométricos [1.1]

La ubicación de sensores se realizará en base a un estudio de campo previo (Ver Anexo 1), en el que se determinarán los puntos más vulnerables a roturas y robos, tomando en cuenta que gran parte de tramos del poliducto se encuentran bajo tierra y que según información del Cuerpo de Ingenieros del Ejército (encargados del patrullaje del poliducto) son tramos que también representan riesgo, sobre todo, en lo que a robos se refiere. Las fotografías a continuación (Foto1.2) muestran perforaciones realizadas en la tubería que está debajo de viviendas. Más fotografías Ver Anexo 2.



Foto 1.2. Perforaciones clandestinas para robo de derivados ^[1.2]

Para la transmisión de datos obtenidos de los sensores, se corroborará la cobertura y nivel de señal de las operadoras de telefonía celular, así como, la disponibilidad de los servicios de SMS y GPRS, a lo largo del trayecto comprendido entre Quito y Ambato.

El presente diseño permitirá:

- Monitoreo a tiempo real.
- Tratamiento digital.
 - Puntos de medición en tiempo real.

- Presentación de información en pantallas.
- Tratamiento de colapsos significativos.
- Detección y localización de orificios.
- Manejo de alertas y alarmas.
- Tratamiento de datos obtenidos, en base a nodos de información (Estaciones de Monitoreo)

1.4 POLIDUCTO QUITO – AMBATO

El transporte de derivados que se realiza a través del Poliducto Quito - Ambato, se coordina con la distribución y el almacenamiento en cada terminal, con una adecuada programación para cumplir los requerimientos de despacho de combustibles de acuerdo a las zonas de influencia de cada terminal en el país.

El poliducto Quito - Ambato se encuentra operado desde las estaciones mostradas en la Tabla 1.2:

Estación de Bombeo	Ubicación	Altura (m)	Distancia (km)
El Beaterio, Estación Reductora y Terminal de Almacenamiento y Despacho	Quito	2950	0
Estación de Control	Latacunga	2100	68
Estación Reductora de Ambato y Terminal de Almacenamiento y Despacho	Ambato	2760	111

Tabla 1.2. Estaciones del Poliducto Quito-Ambato

El poliducto Quito – Ambato tiene una longitud aproximada de 111 Km. La ruta es generalmente paralela a la Vía Panamericana Sur.

La altura máxima que alcanza el poliducto es en el lugar conocido como San Juan, con una altura aproximada de 3755 mts sobre el nivel del mar, como se muestra en la Figura 1.2. Este sitio se encuentra a 20 Km de El Beaterio en las faldas del monte Atacazo, razón por la cual las estaciones de Latacunga y

Ambato son reductoras de presión. En la Foto 1.3 se muestran las válvulas reductoras de presión que están ubicadas en varios sitios a lo largo del tramo del poliducto Quito – Ambato.



Foto 1.3. Válvulas reductoras de presión.

La tubería del poliducto tiene un diámetro nominal de 6 pulgadas y transporta gasolina súper y extra, diesel y destilado 1 hacia los terminales del sistema. En la Foto 1.4. se observa una sección de tubería del poliducto la misma que se utilizó para realizar pruebas de laboratorio, específicamente de medición de vibraciones.

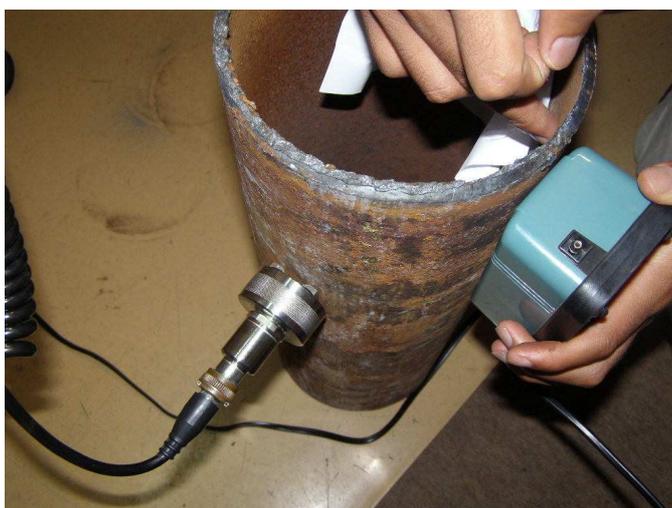


Foto 1.4. Sección de tubería de poliducto.

El bombeo de estos productos, sigue una secuencia que no se altera por ningún motivo: Gasolina Súper – Gasolina Extra – Diesel – Gasolina Extra – Gasolina

Súper. La separación entre cada producto bombeado se la realiza a través de separadores mecánicos (esferas de acero). Además, se colocan colorantes a la cabeza de cada columna de producto para efectos de una mejor identificación de los derivados.

	Gasolina (bls)		Diesel 1 (bls)	Diesel 2 (bls)	Total Poliducto (bls)
	Súper	Extra			
Enero	20,137	112,341	304	106,426	239,208
Febrero	22,486	98,772	291	114,858	236,406
Marzo	16,048	106,676	284	103,642	226,651
Abril	20,647	114,218	237	122,247	257,350
Mayo	14,916	93,525	278	125,572	234,290
Junio	16,848	87,726	207	134,911	239,692
Julio	25,567	121,042	240	102,067	248,916
Agosto	17,339	111,177	381	146,074	274,971
Septiembre	16,324	90,920	182	102,367	209,792
Octubre	21,659	125,741	304	123,934	271,639
Noviembre	18,089	110,961	290	126,954	256,294
Diciembre	24,219	92,688	225	147,346	264,479
Total	234,280	1,265,788	3,222	1,456,397	2,959,688

Tabla 1.3. Volumen de Combustible transportado por el Poliducto Quito-Ambato. Año 2005 ^[1.3]

La capacidad actual de bombeo del poliducto es de 12000 bls/día teniendo la posibilidad de incrementarla a medida que aumenten sus necesidades. En la Tabla 1.3 se detallan los valores de despacho mensuales del año 2005.

1.5 ANÁLISIS PARA ELECCIÓN DE VARIABLES A SENSAR

Para la elección de variables a sensar se tomaron en cuenta varios aspectos importantes, entre éstos se encuentran las asistencias a cortes de las tuberías del poliducto, las mismas que tuvieron lugar en la ciudad de Ambato, allí se procedió

a instalar válvulas de bloqueo, para evitar derrames, ya que debido a las crecientes esporádicas del Río Ambato, la integridad de la tubería se ha visto afectada, lo que también pone en riesgo a la población aledaña al sector.

De esta manera se determinó que cuando a la tubería se le realiza un corte o perforación se producen fuertes vibraciones, debido a la presión interna con que se bombea los derivados de petróleo. De esta manera se determinó que una de las variables a sensor debía ser Vibración. (Ver Foto 1.5)

Para el mismo caso, antes de realizar los cortes a la tubería se procedió al desalojo de combustible que se encontraba en una sección de tubería de 1 Km de longitud, para esto se realizó una perforación y la instalación de una manguera que se utilizó para llenar tanqueros de 10000 galones de capacidad, procedimiento que permitió observar la caída de presión entre dos puntos adyacentes a la perforación de desfogue de combustible, además, se pudo corroborar que en la base de la unión entre la manguera y el tubo del poliducto se produjo una caída de temperatura, con lo cual se determinó que la presión acompañada de una variación de temperatura juegan un papel muy importante en la detección de fugas en un tramo de tubería.



Foto 1.5. Cortes y perforación de la tubería del poliducto

1.6 IMPORTANCIA ECONÓMICO – SOCIAL Y APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS

La importancia económico – social de este proyecto se basa en:

- Petroecuador podría ahorrar entre 60 a 80 millones de dólares anuales al impedir el robo de gasolina y diesel.
- Detectar con precisión la localización de una fuga en forma inmediata y automática.
- Contribuir a atenuar, en lo posible, el daño al medio ambiente.
- Ahorrar recursos económicos que Petroecuador debería invertir para reparar el poliducto, reparar el daño ambiental y social.
- Mejorará la imagen de Petroecuador ante la sociedad ecuatoriana y mundial.
- Aportar al país con una genuina transferencia, adaptación y desarrollo tecnológico.
- Garantizar la capacidad de resolver a futuro los problemas de mantenimiento u optimización del sistema sin recurrir a tecnología y mano de obra extranjera ahorrando ingentes sumas de dinero al País

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS SOBRE GSM.

En este capítulo se hace una descripción de la Tecnología GSM para la transmisión de datos, utilizando SMS o GPRS, tratando de enfocar el estudio hacia la determinación de sus ventajas y desventajas para el propósito de este trabajo.

2.1 GENERALIDADES ^[2.1]

2.1.1 DEFINICIÓN DE GSM

El sistema GSM_[1], anteriormente conocido como "Group Special Mobile", considerado un sistema de segunda generación, es un estándar mundial abierto, no propietario y evolutivo, para teléfonos móviles digitales. El estándar fue creado por la CEPT y posteriormente desarrollado por ETSI como un estándar para los teléfonos móviles europeos.

GSM es un sistema de comunicación que se basa en el uso de celdas digitales. Se desarrolló para crear un sistema para móviles y que fuese compatible con los servicios existentes y futuros sobre ISDN_[2].

GSM digitaliza y comprime los datos con información del usuario y los envía a través de un canal, cada uno de ellos en su propia ranura de tiempo. Funciona en

[1] *Global System for Mobile Communications.*

[2] *Integrated Services Digital Network* traducido como RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), es una red que procede por evolución de la Red Digital Integrada (RDI) y que facilita conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar una amplia gama de servicios y a la que los usuarios acceden a través de un conjunto de interfaces normalizado.

bandas de frecuencia de 900 MHz o de 1800 MHz conocida como DCS^[3]. Actualmente hay operadoras que poseen redes en ambas frecuencias. También existen redes de 1900 MHz y la más reciente de 850MHz.

GSM digitaliza y comprime los datos con información del usuario y los envía a través de un canal, cada uno de ellos en su propia ranura de tiempo. Funciona en bandas de frecuencia de 900 MHz o de 1800 MHz conocida como DCS^[3]. Actualmente hay operadoras que poseen redes en ambas frecuencias. También existen redes de 1900 MHz y la más reciente de 850MHz.

La tecnología GSM ofrece movilidad internacional, y una gran variedad de servicios como: telefonía, transferencia de datos, fax, mensajes cortos de texto de hasta 160 caracteres, permite una tasa de transferencia de 9.6 kbps y se acerca a los requerimientos de un sistema de comunicaciones personales.

2.1.2 BANDAS DE FRECUENCIAS PARA GSM

GSM en Europa usa la banda de 900 MHz. Se ha separado también la banda de 1800 MHz y se la conoce como DCS-1800. La diferencia principal es la banda de frecuencia utilizada. La Tabla 2.1 muestra las bandas de frecuencia GSM.

Band	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)
GSM 900 (Primario)	890 – 915	935 – 960
GSM 900 (Extendido)	880 – 915	925 – 960
GSM 1800	1710 – 1785	1805 – 1880
GSM 1900 (América del Norte)	1850 – 1910	1930 – 1990
GSM 850 (América del Norte)	824 – 849	869 – 894
GSM – R	876 – 915	921 – 960

Tabla 2.1 Bandas de Frecuencia GSM ^[2.1]

^[3] *Digital Cellular System*: Sistema Digital de transmisión y recepción, aceptado para operar en la banda de 1800 MHz.

GSM en el Continente Americano usa la banda PCS y se lo conoce como PCS-1900.

2.1.3 VENTAJAS Y BENEFICIOS DE GSM

Las ventajas de GSM pueden dividirse en dos categorías principales: beneficios al usuario y beneficios al operador.

Los principales beneficios al usuario incluyen:

- **Cobertura:** GSM es una tecnología inalámbrica disponible en todo el mundo. Como resultado de ello, los clientes GSM tienen acceso constante a servicios de voz de alta calidad y servicios en su región de residencia y en otras regiones.
- **Selección:** La cantidad de clientes GSM da lugar a un mercado de gran envergadura, requiere grandes volúmenes de terminales, lo que se traduce en una amplia selección de dispositivos con diversas funciones y precios. Los dispositivos de bajo costo hacen que las redes de datos basadas en GSM, tales como las GPRS, resulten atractivas para otros proveedores de servicios (por ejemplo, telemetría)
- **Calidad de voz:** GSM provee claridad de voz y menos interferencia en las llamadas.
- **Flexibilidad:** Gracias a la tarjeta SIM^[4], los clientes pueden cambiar de dispositivo GSM fácilmente sin la molestia de tener que configurar el nuevo dispositivo ni la pérdida de servicios de suscripción personalizados tales como mensajería, además permite al usuario cambiar de operador GSM y mantener el mismo teléfono. La flexibilidad de la tarjeta SIM hace que las redes de datos

[4] *Módulo de Identidad del Abonado:* es una tarjeta inteligente desmontable usada en teléfonos móviles que almacena de forma segura la clave de servicio del suscriptor usada para identificarse ante la red, de forma que sea posible cambiar la línea de un terminal a otro simplemente cambiando la tarjeta.

basadas en GSM, tales como las GPRS, sean atractivas para diversas aplicaciones de datos (por ejemplo, telemetría).

- **Servicios innovadores:** GSM fue la tecnología pionera para muchos de los servicios más populares del mundo. Un ejemplo saliente es el SMS^[5], que soporta mensajes de texto. Resulta igualmente importante la capacidad de roaming de GSM que permite que los usuarios accedan a sus servicios predilectos mientras se encuentran de viaje.

Los principales beneficios al operador incluyen:

- **Economías de escala:** GSM es la tecnología inalámbrica que se encuentra disponible en más de 210 países y territorios del mundo. Más de dos mil millones de clientes en toda América, Asia y Europa, o más del 75% de los clientes inalámbricos del mundo, utilizan GSM. Un mercado de esta envergadura, como ya se mencionó, requiere grandes volúmenes de terminales e infraestructura, lo que atrae a los proveedores y desarrolladores de aplicaciones al tiempo que reduce los costos. Con costos generales inferiores, los operadores GSM a su vez pueden fijar precios más competitivos para sus servicios.

- **Cobertura:** Los operadores GSM hacen hincapié en el hecho de que los clientes tengan acceso constante a servicios de voz de alta calidad y servicios optimizados en su lugar de residencia y durante sus viajes.

- **Flexibilidad:** La infraestructura y los dispositivos GSM están disponibles para las bandas de espectro más populares, entre ellas las de 850 y 1900 MHz, lo que presenta múltiples opciones de despliegue para los operadores a fin de satisfacer sus necesidades de espectro y de mercado.

^[5] *Servicio de Mensajes Cortos:* es un servicio disponible en los teléfonos móviles que permite el envío de mensajes cortos (también conocidos como mensajes de texto) entre teléfonos móviles.

- **Capacidad de actualizarse:** GSM es el primer paso de una migración fluida, flexible y costo-efectiva a 3G.
- **Eficiencia:** GSM utiliza el espectro de manera eficiente y provee siete veces mayor capacidad que la tecnología EDGE_[6], proveen un incremento adicional de casi tres veces más llamadas de voz simultáneas que la tecnología GSM básica.

2.1.4 VELOCIDADES Y ANCHO DE BANDA, RADIO DE LA CELDA

En GSM se usan canales de 200 kHz de ancho de banda, con bandas de 25Mhz se tienen 125 canales, cada uno compartido usando TDMA_[7] con 8 ranuras de tiempo, dando un total de 1000 canales. Considerando dos bandas de guarda de 100 kHz, se tienen solo 124 canales.

El ritmo o velocidad de transmisión en GSM es de 270.833 kbps.

Por usuario es $270.833/8=33.854$ kbps.

Considerando el *overhead*, los datos del usuario se transmiten a 22.8 kbps.

El radio de la celda está entre 100 m y 35 km dependiendo de la situación.

[6] *Enhanced Data rates for GSM of Evolution:* Es una tecnología de telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G. Se considera una evolución del GPRS (General Packet Radio Service). Esta tecnología funciona con redes TDMA y su mejora, GSM.

[7] *Time Division Multiple Access:* Tecnología que distribuye las unidades de información en ranuras ("slots") alternas de tiempo, proveyendo acceso múltiple en un reducido número de frecuencias. Es una tecnología inalámbrica de segunda generación que brinda servicios de alta calidad de voz y datos.

2.2 ARQUITECTURA DE LA RED GSM ^[2.2]

El sistema consiste en una red de radio-celdas contiguas para cubrir una determinada área de servicio. Cada celda tiene una BTS_[8] que opera con un conjunto de canales diferente de los utilizados por las celdas adyacentes.

Un determinado conjunto de BTSs es controlado por una BSC_[9]. Un grupo de BSCs es a su vez controlado por una MSC_[10] que enruta llamadas hacia y desde redes externas públicas o privadas por ejemplo la RDSI o PSTN.

La Figura 2.1 representa la arquitectura de una red GSM.

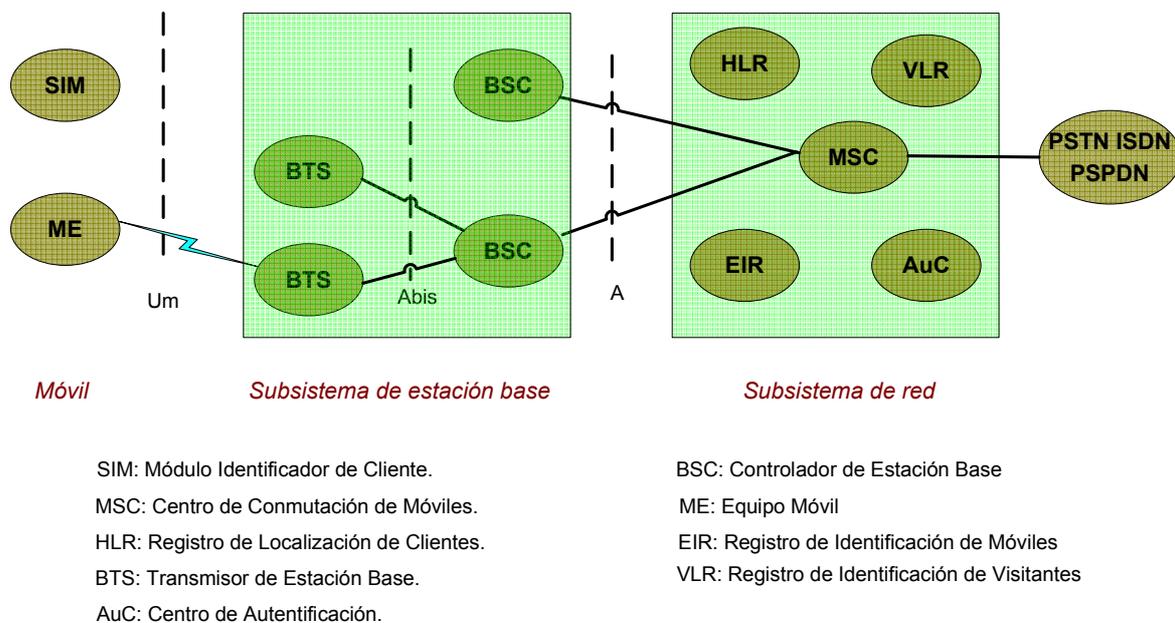


Figura 2.1. Arquitectura de una Red GSM ^[2.2]

[8] *Base Transceiver Station*: Se encarga de proporcionar, vía radio, la conectividad entre la red y las estaciones móviles.

[9] *Base Station Controller*: Se encarga de todas las funciones centrales y de control del subsistema de estaciones base (*BSS: Base Station Subsystem*) que está constituido por el BSC y las BTSs.

[10] *Mobile Switching Centre*: Se encarga de conmutar el tráfico de llamadas entrantes y salientes, y de la asignación de canales de usuario en la interfaz entre el MSC y las BSC.

- *Equipo Móvil*

La estación móvil consta del equipo móvil (terminal) y la smart card SIM, la misma que permite la movilidad. Así el usuario con dicha tarjeta puede acceder a la red desde cualquier terminal. La tarjeta SIM se protege contra uso no autorizado mediante el uso de password o número de identificación personal. El terminal se identifica de forma inequívoca mediante el IMEI^[11].

- *Base Transceiver Station (BTS)*

La función principal de una BTS es proporcionar un número de canales de radio a la zona a la que da servicio. Una BTS con un transceptor y con codificación "*full rate*" proporciona 8 canales en el enlace radio, uno de los cuales se utiliza para señalización. Con una codificación "*half rate*" el número de canales disponibles se duplica.

- *Base Station Controller (BSC)*

La función primaria de una BSC es el mantenimiento de la llamada, así como la adaptación de la velocidad del enlace radio al estándar de 64 Kbit/s utilizado por la red. El procedimiento de '*handover*' permite que la llamada se mantenga en curso sin que se produzcan interrupciones importantes, esto debido a que al ser usuario móvil, éste puede estar cambiando con más o menos frecuencia de celda. En GSM, durante una llamada, la estación móvil está continuamente "escuchando" a una serie de estaciones base así como informando a la BSC de la calidad de la señal con que está trabajando. Esto permite a la BSC tomar la decisión de cuándo iniciar un '*handover*' y a qué celda. La BSC controla a su vez la potencia de trabajo de la estación móvil para minimizar la interferencia producida a otros usuarios y aumentar la duración de la batería.

[11] *International Mobile Equipment Identity*: es un código pre-grabado en los teléfonos móviles GSM, el mismo que identifica al aparato unívocamente a nivel mundial, y es transmitido por el aparato a la red al conectarse a ésta.

- *Mobile Switching Centre (MSC)*

La MSC es el corazón del sistema GSM. Es el centro de control de llamadas, responsable del establecimiento, conmutación y terminación de cualquier llamada, controla los servicios suplementarios y el handover entre MSCs, además recoge información necesaria para realizar la tarificación. También actúa de interfaz entre la red GSM y cualquier otra red pública o privada de telefonía o datos.

- *Home Location Register (HLR)*

El HLR contiene información de estado (nivel de suscripción, servicios suplementarios, etc.) de cada usuario asignado al mismo, así como información sobre la posible área visitada, a efectos de enrutar llamadas destinadas al mismo (terminadas en el móvil).

- *Visitor Location Register (VLR)*

El VLR contiene información de estado de todos los usuarios que en un momento dado están registrados dentro de su zona de influencia. Esta información ha sido requerida y obtenida a partir de los datos contenidos en el HLR del que depende el usuario. Contiene información sobre si el usuario está o no activo, a efectos de evitar retardos y consumo de recursos innecesarios cuando la estación móvil esta apagada.

- *AuC (Authentication Center)*

Es un elemento que contiene las claves y algoritmos de verificación para el acceso de un usuario a una red de telefonía celular. El centro de autenticación se usa para llevar a cabo la autenticación. La tarjeta SIM es usada por los móviles y contiene una llave especial. Una copia de esta llave se almacena en el AuC.

2.2.1 IDENTIFICADORES

Los identificadores pueden estar asociados a:

- La tarjeta SIM
- La red (BTS)
- Estación móvil

En la Figura 2.2 se detallan las Identidades o Identificadores en GSM.

El HLR y el VLR junto con el MSC proporcionan la ruta o camino de la llamada (routing) y la capacidad de roaming (seguimiento de la llamada) del GSM.

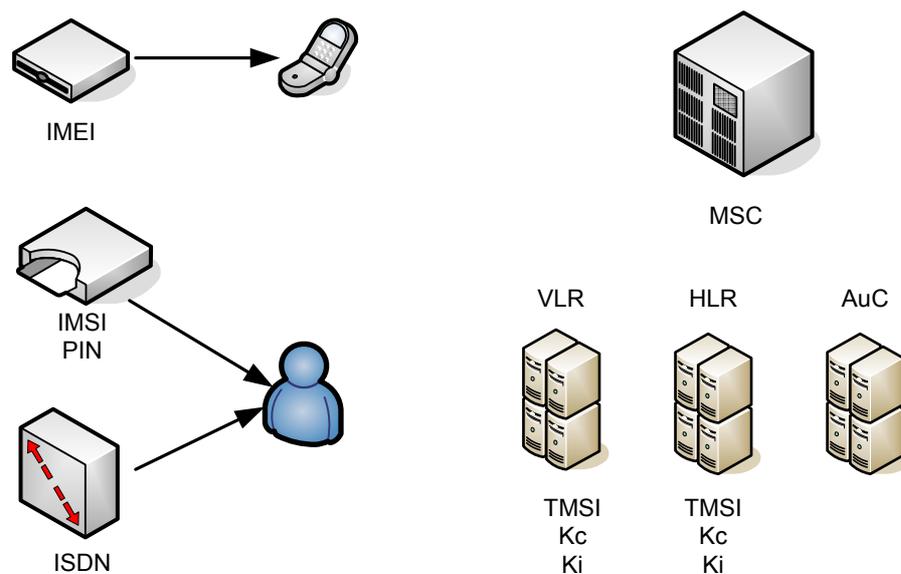


Figura 2.2. Identidades en GSM ^[2.2]

El HLR contiene toda la información administrativa de cada cliente registrado en la red GSM con la actual localización del móvil. Hay un HLR por cada red GSM, aunque puede estar implementado en una base de datos distribuida.

El VLR contiene la información del HLR necesaria para el control y ejecución de los servicios contratados para cada móvil situado en el área geográfica controlada

por el VLR. El área geográfica controlada por el MSC corresponde a la controlada por el VLR y viceversa.

Los otros dos registros se utilizan para autenticación y seguridad.

El EIR es una base de datos que contiene una lista de los equipos móviles válidos en la red en donde cada estación móvil se identifica con su IMEI.

El AuC es una base de datos protegida que almacena una copia de la clave secreta almacenada en cada tarjeta SIM y que se utiliza para la autenticación y encriptado de la señal en el canal de radio.

Cada usuario posee un número personal denominado IMSI^[12], de ámbito internacional. De esta clave secreta una copia se almacena en la tarjeta SIM y otra en el AuC. El usuario también se identifica, para el resto de los que le llaman, por su número de directorio RDSI.

El IMEI es un número de identificación grabado internamente por el fabricante. Este número puede ser solicitado por la red para comprobar si no se encuentra en una lista de equipos robados o con mal funcionamiento.

Cuando un móvil se mueve por un área controlada por un VLR, en éste se le asigna un número temporal TMSI^[13]. En el HLR y en el VLR se memorizan las claves Ki y Kc que sirven para autenticar y cifrar. En la tarjeta también se graba la identidad del última área de localización visitada.

En el centro de autenticación AuC que puede estar en el mismo lugar que el HLR se generan y almacenan por cada IMSI una serie de respuestas y llaves de cifrado.

^[12] *International Mobile Subscriber Identity*: Es un código de identificación único para cada dispositivo de telefonía móvil, integrado en la tarjeta SIM, que permite su identificación a través de las redes GSM.

^[13] *Temporal Mobile Subscriber Identity (TMSI)*: Asignación temporal del IMSI.

2.2.2 AUTENTICACIÓN

La actualización de localización se realiza cuando un móvil entra en una celda perteneciente a un área diferente de la última visitada, como se indica en la Figura 2.3 se envía al nuevo VLR una petición de actualización, en donde incluye su último TMSI y la identidad de la última área visitada.

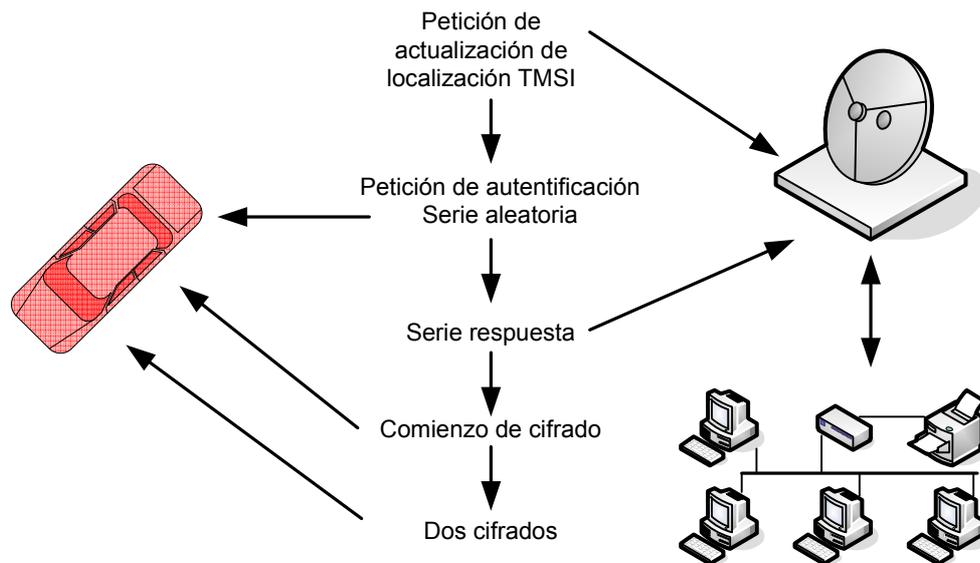


Figura 2.3. Autenticación y Cifrado^[2.2]

Este VLR le pide al antiguo una serie de datos de móvil, y éste le contesta enviando el IMSI y la clave Kc.

El nuevo VLR le envía al móvil una petición de autenticación junto con una serie aleatoria.

Este proceso implica a dos entidades funcionales: la tarjeta SIM del móvil y el Centro de Autenticación (AuC). Durante la autenticación, el AuC genera un número aleatorio que envía al móvil. El móvil y el AuC junto con la clave secreta Ki y un algoritmo de cifrado denominado A3 genera una señal de respuesta SRES que se envía de vuelta al AuC. Si el número enviado por el móvil es el mismo que el calculado por el AuC el móvil se considera autenticado.

En el caso que el móvil entre en la red por primera vez (no hay VLR antiguo), envía al actual VLR su IMSI en la petición de actualización.

2.2.3 INTERFACES GSM

Interfaz	Situada entre	Descripción	Intercambio de Información	
			Tráfico usuario	Protocolo Señalización
A	MSC - BSC	Permite el intercambio de información sobre la gestión del subsistema BSS _[14] , de las llamadas y de la movilidad. A través de ella, se negocian los circuitos que serán utilizados entre el BSS y el MSC.	SI	SS7
Abis	BSC - BTS	Permite el control del equipo de radio,	SI	LAPD
B	VLR - MSC asociados	VLR es la base de datos que contiene toda la información que permite ofrecer el servicio a los clientes que se encuentran en el área de influencia de sus MSC asociados. Por lo tanto, cuando un MSC necesite proporcionar información sobre un móvil acudirá a su VLR. Esta interfaz NO debe ser externa (por desempeño, por el volumen de información intercambiado).	NO	MAP/B
D	HLR - HLR	Permite intercambiar información entre ambas bases de datos, esta información se encuentra relacionada con la posición del móvil y la gestión del servicio contratado por el usuario.	NO	MAP/D
E	MSC - MSC	Permite intercambiar la información necesaria para iniciar y realizar un intercambio Inter - MSC cuando el móvil cambia de área de influencia de un MSC a otro.	SI	MAP/E, RDSI, ISUP
F	MSC - EIR	Utilizada cuando el MSC desea comprobar el IMEI de un equipo.	NO	
G	VLR - VLR	Utilizada para permitir la interconexión entre dos VLRs de diferentes MSCs.	NO	MAP/G
H	MSC-SMS-G		SI	MAP/H
I	MSC - MS	Permite el intercambio transparente de datos entre el MSC y el MS a través del BSS.		
Um	BSS - ME	Es la interfaz de radio, se encuentra entre la estación móvil y el BSS.	Voz: 13 Kbps Datos: 9,6 Kbps	LAPDm

Tabla 2.2 Interfaces GSM^[2,3]

2.3 ENLACE DE RADIO

La UIT (International Telecommunication Union), que maneja la localización de los canales de radio le ha dado las siguientes frecuencias al GSM en Europa:

- UPLINK (de móvil a Estación Base): 890-915 MHz.
- DOWNLINK (de Estación Base a Móvil): 935-960 MHz.

Las principales características del GSM son:

- Tipo de servicio: telefonía celular pública.
- El acceso al medio se realiza mediante TDMA/FDM , esto es acceso por división el tiempo.
- Tiene 124 canales, y cada canal puede dar servicio a 8 o 16 usuarios a la vez.
- Ancho de banda del canal 200 kHz.
- La modulación empleada es GMSK.
- La velocidad máxima del canal de radio es 270.833 kbps
- Duración de un bit de 3,692 msec.
- La longitud de una trama es de 4,615 msec, y la longitud de un slot de tiempo 0,577 msec.
- Codificación de la voz: RELP-LTP 13 kbps
- Potencia de salida de 20 mW a 20W.
- La especificación es la GSM Standard.

Dado que el canal de radio es un recurso limitado debe ser compartido por tantos usuarios como sea posible. El método elegido por GSM es una combinación TDMA / FDMA ^[15].

[14] *Subsistema de la Estación Base:* Está en contacto directo con las estaciones móviles a través de la interfaz de radio, cumple la función de conecta al usuario del móvil con otros usuarios.

[15] *Frequency Division Multiple Access:* Una de sus particularidades es que la separación del espectro se realiza en distintos canales de voz, separando el ancho de banda según la frecuencia, en divisiones uniformes. Se usa para transmisiones analógicas.

FDMA implica la división en frecuencia. Se divide la banda asignada en 124 frecuencias de portadora con un ancho de banda de 25 MHz y separadas 200 kHz. Cada una de estas frecuencias es entonces dividida en tiempo utilizando el TDMA (Figura 2.4).

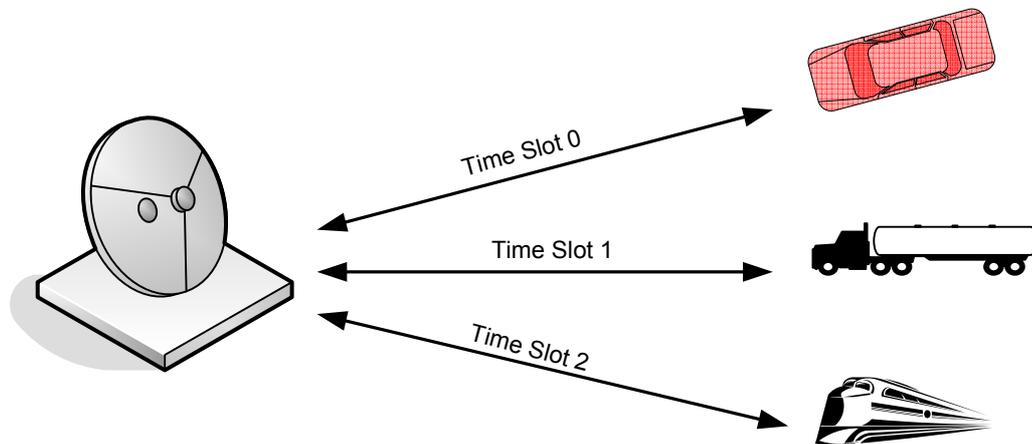


Figura 2.4. Ejemplo de Utilización de TDMA^[2.2]

La unidad de tiempo en este esquema TDMA se denomina canal y es de $15/26$ ms (0.577 ms). Se agrupan ocho canales en una trama TDMA que forma la unidad básica para la definición de los canales lógicos.

De todas las frecuencias asignadas a una BTS ($f_0 \dots f_n$), la f_0 se denomina frecuencia piloto de la celda y se dedica obligatoriamente durante el slot de tiempo cero a la emisión y recepción de canales de control. En cada frecuencia asignada a un celda hay 8 canales, numerados del 0 al 7. El canal 0 de f_0 se denomina canal piloto o canal de control. El resto de las frecuencias y los canales 1 al 7 de f_0 se denominan canales de tráfico (Figura 2.5).

La BSC es asignada para un determinado móvil en una conexión, una frecuencia y un slot de tiempo. Los sucesivos envíos de bits que cada móvil hace o escucha en su tiempo de trama TDMA constituyen su canal, definido por tanto por la frecuencia y el slot de tiempo.

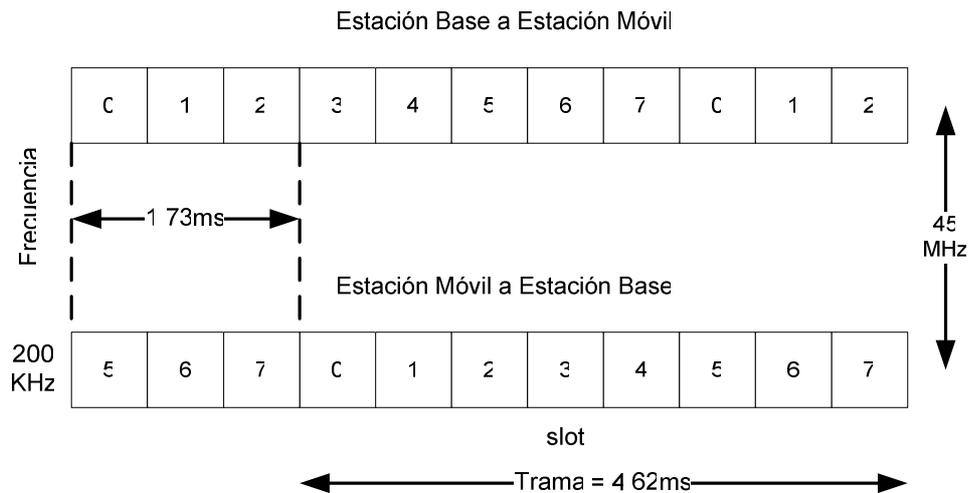


Figura 2.5. Canales GSM^[2.4]

Para separar un canal de otro la portadora sube su nivel de energía de forma progresiva (ramp up), emite, y baja su nivel de tensión progresivamente (ramp down). Estos tiempos de subida y bajada en rampa que separan un canal de otro se denominan tiempos de guarda y equivalen a los tiempos de transmisión de 8,25 bits.

2.3.1 CANALES DE TRÁFICO

Un canal de tráfico se utiliza para voz y datos. Los canales de tráfico se definen usando una multitrama de 26 tramas (grupo de 26 tramas TDMA). La longitud de una multitrama es 120 ms. De las 26 tramas, 24 se usan para tráfico, 2 para el SACCH_[16]. Ver Figura 2.6.

Cada canal de tráfico transporta 156,25 bits cada 0,577 ms de una comunicación. Estos bits son usados para una comunicación de voz o de datos previos procesos de codificación de voz, de canal y entrelazado en un caso, o de bloque, de canal y entrelazado en otro.

[16] *Slow Associated Control Channel*: transmite información dedicada al mantenimiento del enlace. Se utiliza siempre asociado a un canal de tráfico.

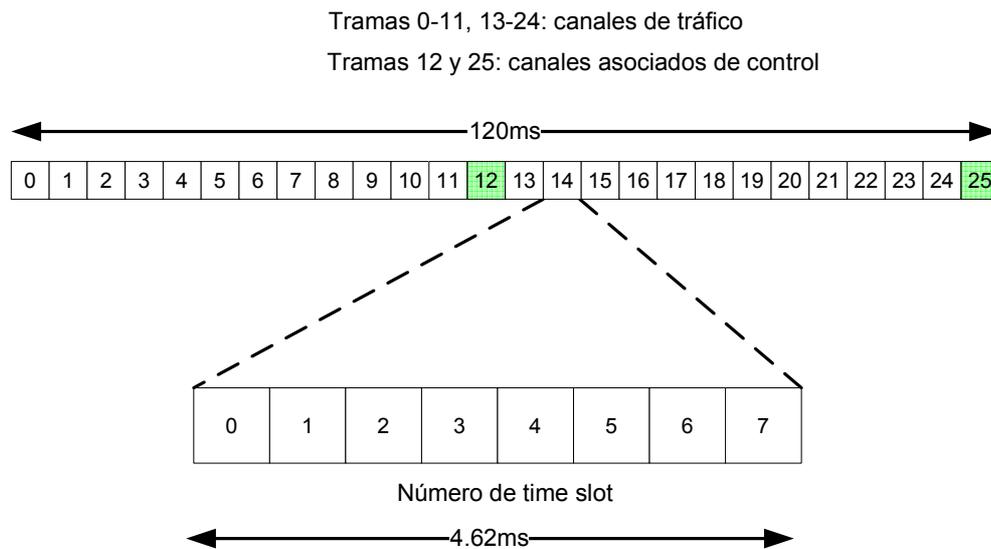


Figura 2.6. Canales de Tráfico^[2.1]

Los canales de control se organizan en multitramas de 26 tramas (cada trama tiene 8 canales) que a su vez forman conjuntos de 51 supertramas (Figura 2.7). A partir de aquí se forman hipertramas con 2048 supertramas.

Los canales de tráfico pueden llevar voz digitalizada o datos de usuario.

Operación *full rate*: Se transportan los datos de usuario en una ranura en cada trama.

Operación *half rate*: Se transportan los datos de usuario en una ranura en tramas alternadas.

2.3.1.1 Canales Full Rate

Speech Channel (Full Rate Speech, FS): Llevan voz digitalizada a una tasa de alrededor de 13 kbps. Con codificación de canal añadida se transporta por el canal a 22.8 kbps.

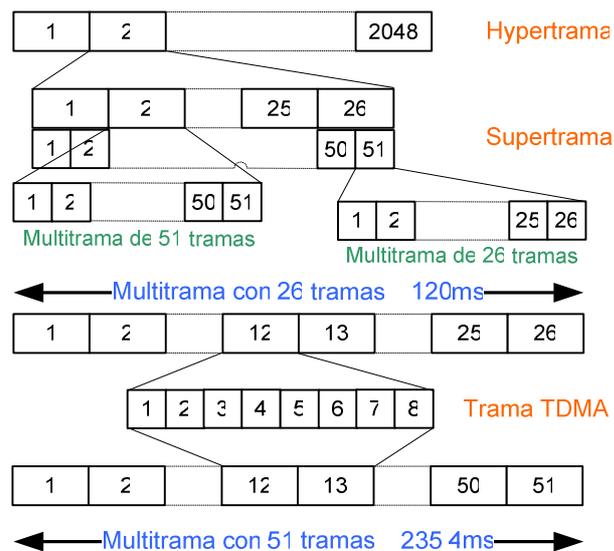
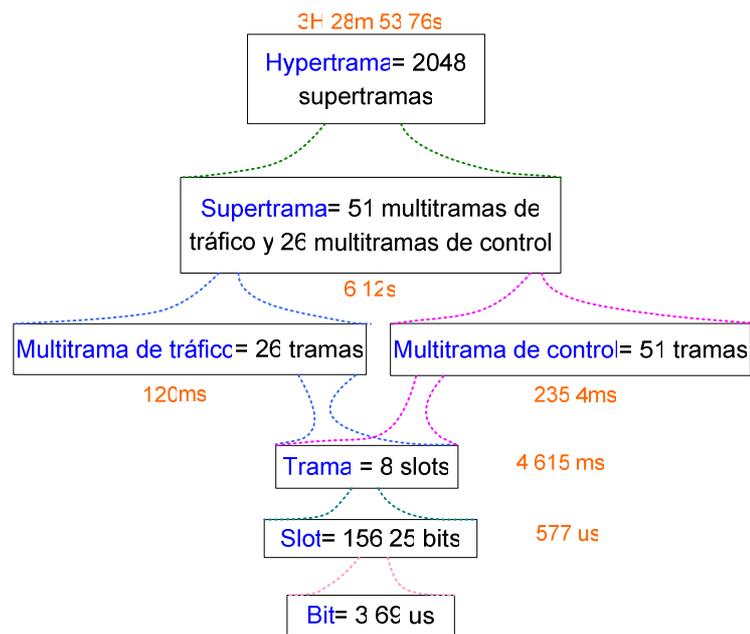


Figura 2.7. Estructura de una Hipertrama^[2.1]

Data Channel for 9600 bps (F9.6): Lleva datos de usuario a una tasa de 9600 bps. Con FEC añadida, los 9600 bps se transportan a 22.8 kbps.

Data Channel for 4800 bps (F4.8): Lleva datos de usuario a una tasa de 4800 bps. Con FEC añadida, los 4800 bps se transportan a 22.8 kbps.

Data Channel for 2400 bps (F2.4): Lleva datos de usuario a una tasa de 2400 bps. Con FEC añadida, los 2400 bps se transportan a 22.8 kbps.

2.3.1.2 Canales Half Rate

Speech Channel (Half Rate Speech, HS): Llevan voz digitalizada que es muestreada a una tasa que es la mitad de lo que se usa en el caso *full rate*. Con codificación de canal añadida se transporta a 11.4 kbps.

Data Channel for 4800 bps (H4.8): Lleva datos de usuario a una tasa de 4800 bps. Con FEC añadida, los 4800 bps se transportan a 11.4 kbps.

Data Channel for 2400 bps (H2.4): Lleva datos de usuario a una tasa de 2400 bps. Con FEC añadida, los 2400 bps se transportan a 11.4 kbps.

2.3.2 CANALES DE CONTROL

Se utilizan únicamente para radiar o recibir información general hacia o desde todos los móviles situados en la celda pero no se utilizan para transmitir voz. Esta información se utiliza para el control y el manejo de las comunicaciones, como peticiones de servicio o respuestas a llamadas.

Se organizan en multitramas de 51 tramas (cada trama tiene 8 canales) que a su vez forman conjuntos de 26 supertramas. A partir de aquí se forman hypertramas con 2048 supertramas.

Existen tres conjuntos de canales de control tal como se muestra en la Figura 2.8:

- *BCHs (Broadcast Channels): FCCH, SCH, BCCH*
- *Canales de Control Comunes: PCH, AGCH, RACH*
- *Canales de Control Dedicados (DCCH): SDCCH, SACCH, FACCH*

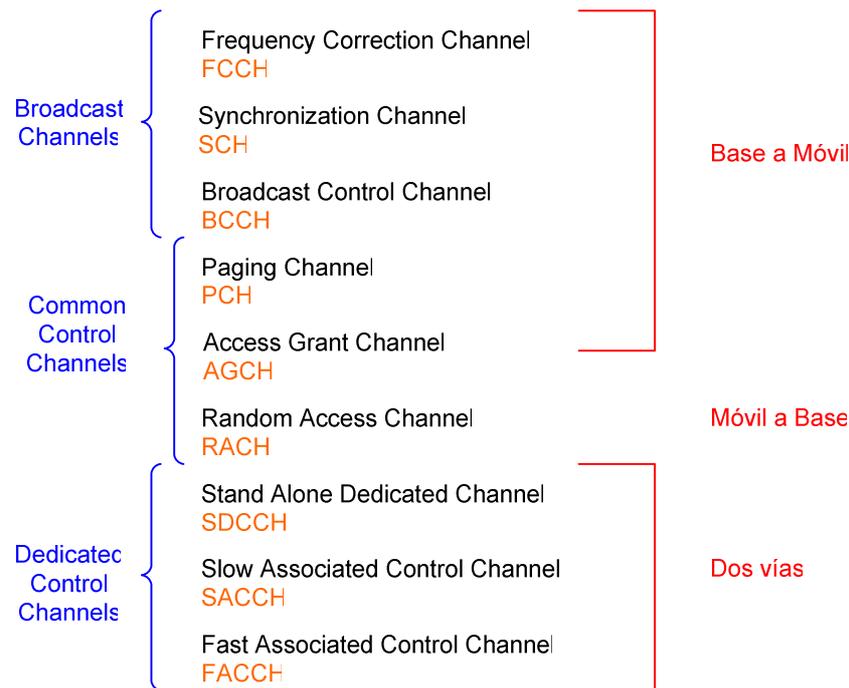


Figura 2.8 Canales de Control ^[2.1]

2.3.2.1 BCCHS (Broadcast Channels): FCCH, SCH, BCCH

FCCH (*Frequency Correction Channel*): Canal de corrección de frecuencia (de BSS a todas las MS_[17]). El FCCH permite a cada estación móvil sincronizar su frecuencia interna de oscilación a la frecuencia exacta de la estación base.

SCH (*Synchronization Channel*): Canal de sincronización (de BSS a todas las MS). En este canal se incluyen datos, como el número de trama, y se usa para identificar a la estación base servidora mientras que permite a cada móvil la sincronización de las tramas con la estación base.

BCCH (*Broadcast Control Channel*): Canal de control de difusión (de BSS a todas las MS). Entre la información que se envía por este canal se incluyen las identidades de la red, la celda y el área, las frecuencias utilizadas en la celda, el mínimo nivel de recepción y la máxima potencia a utilizar.

^[17] Estación Móvil: Consta del equipo móvil

Permite a la estación móvil "orientarse" en el entorno del sistema.

2.3.2.2 Canales de Control Común.

Son comunes a todos los usuarios y van dirigidos a un móvil concreto.

PCH (Paging Channel): Canal de búsqueda (de 1 MS al BSS). Se transmite desde la base hasta el móvil e informa a la estación móvil de una llamada destinada a la misma.

AGCH (Access Grant Channel): Canal de acceso aleatorio (de BSS a 1 MS). Se transmite en el sentido base-móvil y utilizado para la asignación de recursos al móvil que previamente solicitó el establecimiento de la comunicación y tras el proceso de autenticación.

RACH (Random Access Channel): Canal de acceso aleatorio (de BSS a 1 MS). Lo de "random" se refiere a que todas las ranuras reversas del canal de control son elegibles para ser un RACH. Transmite en el sentido móvil-base las peticiones de la estación móvil no programadas de antemano en el sistema, por ejemplo para el registro o establecimiento de la llamada. Se utiliza el protocolo "ALOHA" Ranurado [18].

2.3.2.3 Canales de Control Dedicados.

Canal asignado a un móvil en un momento.

[18] *ALOHA Ranurado:* Para mejorar las prestaciones de Aloha se definió Aloha ranurado (slotted), con el mismo funcionamiento que Aloha, y con la única diferencia de que las estaciones sólo pueden transmitir en unos determinados instantes de tiempo o slots. De esta manera se disminuye el periodo vulnerable a t . Este sincronismo hace que cuando un terminal quiera transmitir debe esperar al inicio del nuevo periodo para hacerlo.

SDCCH (*Standalone Dedicated Control Channel*): Canal dedicado de control independiente de dos direcciones (de BBS a 1MS y de 1MS al BBS). Consiste de 4 ranuras de tiempo en cada multitrama llevando un mensaje. Velocidades bajas de transmisión efectiva pero suficiente para la información que necesita enviarse.

SACCH (*Slow Associated Control Channel*): Canal dedicado de control lentamente asociado (de BBS a 1MS y de 1MS al BBS). En la dirección *forward* transporta: Mensajes de *broadcast*, información de control de potencia, avances de Temporización Específicos. En la dirección *reversa* transporta: Mensajes con reportes de mediciones realizadas, acuses de recibo de mensajes de control de potencia.

FACCH (*Fast Associated Control Channel*): Canal dedicado de control rápidamente asociado (de BBS a 1MS y de 1MS al BBS). Se dispersa en 8 ranuras de tiempo en 8 tramas, se “roba” la mitad de los bits del canal de tráfico. Se usa para transmitir órdenes urgentes como una orden de hand-off.

2.3.3 CODIFICACIÓN DE VOZ

GSM es un sistema digital, con lo que se ha de digitalizar la voz mediante un conversor para enviarla por el interfaz aire. El método empleado por las redes ISDN y los actuales sistemas telefónicos es la modulación PCM^[19]. La trama de salida del PCM son 64 kbps, que es una velocidad demasiado alta para un canal de radio. La voz se divide en muestras de 20 ms, y cada una de ellas se codifica como 260 bits, dando una velocidad de 13 kbps.

^[19] *Pulse Code Modulation*: es una representación digital de una señal analógica, donde la magnitud de la señal es muestreada regularmente a intervalos uniformes, luego cuantizada a una serie de símbolos en un código digital.

2.3.4 CONTROL DE POTENCIA

Los terminales GSM están subdivididos en cinco clases basándose en la máxima potencia con la que pueden transmitir sobre el canal radio, que varía desde un máximo de 20W a un mínimo de 0.8W. La Tabla 2.3 resume las características de estas cinco clases:

Clase de potencia	Máxima salida de potencia GSM 900	Máxima salida de potencia DCS 1800	Máxima salida de potencia PCS 1900
1	20 W (43 dBm)	1 W (30 dBm)	1 W (30 dBm)
2	8 W (39 dBm)	0,25 W (24 dBm)	0,25 W (24 dBm)
3	5 W (37 dBm)		2 W (33 dBm)
4	2 W (33 dBm)		
5	0,8 W (29 dBm)		

Tabla 2.3 Clases de Potencias para Estaciones Móviles^[2.4]

Para hacer mínima la interferencia entre canales y ahorrar energía, ambos el móvil y la estación base funcionan con el menor nivel de potencia necesario para mantener una señal de calidad aceptable. El nivel de potencia se puede subir o bajar en pasos de 2dB hasta un mínimo de 13 dBm (20 mW).

2.4 ASPECTOS DE LA RED

^[2.2]

Una parte de las funciones de una red móvil celular es asegurar la transmisión de datos y voz con una determinada calidad sobre el enlace de radio.

En general, las antenas GSM, que están polarizadas verticalmente, están situadas en zonas urbanas en lo alto de edificios y en zonas rurales en lo alto de torres construidas para el efecto. Se suelen poner 9 antenas situadas en tres planos a 120° (Figura 2.9) de forma que hay 3 antenas por plano. De las 3

antenas situadas en cada plano las de los extremos son de recepción y la central de transmisión

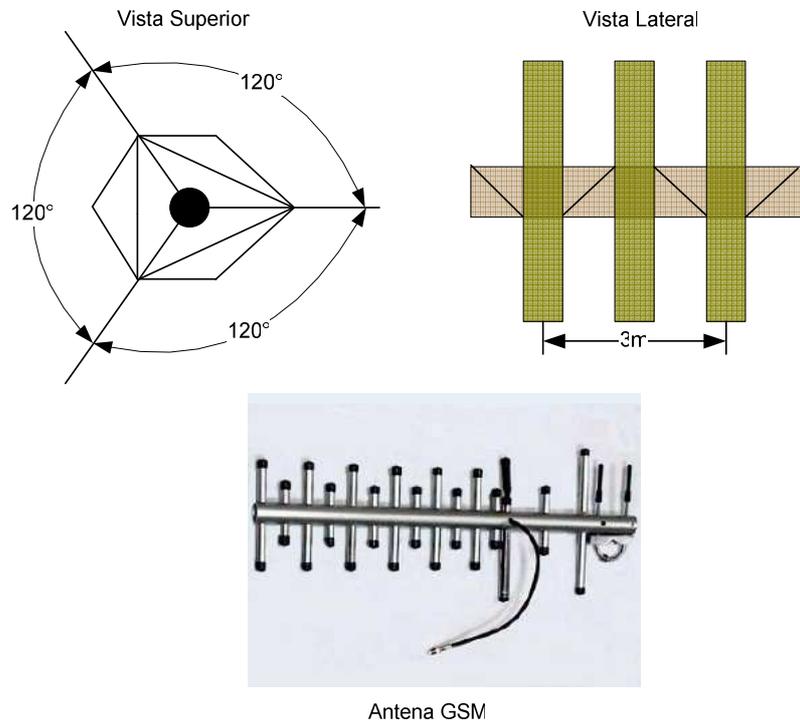


Figura 2.9. Antenas GSM^[2.2]

El hecho de que el área geográfica cubierta por la red esté dividida en celdas necesita la implementación del mecanismo de handover. También el hecho de que el móvil puede desplazarse por distintas naciones y proveedores de servicios (roaming) requiere que el registro, autenticación, direccionamiento de llamadas y actualización de los datos de localización del móvil sean funciones que deben estar implementadas en la red GSM.

El protocolo de señalización en GSM está estructurado en tres capas (Figura 2.10).

La capa 1 es la capa física, que utiliza la estructura de canales.

La capa 2 es la capa de enlace de datos. A través del interfaz Um^[20] el enlace de datos es una versión modificada del protocolo LAPD^[21] usado en ISDN, que se denomina LAPDm.

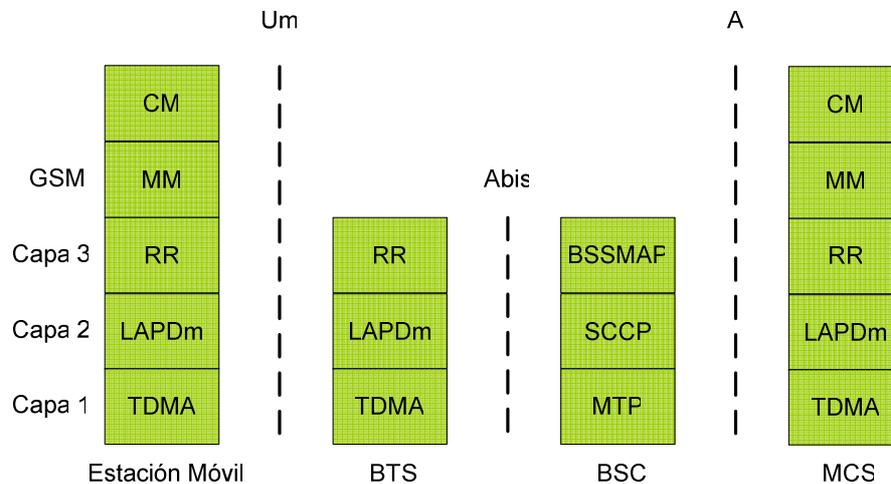


Figura 2.10. Estructura del Protocolo de Señalización en GSM^[2.2]

La capa 3 del protocolo de señalización de GSM se divide en tres subcapas:

- RR (Manejo de recursos de radio). Controla la inicialización, mantenimiento, y terminación de los canales de radio, incluyendo los handovers.
- MM (Manejo de la movilidad). Maneja los procedimientos de registro y puesta al día de la localización así como la seguridad y autenticación.
- CM (Manejo de la conexión). Maneja el control de las llamadas, los servicios complementarios y el servicio de mensajes cortos.

La señalización entre las diferentes entidades en la parte fija de la red así como entre el HLR y el VLR se realiza a través del MAP (Mobile Application Part).

^[20] *Interfaz Um*: Interfaz de radio que utiliza la estación móvil para comunicarse con la red GSM.

^[21] Link Access Procedure-D channel: Es un protocolo de capa 2 del Modelo OSI. Este protocolo permite transferir bloques de información a la Capa 1 (Física) y soportando multiplexación de diferentes conexiones.

2.4.1 MANEJO DE LOS RECURSOS DE RADIO

La capa del manejo de los recursos de radio (RR) vigila el establecimiento del enlace, tanto de radio como fijo, entre la estación móvil y el MSC. Una sesión RR se inicia siempre por un móvil a través de un procedimiento de acceso, tanto para una llamada al exterior o como respuesta a un mensaje de paging.

Maneja los recursos tales como la configuración de los canales de radio, la localización de canales dedicados, características del canal de radio como control de potencia, transmisión discontinua.

2.4.1.1 Handover

En una red celular, la radio y el enlace fijo no permanecen situados en el mismo sitio durante el tiempo de llamada. El handover es la conmutación de una llamada en curso a un diferente canal o celda (Figura 2.11). La ejecución y las medidas requeridas para el handover es una de las funciones básicas de la capa RR.

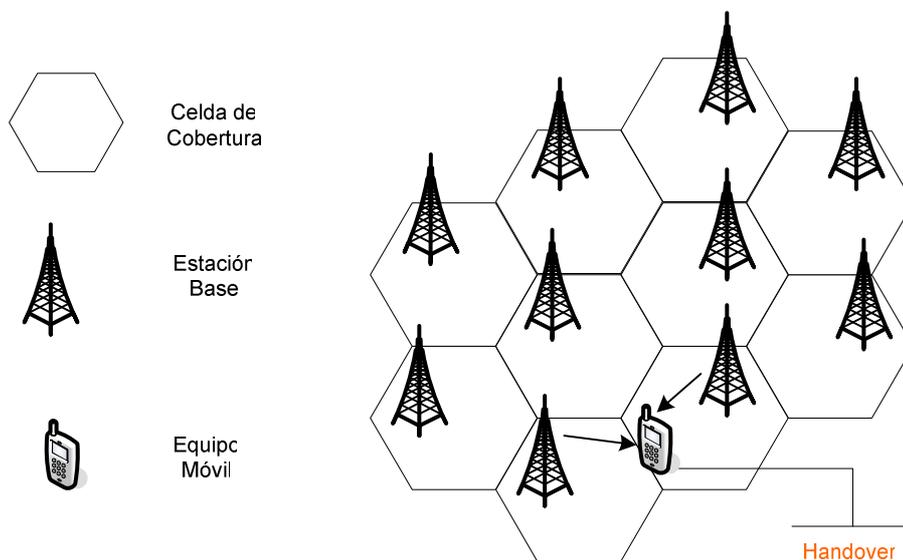


Figura 2.11. Handover ^[2.2]

En GSM hay 4 tipos diferentes de handover:

- De canal en la misma celda
- De celda bajo el control de la misma BSC.
- De celda bajo el control de diferente BSC pero perteneciendo a la misma MSC.
- De celda bajo el control de diferente MSC.

Los dos primeros tipos se denominan handover internos implican una sola BSC. Son manejados por la BSC sin implicar al MSC, excepto para notificar la terminación del mismo.

Los dos últimos tipos se denominan handover externos y se encargan de ellos las MSC implicadas. La MSC original se denomina anchor MSC y la nueva MSC.

El handover se puede iniciar tanto por el móvil como por la MSC. El móvil explora hasta 16 celdas vecinas y conforma una lista con las 6 mejores candidatas para posibles handover basándose en la potencia de las señales recibidas.

El algoritmo para decidir cuando hay que dar un handover no está especificado en las recomendaciones GSM.

2.4.2 MANEJO DE LA MOVILIDAD

La capa de manejo de la movilidad (MM) está situada encima de la capa RR y maneja las funciones que derivan de la movilidad del abonado, así como los aspectos de autenticación y seguridad.

El manejo de la localización tiene que ver con los procedimientos que permiten al sistema conocer la actual localización de un móvil para que se pueda completar el direccionamiento de una llamada.

2.4.2.1 Localización del móvil

El abonado al encender su terminal e introducir su tarjeta personal de identificación, en ella está su IMSI y el último TMSI asignado. El móvil escucha las 124 frecuencias y selecciona las 30 mejores. Busca la frecuencia f_0 (canal de sincronización), y elige la mejor. Estas medidas se hacen sobre al menos 5 muestras durante 3 a 5 segundos.

Una vez encontrada f_0 lee la identidad de área de los datos difundidos por la BTS. Si es diferente de la última memorizada en su tarjeta se procede a una actualización de localización.

Este mensaje de petición de actualización de localización, la BSS lo retransmite hacia el MSC/VLR. Este MSC/VLR envía un mensaje al antiguo MSC/VLR que le devuelve como respuesta una serie de datos. El nuevo MSC/VLR le envía al móvil un mensaje de petición de autenticación a través del BSS.

En el caso de que el móvil entre por primera vez en la red el MSC/VLR le envía los datos al HLR en vez de al antiguo MSC/VLR.

El móvil envía al MSC/VLR una respuesta de autenticación.

Si todo es correcto el MSC/VLR envía el mensaje "actualiza localización" al HLR y envía al móvil un mensaje de comienzo de cifrado. El móvil le envía al MSC/VLR un mensaje de comienzo de cifrado aceptado.

El BSS envía al móvil el mensaje "actualización aceptada" con un nuevo TMSI y la nueva identidad de área en un mensaje cifrado. El móvil responde con el mensaje "completada la actualización del TMSI" (Figura 2.12).

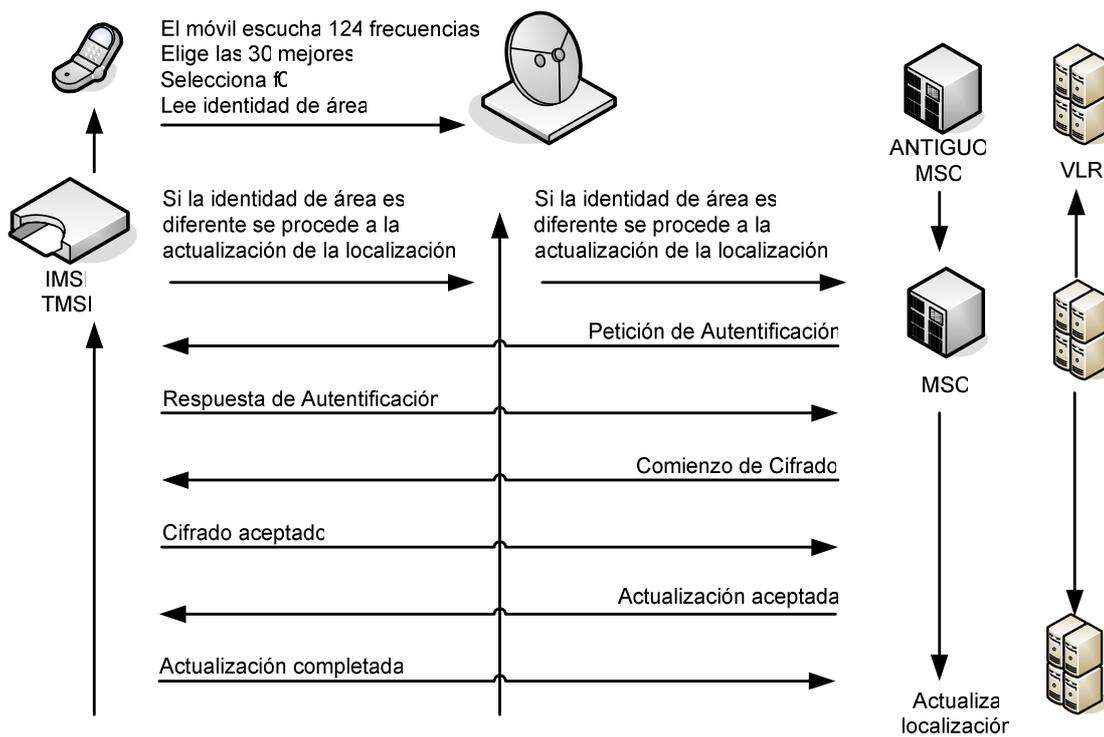


Figura 2.12. Localización del Móvil^[2.2]

2.4.2.2 Actualización de la localización

Un móvil encendido es informado de una llamada mediante un mensaje enviado por el canal PAGCH de una celda. GSM envía estos mensajes al área de localización donde se encuentra el móvil. Únicamente es necesario actualizar la localización cuando el móvil sale fuera del área de localización.

En los procedimientos de localización y subsiguiente direccionamiento de llamadas se usan los registros HLR y VLR.

Cuando un móvil cambia de área de localización se envía un mensaje de actualización de localización al nuevo MSC/VLR que guarda esta información y la envía al HLR. Por razones de fiabilidad tiene un procedimiento periódico de actualización de localización. El tiempo entre actualizaciones periódicas está controlado por el operador del sistema.

2.4.2.3 Cifrado y seguridad

GSM utiliza tres servicios de seguridad diferentes, el A3 empleado en el proceso de autenticación del abonado en la red, el A5 para proteger las conversaciones de los abonados y el A8 para generar las claves de cifrado/descifrado de las conversaciones. En la práctica se suelen integrar las funciones A3 y A8 en un único algoritmo denominado A3A8. GSM sólo dicta las normas que deben cumplir estos algoritmos (longitud de clave de abonado, tiempo de ejecución del algoritmo A3 dentro de la tarjeta SIM, etc.) pero no obliga a emplear un algoritmo en particular.

Mediante la clave del usuario usando un algoritmo denominado A8 se puede obtener una clave para cifrar el mensaje. Esta clave de cifrado usa el algoritmo A5 para crear una secuencia de 114 bits a la que se hace la función XoR la trama TDMA.

Otro nivel de seguridad está en el equipo móvil en si mismo. El terminal móvil GSM se identifica por el número IMEI. La lista de IMEI de la red se almacena en el EIR. Como respuesta a un petición de IMEI al EIR se devuelve uno de los siguientes estados:

- Lista blanca. Se permite al terminal conectarse a la red.
- Lista gris. El terminal está bajo la observación de la red debido a posibles problemas.
- Lista negra. El terminal se ha denunciado como robado o es de un tipo que no está aprobado. No se permite conectar el terminal a la red.

2.4.3 MANEJO DE LAS COMUNICACIONES

La capa de manejo de comunicaciones (CM) es responsable del control de llamadas (CC), del manejo de los servicios suplementarios, y del manejo de los servicios de mensajes cortos. Cada uno de estos puede considerarse como una subcapa separada dentro de la capa CM.

2.4.3.1 Direccionamiento de llamadas

El número a marcar para localizar a un móvil se llama MSISDN (Mobile Subscriber ISDN). Este número incluye un código de país, y un código de destino nacional, que identifica al operador.

Una llamada para un móvil se direcciona a la función gateway MSC (GMSC), que interroga al HLR para obtener la información del direccionamiento y además contiene una tabla que vincula los MSISDN a sus correspondientes HLR. La información de direccionamiento que se le devuelve al GMSC es el MSRN (Mobile Station Roaming Number) (Figura 2.13).

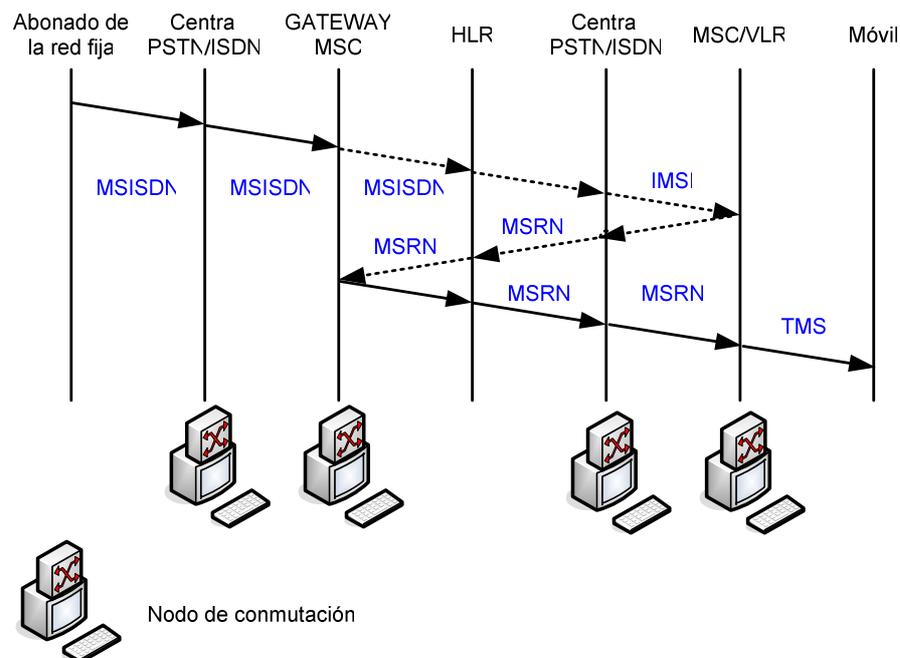


Figura 2.13. Procedimiento de Llamada ^[2.2]

2.5 SERVICIOS OFRECIDOS^[2.2]

En GSM existen tres tipos de servicios:

- Servicios Portadores
- Teleservicios
- Servicios suplementarios

2.5.1 SERVICIOS PORTADORES

La naturaleza digital de GSM habilita el transporte de datos como un servicio portador hacia y desde un terminal ISDN.

A continuación se mencionan algunos servicios portadores:

- Voz digitalizada usando 13 Kbps en el interfaz aire y 64Kbps en la red fija.
- Transmisión Digital sin restricciones, usando 12 Kb/s del canal de tráfico para envío de datos transparentes. También se pueden enviar de forma no transparente utilizando tramas HDLC entre el móvil y el MSC.
- Audio a 3,1 kHz para el envío de datos vía módem. Este envío se puede hacer de modo transparente o no transparente.
- Voz seguida de envío de datos digitales produciéndose el cambio mediante envío de un mensaje.
- Acceso a PAD (red conmutada de paquetes). Se pueden enviar datos hasta 9600 bps hacia PSTDN (Packet Switched Public Data Networks), ISDN... usando una gran variedad de protocolos como X.25 o X.32

2.5.2 TELESERVICIOS

El servicio más básico que soporta GSM es el de telefonía, estos servicios son aquellos que las personas usan directamente.

La voz se codifica de forma digital y se transmite por la red GSM como un conjunto de bits.

A continuación se mencionan algunos teleservicios:

- Servicio de emergencia (112)
- SMS (*Short Message Service*)
- Telefonía de voz.
- Llamadas de emergencia destinadas a determinados números.
- Distribución y radiodifusión de mensajes cortos (239 bytes máximo).
- Distribución de correo electrónico.

2.5.3 SERVICIOS SUPLEMENTARIOS

Se implementan sobre los teleservicios y servicios portadores.

A continuación se mencionan algunos servicios suplementarios:

- Identificación de números: presentación del número del llamante.
- Facilidades para establecer llamada: desvío de llamadas.
- Facilidades para completar la llamada: llamada en espera.
- Llamadas múltiples: conferencia múltiple.
- Tarifación: aviso de trificación.
- Prohibición de llamadas: salientes, internacionales, entrantes.

Este sistema incorpora el roaming o sea la posibilidad de ser localizado fuera de la cobertura del proveedor de servicios telefónicos.

2.6 GPRS^[2.2]

2.6.1 GENERALIDADES

Es considerada la generación 2.5, entre la segunda generación (GSM) y la tercera

(UMTS)^[22].

Proporciona altas velocidades de transferencia de datos y se utiliza en las redes GSM.

GPRS es sólo una modificación de la forma de transmitir datos en una red GSM, pasando de la conmutación de circuitos en GSM a la conmutación de paquetes. En GPRS los intervalos de tiempo se asignan a la conexión de paquetes, mediante un sistema basado en la demanda. Esto significa que si no se envía ningún dato de un usuario, las frecuencias quedan libres para ser utilizadas por otros usuarios.

En GPRS es posible tener terminales que gestionen cuatro canales simultáneos de recepción y dos de transmisión, pasando de velocidades de 9,6 kbps en GSM a 40 kbps en recepción en GRPS y 20 kbps de transmisión.

La tarificación por parte del operador de telefonía móvil sólo se produce por la información transitada, no por el tiempo de conexión. Esto permite que un dispositivo móvil que se conecta a la red y permanece conectado durante un periodo prolongado de tiempo no afecte en gran medida a la cantidad facturada por el operador.

2.6.2 ARQUITECTURA

El interfaz de aire GPRS es idéntico al de la red GSM (igual modulación, bandas de frecuencia y estructura de tramas).

GPRS está basado en un BSS (*Base Station Subsystem*) GSM evolucionado.

^[22] *Universal Mobile Telecommunications System*: es la tecnología sucesora de GSM, también llamado W-CDMA. Permite introducir muchos más usuarios a la red global del sistema, y además permite incrementar la velocidad a 2 Mbps por usuario móvil.

Una MS en GPRS se categoriza de acuerdo a sus capacidades para soportar diferentes modos de operación simultáneamente para GSM y GPRS:

Clase A

La MS soporta uso simultáneo de servicios GSM y GPRS (asociación, activación, monitoreo, transmisión, etc.), y puede establecer o recibir llamadas en los dos servicios simultáneamente.

Clase B

La MS puede estar asociada a ambos servicios, GSM y GPRS. Pero la MS puede operar solo en uno de ellos a la vez.

Clase C

La MS está asociada ya sea al servicio GSM o al GPRS pero no a los dos a mismo tiempo. Antes de establecer o recibir una llamada en uno de estos servicios, la MS debe asociarse explícitamente al servicio deseado.

Serving GPRS Support Node (SGSN): Está conectado a uno o más BSS. Opera como un router para los paquetes de datos para todas las MSs presentes en un área geográfica. Realiza funciones de seguridad y de control de acceso, además hace un seguimiento de la ubicación de las MSs.

Gateway GPRS Support Node (GGSN): Provee el punto de asociación entre el dominio GPRS y otras redes de datos tales como el Internet o redes corporativas. Un usuario móvil usa un APN (*Access Point Name*) para establecer una conexión a la red de destino requerida. El APN es la referencia que el GGSN usa como un gateway a una red externa.

El GGSN obtiene una dirección de la red pública de paquetes:

- PDP *packet-data protocol*
- PDP *address*: IP ó X.25

Gateway MSC: Interconecta el núcleo de la red con redes externas de circuitos conmutados

La Figura 2.14 indica la arquitectura de la red GPRS y la función de cada uno de sus componentes.

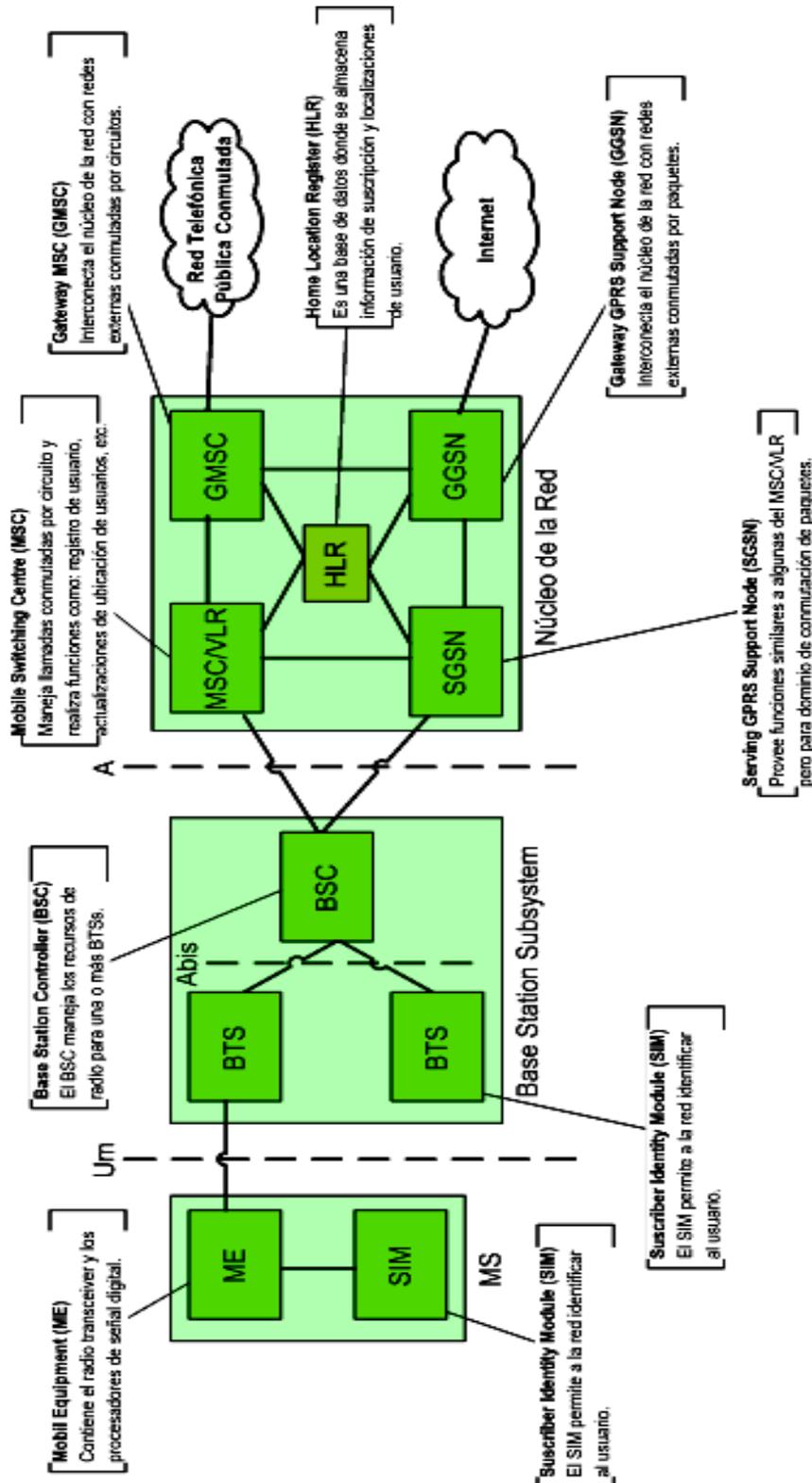


Figura 2.14. Arquitectura de la red GPRS [2.2]

2.6.3 APLICACIONES

GPRS permitirá una variedad de nuevos y únicos servicios al suscriptor inalámbrico móvil, que contienen varias características únicas que realzan el valor a los clientes. Entre ellos está:

- La capacidad de la movilidad, la misma que mantiene comunicaciones constantes de voz y de datos mientras se está en movimiento.
- Permite que los suscriptores obtengan conectividad cuando está sea requerida (casos de emergencia), sin importar la localización ni una sesión de la conexión.
- La localización permite que los suscriptores obtengan la información relevante a su localización actual.

En general, las aplicaciones se pueden separar en dos categorías de alto nivel: corporativo y consumidor.

- Comunicaciones: E-mail, fax, mensajería unificada, accesos Intranet/Internet
- Servicios de valor agregado: servicios de información, juegos
- Comercio Electrónico: Ventas al por menor, compra de boletos, actividades bancarias
- Localización: Navegación; condiciones de tráfico, buscador de la localización
- Aplicaciones verticales: Automatización de la fuerza de venta
- Advertencias.

2.6.4 COMUNICACIÓN DE DATOS DE GPRS.

Existe cooperación entre los elementos de los servicios actuales de GSM y GPRS. En la capa física, los recursos pueden ser reutilizados. En el mismo portador de radio, puede haber ranuras de tiempo (TSs) reservadas simultáneamente para uso de conmutación de circuitos y de GPRS. La utilización más óptima del recurso es obtenida al compartir dinámicamente la conmutación de circuitos y GPRS.

2.6.4.1 Enrutamiento de los Datos.

Uno de los puntos principales en la red GPRS es el encaminamiento de los paquetes de datos desde y hacia el usuario móvil. Se puede dividir en dos áreas: encaminamiento del paquete de los datos y gerencia de la movilidad.

2.6.4.1.1 Encaminamiento del paquete de los datos

Las funciones principales del GGSN implican la interacción con la red de datos externa, actualiza el directorio de localización usando información de encaminamiento proveída por el SGSNs sobre la localización de una MS y encamina el paquete encapsulado de la red externa de datos sobre el backbone GPRS al SGSN que está actualmente sirviendo al MS. Además des-encapsula y emite paquetes externos de la red de datos a la red de datos apropiada y recoge los datos de carga que se emiten a una entrada de carga.

En la Figura 2.15, se ilustran tres diversos esquemas de enrutamiento:

El móvil origina el mensaje (trayectoria 1), el mensaje de red iniciado cuando el MS está en su red (trayectoria 2), y el mensaje red iniciado cuando el MS ha migrado a la red de otro operador de GPRS (trayectoria 3).

2.6.4.2 Manejo de la Movilidad de GPRS.

La operación de GPRS es en parte independiente de la red del GSM. Sin embargo, algunos procedimientos comparten los elementos de red con funciones actuales del GSM para aumentar la eficacia y para hacer uso óptimo de recursos libres de GSM.

Un MS tiene tres estados en el sistema de GPRS: ocioso, espera, y activo (Figura 2.16).

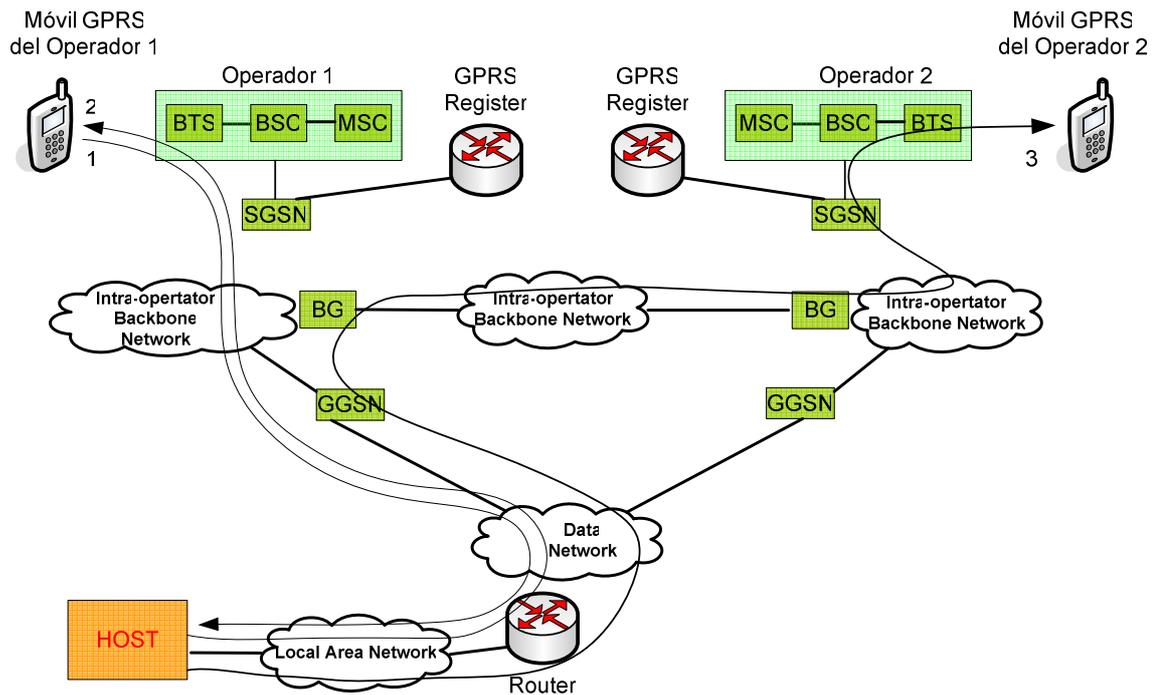


Figura 2.15. Encaminamiento de Paquetes de Datos ^[2.5]

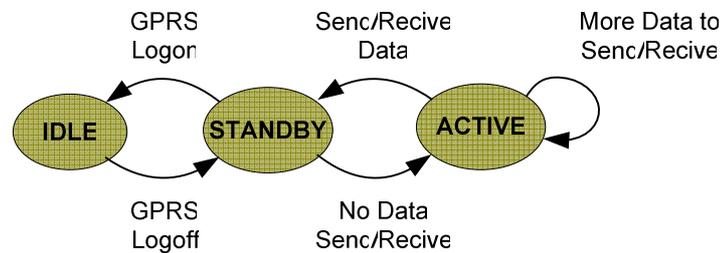


Figura 2.16 Estados de GPRS en una Estación Móvil ^[2.5]

Los datos se transmiten entre una MS y la red GPRS solamente cuando el MS está en el estado *activo* (*active*). En el estado activo, el SGSN conoce la localización de la celda del MS.

Cuando el SGSN envía un paquete al MS que está en el estado *espera* (*standby*), el MS debe ser buscado. Porque el SGSN sabe el área de encaminamiento en la cual el MS está situado, un mensaje de paging del paquete se envía a esa área

de enrutamiento. Después de recibir el mensaje de paging del paquete, el MS da la localización de la celda al SGSN para establecer el estado *activo*.

La transmisión del paquete a un MS activo es iniciada por el paquete de paging para notificar el MS de un paquete de datos entrante. La transmisión de datos procede inmediatamente después de la paginación del paquete a través del canal indicado por el mensaje de paging. El propósito del mensaje de paging del paquete es simplificar el proceso de recibir paquetes. El MS tiene que escuchar solamente los mensajes de paging del paquete, en vez de todos los paquetes de datos en los canales de downlink, reduciendo significativamente el uso de la batería.

Cuando un MS tiene un paquete para ser transmitido, es necesario el acceso al canal de uplink. El canal del uplink es compartido por un número de MSs, y su uso es asignado por un BSS. La MS requiere del uso de un canal en un paquete de mensaje de acceso randómico. La transmisión del paquete de mensaje de acceso randómico sigue los procedimientos de Aloha Ranurado. El BSS asigna un canal no utilizado para la MS y envía un mensaje de concesión de acceso del paquete en contestación al mensaje de acceso randómico del paquete. La descripción del canal (una o ranuras de tiempo múltiples) se incluye en el mensaje de concesión de acceso del paquete. Los datos se transmiten en los canales reservados.

Las razones principales del estado *espera* son reducir la carga en la red GPRS causada por mensajes de actualización de enrutamiento y conservar la batería del MS. Cuando un MS está en el estado *espera*, no hay necesidad de informar al SGSN cada cambio de celda. El operador puede definir el tamaño del área de enrutamiento, de esta manera, ajustar el número de mensajes de actualización de enrutamiento.

En el estado *ocioso*, el MS no tiene un contexto lógico de GPRS activado o ninguna dirección asignada a la Red de Datos Pública Conmutada de Paquetes (PSPDN). En este estado, el MS puede recibir únicamente esos mensajes de multicast que se pueden recibir por cualquier MS de GPRS. Debido a que la

infraestructura de red de GPRS no conoce la localización del MS, no es posible enviar mensajes al MS de redes de datos externas.

Se invoca un procedimiento cell-based de actualización de enrutamiento cuando un MS activo se incorpora a una nueva celda. En este caso, el MS envía un mensaje corto que contiene la información sobre su movimiento (el mensaje contiene la identidad del MS y de su nueva localización) a través de los canales de GPRS a su SGSN actual. Se utiliza este procedimiento solamente cuando el MS está en el estado *activo*.

Cuando un MS en un estado *activo* o de *espera* se mueve de un área de ruteo a otra en el área de servicio de un SGSN, debe realizar otra vez una actualización del enrutamiento. La información del área de enrutamiento en el SGSN es actualizada y el éxito del procedimiento se indica en el mensaje de respuesta.

La actualización de enrutamiento inter-SGSN es la más complicada de las tres actualizaciones. En este caso, el MS cambia de una área SGSN a otra, y debe establecer una nueva conexión a un SGSN nuevo. Esto implica crear un nuevo contexto de enlace lógico entre el MS y el SGSN nuevo, así como informar al GGSN sobre la nueva localización del MS.

2.7 SMS (SHORT MESSAGE SERVICE) ^[2.6]

2.7.1 GENERALIDADES

El SMS punto a punto proporciona un mecanismo para transmitir mensajes “cortos” hacia y desde los microteléfonos inalámbricos. El servicio hace uso del Centro del Servicio Corto de Mensajes (SMSC) que actúa como un sistema de almacenamiento y envío (store and forward) para los mensajes cortos. La red inalámbrica provee el transporte de mensajes cortos entre los SMSCs y los microteléfonos inalámbricos.

Una característica que distingue al servicio es que un microteléfono inalámbrico activo puede recibir o enviar un mensaje corto en cualquier momento, independiente de si existe o no una señal de voz o si una llamada de datos está en marcha.

SMS también garantiza la entrega del mensaje corto por la red. Se identifican faltas temporales, y el mensaje corto se almacena en la red hasta que el destino está disponible.

2.7.2 VENTAJAS DEL SERVICIO DE MENSAJERÍA CORTA.

Las ventajas de SMS al proveedor de servicio son:

- Una alternativa a los servicios alpha numéricos.
- Permite el acceso inalámbrico de datos para los usuarios corporativos.
- Provee servicios de valor agregado tales como E-mail, correo de voz, e integración de correo de fax, servicio recordatorio, etc.
- Provee servicios administrativos dominantes tales como descargas sobre aire y aprovisionamiento del servicio.

Las ventajas de SMS a los suscriptores se centran alrededor de la conveniencia, flexibilidad, y la integración de los servicios de mensajería y acceso de datos. Desde esta perspectiva, la ventaja es poder utilizar el microteléfono como extensión del computador.

2.7.3 ARQUITECTURA

La estructura básica de SMS se describe en la Figura 2.17.

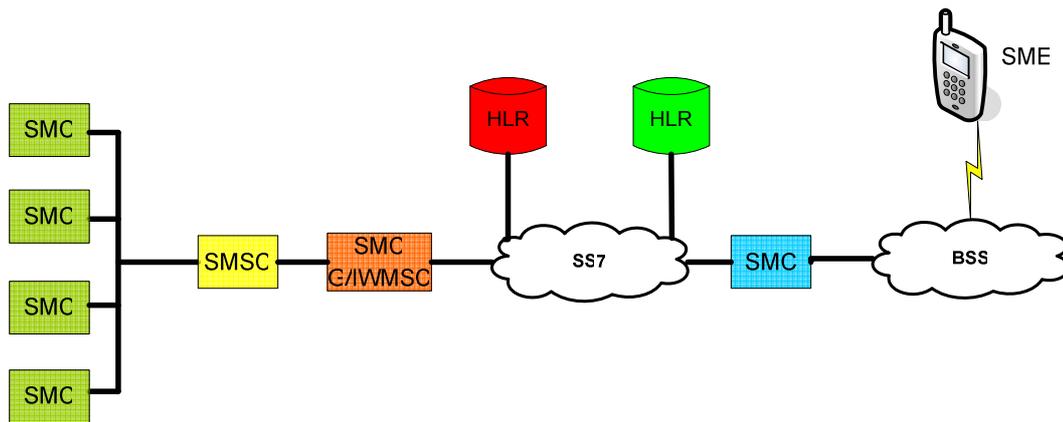


Figura 2.17 Elementos de Red y Arquitectura [2.6]

2.7.3.1 Entidades de Mensajes Cortos.

La entidad de mensajes cortos (SME) es una entidad que puede recibir o enviar mensajes cortos. El SME se puede situar en la red fija, en una estación móvil, u otro centro de servicio.

2.7.3.2 Centro de Servicio de Mensajes Cortos

El centro de servicio de mensajes cortos (SMSC) es responsable de la retransmisión y del almacenamiento y envío (store and forwarding) de un mensaje corto entre un SME y una estación móvil.

2.7.3.3 SMS-Gateway/ Interworking Mobile Switching Center

El gateway MSC (SMS-GMSC) de SMS es un MSC capaz de recibir un mensaje corto de un SMSC, interrogando al registro casero de localizaciones (home location register HLR) para enrutar la información, y entregar el mensaje corto al MSC "visitado" de la estación móvil receptora.

El SMS interworking MSC (SMS-IWMSC) es un MSC capaz de recibir un mensaje corto de la red móvil y de someterla al SMSC apropiado. El SMSGMSC/ SMS-IWMSC se integran típicamente con el SMSC.

2.7.3.4 Registro casero de localizaciones.

El registro casero de localizaciones (HLR) es una base de datos usada para el almacenamiento permanente y manejo de suscripciones y de perfiles de servicios, proporciona la información de enrutamiento para el suscriptor indicado.

2.7.3.5 Centro de conmutación móvil.

El centro de conmutación móvil (MSC) realiza las funciones de conmutación del sistema y controla llamadas hacia y desde otro teléfono y sistemas de datos.

2.7.3.6 Registro de localización de visitantes.

El registro de localización de visitantes (VLR) es una base de datos que contiene la información temporal sobre suscriptores. Esta información es requerida por el MSC para servir a suscriptores visitantes.

2.7.3.7 El sistema de estación base.

Todas las funciones radio-relacionadas se realizan en el sistema de la estación base (BSS). El BSS consiste en los controladores de la estación base (BSCs) y las estaciones de transmisión–recepción de la base (BTSs), y su responsabilidad primaria es transmitir voz y tráfico de datos entre las estaciones móviles.

2.7.3.8 La estación móvil.

La estación móvil (MS) es el terminal inalámbrico capaz de recibir y originar mensajes cortos así como llamadas de voz. La señalización de la red inalámbrica se basa en el sistema de señalización No 7 (SS7). Una capa de servicio de SMS hace uso de las capacidades de señalización y permite la transferencia de mensajes cortos entre un par de entidades.

2.7.4 SERVICIOS DEL SUSCRIPTOR.

SMS abarca dos servicios básicos de punto a punto:

- El móvil origina el mensaje corto (MO-SM)
- El móvil finaliza el mensaje corto (MT-SM)

Cuando el móvil origina el mensaje corto, se transporta del microteléfono al SMSC y pueden ser destinados a otros suscriptores móviles o a los suscriptores en redes fijas tales como redes de paging o redes de correo electrónico.

La Figura 2.18 indica un ejemplo de mensaje corto Originado por el móvil.

1. El MS transfiere el SM al MSC.
2. El MSC interroga al VLR para verificar que la transferencia del mensaje no viole los servicios suplementarios invocados o las restricciones impuestas.
3. El MSC envía el mensaje corto al SMSC usando la operación de envío de mensajes cortos.
4. El SMSC entrega el mensaje corto al SME.
5. El SMSC reconoce al MSC el resultado acertado de la operación de envío de mensajes cortos.

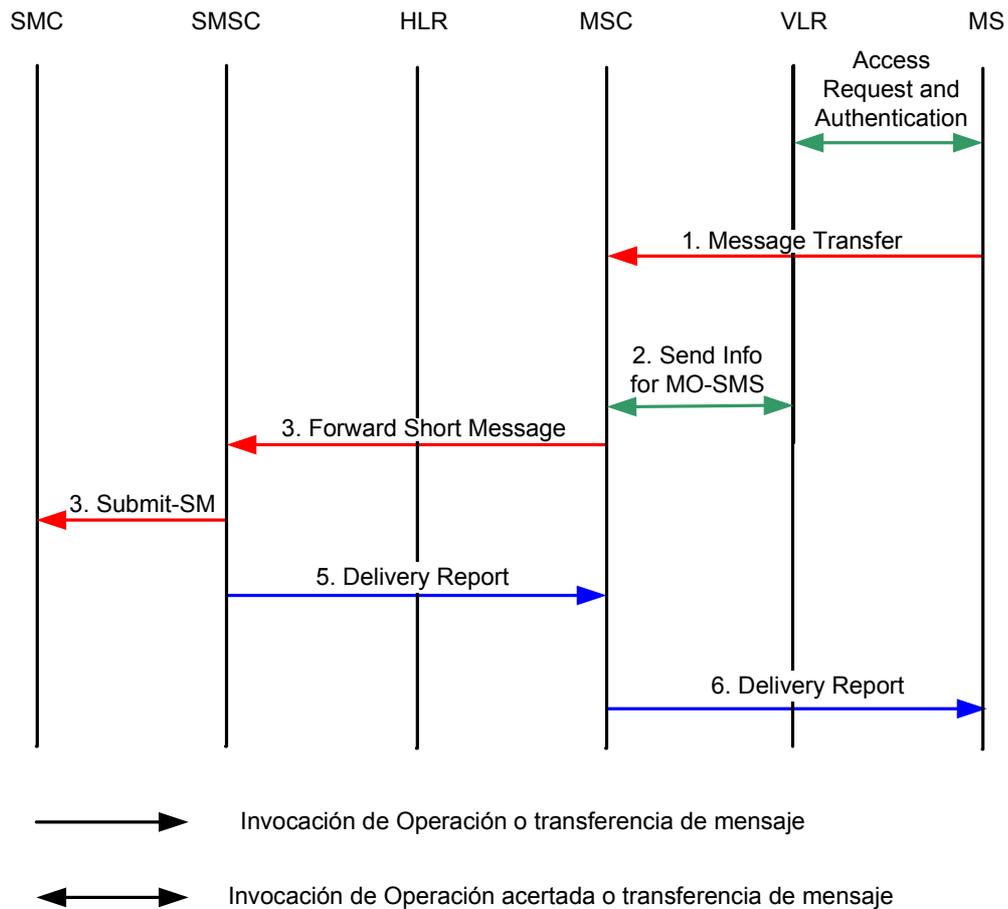


Figura 2.18. Mensaje Corto Originado por el Móvil ^[2.6]

6. El MSC devuelve al MS el resultado de la operación de MO-SM.

Cuando el móvil finalizó el mensaje corto, se transporta del SMSC al microteléfono y se pueden someter al SMSC por otros suscriptores móviles vía MO-SM o por otras fuentes tales como sistemas de correo de voz, redes de paging, u operadores.

Para MT-SM, un reporte se devuelve siempre al SMSC que confirma la entrega del mensaje corto al microteléfono o informa al SMSC de la falla en la entrega del mensaje corto e identifica la razón de la falla. Similarmente, para MO-SM, un reporte se devuelve siempre al microteléfono que confirma la entrega del mensaje

corto al SMSC o informa al microteléfono que ha identificado una falla encontrada y la razón.

La Figura 2.19 indica un ejemplo de mensaje corto Terminado por el móvil.

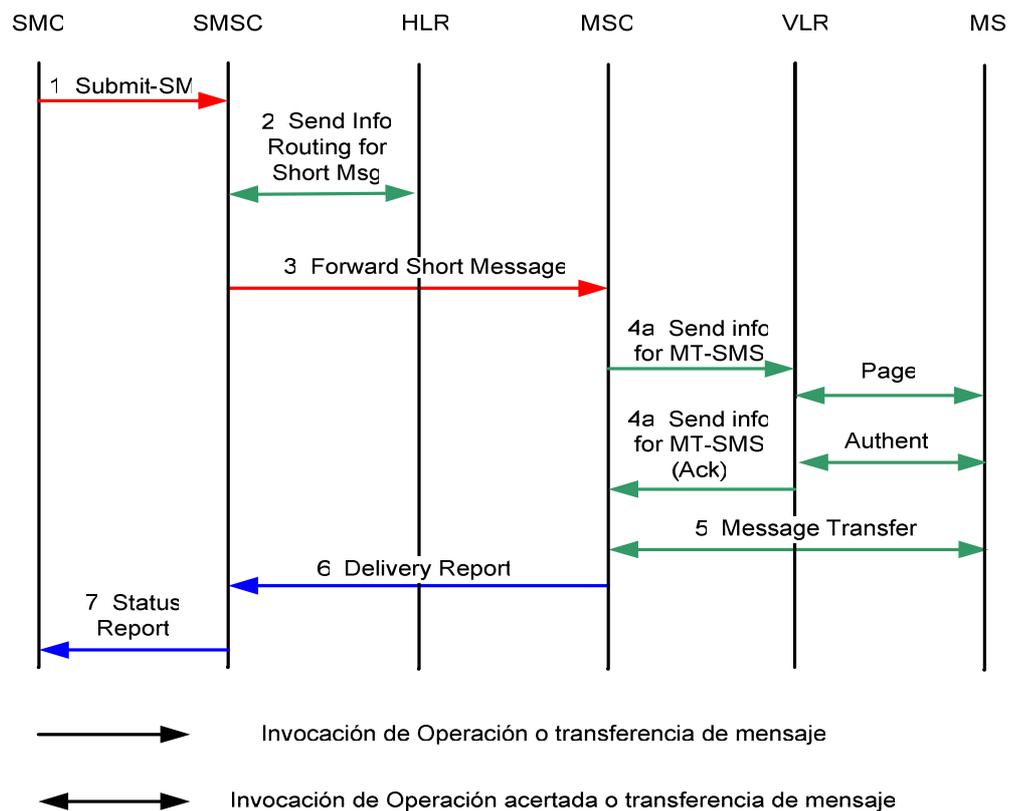


Figura 2.19 Mensaje Corto Terminado por el Móvil ^[2.6]

1. El mensaje corto se somete del SME al SMSC.
2. Después de terminar su proceso interno, el SMSC interroga al HLR y recibe la información de enrutamiento para el suscriptor móvil.
3. El SMSC envía el mensaje corto al MSC usando la operación de envío de mensajes cortos.

4. El MSC recupera la información del suscriptor del VLR. Esta operación puede incluir un procedimiento de autenticación.
5. El MSC transfiere el mensaje corto al MS
6. El MSC devuelve al SMSC el resultado de la operación de envío de mensajes cortos.
7. Si el pedido es realizado por el SME, el SMSC devuelve un reporte que indica la entrega del mensaje corto.

Dependiendo del método de acceso y de la codificación de los datos empleados por el portador, el servicio de mensajería corta de punto a punto transporta hasta 190 caracteres a una entidad de mensajería (SME). Para los mensajes que requieren entrega inmediata, se hace solamente una tentativa de entrega del mensaje por petición de servicio. Para los mensajes que no requieren entrega inmediata, se hacen unas o más tentativas de la entrega hasta que se recibe un reconocimiento.

2.8 ASPECTOS GENERALES DE GSM/GPRS

La plataforma de transmisión de datos para redes GSM es GPRS. La familia GSM de plataformas de servicio inalámbrico GSM/GPRS, representa hoy alrededor del 72% de los clientes de servicios inalámbricos digitales en el mundo.

GSM ofrece la capacidad de moverse sin esfuerzo alrededor del mundo entre países que gozan de ésta tecnología.

La tecnología GSM permite el envío de datos inalámbricos desde cualquier lugar y en cualquier momento, y entre sus características figuran:

- Velocidad de transferencia de 9,6 Kbps.

- Tiempo de establecimiento de conexión, de 15 a 30 segundos.
- Pago por tiempo de conexión.

GSM es en la actualidad una de las mejores tecnologías de acceso, en algunos países, existen mas teléfonos con líneas móviles que fijas. Tiene la habilidad de enviar mensajes cortos y llevar datos a bajas velocidades, problema que se ha superado con GPRS, que además de aumentar la velocidad de transferencia de datos, ofrece la posibilidad de enviar archivos multimedia (audio y video). Presenta los problemas usuales de radio de espectro finito y áreas de recepción nula.

GSM ofrece seguridad, privacidad y flexibilidad a través de la tarjeta SIM que lleva cada teléfono, obteniendo una mayor flexibilidad en la manera como usa el teléfono sin perder la seguridad y privacidad de sus comunicaciones. Permite cambiar de teléfono con sólo transferir la tarjeta SIM manteniendo una misma cuenta y número.

Los avances más populares e importantes en la comunicación celular, así como los servicios de valor agregado más exitosos se han dado en las redes GSM. Cabe destacar los siguientes:

- Mensajes cortos de texto (SMS), tonos de ring, logos, íconos
- Transmisión conmutada de datos inalámbricos (Circuit Switched Data)
- Packet Data (GPRS, EDGE)
- Servicios de localización geográfica.
- WAP^[24]

No todas las redes GSM usan las mismas frecuencias de radio, a menos que se compre un teléfono multibanda no se tendrá la disponibilidad para usar todo de ellas. Se puede usar el teléfono en algún país con redes GSM.

^[24] *Wireless Application Protocol*: (protocolo de aplicaciones inalámbricas) es un estándar abierto internacional para aplicaciones que utilizan las comunicaciones inalámbricas, p.ej. acceso a servicios de Internet desde un teléfono móvil.

GSM al igual que GPRS sufren de un problema en común, que es el problema de cobertura, especialmente en áreas con terrenos montañosos, cabe mencionar, que *“GPRS es una tecnología creada para funcionar con GSM como una plataforma base, es decir que GPRS no es un sistema de comunicación independiente, se creó para mejorar la transmisión de datos a través de redes GSM”*. Por eso a GPRS se lo ha denominado como la generación 2.5 en comunicación celular, es decir, es una evolución de la actual red GSM; no conlleva grandes inversiones y reutiliza parte de las infraestructuras actuales de GSM. Por este motivo, GPRS tiene la misma cobertura que la actual red GSM.

GPRS es una tecnología que subsana las deficiencias de GSM como:

- Velocidad de transferencia de hasta 144 Kbps.
- Conexión permanente. Tiempo de establecimiento de conexión inferior al segundo.
- Pago por cantidad de información transmitida, no por tiempo de conexión.

Los paquetes GPRS son enviados en todas las direcciones a fin de alcanzar el mismo destino. Esto aumenta la posibilidad para que uno o alguno de los paquetes se pierdan o corrompan durante la transmisión de datos sobre el radio enlace.

GPRS provee un buen ancho de banda para comunicaciones de datos y puede ser razonable en costos comparado con llamadas de voz móviles.

Con GPRS la facturación se realiza por volumen de datos transmitidos y no en función de tiempo de conexión, lo que representa ahorros ya que sólo se pagará por el uso efectivo que se haga de la red.

GPRS da la posibilidad de realizar/recibir llamadas de voz mientras se está conectado o utilizando cualquiera de los servicios disponibles con esta tecnología, capacidad que no poseía la antigua red GSM.

Los operadores móviles, los fabricantes de equipos industriales y de teléfonos móviles, las ingenierías, integradores y desarrolladores ven en GPRS un estándar de comunicaciones potente y práctico, finalmente los usuarios que estaban a la espera de la evolución, estandarización y comercialización de un sistema competitivo en precio y prestaciones.

La aparición en el mercado de equipos orientados al desarrollo eficiente en calidad, tiempo y coste permite mejorar nuestros procesos con telemetría y telecontrol, así como visualizar nuevas aplicaciones que sin la existencia de GPRS ni de los nuevos equipos específicos resultarían prohibitivas en coste, tanto de desarrollo como de mantenimiento y tráfico de datos.

La telemetría es actualmente una industria en rápido crecimiento. El desarrollo tecnológico de estos últimos años está habilitando numerosas posibilidades para el monitoreo y el control de máquinas y procesos en prácticamente cualquier segmento industrial, productivo y de servicios.

Existen distintas opciones tecnológicas para implementar un sistema remoto inalámbrico, ha sido sin duda la estandarización y el éxito a nivel mundial de las redes de comunicaciones GSM/GPRS lo que nos ha permitido disponer de una nueva generación de sistemas capaces de dar solución de una manera eficaz a nuestras necesidades de automatización y control en todos los ámbitos y, más concretamente, en aquellos procesos dispersos en extensión geográfica, ya sea a nivel local, nacional o transnacional.

La calidad del servicio, disponibilidad de red y bajos costos para transmisión de datos ofrecidos por la red GSM/GPRS la transforman en una alternativa tecnológica y de mercado para las aplicaciones de captura automática de datos.

El Short Message Service (SMS) es un servicio que permite a suscriptores GSM enviar un mensaje de texto simple. El bajo costo, la conveniencia que implica el envío silencioso e inequívoco de datos y la relativa rapidez del relevo de los SMS, se han traducido en una amplia aceptación de este servicio.

SMS es un servicio del tipo “store and forward (almacenamiento y envío)”, lo cual permite que si el equipo del destinatario se encuentra apagado, o fuera del área de cobertura, el mensaje sea almacenado en la red hasta que pueda ser retirado por el destinatario.

El éxito de SMS, proviene de la sencillez y facilidad de manejo, por un lado, y de que "hay alguien al otro lado" con quien realizar el acto de la comunicación.

Las posibilidades de comunicación mediante mensajes cortos “SMS” son muchas y muy variadas, pero siempre limitadas por las características de estos mensajes, 160 caracteres, muy baja velocidad (en comparación con las líneas telefónicas convencionales), duración limitada (24 ó 48 horas normalmente, si no se entregan antes son cancelados), no es un servicio garantizado (el mensaje suele llegar pero no hay garantía de ello, ni que de lleguen en el orden en que se han enviado) y posibilidad de comunicación sólo entre teléfonos celulares GSM entre los que haya "visibilidad" (que los operadores de los dos teléfonos, emisor y receptor, tengan convenio de intercambio de mensajes). Existen muchas especificaciones de formato de mensaje para los servicios prestados a través de SMS que les dotan de gran potencia y complejidad. Estos problemas no existen con GPRS puesto que es un sistema exclusivo para envío y recepción de paquetes de datos de gran tamaño.

CAPÍTULO 3.

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MÓDULOS GSM Y DE LOS TRANSMISORES DE CORRIENTE.

En el presente capítulo se realiza una descripción de las características técnicas de los módulos GSM, transmisores de corriente y sensores de vibración, temperatura y presión. Se hace énfasis en la selección de equipos que califiquen como intrínsecamente seguros (equipos especiales para uso en condiciones que involucran alto riesgo de incendios, p. ej. poliducto) puesto que este proyecto está orientado a una aplicación que implica el transporte de fluidos potencialmente peligrosos.

3.1. LA TELEMETRÍA COMO SOLUCIÓN EFICAZ DEL MONITOREO Y CONTROL DE PROCESOS.

Actualmente la telemetría es una industria en rápido crecimiento. El desarrollo tecnológico de estos últimos años está habilitando numerosas posibilidades para el monitoreo, control de máquinas y procesos en la mayoría de los segmentos industriales, productivo y de servicios.

Existen distintas opciones tecnológicas para implementar un sistema remoto sin hilos^[1], pero, ha sido sin duda la estandarización y el éxito a nivel mundial de las redes de comunicaciones GSM/GPRS^[2] lo que ha permitido disponer de una nueva generación de sistemas, capaces de dar solución de una manera eficaz a las necesidades de automatización y control en todos los ámbitos y, más concretamente, en aquellos procesos dispersos en extensión geográfica, ya sea a

[1] Radio-Módem, Satélite, MPT1327, TETRA, IEEE 802.11x (Wi-Fi), etc.

nivel local, provincial, nacional o transnacional.

El escenario actual, donde la mayor parte de los actores se han puesto de acuerdo: operadores móviles interesados en optimizar el tráfico de sus redes con los servicios de datos, los fabricantes de equipos industriales y de teléfonos móviles, en los cuales el término M2M^[3] ya está encabezando líneas de producto, cada vez con mayor peso específico, las ingenierías, integradores y desarrolladores que ven en GPRS^[4] un estándar de comunicaciones potente y práctico, y, finalmente, los usuarios que siempre están a la espera de la evolución, estandarización y comercialización de un sistema competitivo en precio y prestaciones.

¿Qué posibilidades ofrece la telemetría GPRS en los proyectos presentes y futuros? La aparición en el mercado de equipos orientados al desarrollo eficiente en calidad, tiempo y costo, permite mejorar los procesos con telemetría y telecontrol, así como visualizar nuevas aplicaciones, que sin la existencia de GPRS ni de los nuevos equipos específicos resultarían prohibitivas en costo, tanto de desarrollo como de mantenimiento y tráfico de datos. (Ver figura 3.1)

[2] GSM: Acrónimo de “*Global System for Mobile communications*”.
GPRS: Acrónimo de “*General Packet Radio Service*”.

[3] M2M: del inglés “*Machine to Machine*”, que podría traducirse como “de máquina a máquina”.

[4] Véase, para una visión global y una introducción técnica a la tecnología GPRS, el libro: *GPRS Demystified*, editorial McGraw-Hill, 2003, John Hoffman.

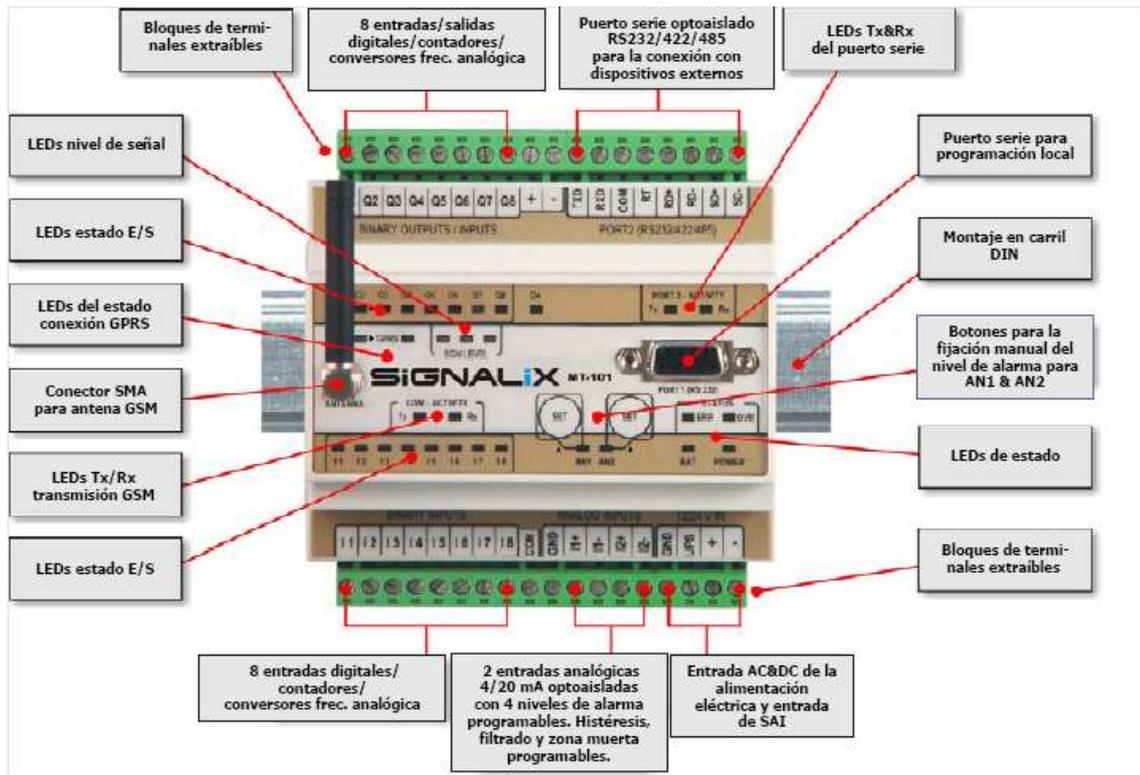


Figura 3.1. Descripción del módulo GPRS ^[3.1]

3.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN PROCESO CON TELEMETRÍA GPRS

3.1.1.1. Adquisición de datos

Cualquier tipo de señal obtenida mediante sensores (analógicos o digitales), ya sea de temperatura, humedad, presión, vibraciones, caudal, nivel de producto en tanques, apertura de válvulas, arranque de motores, etc., así como el registro de datos en general, puede ser objeto de transmisión vía GPRS (Ver Figura 3.2).

3.1.1.2. Procesamiento de datos y Actuación

Como cualquier autómatas programable (PLC), estos módulos conectados a la red GPRS pueden actuar basándose en sus variables locales.

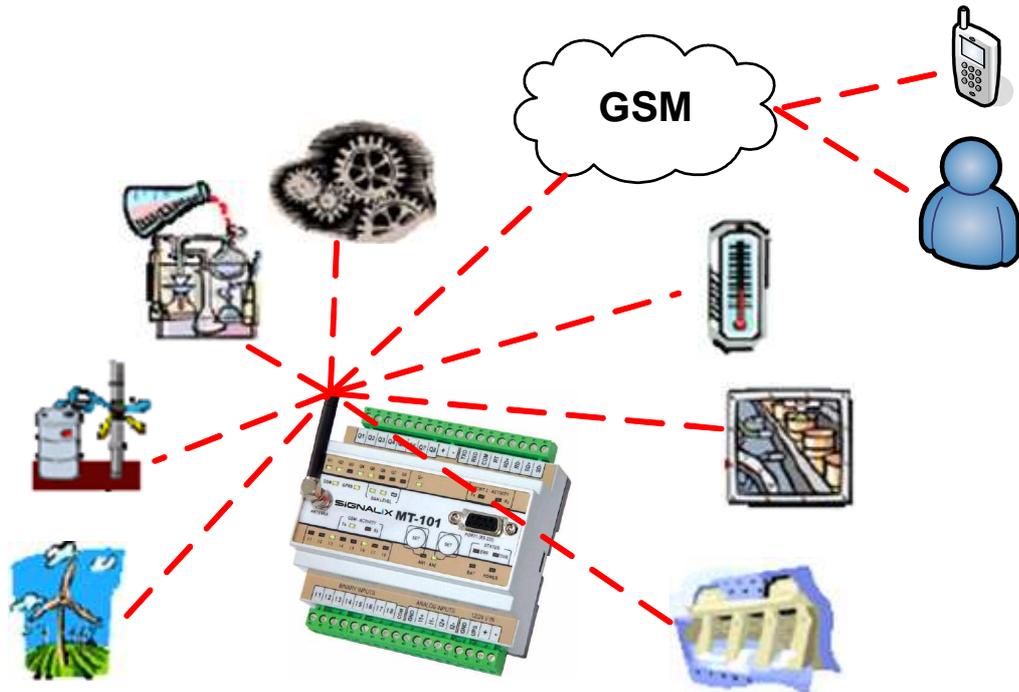


Figura 3.2. Adquisición de datos a través de un módulo compacto ^[3.1]

Además, mediante interacción con otros módulos, incorporan la capacidad de utilizar variables y datos existentes en cualquier módulo de la red, tal como se ilustra en la Figura 3.3.

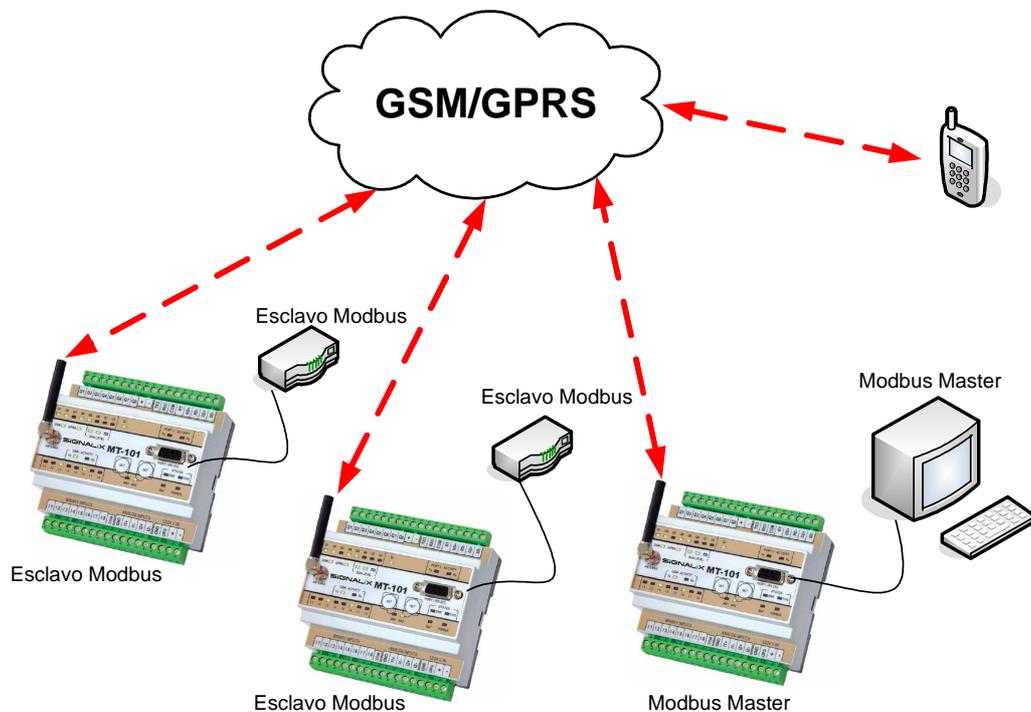


Figura 3.3 Interacción de los diferentes módulos en red GSM/GPRS ^[3.1]

3.1.2. INTERACCIÓN CON EL USUARIO Y EL SISTEMA CENTRAL

Un sistema con esta topología puede interactuar con el usuario de varias formas:

3.1.2.1. Teléfonos móviles

Enviar/recibir mensajes cortos de texto (SMS) con información del proceso a/de teléfonos móviles preestablecidos [5].

Existen dos posibilidades: (1) Activados por evento: el módulo envía un SMS al destinatario para avisarle de algún suceso preprogramado (nivel mínimo de producto en el tanque, caudal permitido máximo alcanzado, apertura de una válvula, etc.); y (2) Respuestas a consultas realizadas desde el móvil del usuario (valor actual del nivel de producto en tanque, temperatura actual, etc.).

3.1.2.2. Ordenador Central

Desde la aplicación central con los datos de todos los procesos, bases de datos, sistemas SCADA, etc. y con una conexión al subsistema^[6] GPRS, se puede visualizar el valor de cualquier variable remota, así como el estado actual de cualquier proceso, y actuar sobre los equipos remotos (Ver Figura 3.4).

[5] Los módulos GSM/GPRS poseen una lista de números telefónicos seguros, que son los únicos con permiso para interactuar con dichos módulos. Los SMS recibidos desde cualquier otro número telefónico ajeno a dicha lista de seguridad son ignorados automáticamente.

[6] Todos los módulos de telemetría GPRS de este fabricante (SIGNALIX) forman parte de un subsistema APN, "Access Point Name", de la red GPRS del operador. Dicho APN se identifica mediante cada una de las tarjetas SIM con su dirección IP definida. La conexión desde el ordenador central al subsistema puede realizarse mediante un módem GPRS con una tarjeta SIM de nuestro APN, o bien, cuando el número de módulos es lo suficientemente grande mediante una conexión directa IP2SEC con el operador.

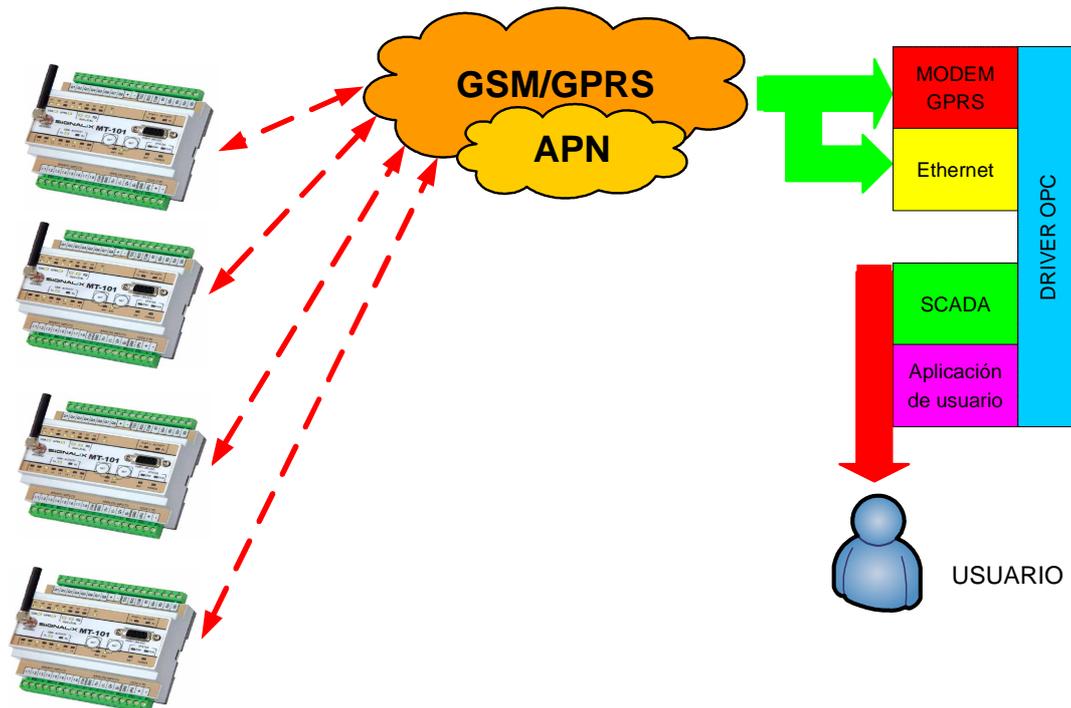


Figura 3.4. Comunicación entre la aplicación central y los módulos en la red GSM/GPRS [3.1]

3.1.2.3. Seguridad del sistema

De gran importancia en este tipo de sistemas es la seguridad respecto a las intrusiones externas.

La seguridad ofrecida por GPRS es muy similar a la ofrecida por GSM: (1) Confidencialidad de la identidad del usuario, (2) Autenticación del usuario y (3) Confidencialidad de los datos del usuario.

Además, al basarse GPRS en un sistema IP, todos los recursos conocidos para Internet son aplicables (cortafuegos, *routers*, etc.). En el caso de que la aplicación central se configure como conexión punto-a-punto se deberá utilizar conexiones seguras.

También aquí se puede diferenciar entre la implementación a nivel de SMS y a nivel de APN/GPRS^[7].

3.1.2.4. SMS

Como se comentó anteriormente, únicamente los números telefónicos residentes en la lista de seguridad de cada módulo tienen permiso de acceso. Cualquier SMS que provenga de un número ajeno a dicha lista será ignorado automáticamente.

3.1.2.5. APN/GPRS

Por defecto, el operador define en su sistema el APN que se asigna a un determinado grupo de módulos GPRS y garantiza los mecanismos necesarios de seguridad.

3.1.3. CAMPOS DE APLICACIÓN

Las posibilidades abiertas por esta tecnología son casi ilimitadas, por ejemplo: desde sistemas de seguridad hasta domótica, pasando por máquinas electrónicas de venta (*vending*), alimentación, granjas, ganado, control de calidad, control de distribución de agua, lecturas automáticas de contadores, seguimiento de vehículos, logística, monitoreo de repetidores de radio y televisión, procesos en general, etc.

Un ejemplo típico de aplicación se puede ver en la Figura 3.5. Se trata de un sistema de control logístico para la distribución de producto químico en cisternas.

^[7] *Access Point Name de la red GPRS del operador:* Dicho APN se identifica mediante una de las tarjetas SIM con su dirección IP definida.

Aprovechando la amplia cobertura geográfica de GPRS, una compañía de distribución podría tener centralizados todos los datos de sus clientes de uno o varios países gracias a los acuerdos de *roaming internacional*.

Este sistema podría actuar del siguiente modo:

- (1) Cuando un tanque de stock de un cliente llegase al nivel prefijado para generar una orden de transporte de producto, el módulo GPRS enviaría un SMS al vendedor responsable de dicho cliente para notificarle el evento.
- (2) En paralelo, se enviaría a la aplicación central dicho evento y automáticamente se generaría una orden de transporte.
- (3) Cuando la cisterna hubiese terminado la descarga del producto en la fábrica del cliente, el módulo informaría a la aplicación central de la realización exitosa de la operación.
- (4) En cualquier momento el vendedor podría preguntar a los módulos pertinentes qué cantidad de producto tienen los tanques; la aplicación central podría implementar un sistema predictivo basándose en los datos de stock, permanentemente actualizados, y en las tendencias de consumo de todos sus clientes para gestionar la producción de producto.

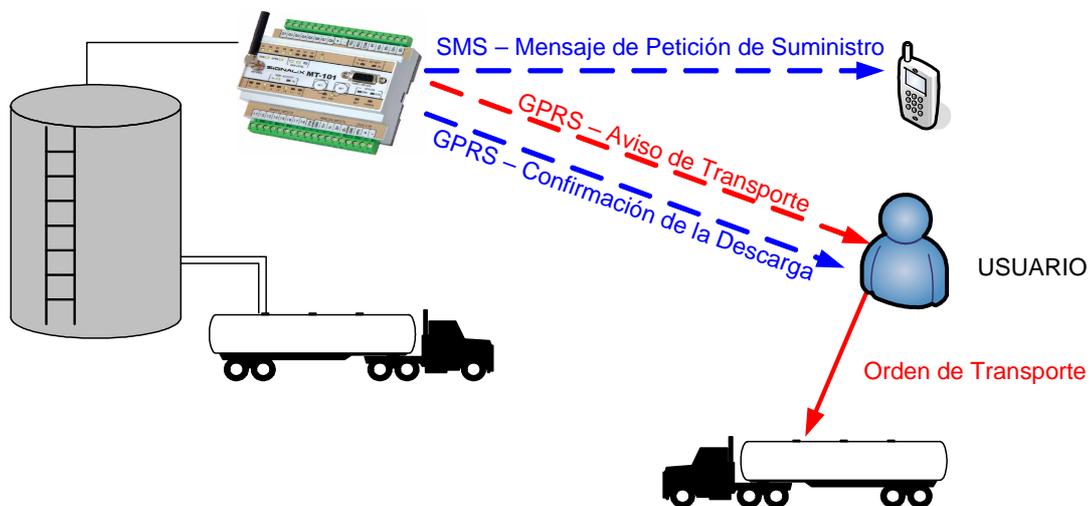


Figura 3.5 Ejemplo de control logístico de distribución [3.1]

3.2. TELECOMANDO. TRANSMISIÓN ÓPTICA DE DATOS^[3.2]

3.2.1. ACOPLADORES ÓPTICOS PARA TRANSMISIÓN DE DATOS.

Permiten realizar transmisión INALÁMBRICA de datos por vía ÓPTICA en modo paralelo, en modo serial o utilizando protocolos de comunicación Profibus o Interbus.

- **Los acopladores ópticos para modo paralelo** tienen un rango de 3m entre emisor y receptor. (Figura 3.6)
- **Los acopladores ópticos para buses de campo** están disponibles en versiones para Interbus (0 a 500 KBit/s) y para Profibus (9.6 / 19.2 / 93.75 / 187.5 / 500 KBit/s) ambas con un rango de hasta 200 m. (Figura 3.6)



Figura 3.6 Acopladores Ópticos de varios tipos ^[3.2]

- **Los acopladores de tipo serial** están disponibles en los siguientes tipos:
 - ✚ **RS-232** con un rango de hasta 15 m.
 - ✚ **RS-422** a 20 kBits/s (hasta 1.500 m).
 - ✚ **RS-422** a 100 kBits/s (hasta 1.200 m).
 - ✚ **RS-485** a 9,6-93,75 kBits/s (hasta 1.200 m).
 - ✚ **RS-485** a 187,5 kBits/s (hasta 1.000 m).
 - ✚ **RS-485** a 500 kBits/s (hasta 400 m).
 - ✚ **TTY** (20 mA) a 20 kBits/s (hasta 1.500 m).

Con estos sistemas puede lograrse la comunicación de señales de datos de los tipos indicados (RS-232, RS-422, RS-485, TTY, Profibus e Interbus) sin la necesidad de utilizar cables de transmisión. El único requisito para su utilización es que los módulos deben estar alineados entre sí.

Alimentación: 24 VCC.

Construcción: aluminio y plástico de alta resistencia.

Transmisión de datos: mediante luz infrarroja a 880nm.

Dimensiones: modo paralelo: 76 x 56 x 53 mm, modo serial y modo bus 150 x 64 x 50 mm y 162 x 116 x 133 mm.

3.2.2. ACOPLAMIENTO ÓPTICO DE DATOS

La oportunidad de reducir costos cuando se transportan grandes volúmenes ha catalizado el desarrollo de sistemas automatizados, tanto en Grúas de Terminales Portuarias, en Playas de Cargas, Playas de Contenedores, y Equipos para Almacenamiento Automatizado, como en Carros Elevadores o Vehículos Robotizados. El intercambio de datos con Móviles, cuando se realiza mediante largos cables deslizantes, sufre fricción, desgaste y rotura prematura.

Estos evitan, y también reducen costos, utilizando Rayos Infrarrojos Incoherentes Modulados en Frecuencia para lograr acoplamientos, punto a punto, hasta 200 m. Proporcionan una alternativa económica a los sistemas de transmisión por radio. (Ver Figura 3.7)

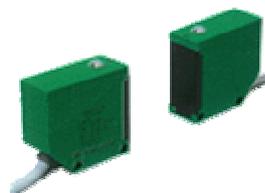


Figura 3.7 Acopladores ópticos inalámbricos ^[3.2]

Los datos se pueden transmitir en modo paralelo para mayor velocidad, o en modo serial para mejor alcance y mejor resistencia a interferencias.

Formato: cuerpos Cilíndricos, Rectangulares y Varikont.

Dimensiones (mm) 80x60x20; 85x80x34; 140x40x40; 185x104x36.

Construcción: cuerpos de plástico o aluminio.

Alcance en paralelo hasta 30 m, en serie hasta 200 m.

Alimentación 10 a 30 VCC, 24 VCC.

Salidas PNP en paralelo, RS-232, RS422 en serial.

Aptos Intemperie IP65, IP66 e IP67. No aptos Zonas Ex.

3.3. FREEWAVE. RADIOS PARA TELEMETRÍA Y SCADA ^[3.3]

- **Radio Modems Seriales (RS232, 485, 422)**
- **Radio Modems Ethernet**
- **Radios con terminales I/O**

Son radios para telemetría y SCADA, y presentan las siguientes ventajas:

1. Robustez en la comunicación.
2. Facilidad de configuración.
3. Lograr comunicación en ambientes y terrenos difíciles.

La familia de radios de transmisión de datos FGR de FreeWave trabajan en la banda de frecuencia de 902 a 928 MHz, con una potencia máxima de 1 Watt de salida, en banda libre de licencias, por lo cual no tiene que incurrir en ningún tipo de pago de cuotas mensuales, como en el uso de teléfonos celulares o líneas telefónicas terrestres.

Utilizan la tecnología de "Espectro Disperso con Salto de Frecuencia", la cual permite comunicaciones seguras aún en los ambientes más congestionados con diversas señales (celulares, radiolocalizadores, estaciones de microondas, subestaciones eléctricas, etc.).

Están diseñadas para formar redes punto a punto, y punto a multipunto, de cualquier tamaño y distancia entre nodos. Pueden integrarse en una misma red Radio Módems, Radios con E/S y Radio Módems Ethernet, cuya configuración exclusiva de FREEWAVE como troncal de la red, permite que el SCADA haga la ronda de encuestas (polling) a cientos de esclavos en tiempos mucho mas reducidos que lo convencional (Figura 3.8).

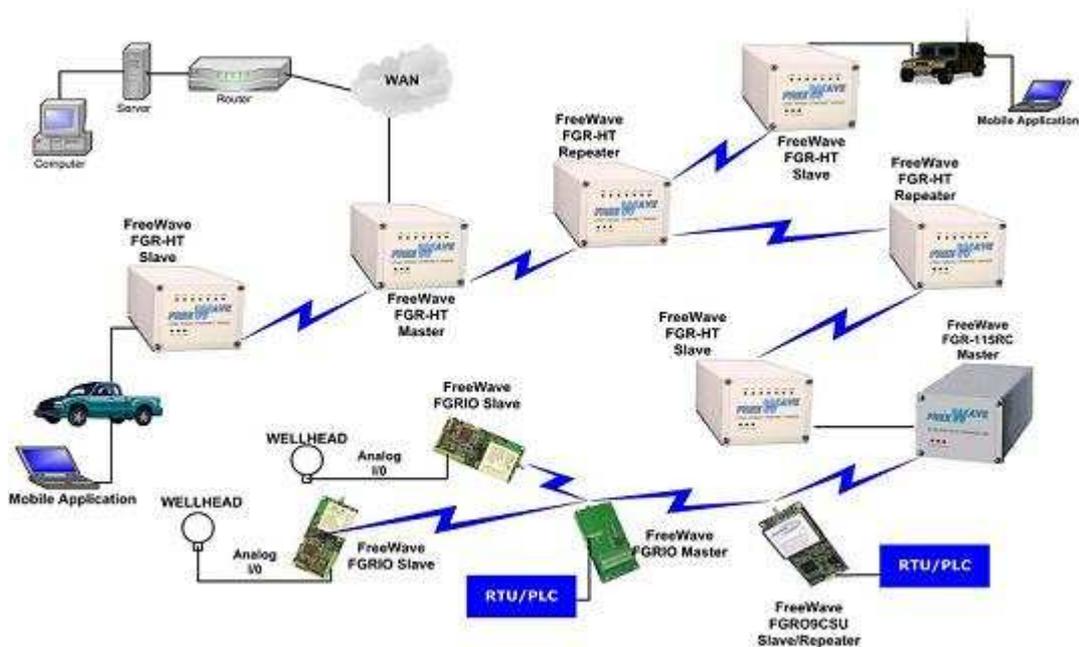


Figura 3.8 Esquema de funcionamiento y compatibilidad de los Tranceptores [3.3]

Pueden configurarse las radios como repetidores, sin límite de saltos, para extender aún más la distancia de enlace. Las Radio FreeWave trabajan con el método Store and Forward (almacena y reenvía), por lo tanto se requiere solo una radio por estación repetidora.

Esto significa un importante reducción de costo frente a otros fabricantes que requiere de dos unidades en configuración “espalda con espalda” (Back to Back).

A todos los radios se les asigna en fábrica un número de serie electrónico, lo que permite un control completo de quién puede y quién NO puede acceder a los datos.

Debido a su gran confiabilidad y robustez, estos radios han sido usados en: tanques de guerra, aviones de combate, lanchas de velocidad, yates, autos de carreras, maquinaria pesada, extensos sistemas SCADA, y en ambientes tan diferentes y hostiles que van desde simples y cómodas oficinas, hasta volcanes y el antártico (Figura 3.9, 3.10, 3.11)



Figura 3.9 Radios con terminales I/O ^[3.3]



Figura 3.10 Radios ETHERNET
115/867 Kbps ^[3.3]



Figura 3.11 Radios RS-232/422/485, 115 Kbps ^[3.3]

Los tres programas que se detallan a continuación permiten configurar las radios y monitorear las comunicaciones con fines de puesta en marcha y/o mantenimiento de la manera más sencilla e intuitiva.

3.3.1. COMMCONTROL (A LA VENTA, BAJO LICENCIA)

Permite monitorear toda una red desde la radio MASTER en los modelos FGR. También puede configurarse cualquier radio de la red desde el MASTER, sin necesidad de ir al sitio remoto (Ver Figura 3.12)



Figura 3.12 CommControl [3.4]

3.3.2. EZ CONFIG (DESCARGA GRATUITA)

Permite configurar cada radio en particular. El radio debe estar conectado al puerto serial de la PC para que pueda configurarse (Ver Figura 3.13).



Figura 3.13 EZ Config [3.4]



Figura 3.15 Tarjeta de Adquisición y envío de Datos a través de GSM/GPRS ^[3.5]

3.4.2. EN EL CAMPO DE LA TELEMETRÍA

La utilización de estos equipos como sistemas de telemetría permite conocer las variables de un sinnúmero de equipos de medición. Medidores eléctricos de caudal, de presión, de temperatura, de concentración de gases, etc.; permitiendo generar un sistema SCADA de bajo costo de comunicaciones y Hardware.

3.4.3. CONFIGURADO COMO TRADUCTOR DE PROTOCOLOS

La RTU posee un microprocesador de alta velocidad que le permite realizar traducciones de protocolos, permitiendo interoperar con viejas plataformas aún activas.

Este sistema inclusive puede ser programado para que simultáneamente conteste a varios servidores, permitiendo una migración de sistemas menos crítica.

Esto estaría significando que mientras se está montando un nuevo sistema de comunicaciones, modernizando el software de gestión y las interfaces gráficas del cliente, sigue viva la comunicación vieja, ya que el equipo contesta a ambos requerimientos.

3.4.4. COMO LIMITADOR DE CARGA, UNA FUNCIÓN ÚTIL PARA EL MERCADO ELÉCTRICO

Este equipo está basado en un procesador ARM, y cuenta con varias entradas lógicas y analógicas, así como con una importante salida de señales digitales. Las características principales del producto son las siguientes:

- Módem GSM (banda de 850MHz ó 1900MHz)
- Velocidad estándar: 9600 baudios
- 16 entradas digitales (tiempo de escaneo: 8 Hz - opcional a 32Hz)
- 4 entradas analógicas de 0 a 5Vdc o 0-20mA 10 bits con alimentación de corriente (12 ó 24V)
- 16 salidas digitales con capacidad para 8 válvulas solenoides en modo de 3 hilos
- Operación en punto a punto y multipunto a multipunto
- Backup con batería de litio para reloj en tiempo real y RAM
- Medición analógica de la alimentación de 12V (voltaje de la batería)
- Memoria flash integrada en el procesador: 256 kbytes
- Memoria flash fuera del procesador: 512 kbytes
- Protocolo Modbus; existen otros protocolos disponibles previa petición
- COM1: puerto de serie RS232
- COM2/COM3: módulo de comunicación (módem de radio, módem GSM, RS232, RS485)
- Medición de temperatura interna
- Condiciones de funcionamiento: de -20°C hasta +65 °C,
- Referencia de producto: RTU Willsa Control 4 / GPRS

Puesto que el equipo posee las virtudes de poder medir energía (instalando un módulo de energía) y también posee inteligencia ociosa para programar otras funciones, tiene la posibilidad de ser configurado como un equipo limitador de carga de bajo coste; permitiendo su implementación en grandes clientes como una herramienta de ahorro o de racionalización de energía.

Ante un mercado eléctrico trabajando casi al límite de su capacidad de generación, la implementación de sistemas que optimicen los recursos energéticos actuales es una necesidad tanto de la industria como de las grandes distribuidoras.

La opción de instalar un equipo RTU como limitador de carga, permitiría a la industria evitar pasarse de la potencia contratada, y por lo tanto, generar multas y cambios en la tarifa. Un ahorro que normalmente ronda el 20% de la factura de electricidad. En el caso de las distribuidoras le permitiría poder tener un parque energético más estable y sin sobresaltos de demanda.

3.4.5. APLICACIONES

- Telemetría
- Encriptación
- Corte a distancia
- Reposición a distancia
- Traducción de protocolos
- Alarmas múltiples (SMS, PDA, Servidor, Analógicas)

3.5. NETBITER® DISPOSITIVO REMOTO DE SOLUCIONES DE ADMINISTRACIÓN ^[3.6]

Existen en varios tipos y poseen puertos de transmisión de datos RS-232 y RJ45 (Ver Figura 3.16).

Estos equipos permiten habilitar dispositivos que se encuentren conectados a la red en cualquier parte del mundo e integrarlos en una sola red de cualquier empresa.



Figura 3.16 Módulos de Adquisición y Transmisión de Datos NETBITER [3.6]

Se puede tener acceso en cualquier momento de información crítica, sobre estatus operacionales, diagnósticos, requerimiento de servicios, alarmas, etc.

Fácil monitoreo y control de los dispositivos y procesos de automatización desde la oficina o cualquier otro sitio dónde lo requiera.

3.5.1. PERSPECTIVA DEL NETBITER® DISPOSITIVO REMOTO DE SOLUCIONES DE ADMINISTRACIÓN.

Este equipo puede hacer:

- Monitoreo y control de dispositivos o una completa automatización de procesos (Figura 3.17).
- Obtener estados operacionales y diagnósticos de otros equipos de la red.
- No tener que viajar hasta los sitios para verificar el mal funcionamiento de un dispositivo.
- Disminución de los gastos de servicios de operación y mantenimiento de los sistemas.
- Se pueden integrar con un portal WEB para proveer servicios a otras organizaciones y/o pequeños consumidores.

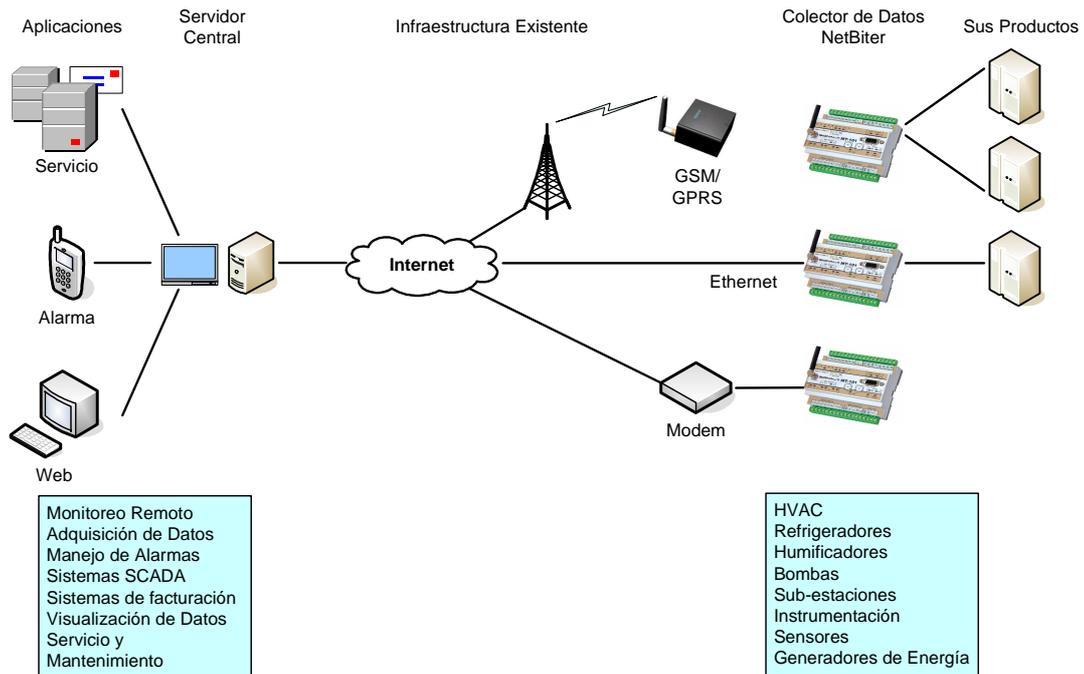


Figura 3.17 Dispositivo Remoto de Soluciones de Administración [3.6]

- Integrar dentro de su negocio herramientas de administración.
- Incrementar el tiempo de vida útil de dispositivos y sistemas.
- Reportes de tendencia y productividad en tiempo real.
- Previsión del ciclo de vida de productos
- Sistemas de posicionamiento global (GPS)

3.5.2. BENEFICIOS TÉCNICOS Y CONCEPTUALES

- Escalabilidad, desde pocos dispositivos hasta miles de ellos.
- Transmisión de datos segura y confiable.
- Se basa en infraestructuras existentes (GSM/GPRS, Internet, PSTN etc)
- Brindan independencia de acceso a los dispositivos desde cualquier sitio.
- Interfaces de comunicación abiertos e interoperables.
- Manejo de problemas técnicos comunes como barreras de fuego, grupo de módems, comunicación GPRS etc.

3.5.3. GSM / GPRS MODEM

Esta es una unidad GSM SIEMENS (Ver Figura 3.18) que trabaja en dos bandas. Posee tecnología GPRS clase 8, que puede ser usada en muchas áreas incluyendo mediciones y mantenimiento remoto, sistemas de tráfico, envíos y logística, seguridad, máquinas vendedoras, etc.

El modem GSM / GPRS es conectado normalmente al Colector de datos NetBiter® (NDC) que provee gestión de dispositivos, escalabilidad de pequeño a gran volumen de dispositivos.



Figura 3.18 Modem GSM / GPRS SIEMENS ^[3.7]

Entre las características más importantes de este terminal se encuentran:

- GSM de doble banda (900/1800 MHz) y GPRS de clase 8
- Soporte de Canal de Control de Paquetes de Difusión (PBCCH)
- Amplio rango de entrada de voltaje.
- Interfaces estandarizados
- Ranura para tarjeta SIM

Este módulo GSM incluye:

- MODEM GSM / GPRS (MC35i)
- Fuente de poder (específica para el modem)
- Antena
- Cable de conexión entre el Modem y el equipo

3.6. TRANSMISOR DE TEMPERATURA PR ELECTRONICS. ^[3.8]



El modelo 5331A es un transmisor de 2-hilos programable (Figura 3.19)

Acepta entradas en RTD Pt100, Pt1000, Ni100, Ni1000.

Termocuplas tipo J, K, B, E, L, N, R, S, T, U, W3, W5, LR.

Acepta conexiones para RTD de 2, 3 y 4 hilos

Temperatura de trabajo: -40°/85°C

Figura 3.19 Transmisor Programable ^[3.8]

Precisión absoluta: $\pm 0.05\%$ de span para todas las señales de entrada

Coeficiente de temperatura: $\pm 0.01\%$ de span / A°C

Señal de salida: 4...20 mA

3.7. TRANSMISORES DE PRESIÓN Y ACCESORIOS TRANS-P ^[3.9]

Son Transmisores intrínsecamente seguros para ambientes riesgosos, diseñados para trabajo pesado, con una exactitud de 0.25% o 0.1%.



Figura 3.20 Transmisores de Presión, Temperatura y Caudal ^[3.9]

3.7.1. APLICACIONES.

Control de procesos, procesador de pruebas, hidráulica, presión de estampado, controles de maquinaria, las más generales aplicaciones de presión industrial.

3.7.2. ESPECIFICACIONES.

Señal de salida: 4-20 mA, 2 líneas (std)

0-5 V, 0-10 V, 1-6 V, or 1-11 VDC (3 líneas)

Rangos de presión: Vacío, compuesto, presión 15000PSI; Calibrada y absoluta.

Presión de Prueba: 0-5, 0-10, y 0-7500 real 0-15000PSI: 1.5 x rango 0-15 real 0-6000PSI: 2 x rango

Presión de Ráfaga: 0-5, 0-10, y 0-7500 real 0-15000PSI: 2 x rango 0-15 real 0-6000PSI: 5 x rango

Precisión (BFSL): +/- 0.5% de intervalo (estándar) (incluye repetitibilidad, +/- 0.25% de intervalo (opcional) histéresis, y linealidad):

Ajuste: +/- 5% full escala, cero e intervalo

Entrada: 12-30 VDC (para la corriente de salida) 14-30 VDC (para voltaje de salida)

Temperatura: Compensada: +32 a 175 ° F

Efectiva: +/- 0.02% de intervalo / °F

Media: -22 a 212°F (-30/100°C)

Ambiente: -40 a 185°F (-40 a 85°C)

3.8. TRANSMISORES DE NIVEL DE LÍQUIDO



Figura 3.21 Transmisores de nivel de líquido [3.9]

3.8.1. ESPECIFICACIONES.

Señal de salida: 4-20 mA, 2 líneas

0-5 VDC, 0-10 VDC, or 0.5-2.5 VDC (3 líneas)

Rangos de presión: 0-2PSI, real 0-300PSI

Presión de prueba: 2 x rango

Presión de Ráfaga: 4 x rango

Exactitud (BFSL): +/- 0.25% del intervalo (estándar)

(Incluye repetitibilidad, +/- 0.1% del intervalo (opcional) histéresis, y linealidad)

Entrada: 12-30 VDC (para la corriente de salida)

14-30 VDC (para la salida de VDC)

6 VDC (para salida de 0.5 a 2.5VDC)

Temperatura: Compensada: +32 a 122°F (0/50°C)

Efectiva: +/- 0.01% del intervalo / ° F (sobre cero e intervalo)

Media: -14° a 175°F (-10°/80°C)

Protección del Medio Ambiente: NEMA 6, IP68 (sumergible hasta 1,000 ft.)

Protección Eléctrica: Polaridad Invertida, corto circuito, protección contra rayos.

Cable Sumergible: Descargado, protección anti humedad, cobertura de poliuretano.

Fuerza de tensión: máximo 220 libras

Partes Mojadas: Cuerpo – acero inoxidable 316 y 304

Cable – poliuretano

Nariz cónica.

3.9. TRANSMISORES DE PRESIÓN PARA LÍQUIDOS Y GASES ^[3.9]



Figura 3.22 Transmisores de presión con display e invasivos ^[3.9]

Transmisores para medir presiones relativas y absolutas, nivel y caudal, comunicación HART ó PROFIBUS, disponen de funciones de autodiagnóstico y precisión de 0,075% (Figura 3.22).

3.9.1. TRANSMISOR COMPACTO MONORANGO SITRANS P SERIE Z

Mide presión relativa y absoluta con exactitud de 0,25% FS. La robusta construcción en acero inoxidable permite su utilización en flúidos corrosivos y en industrias Químicas, Farmacéuticas, Alimenticias, Naval y Abastecimiento de agua. Con rangos de medición desde 0 a 100 mbar hasta 0 a 400 bar, soportando sobrepresiones de hasta 50%. La presión medida se transforma en una señal de 4-20 mA ó 0-10 V, con conexión de 2 y 3 hilos. Disponen de versiones con protección contra explosiones EEx ia IIC T4. (Figura 3.23)



Figura 3.23 Transmisores invasivos de 4 a 20 mA ^[3.9]

Conexión a proceso: rosca G 1/2"

Rango mínimo: 0 – 10 mbar

Rango máximo: 0 – 400 bar

Sobrepresión: 50% del rango máximo

Temperatura: - 30°C a 120°C

Exactitud: ± 0,25 % FS

Salida: 4-20 mA (circuito 2 hilos) ó 0-10 V (circuito 3 hilos)

Alimentación: 15-36 VCC

Construcción: partes mojadas AISI 316 Ti

Apto: Ex II 1/2G Eex ia IIC T4

3.10. MÓDULO FOTOVOLTAICO SIEMENS I-22^[3.10]

El módulo fotovoltaico de la Figura 3.24 posee las siguientes características físicas:

- **Longitud:** 540 mm
- **Anchura:** 440 mm
- **Espesor:** 20 mm
- **Peso:** 3 kg
- **Número de células en serie:** 36 1/2
- **Número de células en paralelo:** 1
- **TONC (800 W/m², 20 °C, AM 1.5, 1m/s):** 47 °C

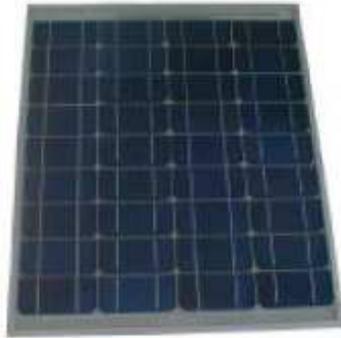


Figura 3.24 Módulo Fotovoltáico ^[3.10]

Entre las características eléctricas figuran las siguientes:

- **Tensión nominal (Vn):** 12 V
- **Potencia máxima (Pmax):** 22 WP \pm 10 %
- **Corriente de cortocircuito (Isc):** 1,64 A
- **Tensión de circuito abierto (Voc):** 21,6 V
- **Corriente de máxima potencia (Imax):** 1,26 A
- **Tensión de máxima potencia (Vmax):** 17,4 V

Entre las características constructivas figuran las siguientes:

- Células Si monocristalino, texturadas y con capa antirreflexiva
- Contactos redundantes, múltiples, en cada célula
- Laminado EVA (etilen-vinil acetato)
- Cara frontal Vidrio templado de alta transmisividad
- Cara posterior Protegida con Tedlar de varias capas
- Marco Aluminio anodizado
- Conexión 2 x 1,5 mm² en cable de doble envolvente de 1,8 m de longitud

3.11. JUSTIFICACIÓN.

La descripción de las características técnicas de los equipos escogidos en el presente capítulo se basan en los requerimientos mínimos del proyecto de detección de fugas planteado como tema del presente proyecto de tesis.

Primero: La cantidad de entradas y salidas analógicas y digitales, es decir, entradas de corriente de 4 - 20mA, entradas de voltaje de 0 – 5V.

Segundo: Modem de transmisión de datos, GSM, GPRS, para ser usado dentro de las redes de telefonía celular que funcionan dentro del tramo del poliducto (Quito – Ambato) escogido para implementar el sistema piloto.

Tercero: Equipos que sean del tipo “Intrínsecamente Seguro” condición indispensable para la presente aplicación, puesto que el sistema que se va a diseñar, se debe instalar en ambientes altamente inflamables.

Cuarto: La sensibilidad y rango de frecuencia de los periféricos del equipo como: Transmisores de Presión, Temperatura y Vibraciones, variables importantes para los fines del presente proyecto, puesto que de éstos depende la detección temprana y efectiva de fugas en el poliducto.

Quinto: Consumo total de energía de cada equipo descrito en el presente capítulo, para seleccionar los medios de alimentación y respaldo de emergencia, para el correcto funcionamiento de cada equipo de monitoreo.

Sexto: Costo total de los equipos y periféricos.

Séptimo: Tiempo y tipo de garantía ofrecida por cada fabricante de los equipos seleccionados, además, tiempo máximo de entrega de los equipos.

En este capítulo se ha listado varios de los equipos que cumplen con los requerimientos técnicos básicos para el presente diseño, se ha tomado en cuenta:

sensibilidad, estándar 4 a 20mA, rangos de presión y temperatura; en el caso de los equipos de transmisión se ha considerado aquellos que trabajan dentro de las bandas disponibles en el país para GSM/GPRS (850MHz – 900MHz), por lo tanto, la selección de los equipos se ha realizado en base a criterios de disponibilidad dentro del país o en su defecto tiempos de entrega máximos para el caso de importación, se ha tomado en cuenta además, la garantía que ofrecen los proveedores de los equipos así como los costos de los mismos.

En base a los criterios antes mencionados se ha realizado la siguiente selección:

- Módulo de transmisión GSM/GPRS: SIGNALIX MT – 101
- Sensor de presión y temperatura: SITRANS-P 7MF1564
- Fuente de alimentación DC: Baterías Ion Li
- Fuente auxiliar DC: Panel solar SIEMENS I-22

CAPÍTULO 4

MAPA Y EXAMEN DEL SITIO (MAP Y SITE SURVEY) EN EL TRAMO QUITO – AMBATO.

En este capítulo se presenta la información de cobertura obtenida en el trayecto comprendido entre Quito y Ambato de los proveedores de telefonía celular GSM, realizando la respectiva verificación de estos datos con un analizador de espectro. Además, se realiza una georeferenciación del poliducto con GPS y luego una representación gráfica por medio de GOOGLE EARTH de los puntos destinados para monitoreo de variables.

4.1 GEOREFERENCIACIÓN

4.1.1 OBJETIVOS

Proporcionar las coordenadas geográficas correspondientes a la tubería del poliducto Quito-Ambato que será utilizado como material de análisis, mediante el sistema de posicionamiento global por satélites.

Plasmar la localización geográfica del poliducto Quito-Ambato, los puntos notables (vértices, derivaciones, localización de sitios enterrados y aéreos), graficados en un programa computacional para facilitar la recopilación, manipulación, visualización, análisis, interpretación, distribución y uso de la información geográfica de la zona, constituyendo una herramienta fiable para la administración de datos.

[1] *Global Positioning System* o *Sistema de Posicionamiento Global*, es un Sistema Global de Navegación por Satélite que cual permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros, aunque lo habitual son unos pocos metros. Funciona mediante una red de 24 satélites (21 operativos y 3 de respaldo) en órbita sobre el globo a 20.200 km con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la tierra.

4.1.2 EQUIPOS

Para la determinación de puntos geográficos se utilizó un equipo GPS^[1] Magellan GPS 315, que se indica en la Figura 4.1 y tiene las siguientes características:

- 2 baterías tipo AA por equipo con un tiempo máximo de uso de 12 horas por salida.
- Memoria interna para almacenamiento de 500 puntos.
- Base de datos interna de información de coordenadas, sistemas de referencia, DATUMS^[2].



Figura 4.1 Equipo Magellan GP 315^[4.1]

4.1.3 PERSONAL

El personal mínimo será el siguiente:

- " 2 operadores de GPS.

[2] *Datums*, reflejan los planos cartesianos "X", "Y" y "Z", para establecer las superficies críticas desde donde medir y controlar la altura, anchura y grosor de un cuerpo. Son esenciales para controlar la geometría y tolerancias de fabricación de una variedad de características, como la cilindridad, simetría, angularidad, perpendicularidad, etc.

4.1.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1.4.1. Criterios de georeferenciación

Debido a la naturaleza accidentada de los terrenos por donde recorre la tubería del poliducto se tomaron medidas en lugares de fácil y mediana accesibilidad.

4.1.4.2. Procedimiento

- Se adquirirá la información del Instituto Geográfico Militar correspondiente a un punto con coordenadas cerca al área del proyecto.
- Para la toma de datos, el tiempo de observación depende de varios factores como el número de satélites captados, la morfología del terreno, condiciones de la ionósfera.
- El procesamiento de la información se realizará a través del software Franson CoordTrans V2.3 para realizar la conversión de coordenadas geográficas obtenidas del GPS en coordenadas decimales que usa el sistema WGS-84^[3].
- Los datos obtenidos en el proceso de conversión de coordenadas se pasan a una base de datos de Excel, la misma que se pasará a los programas MapInfo y Global Mapper donde se obtiene una apreciación gráfica de la información recopilada.

[3] *World Geodetic System 1984*. Sistema de coordenadas mundiales, que data de 1984, que es la base para sistemas de posicionamiento globales como el GPS.

4.2 MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE LA SEÑAL GSM

Uno de los objetivos de éste capítulo es realizar las mediciones correspondientes a la calidad de señal que ofrecen las operadoras celulares PORTA y MOVISTAR en todo el trayecto del poliducto Quito-Ambato.

4.2.1 COBERTURA: PARÁMETROS Y METODOLOGÍA

El modelo que se contempla dentro de la metodología de diseño es una tipificación de la superficie efectiva con servicio en el trayecto del poliducto Quito-Ambato. Dicha tipificación incluye zonas del tipo: urbana, semiurbana, rural y carretera. El objetivo de definir una diferenciación de tipos de zonas; como parte de la metodología de diseño de la red; es establecer distintas soluciones técnicas para atender dichas zonas. Así, para efectos de diseño de la red de tráfico, en áreas rurales se usan macroceldas omnidireccionales, mientras que en las áreas urbanas y semiurbanas se usan macroceldas de tres sectores y microceldas. La superficie efectiva con servicio se considera un parámetro de diseño para el modelo.

Los tipos de zona considerados en la modelación son los siguientes:

- *Superficie de tipo urbana:* Estas zonas suelen ser las áreas céntricas de las ciudades, centros empresariales y de negocios, corresponden a zonas que presentan la mayor densidad de demanda por superficie.
- *Superficie de tipo semiurbana:* Estas zonas suelen ser las áreas residenciales de las ciudades, ciudades medianas y centros de ciudades pequeñas, corresponden a zonas que presentan una alta densidad de demanda por superficie; pero que es menor que en las del tipo urbana.
- *Superficie de tipo rural:* Estas zonas son áreas rurales, generalmente de baja densidad poblacional en los cuales los operadores proveen servicio,

corresponden a zonas que presentan una baja densidad de demanda por superficie.

- *Zonas con carreteras y caminos:* representan las carreteras y caminos en los cuales la red móvil debe proveer servicio.

4.2.2 EQUIPOS

Para la determinación de niveles de señal se utilizó un equipo analizador de frecuencias BK-Precision 2658 que se indica en la Figura 4.2 y tiene las siguientes características:

- Medición de potencia en canal
- Medición de potencia en canal adyacente
- Medición de ancho de banda ocupado
- Retención de Mínimos/Máximos
- Impedancia de entrada switchable de 50 o 75 ohms
- Retención de Mínimos/Máximos
- Impedancia de entrada switchable de 50 o 75 ohms
- Búsqueda de pico
- Auto sintonización
- Auto rango
- Guardar/Cargar
- Impresión de la pantalla



Figura 4.2 Equipo Analizador de Frecuencias BK-Precision 2658

4.2.3 PARÁMETROS DE LA SEÑAL GSM

La calidad de la señal ha sido desde siempre uno de los aspectos más importantes al momento de diseñar redes de telefonía móvil, así como de los servicios que se prestan en ellas.

Su importancia cada vez es mayor, no sólo porque los clientes han madurado y no se conforman simplemente con acceder a los servicios, sino que demandan cada vez más una mayor calidad, tanto en el uso privado de los servicios móviles, como en el uso profesional que muchos han hecho de ellos, al hacer depender una buena parte de sus negocios de la utilización de la red móvil.

Existen diferentes conceptos de calidad dependiendo de los elementos implicados, de manera que:

- Desde el punto de vista del cliente, la calidad se entiende como el grado de cumplimiento de sus expectativas del servicio global frente a su percepción subjetiva del funcionamiento de la red y del Terminal.

- Desde el punto de vista de la red, la calidad ofrecida es el resultado de las prestaciones ofrecidas por cada una de las partes implicadas como: los terminales, la red de acceso, la red de transporte y los servicios.

Al hablar de calidad, el concepto más ampliamente aceptado es el de “calidad de servicio”, también conocido por QoS (Quality of Service) y que la ITU-T_[4] define como “el efecto colectivo de funcionamiento del servicio que determina el grado de satisfacción del usuario”.

Los parámetros de medida de la calidad de las redes y servicios móviles son de muchos tipos. Se pueden agrupar según tres aspectos, denominados:

4.2.3.1 Accesibilidad de la red.

En este aspecto se incluyen parámetros como:

- *El nivel de potencia recibido.* Depende de la posición del móvil dentro de la celda e indica la zona de cobertura que tiene cada celda de la red móvil. La falta de cobertura temporal o permanente de la red en una determinada ubicación es una de las causas más frecuentes de pérdidas de calidad por parte de la red móvil.

- *La disponibilidad de la red.* Cuando un usuario intenta acceder a un servicio, puede que la red atienda esta petición y por tanto provea el servicio solicitado sin mayor problema, o puede que, por el contrario, la petición no llegue a desembocar en la provisión del servicio solicitado. Las causas por las cuales no es posible realizar la provisión del servicio pueden ser varias, pero en todos los casos el efecto que sufre el usuario es el de un defecto o pérdida de calidad. Entre las posibles causas se encuentran, por ejemplo, la congestión de la red o la falta de recursos para atender al usuario, las interferencias creadas por otros equipos circundantes que hacen que no se puedan atender las peticiones de un usuario, etc.

4.2.3.2 Accesibilidad del servicio.

En este caso se incluyen parámetros como:

- *El tiempo de acceso a un servicio.* Es el tiempo que transcurre desde el momento en que el usuario realiza la petición de acceso a un determinado servicio hasta el instante en que se recibe la respuesta de éste.

[4] *Unión Internacional de Telecomunicaciones del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T)* es el órgano permanente de la (UIT) que estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica normativa sobre los mismos, con vista a la normalización de las telecomunicaciones a nivel mundial. Las normas producidas por el UIT-T son conocidas como "Recomendaciones"

La contestación a la petición de acceso puede ser la provisión del servicio o la indicación de que el servicio no está disponible, que puede deberse bien a la falta de recursos por congestión del servicio o bien a la indisponibilidad de éste por avería.

- *Las indisponibilidades del servicio.* Las indisponibilidades del servicio se pueden deber a muchas causas, entre las que destacan las siguientes: servicio caído por avería, por congestión de recursos, por desactivación temporal, etc.

- *El resultado del acceso al servicio.* El resultado de un acceso a un servicio puede ser correcto si el servidor responde correctamente a la petición, o fallido si el servidor no responde o no proporciona alguna de las respuestas esperadas.

4.2.3.3 Integridad del servicio.

En este aspecto se incluyen parámetros como:

- *Las caídas del servicio.* Una caída de un servicio significa la imposibilidad de continuar accediendo a él tras establecerse la comunicación en un primer momento, siempre y cuando la imposibilidad sea motivada por cualquier causa ajena a la voluntad de sus usuarios y siempre que éstos se encuentren en todo momento en la zona de cobertura de la red.

- *La calidad de la señal vocal.* Permite valorar la calidad de la señal de voz recibida por el terminal en cada instante, y constituye por tanto una indicación del estado de la calidad de la red.

- *La calidad de la transmisión de datos.* Permite valorar la calidad en la transmisión de ficheros. Se mide mediante la tasa de error BER, que mide

la calidad del canal establecido por la cantidad de errores que se producen en la transmisión de datos.

- *El tiempo de navegación.* Es el tiempo que tarda el usuario en recorrer el árbol de navegación que existe desde la entrada en el servicio hasta la llegada a la página deseada.

- *La velocidad de acceso a un servicio o velocidad de transmisión (throughput).* Es la cantidad de bits por segundo que se miden en una determinada transmisión durante el tiempo que dura la conexión.

- *La efectividad del servicio.* Es el porcentaje de accesos al servicio realizados y completados satisfactoriamente, frente a la totalidad de los accesos realizados.

4.2.4 FACTORES PRINCIPALES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA SEÑAL DE RADIO

La calidad del servicio proporcionado al cliente se encuentra afectada por una serie de factores, normalmente relacionados con la naturaleza de la señal radio.

La propagación de la señal de radio depende de las condiciones de propagación de la atmósfera, así como de los obstáculos que la señal encuentra en el camino desde la estación base hasta el terminal móvil. Por tanto, las condiciones de propagación varían de forma notable tanto en el tiempo como en el espacio, dada la variación temporal y espacial del entorno móvil, y debido a esto, el canal radio presenta una serie de efectos que empeoran la calidad de la señal, como son:

- *Los desvanecimientos de la señal.* Los desvanecimientos pueden ser prolongados en el tiempo pero cortos en intensidad, lo que implica una disminución de la potencia disponible en un lugar durante un tiempo, o cortos en el tiempo pero profundos en intensidad de la señal, de forma que durante unos

instantes de tiempo la potencia de la señal cae a valores por debajo, incluso, del umbral de sensibilidad de los receptores de los equipos móviles.

■ *Las interferencias.* Las interferencias son algo consustancial a la propagación de radio, debido a la gran cantidad de equipos que hacen uso a la vez de este canal, por lo cual dichas interferencias pueden provenir de equipos que nada tienen que ver con la telefonía móvil, pero que interfieren en su banda de frecuencias. Este es un tipo de interferencias que en principio no se deberían producir, y por tanto han de ser evitadas respetando las bandas de frecuencia asignadas. Además de estas interferencias, también se encuentran las interferencias implícitas al propio servicio móvil, ya que este es un canal en el que se hace reutilización de frecuencias para poder aumentar la cantidad de canales disponibles y, dependiendo de las condiciones de propagación, se pueden producir sobrealcances, y por tanto interferencias entre células que en teoría no se deberían producir.

■ *El multitrayecto (Multipath).* El multitrayecto se produce debido a los rebotes de la señal móvil en los múltiples obstáculos que ésta puede encontrar en el camino entre las estaciones base y los terminales móviles. De esta forma, una señal que sale de un transmisor llega al receptor por múltiples caminos, y esto produce en el receptor una interferencia debida a los retrasos con que llega la misma señal dependiendo de la longitud del camino recorrido. Esta interferencia puede ser tolerada por el receptor o no, dependiendo del retraso acumulado en la señal por los distintos caminos de propagación.

■ *Las pérdidas de penetración en obstáculos.* Dependiendo de la distancia a la que se encuentren el transmisor y el receptor, se producen una serie de pérdidas en la señal que limitan su alcance, además estas pérdidas se pueden ver incrementadas por la presencia de obstáculos entre el transmisor y el receptor, como pueden ser los edificios existentes en las ciudades, o las montañas, colinas y árboles en los entornos rurales. Este efecto es necesario tenerlo especialmente en cuenta en la cobertura de interiores de edificios, en donde pueden aparecer elementos tales como paredes, puertas y mobiliario.

■ *La influencia del equipo de medida.* El propio equipo con el que se está midiendo la calidad puede afectar al resultado de la medida, en dos aspectos principalmente:

- En primer lugar, el hecho de que los terminales del equipo de medida sean de un tipo determinado, da lugar a ciertos valores de potencia y sensibilidad ligeramente distintos a los que se podrían obtener con otros. Este efecto se puede minimizar con la calibración periódica de los equipos.
- En segundo lugar, el hecho de introducir unos terminales determinados en la red para realizar las medidas da lugar a una serie de perturbaciones sobre la propia red, que pueden afectar a las medidas realizadas. Esto puede producir dos efectos: la disminución de los recursos disponibles y el aumento de interferencias.

4.3 ESTADÍSTICAS DE COBERTURA

Los Datos de las tablas que se detallan a continuación, fueron facilitados por la empresa LEADCOM, tomando para el presente proyecto solo los concernientes al trayecto Quito - Ambato.

INDEX	BER (TDMA)	PORTA		Telefonica		Alegro	FER (GSM, CDMA)
		TDMA	GSM	GSM	CDMA	CDMA	
Excellent	0% <= BER < 0.8%	76.0%	97.6%	96.6%	85.6%	90.2%	0% <= FER < 2%
Good	0.8% <= BER < 3.2%	15.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2% <= FER < 5%
Bad	3.2% <= BER	8.2%	2.4%	3.4%	14.4%	9.8%	5% <= FER

Tabla 4.1 Estadísticas de Calidad de Señal [4.3]

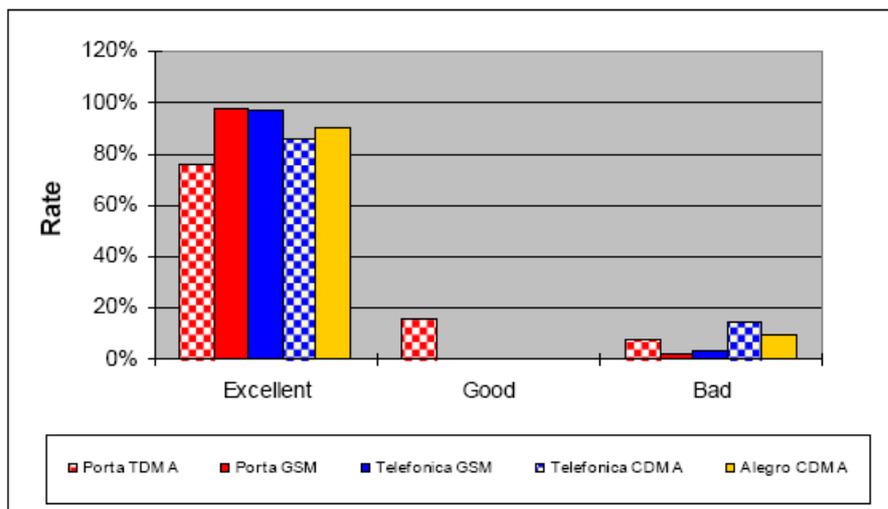


Figura 4.3 Estadísticas de Calidad de Señal [4.3]

INDEX	Rx Level (TDMA - GSM)	PORTA		Telefonica		Alegro	Ec/lo (CDMA)
		TDMA	GSM	GSM	CDMA	CDMA	
Excellent	Rx Lev >= -65 dbm	43.9%	28.5%	16.9%	46.3%	76.2%	Ec/lo >= -6 db
Very Good	-75dBm <= RxLev < -65dBm	74.0%	64.5%	43.2%	75.2%	87.2%	-8dB <= Ec/lo < -6dB
Good	-85dBm <= RxLev < -75dBm	91.5%	88.1%	81.5%	85.7%	91.7%	-10dB <= Ec/lo < -8dB
Acceptable	-95dBm <= RxLev < -85dBm	98.1%	97.6%	96.0%	92.3%	95.1%	-13dB <= Ec/lo < -10dB
Regular	-100dBm <= RxLev < -95dBm	98.8%	99.3%	98.9%	94.3%	96.5%	-15dB <= Ec/lo < -13dB
Bad	-105dBm <= RxLev < -100dBm	99.9%	99.9%	99.8%	98.4%	98.7%	-18dB <= Ec/lo < -15dB
No service	RxLev < -105dBm	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	Ec/lo < -18dB

Tabla 4.2 Distribución Acumulada de Intensidad de Señal [4.3]

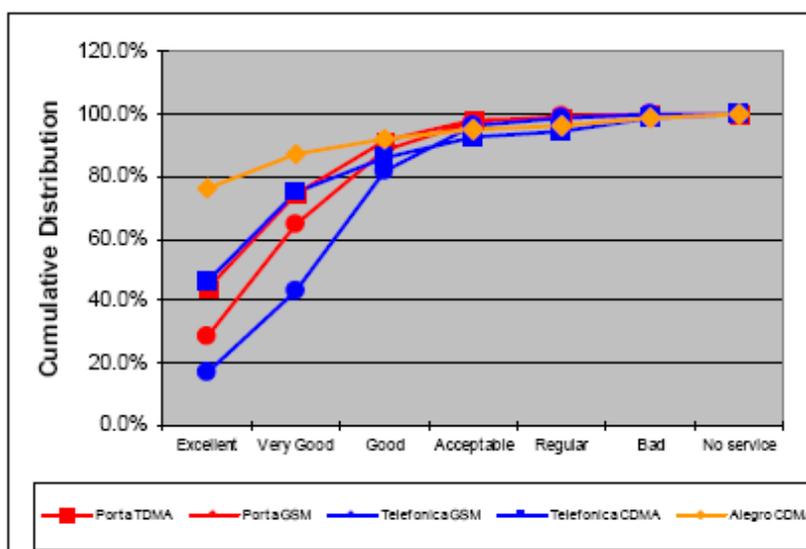


Figura 4.4 Distribución Acumulada de Intensidad de Señal [4.3]

Parameters	PORTA EGPRS	Telefonica 1x RTT	Alegro 1x RTT	Telefonica GPRS
Throughput Avg (Kb/s)	41.74	54.46	28.70	
Data transferred (KB)	1580770.14	2043100.65	1041677.68	NA

Tabla 4.3 Datos Estadísticos de Throughput y transferencia de Datos [4.3]

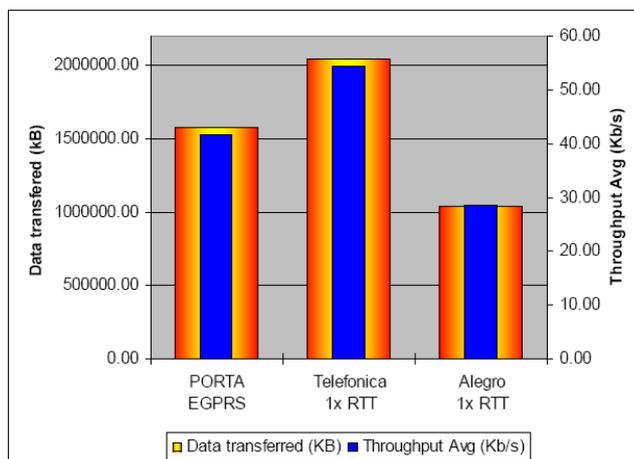


Figura 4.5 Datos Estadísticos de Throughput y transferencia de Datos [4.3]

Las Figuras 4.6 y 4.7 muestran la cobertura que brinda CONECEL (PORTA) para EGPRS y GSM respectivamente, en el trayecto del poliducto Quito-Ambato.

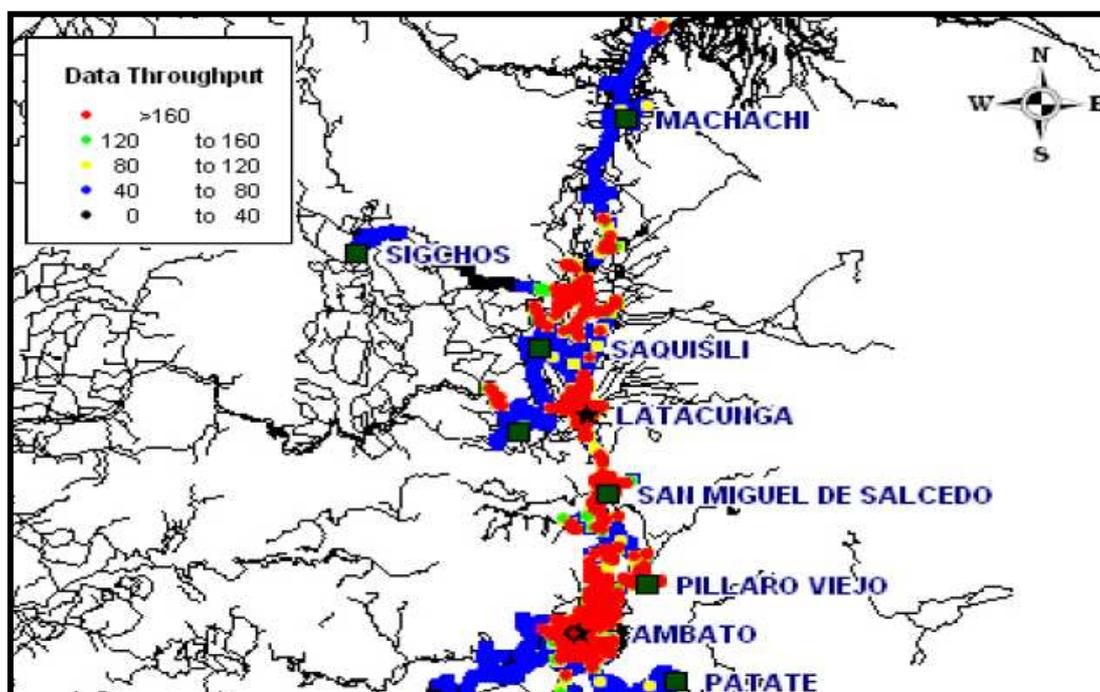


Figura 4.6 Mapa de cobertura de CONECEL (RED EGPRS) en el Trayecto Quito – Ambato [4.3]

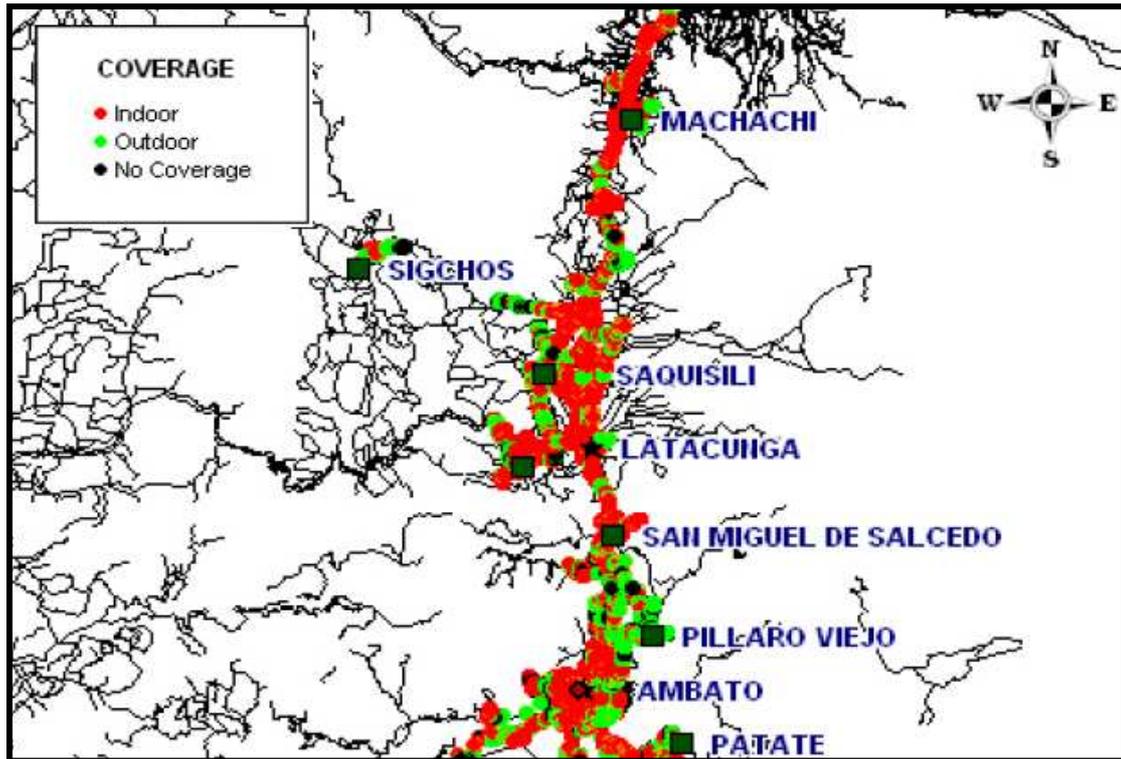


Figura 4.7 Mapa de cobertura de CONECEL (RED GSM) en el Trayecto Quito-Ambato^[4.3]

4.4. GEOREFERENCIACIÓN Y NIVELES DE SEÑAL.

A continuación se detallan los datos de nivel de señal y posición geográfica que se obtuvieron con el Analizador de Espectro y GPS, respectivamente, mencionados en el inicio del capítulo.

Las medidas de intensidad de señal se realizaron en frecuencias dentro del rango de operación de los canales de control de las operadoras celulares, niveles que se tomaron en varios puntos del Poliducto Quito – Ambato con su respectiva posición geográfica y distancia entre los mismos, teniendo como kilómetro 0 (cero) la Estación de Bombeo (Beaterio – Sur de Quito).

Los datos obtenidos de esta medición sirven para hacer las respectivas comparaciones con los datos entregados por la empresa LEADCOM y realizar una correcta ubicación de los puntos de sensado a lo largo del Poliducto.

En nuestro país están licenciados dos bloques de canales para los operadores de telefonía celular, cada uno recibió la mitad de los canales. Los canales se distinguen como bloque A y bloque B, para conocer las frecuencias de los canales de control tanto de los Móviles como de las Estaciones Base, se utilizan las relaciones matemáticas que se muestran en la Tabla 4.4.

Número de Canal	Frecuencia Central (Mhz)	Estructura
$1 \leq N \leq 799$	$0.03 * N + 825$	Movil
$991 \leq N \leq 1023$	$0.03 * (N - 1023) + 825$	Movil
$1 \leq N \leq 799$	$0.03 * N + 870$	Estación Base
$991 \leq N \leq 1023$	$0.03 * (N - 1023) + 870$	Estación Base

Tabla 4.4 Frecuencias de Transmisión de móviles y estaciones bases

De los 416 canales de cada operador, 395 son canales de voz y 21 son canales de control.

Para el bloque A (PORTA) los canales de control van desde 313 a 333.

Para el bloque B (MOVISTAR) los canales de control van desde 334 a 354.

Ejemplo de Cálculo:

Para saber la frecuencia de transmisión de la estación base que corresponde al canal 313 y poder estimar su nivel de potencia, se realiza el siguiente cálculo:

$$FRECUENCIA = 0.03 * N + 870$$

$$FRECUENCIA = 0.03 * 313 + 870\text{Mhz}$$

$$FRECUENCIA = 879.4\text{Mhz}$$

En la Tabla 4.5 se muestran las frecuencias correspondientes a los demás canales de control de cada Bloque.

BLOQUE A		BLOQUE B	
No CANAL	FREC. MHz	No CANAL	FREC. MHz
313	879,39	334	880,02
314	879,42	335	880,05
315	879,45	336	880,08
316	879,48	337	880,11
317	879,51	338	880,14
318	879,54	339	880,17
319	879,57	340	880,2
320	879,6	341	880,23
321	879,63	342	880,26
322	879,66	343	880,29
323	879,69	344	880,32
324	879,72	345	880,35
325	879,75	346	880,38
326	879,78	347	880,41
327	879,81	348	880,44
328	879,84	349	880,47
329	879,87	350	880,5
330	879,9	351	880,53
331	879,93	352	880,56
332	879,96	353	880,59
333	879,99	354	880,62

Tabla 4.5 Canales de Control y Frecuencias de los Bloques A y B

Se debe considerar que los valores de Frecuencia calculados en la Tabla 4.5 sirven para tomar los niveles de potencia que existen en los puntos destinados a la ubicación de los sensores y así garantizar la correcta transmisión de los datos.

La Tabla 4.6 muestra parte de los datos correspondientes a nivel de señal y georeferenciación tomados a lo largo del poliducto Quito - Ambato, los datos restantes se encuentran en el Anexo 3.

PUNTO # 1	LUGAR: BEATERIO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-69,6	-0,31721	-78,54918	0
879,6	-68,8			
879,9	-68,8			
PUNTO # 2	LUGAR: GUAMANI (GASOLINERA)			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-64,8	-0,33098	-78,55065	2,5
879,6	-64,8			
879,9	-62,4			
PUNTO # 3	LUGAR: GUAMANI (COLEGIO)			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-65,4	-0,33805	-78,5478	3
879,6	-65,4			
879,9	-65,8			
PUNTO # 4	LUGAR: VALVULA TERMOPICHINCHA			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-73,6	-0,35469	-78,54944	3,5
879,6	-74			
879,9	-74			
PUNTO # 5	LUGAR: INIAP			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-77,2	-0,36992	-78,55152	6,7
879,6	-77,2			
879,9	-77,2			

Tabla 4.6 Niveles de Señal y Georeferenciación

A continuación se muestra un ejemplo de cómo fueron tomados los datos de la Tabla 4.6 con la ayuda del Software que incluye el Analizador de Espectro.

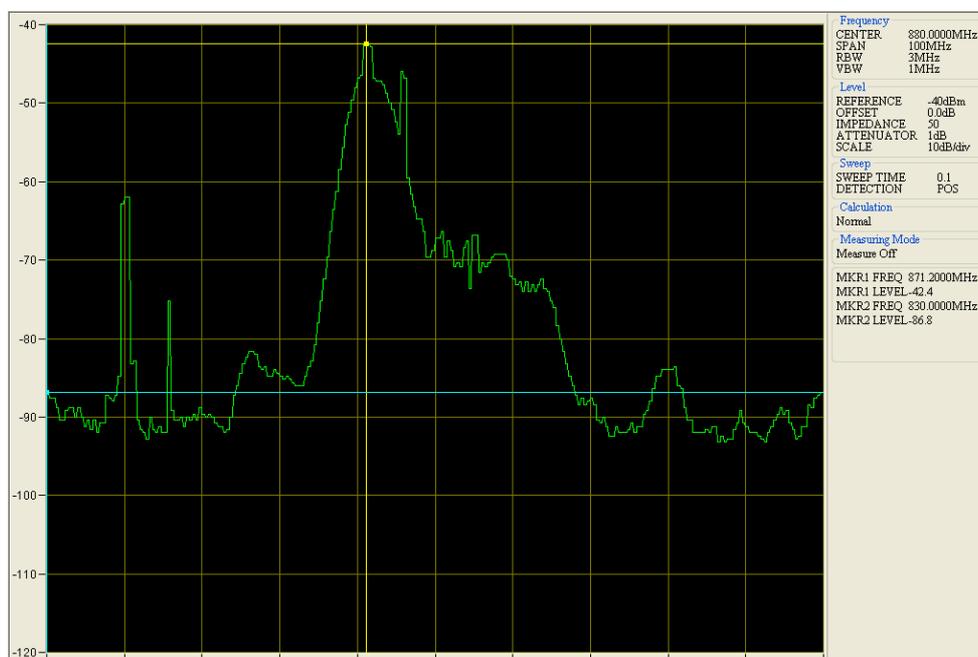


Figura 4.8 Nivel de Señal máximo en la banda de operación celular.

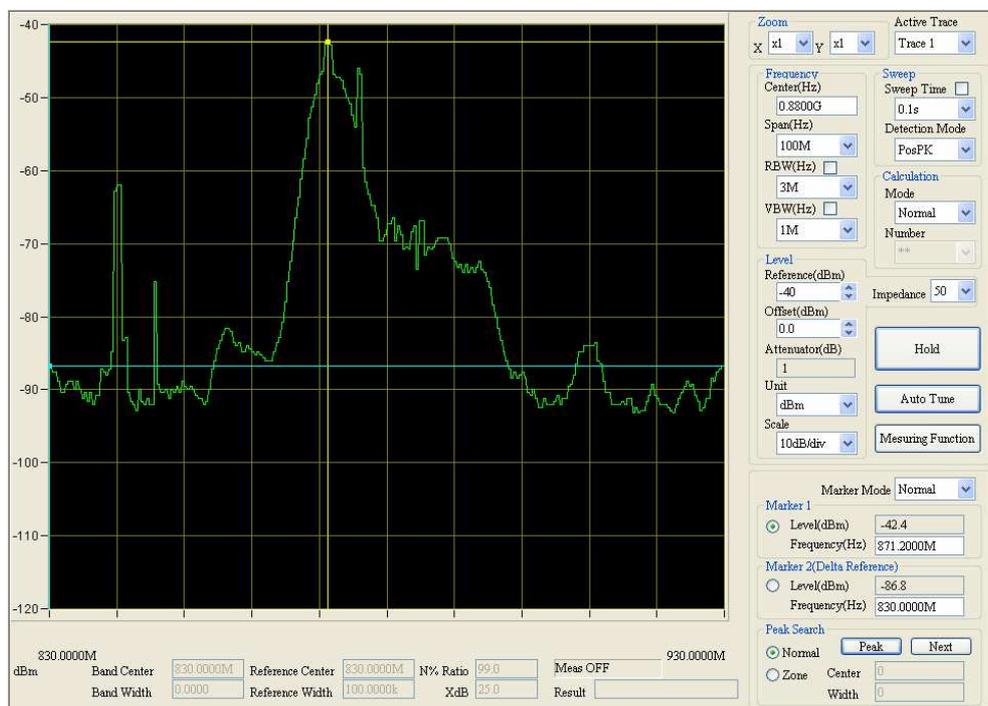


Figura 4.9 Primer nivel de señal con otro tipo de interfaz Gráfica del Software.

4.5. ESTABLECIMIENTO DE PUNTOS VULNERABLES DEL POLIDUCTO.

Esta selección está basada en el informe técnico presentado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, quienes realizaron un análisis de campo para determinar las zonas potencialmente vulnerables en el tramo comprendido entre Quito y Ambato.

La información presentada a continuación en la Tabla 4.7 está detallada con los nombres de los lugares correspondientes a cada kilómetro medido a partir del Beaterio. Se los denominará en adelante Puntos Kilométricos y cada uno tendrá una información porcentual del riesgo al que está expuesto dentro de toda su extensión.

La Figura 4.10 muestra la representación de los datos de Georeferenciación tomados en las salidas de campo, a lo largo del Poliducto Quito - Ambato.

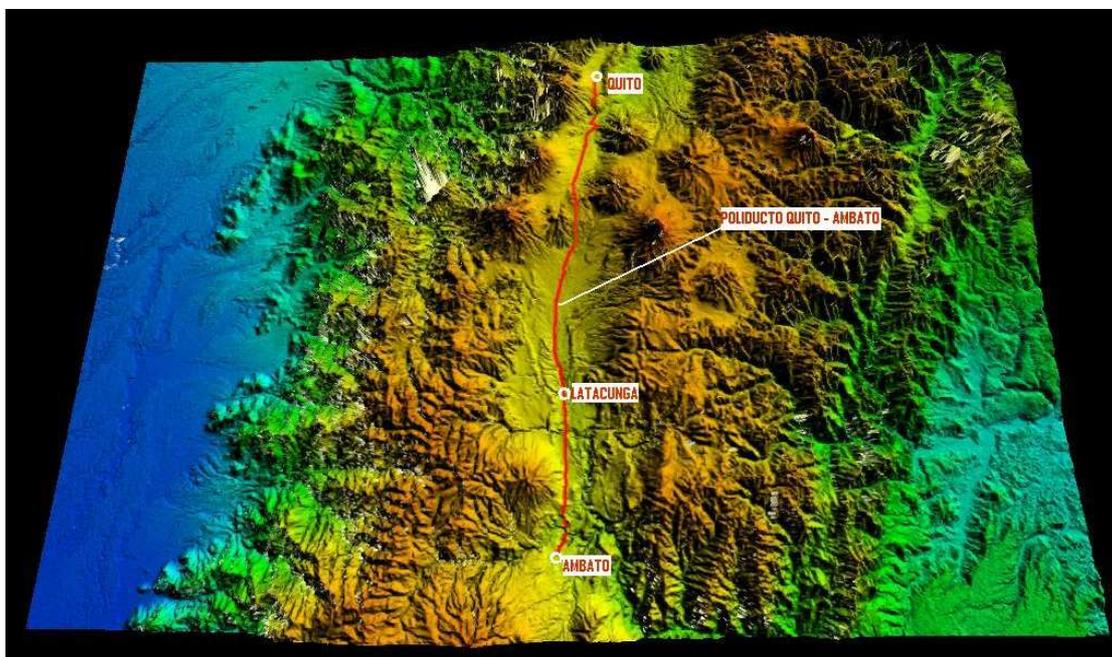


Figura 4.10 Mapa de Georeferenciación del Poliducto Quito – Ambato

La Tabla 4.7 muestra información relacionada a: Estado de Tubería, Porcentaje de Riesgo y el Número de Sensores que se utilizarán para el presente diseño.

POLIDUCTO QUITO - AMBATO

P.K.	SECTOR	OBSERVACIONES	Estado de Tubería	% de Riesgo	# de Sensores
0 +000	BEATERIO			0	0
1	GUAMANI - CAUPICHO		A	30	0
2	CIUDADELA STO. TOMAS		E	60	1
3	TURUBAMBA		E	60	1
4	CDLA. MANUELA SAENZ		E	60	1
5	Val. Termopichincha	Val. Bloqueo, Termopichincha	E	20	0
6	INIAP		E	20	0
7	CDLA. LA JOYA	CERRAM. #1, VALV. VENDEO	E	70	1
8	SANTA ROSA		A	70	1
9 +700	SANTA ROSA	CERRAM. #2, VALV. BLOQUEO	A	75	1
10	TAMBILLO	PUENTE	A	5	0
11	COLEGIO DE TAMBILLO		E	5	0
12	TAMBILLO VIEJO		E	10	0
13	MIRAFLORES	PUENTE (13+500)	A	10	0
14	MIRAFLORES		E	10	0
15	HCDA. HUASIPUNGO		E	5	0
16	LA ADUANA		E	15	0
17	ALOAG		E	10	0
18	ALOAG		A	10	0
19 +650	CUARTEL VENCEDORES	CERRAM. #3, VALV, BLOQUEO	A	5	0
20	CUARTEL VENCEDORES		A	5	0

P.K.	SECTOR	OBSERVACIONES	Estado de Tubería	% de Riesgo	# de Sensores
21	HCDA. EL RANCHO		A	10	0
22	MACHACHI		E	55	1
23	MACHACHI - EL TAMBO		E	55	1
24	ALOASI		E	65	1
25	HCDA. SANTA ELENA		E	55	1
26	HCDA. SANTA ELENA		E	55	1
27	HCDA. SANTA ELENA		E	70	1
28	HCDA. SAN IGNACIO		E	80	1
29	HCDA. LA MARIA	PUENTE DE JAMBELI (29+600)	E	95	1
30	HCDA. ROMERILLO		A	95	1
30 +900	HCDA. ROMERILLO-ESTACIÓN	CERRAM. #4, VALV. CHECK	A	95	1
32 +700	LA NASA	CERRAM. #4, VALV. BLOQUEO	A	5	0
33	LA NASA		A	5	0
34	LA NASA	PUENTE	A	5	0
35 +000	LA NASA	CERRAM. #5, VALV. BLOQUEO	A	5	0
36	LA NASA		A	5	0
37 +000	LA NASA		A	5	0
38	LA NASA		A	5	0
39	LA NASA - CHASQUI		A	5	0
40	CHASQUI		A	80	1
41	CHASQUI		A	80	1
42	CHASQUI		A	80	1
43	CHASQUI		E	80	1

P.K.	SECTOR	OBSERVACIONES	Estado de Tubería	% de Riesgo	# de Sensores
44	CHASQUI - LASSO		E	5	1
45 +200	CHASQUI - LASSO	CERRAM. #6, VALV. BLOQUEO	E	5	1
46	SAN FRANCISCO DEL CHASQUI		A	65	1
47	HCDA. SAN JOSE		E	65	1
48	HCDA. SAN RAFAEL		A	65	1
49	HCDA. SAN RAFAEL		A	65	1
50	LASSO		A	70	1
51	LASSO		E	70	1
52	LA CIENEGA		A	80	1
53	SAN LUIS DE LIPUA		A	80	1
54	HCDA. SANTA ELSA		A	80	1
55	LA AVELINA		A	80	1
56 +500	LA AVELINA	CERRAM. #7, VALV. VENTEO	A	30	0
57	LA AVELINA		A	30	0
58	GUAYTACAMA		A	55	1
59	GUAYTACAMA		A	80	1
60	GUAYTACAMA		A	60	1
61	HCDA. NINTANGA GRANDE		E	20	0
62	HCDA. NINTANGA CHICO		E	20	0
63	HCDA. RUMIPAMBA, CUARTEL MILITAR		E	55	1
64	HCDA. RUMIPAMBA, CUARTEL MILITAR		A	55	1
65	HCDA. LA CALERA		A	60	1
66	HCDA. LA CALERA		A	60	1

P.K.	SECTOR	OBSERVACIONES	Estado de Tubería	% de Riesgo	# de Sensores
67	HCDA. LA CALERA		A	60	1
68 +300	CAMPAMENTO LATAACUNGA	VALV. BLOQUEO	A	5	0
69	LATAACUNGA COLEGIO		A	5	0
70	LATAACUNGA, CDLA. MALDONADO		E	5	0
71	LATAACUNGA, CDLA. BANCO LA VIVIENDA		E	5	0
72	LATAACUNGA		E	5	0
73	LATAACUNGA, CDLA. VASCONEZ CUVI	PUENTE CALA	E	55	1
74	HCDA. MONICA		A	70	1
75	HCDA. MONICA	PUENTE CUTUCHI (75+500)	E	70	1
76	CARRETERO CUTUCHI		E	70	1
77	CARRETERO CUTUCHI		A	70	1
78	HCDA. SALACHE		E	70	1
79	RIO SALACHE	PUENTE SALACHE (79+700)	E	80	1
80	COMUNA SALCEDO		A	80	1
81	COMUNA SALCEDO PUENTE ABRIL		A	80	1
82	COMUNA ODILA JALO SALCEDO		A	70	1
83	COLLAMA COMUNA SALCEDO		A	70	1
84	PILALO - SAN ANDRES - SALCEDO		A	70	1
85	HCDA. LA HERRADURA - SALCEDO		A	70	1
86	PISCINA NAGSICHE	PUENTE NAGSICHE	E	70	1
87	PANZALEO		A	70	1
88	SANTA LUCIA		A	70	1
89	SANTA LUCIA		A	70	1

P.K.	SECTOR	OBSERVACIONES	Estado de Tubería	% de Riesgo	# de Sensores
90	MULALILLO		A	70	1
91	CUNCHIBAMBA		A	70	1
92 +600	CUNCHIBAMBA	VALVULA VENDEO	A	70	1
93	RECINTO SAN JOSÉ CUNCHIBAMBA		E	65	1
94	RECINTO SAN PABLO CUNCHIBAMBA		E	65	1
95	CUNCHIBAMBA - SAN JOSE	PUENTE	A	10	0
96	CUNCHIBAMBA - MOROCHO	PUENTE	A	10	0
97	CUNCHIBAMBA - SAN FRANCISCO	PUENTE	A	10	0
98	SAMANGA BAJO		A	65	1
99	SAMANGA BAJO		A	65	1
100	SAMANGA ALTO	VALVULA VENDEO	E	65	1
101	SAMANGA ALTO		A	65	1
102	SAMANGA ALTO - ATAHUALPA		A	65	1
103	ATAHUALPA		A	60	1
104 +700	ATAHUALPA	RECTIFICADOR	A	60	1
105	LA VICTORIA - AMBATO		E	5	0
105 +900	PENINSULA	VALV. BLOQUEO	E	10	0
107	PENINSULA	PUENTE PISHILATA (107+500)	A	10	0
108	PISHILATA		A	80	1
109	HUACHI LORETO		A	5	0
110 +400	TERMINAL AMBATO		E	0	0
NÚMERO TOTAL DE SENSORES					70

Tabla 4.7 Estado de la tubería, Factores de Riesgo y ubicación de sensores.

Donde:

“A”: Tubería Aérea

“E”: Tubería Enterrada

El Porcentaje de Riesgo para la ubicación de sensores considera la siguiente Valoración:

$0 \leq \% \text{ de Riesgo} \leq 50$: No se requiere instalar Sensor.

$51 \leq \% \text{ de Riesgo} \leq 100$: Se requiere instalar Sensor.

4.6 INTERPRETACIÓN DE DATOS

En base a los datos de nivel de señal de las Operadoras celulares, proporcionados por la empresa LEADCOM y los recopilados en las salidas de campo con el Analizador de Espectro, así como, los informes de zonas de riesgo presentados por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército (Anexo 1), se ha llegado a determinar la cantidad y ubicación estratégica de los sensores a lo largo del Poliducto.

En la Tabla 4.7 se consideró además factores de riesgo obtenidos en base a un análisis visual, considerando en primer lugar si la tubería está enterrada o no, luego, si existe o no acceso vehicular a la tubería y sus alrededores (máximo 300m), sitios poblados o no poblados, lugares por donde atraviesa propiedades privadas (Parque Nacional Cotopaxi, Batallón Vencedores, Fábricas).

Los niveles de señal obtenidos con el Analizador de Espectro son referenciales, dan un nivel de señal de los canales de control, que son los que dan el nivel de señal para que exista comunicación. Cuando un móvil quiere realizar una llamada o enviar un SMS, por ésta razón, los niveles de señal indicados en la Tabla 4.2 son corroborados con los valores medidos con el Analizador de Espectro, garantizando que sean los mínimos necesarios para el normal funcionamiento de los equipos de transmisión seleccionados para el presente diseño.

De acuerdo a los datos analizados anteriormente, se puede concluir que la operadora celular que cumple con los requerimientos mínimos de cobertura es PORTA (CONECEL), tanto para el servicio de SMS como para GPRS, garantizando de esta manera el correcto funcionamiento del sistema de transmisión y recepción de datos.

CAPÍTULO 5

DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS POR MEDIO DE GSM.

En este capítulo se diseña el software para el procesamiento de datos obtenidos de los sensores, y gestión de eventos (alarmas, cambios en las variables a monitorear, etc).

5.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES DEL POLIDUCTO.

En el presente diseño se proponen 2 alternativas con cierta variación de componentes del sistema, debido a que después del análisis de campo realizado (MAP SURVEY y SITE SURVEY), se pudo establecer que en varios lugares no existe acceso a energía eléctrica de la red del Sistema Interconectado Nacional. Por lo tanto, para ciertos sitios se realizó un diseño basado en alimentación a través de paneles solares.

En el resto de lugares, el sistema se alimentará a través de la red eléctrica. Cabe recalcar que todos los puntos del sistema de sensado y transmisión de datos está respaldado por baterías, que garantizan el correcto funcionamiento de los equipos por un periodo que permita realizar los correctivos necesarios, para reestablecer la alimentación normal a cada sistema.

En las Figuras 5.1 y 5.2 se muestran las propuestas de diseño del sistema de monitoreo del poliducto Quito – Ambato. La Figura 5.3 muestra el diseño detallado del equipo que se instalará en cada punto de sensado.

Para el presente diseño se ha seleccionado los componentes del sistema de monitoreo en base a las especificaciones técnicas, costos y requerimientos.

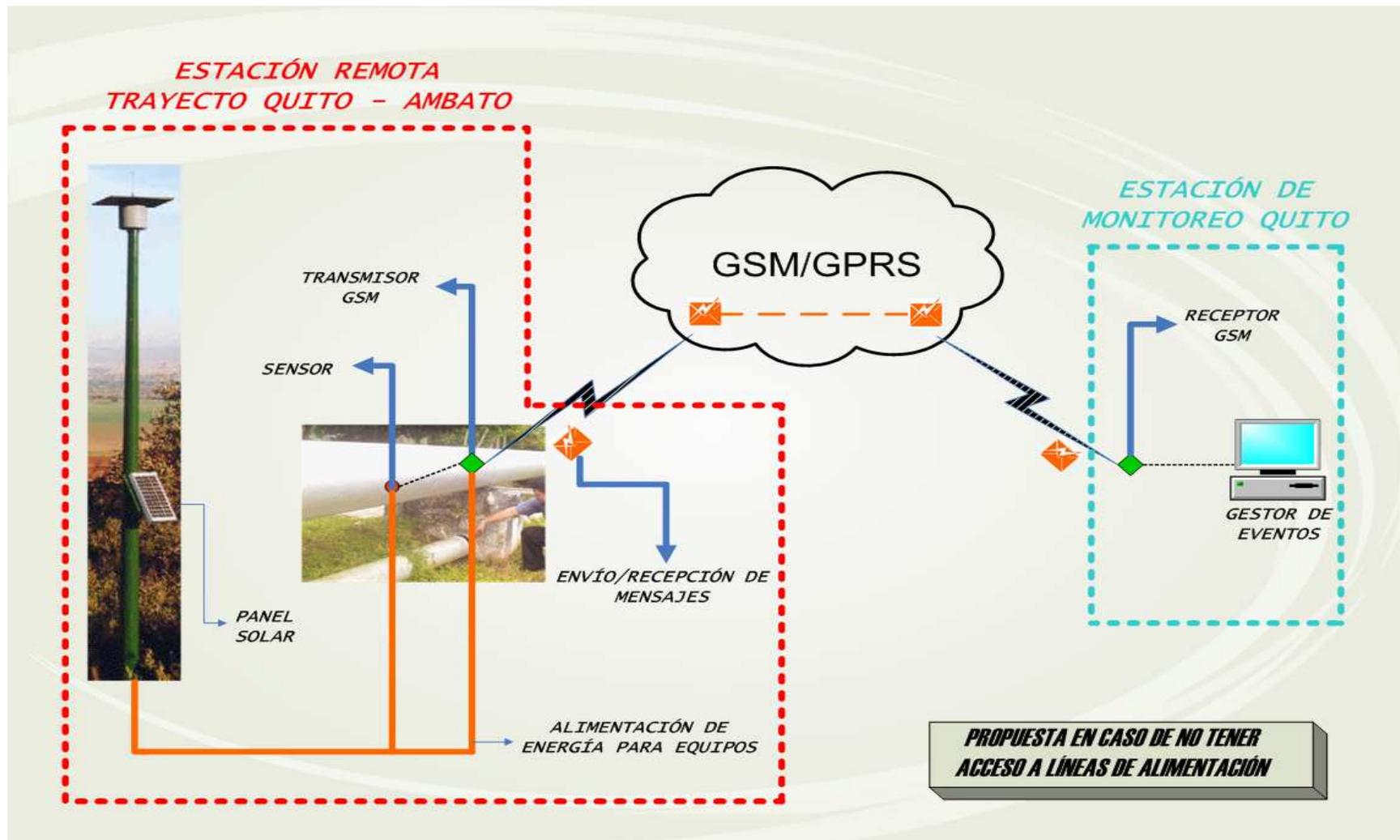


Figura 5.1 Diseño para sitios sin acceso a la Red eléctrica común.

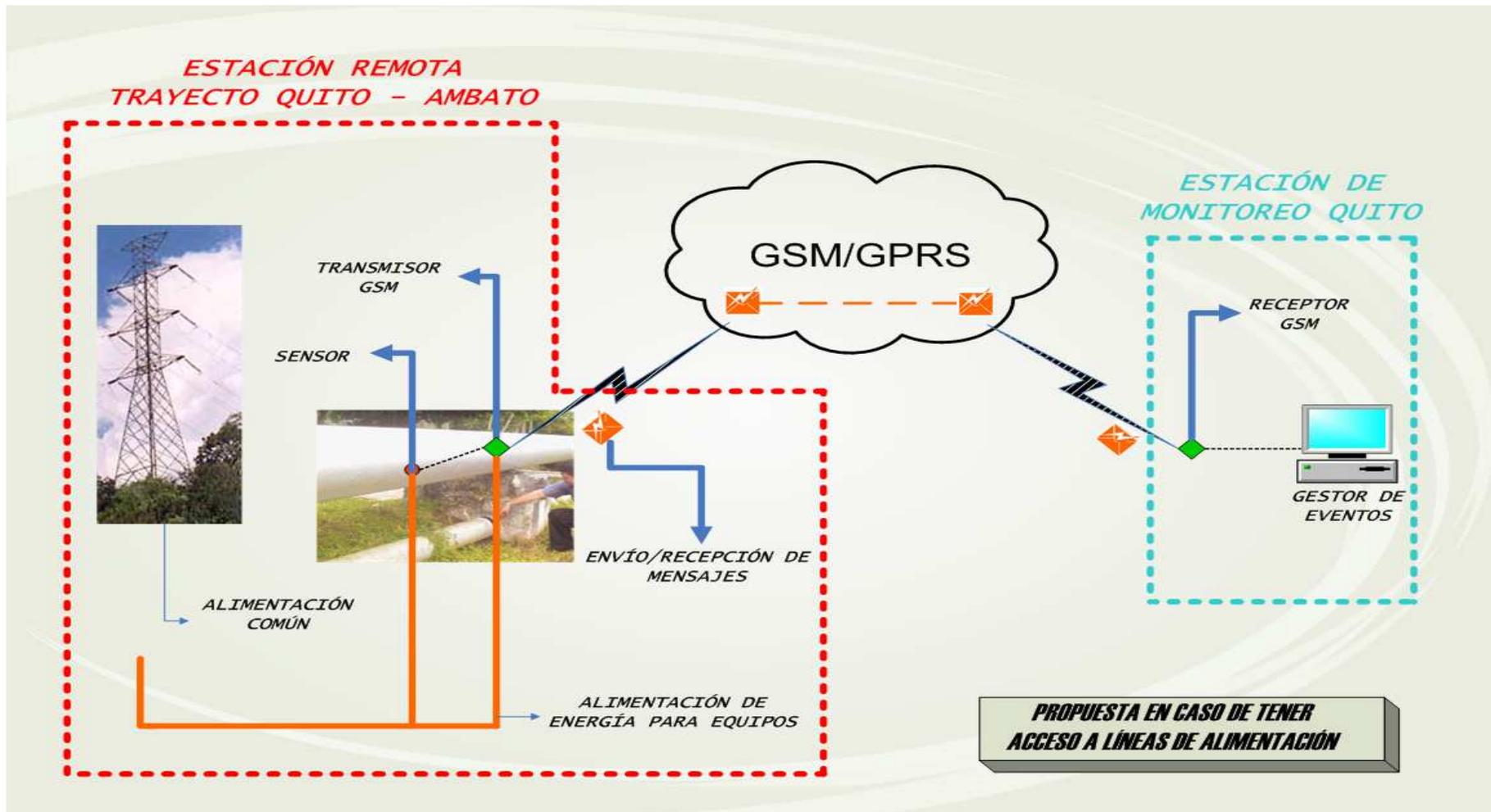


Figura 5.2 Diseño para sitios con acceso a la Red eléctrica común.

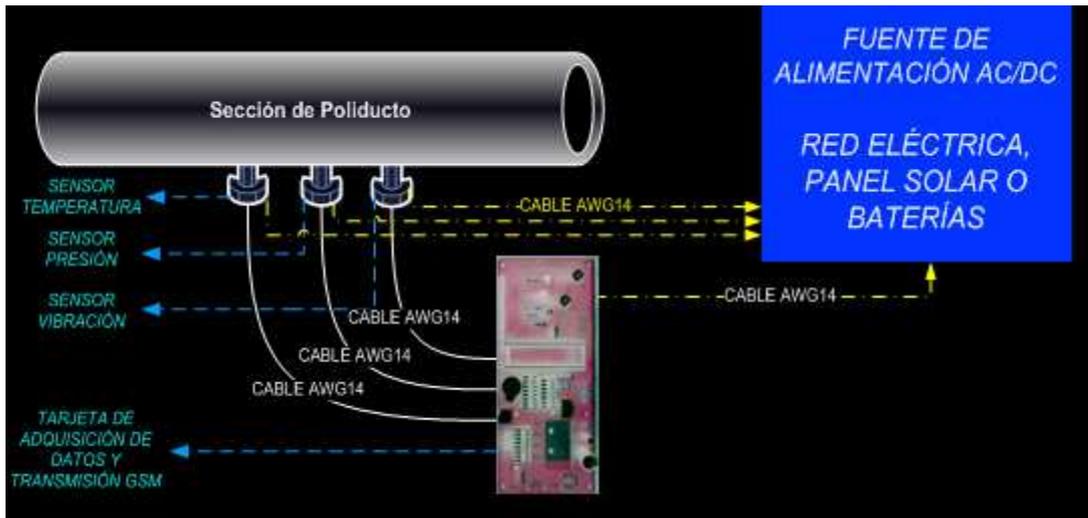


Figura 5.3 Diagrama detallado para punto de sensado

El módulo de adquisición de datos fue escogido en función del requerimiento de lo que proveen los transmisores de corriente de 4 a 20mA. La empresa PC SERVICIOS ofrece un módulo de adquisición de variables analógicas, conversión analógico digital y conversión a caracteres ASCII de las mismas, para, a través de una interfase con un teléfono móvil, transmitir los valores obtenidos de los sensores en forma de un mensaje de texto (Figura 5.4), utilizando la red celular existente en el tramo Quito – Ambato. Los datos luego son recibidos en el PC del centro de monitoreo y supervisados con el software diseñado para este fin.

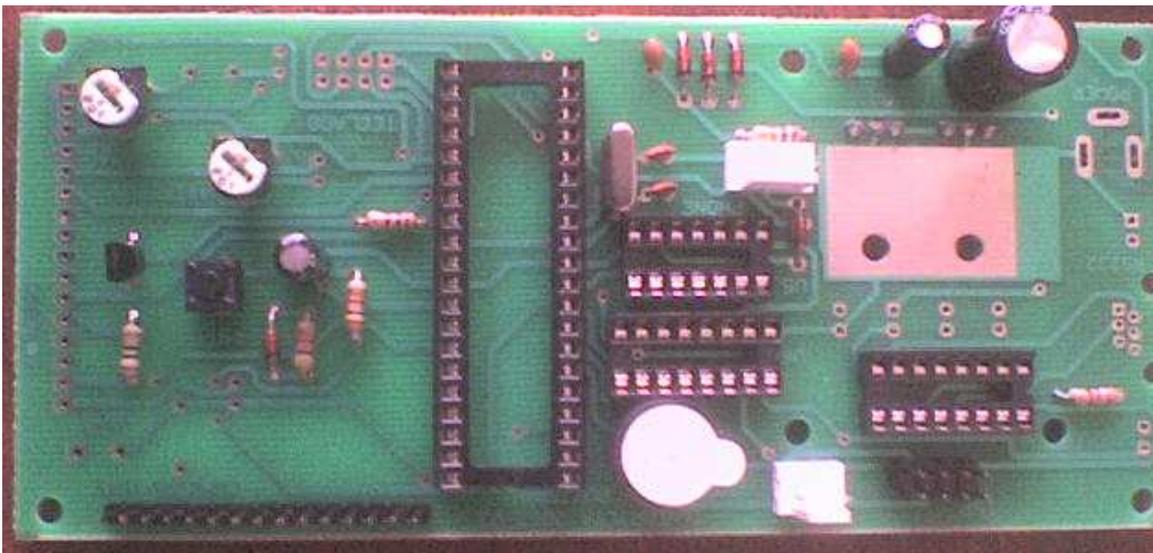


Figura 5.4. Tarjeta de adquisición de datos

Se ha diseñado un sistema de pajareras (cajas de protección) que estarán ubicadas en el extremo superior de un tubo de seis metros de longitud, que estará ubicado cerca del POLIDUCTO, en donde estarán ubicadas las tarjetas de adquisición de datos y desde el cual se llevará la alimentación para el funcionamiento de los sensores.

Dos de los tres sensores a instalarse (Sensores de Presión y Vibraciones) son de carácter invasivo; es decir, estarán incrustados en la tubería del POLIDUCTO. Estos, junto con el tercer sensor, estarán protegidos por una caja de metal soldada a la tubería, que les dará seguridad contra agentes externos naturales y humanos (Ver Figura 5.5).



Figura 5.5 Transmisores de Presión y Temperatura ^[3.9]

Los transmisores de presión y temperatura escogidos son los del fabricante **TRANS-P**, que de acuerdo a un análisis de características y precios son los que mejor se ajustan a las necesidades del diseño.

Las características técnicas de los sensores de presión y temperatura se detallan a continuación:

- ✚ **Señal de salida:** 4-20 mA, 2 líneas (std) 0-5 V, 0-10 V, 1-6 V, o 1-11 VDC (3 líneas)

- ✚ **Rangos de presión:** Vacío, compuesto, presión 15000PSI; Calibrada y absoluta.

- ✚ **Presión de Prueba:** 0-5, 0-10, y 0-7500 real 0-15000PSI: 1.5 x rango 0-15 real 0-6000PSI: 2 x rango

- ✚ **Presión de Ráfaga:** 0-5, 0-10, y 0-7500 real 0-15000PSI: 2 x rango 0-15 real 0-6000PSI: 5 x rango

- ✚ **Precisión (BFSL):** +/- 0.5% de intervalo (estándar) (incluye repetitibilidad, +/- 0.25% de intervalo (opcional) histéresis, y linealidad):

- ✚ **Ajuste:** +/- 5% full escala, cero e intervalo

- ✚ **Entrada:** 12-30 VDC (para la corriente de salida) 14-30 VDC (para voltaje de salida)

- ✚ **Temperatura:**
 - Compensada: +32 a 175 ° F
 - Efectiva: +/- 0.02% de intervalo / °F
 - Media: -22 a 212°F (-30/100°C)
 - Ambiente: -40 a 185°F (-40 a 85°C)

Las especificaciones anteriores corresponden a los transmisores de presión y temperatura, que en algunos modelos que ofrece este fabricante están embebidos, presión y temperatura.

Los sensores de vibración seleccionados se muestran a continuación en la Figura 5.6 y sus características técnicas en la Tabla 5.1



Figura 5.6. Sensor de Vibraciones Marca PCE ^[3.9]

Vibración		
Rango	Aceleración	0,5 ... 199,9 m/s ²
	Velocidad	0,5 ... 199,9 mms ⁻¹
	Variación	0,005 ... 1,999 mm
Resolución	Aceleración	0,1 m/s ²
	Velocidad	0,1 mm/s
	Variación	0,001 mm
Precisión	Aceleración	±5 % ±2 dígitos
	Velocidad	±5 % ±2 dígitos
	Variación	±5 % ±2 dígitos
Rango de frecuencia		10 Hz ... 1 kHz
Revoluciones		
Rangos de medición	Revoluciones (óptico)	10 ... 99999 r.p.m.
	Revoluciones (por contacto)	0,5 ... 19999 r.p.m.
	Velocidad	0,05 ... 1999 m/min
Resolución		0,1 r.p.m. (<1000 r.p.m.); 1 r.p.m. (>1000 r.p.m.); 0,01 m/min (<100 m/min) 0,1 m/min (>100 r.p.m.)
Precisión		±0,05 % del valor de medición ±1 dígito
Distancia de medición		50 ... 1500 mm (según la superficie)

Tabla 5.1 Características Técnicas del Sensor de Vibración ^[3.9]

Cada punto de monitoreo (sensado) está alimentado por la red eléctrica común y en otros casos por paneles solares. Ambos sistemas están además respaldados por un sistema de baterías (BACKUP) que les permite funcionar de manera

ininterrumpida cuando cualquiera de las dos fuentes principales falla. Todo esto estará controlado por una señal de alarma que enviará el teléfono al detectar la falta de alimentación de la fuente primaria, lo que permitirá hacer conocer en el centro de monitoreo el problema, para darle una solución inmediata.

Se usará paneles solares en los sitios donde no se disponga de la red eléctrica común. Los paneles solares tendrán un sistema de control que les permitirá saber cuando las baterías de BACKUP no necesitan seguir cargándose y así permitir la alimentación directa del equipo cuando hay condiciones climáticas favorables (Ver Figura 5.7).

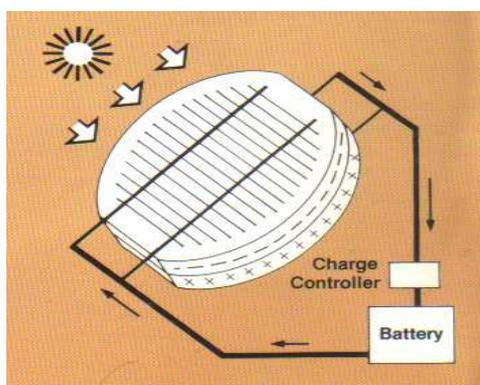


Figura 5.7 Diagrama de circuito de instalación de un panel solar ^[5.1]



Figura 5.8. Diagrama de una configuración fotovoltaica típica ^[5.1]

En la Figura 5.8 se muestra el diagrama de bloques de una configuración fotovoltaica típica para el funcionamiento de un sistema electrónico, sea que éste requiera alimentación de corriente DC o AC.

En la Figura 5.9 se describe la conexión de la tarjeta de adquisición de datos a cuatro tipos de fuentes según sea la necesidad.

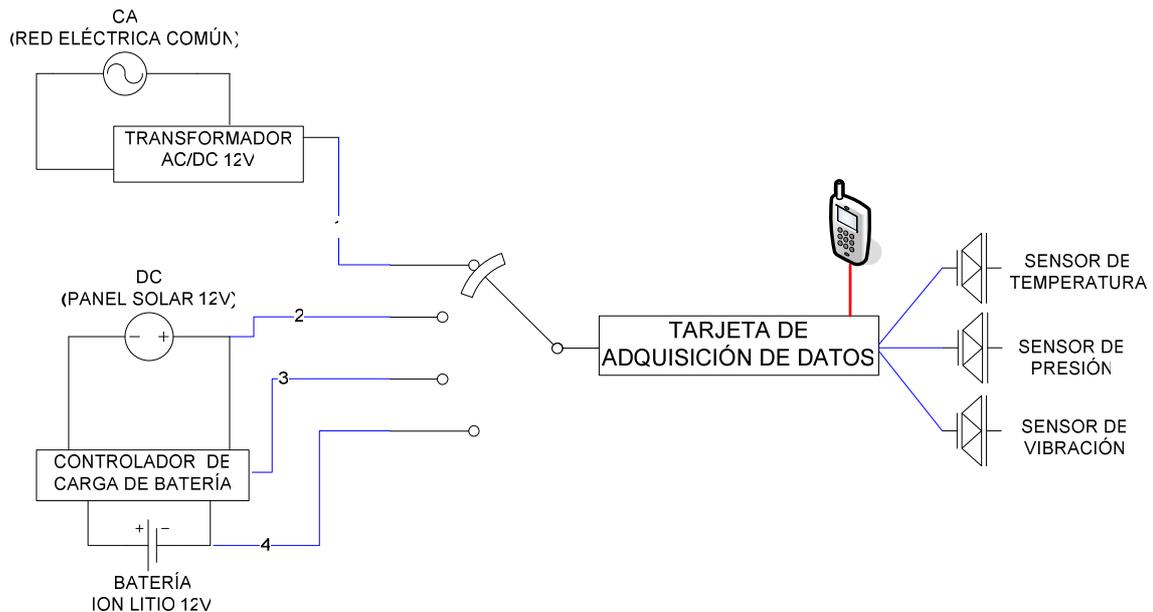


Figura 5.9. Diagrama del circuito de funcionamiento del sistema de alimentación del equipo

En cada punto de sensado, donde el nivel de señal de las operadoras celulares sea bajo, se ubicarán antenas de alta ganancia para garantizar que la transmisión de los datos obtenidos desde los sensores llegue correctamente y a tiempo (Ver Figura 5.10).

Las características técnicas de las antenas que se usarán en los puntos antes mencionados se detallan a continuación:

📶 Banda cubierta:	820-880 Mhz.
📶 Numero de Elementos:	11
📶 Ganancia Típica:	12.5 Dbi

✚ SWR < 1.5 a 1	
✚ Impedancia:	50 Ohms
✚ Relacion F/B:	20 DB
✚ Angulo de apertura vertical:	32 Grados
✚ Angulo de apertura Horizontal:	35 Grados
✚ Longitud:	1.2 mt.

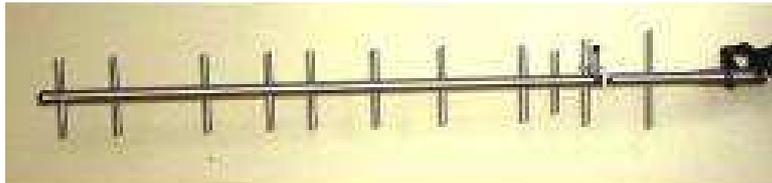


Figura 5.10 Antena Yagui para banda celular ^[5.2]

Cada componente del sistema de monitoreo cumple con los estándares de seguridad industrial (intrínsecamente seguros) que se requiere para este tipo de instalaciones con alto nivel de riesgo, sobre todo en lo que a incendios se refiere.

5.2. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL MICROCONTROLADOR DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN Y TRANSMISIÓN DE DATOS.

Ya se mencionó que el software del microcontrolador permite que la tarjeta realice la adquisición de la corriente de 4mA a 20mA de cada sensor. Luego debe realizar la conversión Analógico – Digital de los datos y enviarlos al teléfono en forma de texto para su envío a través de la red celular. Los datos son recibidos en el PC del centro de Monitoreo para el procesamiento y generación de informes y alarmas.

La Figura 5.11 muestra el diagrama de flujo del software del microcontrolador de la tarjeta de adquisición de datos.

La estructura de las tareas del proceso que detalla la Figura 5.10 se describe a continuación en lenguaje estructurado.

Establecimiento de conexión con Transmisores de Corriente

Recibir solicitud de datos de transmisores de corriente

Abrir puerto de datos del microcontrolador

Fin Tarea

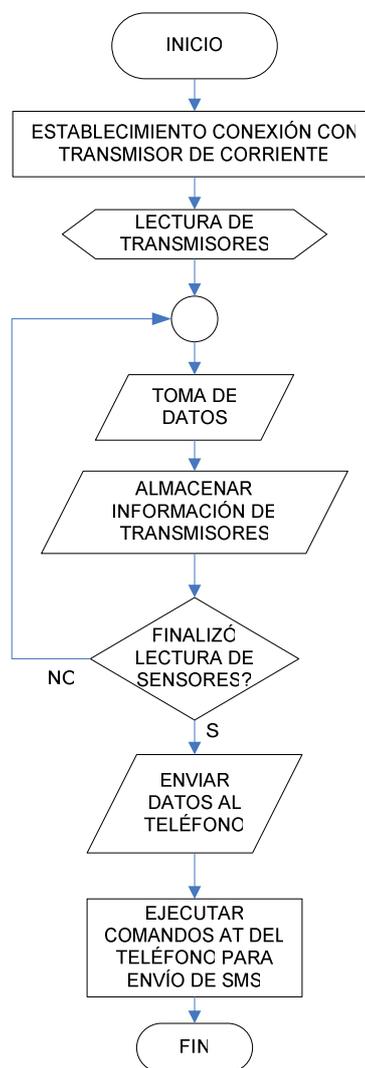


Figura 5.11 Diagrama de Flujo del Software del Microcontrolador

Lectura de Transmisores

Comenzar lectura de transmisores

Fin Tarea**Tomar Datos de Transmisores de Corriente**

Obtener corrientes de cada trasmisor
Convertir datos Analógicos a Digitales
Convertir datos a caracteres ASCII

Fin Tarea**Almacenar Información de Transmisores**

Guardar información de cada transmisor

Fin Tarea**Enviar Datos al teléfono**

Establecer conexión con el teléfono
Cargar la información a la memoria del teléfono

Fin Tarea**Ejecutar comandos AT para envío de SMS**

Recibir comando AT para escritura de mensaje
Almacenar mensaje en buzón de salida
Recibir comando AT para envío de mensaje
Envío del mensaje

Fin Tarea

Este software también permite solicitar la información de estado de los sensores desde cualquier otro teléfono celular autorizado para dicha solicitud. Además le permite a la tarjeta enviar información de emergencia, cuando uno de los sensores sobrepase los niveles críticos, se haya desconectado de la fuente o se haya abierto la caja donde se encuentra el mismo.

5.3. DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DEL SOFTWARE PARA ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS.

El software del sistema central de monitoreo está diseñado para mostrar la información recibida desde los puntos de sensado, información que se recibe en forma de texto a través de SMS (mensajes cortos de texto, 150 caracteres).

La información recibida incluye (Figura 5.12):

- Número de identificación del sensor.
- Hora en que se tomaron los datos de los sensores.
- Nivel de señal en el punto de sensado.
- Nivel de batería disponible cuando el equipo no está conectado a la fuente.
- Presión en el punto.
- Temperatura de la tubería.
- Vibraciones.

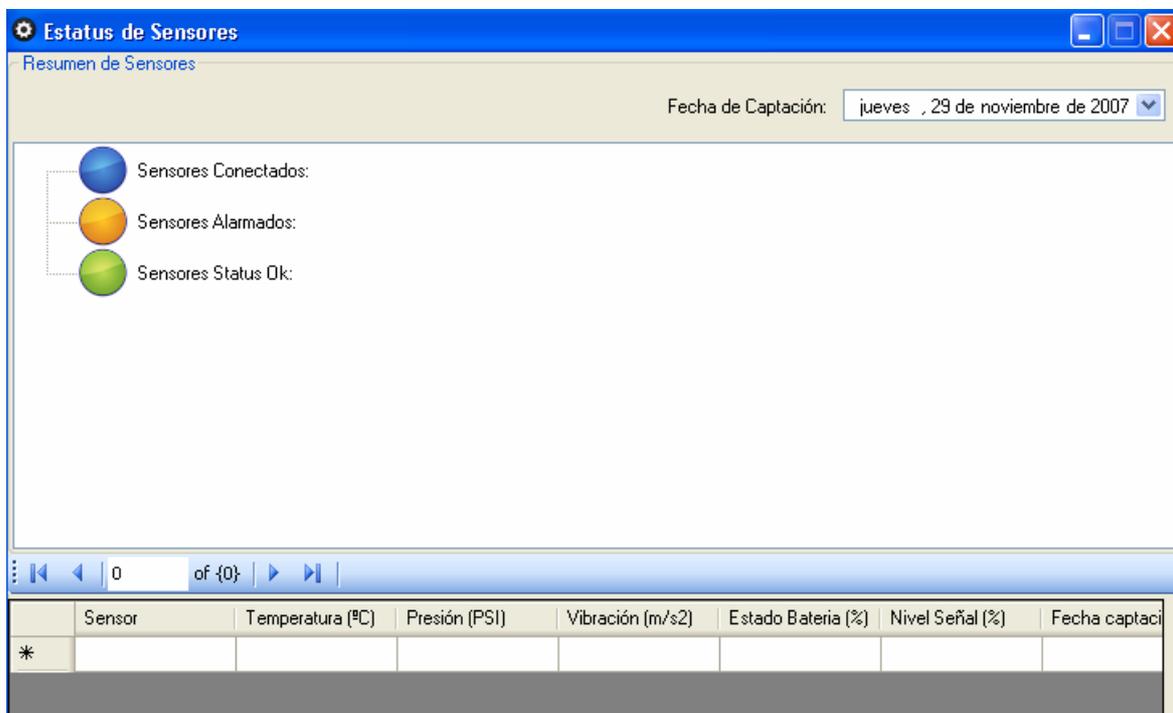


Figura 5.12 Ventana de presentación de Información recibida

Toda esta información es almacenada por el software en una base de datos y es comparada con los parámetros de Presión, Temperatura y Vibraciones que se establecen como los parámetros estables, dentro de los cuales el poliducto se encuentra en condiciones normales. La descripción detallada de las pantallas desplegadas se la realizará más adelante en este mismo capítulo.

Cuando estos parámetros están fuera del nivel predeterminado (el nivel tiene un rango de tolerancia), se genera una alarma que muestra el parámetro que ha variado y el punto en donde se generó dicha alarma.

La ubicación del punto se determina mediante un mapa de distribución de sensores, puesto que cada sensor tiene un número de identificación relacionado con la ubicación exacta del mismo en la tubería.

5.3.1. DESCRIPCIÓN DE INSTRUCCIONES UTILIZADAS

Para el diseño del software de interfaz de usuario se consideran parámetros como: facilidad de manejo para usuarios con conocimientos mínimos de computación, facilidad de interpretación y manejo de alarmas, descripción de funciones que ejecutan los botones de acceso rápido del menú, etc.

A continuación se presenta un desglose de las funciones más importantes de Visual Basic que se usan en el desarrollo del presente software:

- **MSComm:** Permite que los programas diseñados en Visual Basic transmitan o reciban datos por un puerto serial o MODEM, como si fuera una aplicación de simulación de terminal. Para configurar el control MSComm se debe establecer primero las siguientes propiedades:

- **CommPort:** es un entero que especifica el puerto COM al que está conectado el MODEM (por ejemplo 2, para COM 2).

- **Settings:** Determina la velocidad y otros parámetros a los que se establecerá la comunicación. Ej. Settings="9600,N,8,1" que especifica lo siguiente:

- 9600 = velocidad
- N = sin paridad
- 1 = cantidad de bits de parada

- **Handshaking:** Especifica el método de control sobre el flujo de información. En una comunicación serial se necesita conocer si el puerto puede enviar información (necesita saber si el módem está preparado para recibirla) y necesita indicarle al módem que él está preparado para recibir información. A este proceso se le denomina Handshaking (Handshaking = Control de Flujo).

- **InBufferSize:** Mediante esta propiedad se establece el tamaño del Buffer (almacén de datos) de entrada. Este Buffer sirve para poder recibir datos sin que tenga que intervenir la aplicación continuamente para controlar el puerto de entrada. Puede conocerse el número de caracteres presentes en el Buffer de entrada consultando el valor de la propiedad InBufferCount.

- **OutBufferSize:** Mediante esta propiedad se controla el tamaño del Buffer de salida. El tamaño de los Buffers dependerá de la aplicación y de la velocidad de comunicación.

Si la aplicación tiene muchas cosas que hacer, aparte de controlar el puerto de comunicaciones, se deberá poner un Buffer grande. Tanto más grande cuanto mayor sea la velocidad de transferencia de datos. Puede conocerse el número de caracteres presentes en el Buffer de salida (los que aún están por transmitir), consultando el valor de la propiedad OutBufferCount.

- **RThreshold, SThreshold:** Estas dos propiedades especifican el número de caracteres que deben estar presentes en los Buffers de Recepción y Transmisión respectivamente, para que se produzca el evento OnComm relativo a recepción y

transmisión de caracteres. (Eventos EvReceive y EvSend) Si el valor de una de estas propiedades está en 0, no se produce el evento OnComm correspondiente.

- **InputLen:** Por defecto, cuando se lee el Buffer de recepción, se leen todos los caracteres, quedando el Buffer vacío. Si se le asigna a esta propiedad un valor distinto de 0, cada vez que lea el Buffer de recepción leerá un número de caracteres igual a esa cantidad, permaneciendo los caracteres restantes en el Buffer a la espera de una nueva lectura.

Asignándole el valor 0 (Valor por defecto), el buffer se lee completo.

- **PortOpen:** Abre el puerto de comunicación. Puede tener los valores True (Para abrirlo) y False (Para cerrarlo). Si se tiene un MSComm con Nombre (Name)

MSComm1, para abrirlo se ejecuta la siguiente sentencia:

```
MSComm1.PortOpen = True
```

Para cerrarlo, se ejecuta:

```
MSComm1.PortOpen = False
```

- **InputMode:** Elije el tipo de datos que manejará MSComm. Por ejemplo, si InputMode=0 (representa la constante comInputModeText), se reciben solo caracteres imprimibles. Si InputMode=1 (representa la constante comInputModeBinary), habilita la recepción de caracteres no imprimibles.

- **PduConverter Namespace:** Este comando provee las clases para crear y decodificar cadenas de datos para PDU SMS.

- **GsmComm:** Es un comando que permite al PC, mediante un software, interactúa con el teléfono móvil para ejecutar varias funciones como:

AcknowledgeNewMessage	Permite saber cuando un nuevo
------------------------------	-------------------------------

	mensaje de texto corto es recibido y fue guardado directamente por la aplicación.
Close	Termina la conexión con el dispositivo.
CreatePhonebookEntry	Crea un nuevo registro de entrada.
DecodeReceivedMessage	Indica un SMS recibido.
DecodeShortMessage	Decodifica un SMS leído desde el teléfono.
DeleteAllPhonebookEntries	Borra todos los registros de entradas.
DeleteMessage	Borra SMS específicos.
DeleteMessages	Borra un grupo específico de SMS recibidos.
DeletePhonebookEntry	Borra un registro de entrada.
DisableMessageNotifications	Deshabilita todas las notificaciones de mensajes.
DisableMessageRouting	Deshabilita todas las rutas de mensaje.
EnableMessageNotifications	Habilita la notificación de nuevos SMS recibidos.
EnableMessageRouting	Habilita la ruta directa del Nuevo SMS recibido a la aplicación.
Equals (inherited from Object)	Determina si el objeto especificado es igual al objeto actual.
FindPhonebookEntries	Busca registros de entradas.
FindPhonebookEntriesWithStorage	Busca de entradas y guarda lo almacenado en la localidad de donde viene.
GetCurrentCharacterSet	Obtiene el modo de texto configurado.
GetMessageMemoryStatus	Obtiene el estado de la memoria de mensajes específicos almacenados.
GetMessageStorages	Obtiene información de los dispositivos soportados para almacenar mensajes.
GetPhonebook	Obtiene todo el registro acerca de la información almacenada.
GetPhonebookMemoryStatus	Obtiene la información del estado de memoria de una localidad específica.
GetPhonebookWithStorage	Obtiene todo el registro de una localidad de memoria seleccionada y guarda la localidad de donde vienen los datos.
GetSupportedCharacterSets	Obtiene los parámetros de caracteres modo texto soportados.
GetType (inherited from Object)	Obtiene el carácter de la instancia actual.
IdentifyDevice	Reune información que identifica el dispositivo conectado.
IsAcknowledgeRequired	Corroborar si hay un nuevo requerimiento

	direccionado desde los mensajes entrantes.
IsConnected	Determina si hay actualmente un dispositivo conectado que responde a los comandos.
IsOpen	Determina si el puerto está actualmente abierto.
Open	Abre la comunicación con el dispositivo.
ReadMessage	Lee un solo SMS.
ReadMessages	Lee y decodifica mensajes desde el teléfono.
ReadRawMessages	Lee SMS en su forma original desde el teléfono.
ResetToDefaultConfig	Borra todas las configuraciones que no son guardadas en un perfil.
SelectCharacterSet	Selecciona la configuración de caracter de modo texto.
SendMessage	Envía un SMS
SendMessages	Envía múltiples mensajes seguidos. Enviando paradas en el primer error.
ToString (inherited from Object)	Devuelve una cadena que representa el objeto actual.

5.3.2. DISEÑO DEL SOFTWARE DE INTERFAZ DE USUARIO PARA GESTIÓN Y VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN Y EVENTOS.

El software del sistema de monitoreo de parámetros desde las estaciones remotas fue desarrollado en Visual Studio.Net, que es una actualización del paquete Visual Studio, lenguaje de programación que permite la creación de interfaces que ayudan al usuario a realizar la gestión de información con los equipos que están conectados a un PC.

Visual Studio.Net permite trabajar con bases de datos y otros paquetes informáticos que pueden ser llamados desde la interfaz del usuario para la presentación de informes estadísticos de la información recopilada en la base de datos. Para este caso, se utilizó el paquete CRYSTAL REPORTS XI, que permite la visualización de datos en forma de gráficos estadísticos.

La Figura 5.13 muestra el diagrama de flujo general del software de adquisición y procesamiento de datos obtenidos desde los puntos de sensado.

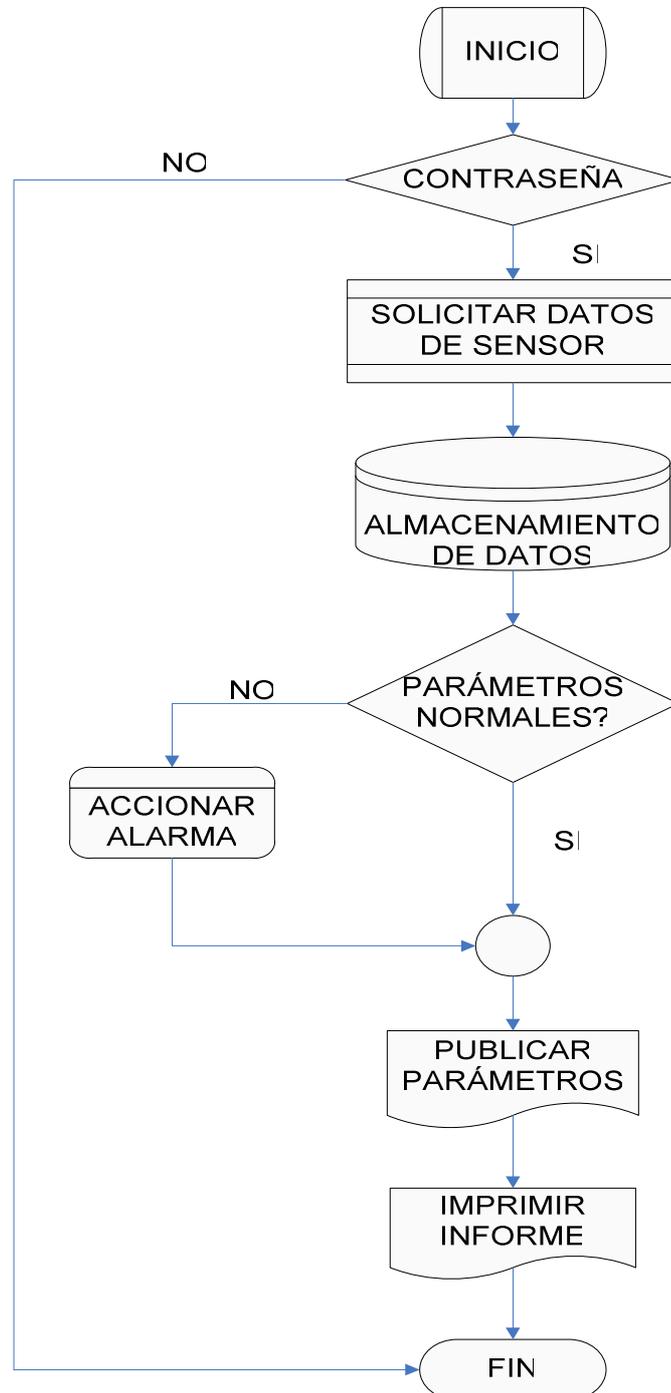


Figura 5.13 Diagrama de Flujo General del Software de Monitoreo

La estructura de las tareas del proceso que detalla la Figura 5.13 se describen a continuación en lenguaje estructurado.

Ingreso de Contraseña

Si la contraseña es correcta
Ingreso al Programa

Caso contrario
Fin del programa

Fin Tarea

Solicitar Datos de Sensor

Seleccionar la opción "Captación de Datos"
Seleccionar parámetros para la obtención de Datos
Probar la correcta conexión con el teléfono
Ejecutar captura de datos

Fin Tarea

Almacenamiento de Datos

Abrir base de Datos
Inicializar variables
Establecer correspondencias con parámetros normales
Si los parámetros son normales
Publicar los resultados
Emitir un Informe detallado
Caso contrario
Emitir una alarma

Fin Tarea

Imprimir Informe

Seleccionar el sensor del que se desea obtener el informe
Seleccionar la opción "Imprimir Informes"
Ajustar parámetros de Impresión

Fin Tarea

El funcionamiento detallado del software de monitoreo se describe a continuación:

La Figura 5.14 corresponde a la ventana de Inicio de Sesión donde los usuarios se registran con su Nombre de Usuario y su respectiva contraseña.

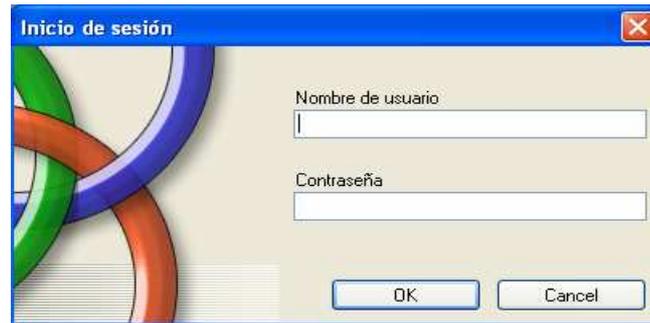


Figura 5.14 Ventana Inicio de Sesión

Al presionar el botón OK, corrobora que el Nombre de Usuario y la Contraseña son correctas, luego despliega la pantalla principal del Sistema de Monitoreo.

Esta ventana contiene opciones que permiten la ejecución de varias acciones de control como: Captación de Datos, Ver Resultados, Imprimir Informes y Registrar Nuevos Sensores, como se indica en la Figura 5.15.



Figura 5.15 Ventana Monitoreo de Fugas para Poliductos

La selección del botón de Captación de Datos (Ver Figura 5.16) ordenará al modem remoto que recopile y envíe las mediciones con los parámetros contemplados para cada sensor.



Figura 5.16 Ventana Captación de Datos I

En esta opción se puede calibrar los parámetros de comunicación como son: Puerto COM, Velocidad de transmisión y Tiempo de espera límite para la adquisición de los datos (Ver Figura 5.17).

Permite visualizar además si se ha realizado una conexión exitosa con el teléfono y elegir el lugar de almacenamiento desde el cual la información es extraída, encontrándose las opciones del SIM o de la memoria propia del teléfono.

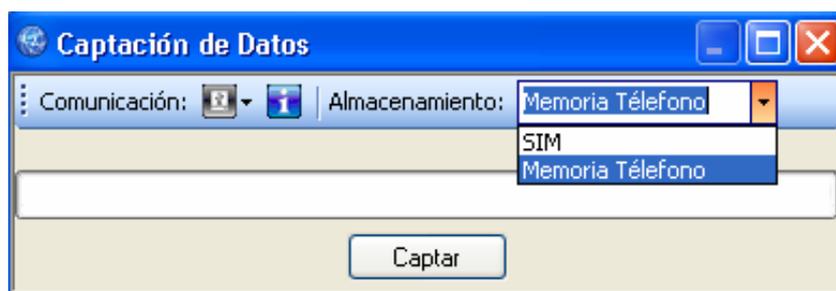


Figura 5.17 Ventana Captación de Datos II

La selección del botón Ver Resultados mostrará la ventana de Estatus de Sensores con las mediciones que se obtuvieron del requerimiento de datos (Ver Figura 5.18), donde se visualiza el estado en el que se encuentran los sensores,

pudiendo ser: Sensores Conectados, Sensores Alarmados y Sensores que se encuentran con un estatus óptimo.

Sensor	Temperatura (°C)	Presión (PSI)	Vibración (m/s²)	Batería (%)	Nivel Señal (%)	Fecha	Hora Captación	Conectado	Alarmado	Estatus Ok
3	14,3	1000	1,3	90	90	28/11/2007	01/01/2001 10...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	13	110	2,5	80	85	28/11/2007	01/01/2001 10...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	15,7	1200	1,5	95	80	01/12/2007	01/01/2001 10...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	15,7	1200	1,5	95	80	01/12/2007	01/01/2001 9:52	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	15,7	1200	1,5	95	80	28/11/2007	01/01/2001 10...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	16	115	2,5	40	45	02/12/2007	01/01/2001 10...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1	15,7	1200	1,5	95	80	01/12/2007	01/01/2001 9:51	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1	15,7	1200	1,5	95	80	02/12/2007	01/01/2001 10...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.18 Ventana Estatus de Sensores

Complementando la información anteriormente mencionada, al seleccionar un sensor, se puede observar en detalle los parámetros enviados por el teléfono como son: Número del Sensor, Temperatura, Presión, Vibración, Estado de Batería, Nivel de Señal, Fecha de Captación, Hora de Captación, Conectado, Alarmado y Status OK, éstos tres últimos diferenciados por colores para una mejor interpretación de los estatus.

La selección del botón de Imprimir Informe mostrará un Informe estadístico de los datos obtenidos de cada sensor, esto tanto en forma numérica como gráfica, pudiendo de esta manera facilitar la interpretación de resultados.

En la Figura 5.19 se pueden ver los detalles siguientes:

- ✚ Cada Variable sensada tiene un grafico de barras que la representa, es decir, existe un gráfico de Presión, Temperatura, Vibración y Nivel de Batería.
- ✚ Se presenta además una barra por cada medida tomada durante el transcurso del día, para el ejemplo de la figura se ha representado las tres medidas que realizaron los sensores en una sola fecha.
- ✚ Cada medida realizada en un mismo día está representada por barras de diferente color y con la magnitud correspondiente al valor sensado.
- ✚ En la parte inferior de la pantalla nos muestra en valores numéricos los datos obtenidos por los sensores y bajo los mismos el valor máximo registrado de todas las medidas realizadas por cada sensor.
- ✚ Junto a los datos numéricos nos muestra un cuadro de señales representadas por un “visto” cuando los niveles del sensor están dentro de los parámetros normales y una “x” para descartar que está fuera de dichos parámetros.

En conclusión, en este capítulo se presenta la alternativa en software y hardware más viable analizando tanto la parte económica, como la disponibilidad de equipos por parte de los fabricantes, lo que permitirá garantizar una futura implementación.

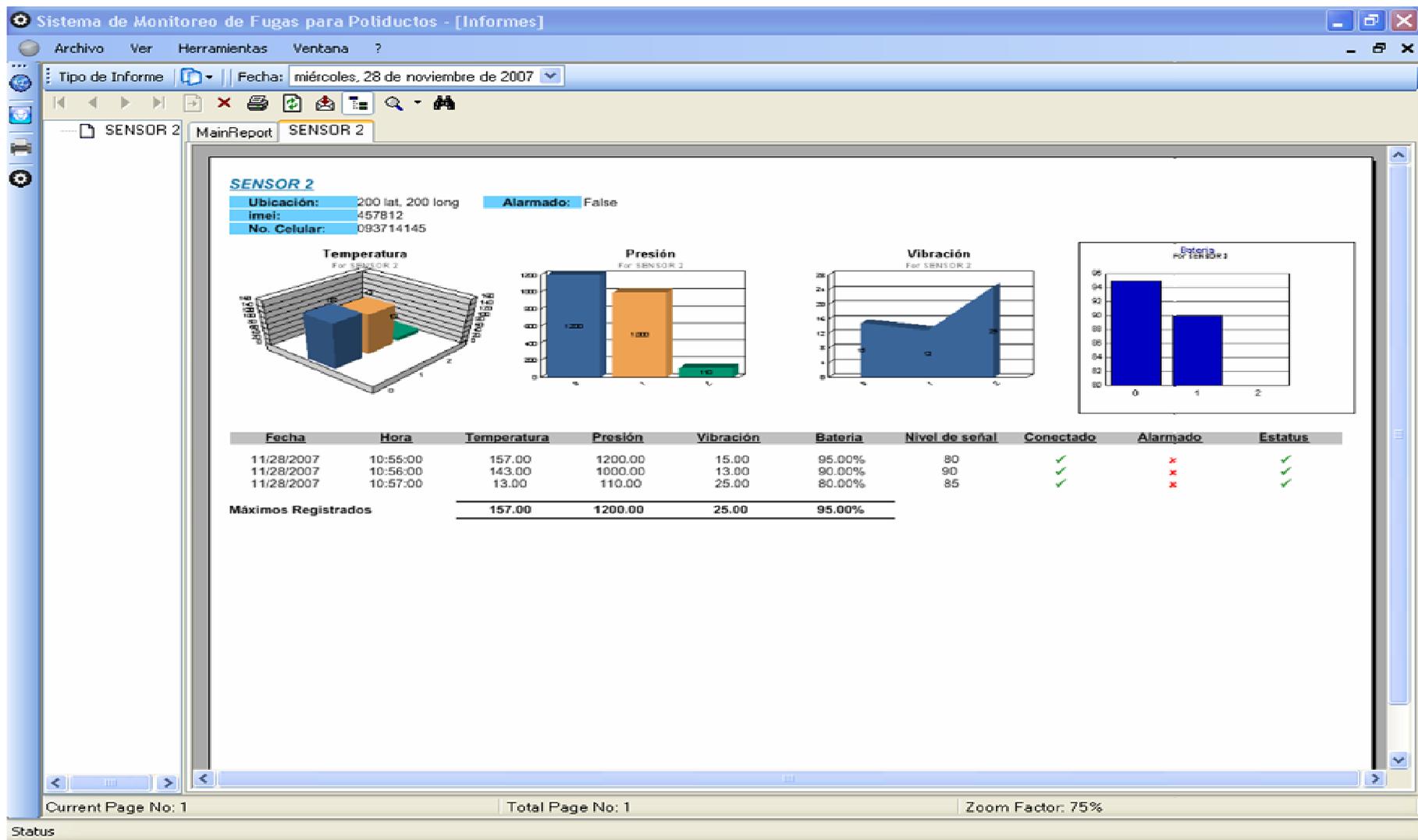


Figura 5.19 Ventana Imprimir Informe

CAPÍTULO 6

PRUEBAS, RESULTADOS Y DETALLE DE COSTOS.

En este capítulo se describen las pruebas efectuadas con el equipo y se listan los resultados obtenidos.

Adicionalmente, en este capítulo se presenta un breve análisis de costos del equipo diseñado, los equipos que se usan adicionalmente, y un breve análisis de mercado para determinar si es o no viable su comercialización en el mercado ecuatoriano.

6.1 ASPECTOS RELACIONADOS CON LAS MEDICIONES DE PRESIÓN, TEMPERATURA Y VIBRACIONES.

Para la realización de las pruebas descritas en el presente capítulo, primero se analizó algunos aspectos importantes que se deben considerar para la correcta determinación de eventos anómalos sobre el Poliducto.

Se parte de la información acerca de estaciones principales de operación del Poliducto Quito – Ambato. (Tabla 6.1)

Estación de Bombeo	Ubicación	Altura (m)	Distancia (km)
El Beaterio, Estación Reductora y Terminal de Almacenamiento y Despacho	Quito	2950	0
Estación de Control	Latacunga	2100	68
Estación Reductora de Ambato y Terminal de Almacenamiento y Despacho	Ambato	2760	111

Tabla 6.1. Estaciones del Poliducto Quito-Ambato

A continuación, en la Tabla 6.2, se detallan las características técnicas del tipo de tubería empleada para el transporte de derivados de petróleo.

Longitud (km)	111
Diámetro de Tubería (pulg)	6
Material de la Tubería	Acero
Grosor de la Tubería (mm)	6
Capacidad Bombeo (gls/día)	12.000
Volumen Empaq. Línea (gls)	13.572
Caudal Máximo (gls/hora)	500
Productos	Gasolina Extra, Diesel y Destilado 1

Tabla 6.2. Características Técnicas de la tubería del Poliducto Quito-Ambato

En la Tabla 6.2 se aprecia que el diámetro nominal de las tuberías es de 6 pulgadas y que transportan gasolina súper y extra, diesel y destilado 1 hacia los terminales del sistema de poliductos en todo el país.

Los productos bombeados a través del poliducto, mantienen una secuencia inalterable, que es la siguiente: Gasolina Súper – Gasolina Extra – Diesel – Gasolina Extra – Gasolina Súper. Cada columna de estos productos está separada mecánicamente a través de esferas de metal. Además, para una mejor identificación de los productos bombeados se colocan colorantes en la cabeza de cada columna de derivado.

Seguidamente, se analizan las variables escogidas para el monitoreo en cada punto de sensado.

6.1.1 PRESIÓN

Parámetro que se considera como el principal dentro del presente estudio, debido a que las variaciones bruscas de este parámetro reflejan anomalías en el

correcto funcionamiento del sistema.

Primero se determinó que el poliducto alcanza una altura máxima de 3755 mts sobre el nivel del mar en el lugar conocido como San Juan. Este sitio se encuentra en las faldas del monte Atacazo y a 20 Km de El Beaterio. Por este motivo las estaciones de El Beaterio, Latacunga y Ambato son reductoras y presentan caídas de presión que están en el orden de 52 Kg/cm² en el Beaterio y de 13 Kg/cm² en Ambato.

Como consecuencia de la gran variación de alturas que presenta el recorrido del poliducto Quito - Ambato, la **presión** existente en el interior de las tuberías cambia constantemente por lo cual, es necesario analizar si la variación de este parámetro es comparable con la variación ocurrida cuando se presenta una fuga. Tabla 6.3.

Presión Inicial (psi)	Presión (psi)	PK (km)	Altura (m)	Sector
840	31.1 (P_{min})	37	3550	La Nasa Tubería Aérea
840	984.2 (P_{max})	11	2772	Tambillo Tubería Enterrada

Tabla 6.3. Presión Máxima y Mínima presentes en el Poliducto Quito-Ambato

Los valores de la Tabla 6.3 fueron establecidos como valores normales para el correcto funcionamiento del poliducto (Información obtenida de PETROPRODUCCION).

Se han determinado las presiones máximas y mínimas en diferentes sectores del poliducto, datos que permiten también discriminar los puntos donde se podrían llevar a cabo perforaciones a la tubería, puesto que, los puntos de mayor presión permiten llenar un tanquero de 10000 galones en aproximadamente 12 minutos, cuando de robos se trata, información que fue corroborada en uno de los trabajos

de instalación de válvulas de reducción de presión, en la ciudad de Ambato, realizada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército. Aquí se pudo determinar también, que las caídas de presión que se generan en el segmento del cual se extrae el líquido, las caídas de presión están en el orden de los 300 psi.

En el sector de la NASA (Foto 6.1) existe una gran extensión de tubería totalmente descubierta y con fácil acceso vehicular.



Foto 6.1. La Nasa PK 37

Se determinó que el Cuartel Vencedores - PK 20 (Foto 6.2) se presenta una presión de 929.5 psi.



Foto 6.2. Cuartel Vencedores PK 20

6.1.2 TEMPERATURA

Este es otro de los factores que permitirá determinar situaciones anormales sobre la tubería del poliducto.

Mediante datos proporcionados por técnicos de PETROCOMERCIAL la temperatura de una determinada sección de tubería de poliducto varía cuando existen fugas, para el caso de rupturas en las tuberías del oleoducto la temperatura se incrementa debido a la densidad del petróleo, situación contraria a lo que sucede cuando se produce una ruptura en las tuberías del poliducto, que como se indicó anteriormente tiene mucho que ver la densidad del producto que se está transportando, en este caso, los derivados de petróleo tienen componentes químicos, que hacen que cuando éstos se están moviendo a través de una tubería y con cierta presión, la temperatura decrece de manera considerable, esta variación está en el orden de los 10 °C.

Los valores de temperatura obtenidos con la tarjeta de adquisición de datos fueron contrastados usando un termocupla tipo K que posee el multímetro FLUKE 170 (Figura6.1), cuyas características técnicas y precisión de lecturas se muestran en la Tabla 6.4.



Figura 6.1. Multímetro FLUKE 179 [6.1]

Especificaciones	
Tensión CC	175 – Precisión* $\pm (0,15\% + 2)$ 177 – Precisión* $\pm (0,09\% + 2)$ 179 – Precisión* $\pm (0,09\% + 2)$ Resolución máxima 0,1 mV Máximo 1.000 V
Tensión CA	Precisión* $\pm (1,0\% + 3)$ Resolución máxima 0,1 mV Máximo 1.000 V
Corriente CC	Precisión* $\pm (1,0\% + 3)$ Resolución máxima 0,01 mA Máximo 10 A
Corriente CA	Precisión* $\pm (1,5\% + 3)$ Resolución máxima 0,01 mA Máximo 10 A
Resistencia	Precisión* $\pm (0,9\% + 1)$ Resolución máxima 0,1 Ω Máximo 50 M Ω
Capacitancia	Precisión* $\pm (1,2\% + 2)$ Resolución máxima 1 nF Máximo 10.000 μ F
Frecuencia	Precisión* $\pm (0,1\% + 1)$ Resolución máxima 0,01 Hz Máximo 100 kHz
Temperatura	179 – Precisión* $\pm (1,0\% + 10)$ Resolución máxima 0,1 $^{\circ}$ C Rango -40 $^{\circ}$ C/400 $^{\circ}$ C
Nota	*El grado de precisión es el óptimo de cada función

Tabla 6.4. Características técnicas de multímetro FLUKE 179 ^[6.1]

6.1.3 VIBRACIÓN

Factor concluyente para la determinación de un comportamiento anómalo sobre una cierta sección de tubería.

6.1.3.1 Definición de vibración

La vibración, es un intercambio de energías cinéticas en cuerpos rígidos y de masa finita, el cual surge de una entrada de energía dependiente del tiempo. Cuando un cuerpo rígido experimenta cambios, de tal forma que sus puntos oscilan sincrónicamente en torno a su posición de equilibrio, en un campo constante; se lo define como vibración de cuerpo entero.

Para describir el movimiento del cuerpo entero, se utiliza una combinación de movimientos individuales de 6 tipos diferentes:

- Traslaciones en los tres ejes ortogonales x, y, z.
- Rotacionales alrededor de los mismos ejes.

Con los cuales, el cuerpo rígido se puede desplazar con seis grados de libertad. Existen también sistemas de un único grado de libertad, los mismos tienen su movimiento en un solo plano, como es el caso del péndulo de un reloj.

Al excitar un cuerpo con una fuerza determinada se producen movimientos vibratorios causados por impulsos tanto externos como internos, por lo cual, un análisis de vibración puede determinar las fuerzas de excitación actuando en una máquina o estructura. Dichas fuerzas dependen de las características y estado de la estructura, con las cuales se puede diagnosticar un problema en ésta.

Los cambios de estado de equilibrio en un cuerpo rígido pueden ser producidos por:

- Desequilibrio en máquinas rotatorias
- Entrada de Energía Acústica
- Circulación de Fluidos o Masas
- Energía Electromagnética

Actualmente, gracias a los avances de la electrónica se tienen instrumentos de medición altamente sofisticados que permiten cuantificar y discriminar diferentes tipos de vibración a través de diversos principios y con una alta precisión, el equipo que se usó para realizar mediciones y obtener valores estándar de vibraciones, para luego comparar con los valores que se esperaban obtener con el equipo propuesto para las pruebas de campo, es un analizador de vibraciones de marca SNAPSHOT (Figura 6.2).



Figura 6.2. Analizador de Vibraciones marca SNAPSHOT [6.2]

Cuenta con una batería Ion-Litio, de estándar industrial recargable, cuya duración típica es de 8 horas. El valor de carga puede ser visto tanto en el software del equipo, como en la misma batería, mediante indicadores led.

En cuanto a los puertos de comunicación se encuentran los siguientes:

- ✚ Un slot PCMCIA
- ✚ Conector serial RS232 de 9 pines
- ✚ Un conector de carga para la batería de 15 Volts
- ✚ Conector RJ45 para conexión Ethernet.

Entre las características de hardware más importantes se tiene:

- ✚ Tiene 2 canales de entrada para vibración que poseen un ancho rango de medición. Adicionalmente mide temperatura, velocidad, entre otras.
- ✚ Se puede usar este equipo para monitoreo y diagnóstico de campo.
- ✚ Cuenta con 4 entradas en total: las dos primeras para entradas de señales dinámicas, una señal de fase referencial, y la última para identificación automática de máquina.
- ✚ Varios tipos de datos provenientes de sensores son aceptados por el Snapshot tales como: proximidad, aceleración, velocidad, temperatura, entre otros.
- ✚ Posee una pantalla táctil, la cual despliega las funciones disponibles.

6.2 PRUEBAS REALIZADAS.

6.2.1 ASPECTOS GENERALES DE PRUEBAS REALIZADAS

Las pruebas realizadas para el informe del presente capítulo, se realizaron solo con el transmisor (sensor) de temperatura, debido a que los transmisores de Presión y Vibraciones son de carácter invasivo; es decir, para poder realizar medidas de presión y vibraciones se debía perforar la tubería, procedimiento que PETROCOMERCIAL no autoriza debido a los costos y riesgos que esto representa.

Sin embargo, los resultados obtenidos de las pruebas con el transmisor de temperatura, permiten garantizar el correcto funcionamiento de los transmisores de Presión y Vibración, puesto que todos los transmisores trabajan con el estándar de 4 - 20 mA.

La tarjeta de adquisición de datos utilizada para las pruebas se encarga de realizar la conversión analógico - digital de las corrientes que ingresan a la misma, a través de un microprocesador cuyo software permite también la conversión de la información enviada de los sensores en un mensaje de texto, para luego ser enviada como SMS a través de la red celular escogida para el presente diseño.

6.2.2. RESULTADO DE LAS PRUEBAS REALIZADAS

Las pruebas realizadas tuvieron lugar en diferentes días y horas, considerando cambios en los factores climáticos, debido a que solo se utilizó el sensor de temperatura.

Se escogieron varios lugares que permitían tener una idea más concreta de las condiciones climáticas comunes de los mismos; es decir, se sabe con certeza la temperatura a la que la tubería estará la mayoría del tiempo y así poder saber con certeza cuando se presente alguna variación anómala. Además, se consideró la temperatura de la tubería cuando se realiza el bombeo y cuando el líquido está en “reposo”, factores que permiten discriminar ciertas variaciones, puesto que el proceso de bombeo se lleva a cabo a diferentes horas del día, pero cumpliendo un cronograma preestablecido para el fin.

Los resultados de las pruebas realizadas con el equipo, se presentan a continuación a través de las diferentes interfaces del software diseñado para este fin. Incluye el informe estadístico de los datos recopilados de cada punto de sensado (Figura 6.3).

Sensor	Temperatura (°C)	Presión (PSI)	Vibración (m/s²)	Batería (%)	Nivel Señal (%)	Fecha	Hora Captación	Conectado	Alarmado	Estatus Ok
3	14,3	1000	1,3	90	90	28/11/2007	01/01/2001 10...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	13	110	2,5	80	85	28/11/2007	01/01/2001 10...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	15,7	1200	1,5	95	80	01/12/2007	01/01/2001 10...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	15,7	1200	1,5	95	80	01/12/2007	01/01/2001 9:52	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	15,7	1200	1,5	95	80	28/11/2007	01/01/2001 10...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	16	115	2,5	40	45	02/12/2007	01/01/2001 10...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1	15,7	1200	1,5	95	80	01/12/2007	01/01/2001 9:51	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
1	15,7	1200	1,5	95	80	02/12/2007	01/01/2001 10...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 6.3 Datos recopilados de de los Puntos de Sensado 1, 2 y 3

En la Figura 6.3 se muestra el resultado del requerimiento de la información de los sensores de cada punto, la misma que puede ser detallada numéricamente y en forma general a través de los globos indicadores (Colores) de la parte superior de la pantalla.

Los globos indicadores pueden desplegarse para indicar cuales son los sensores que están Conectados, Alarmados y con Estatus OK como se muestra en la Figura 6.4.

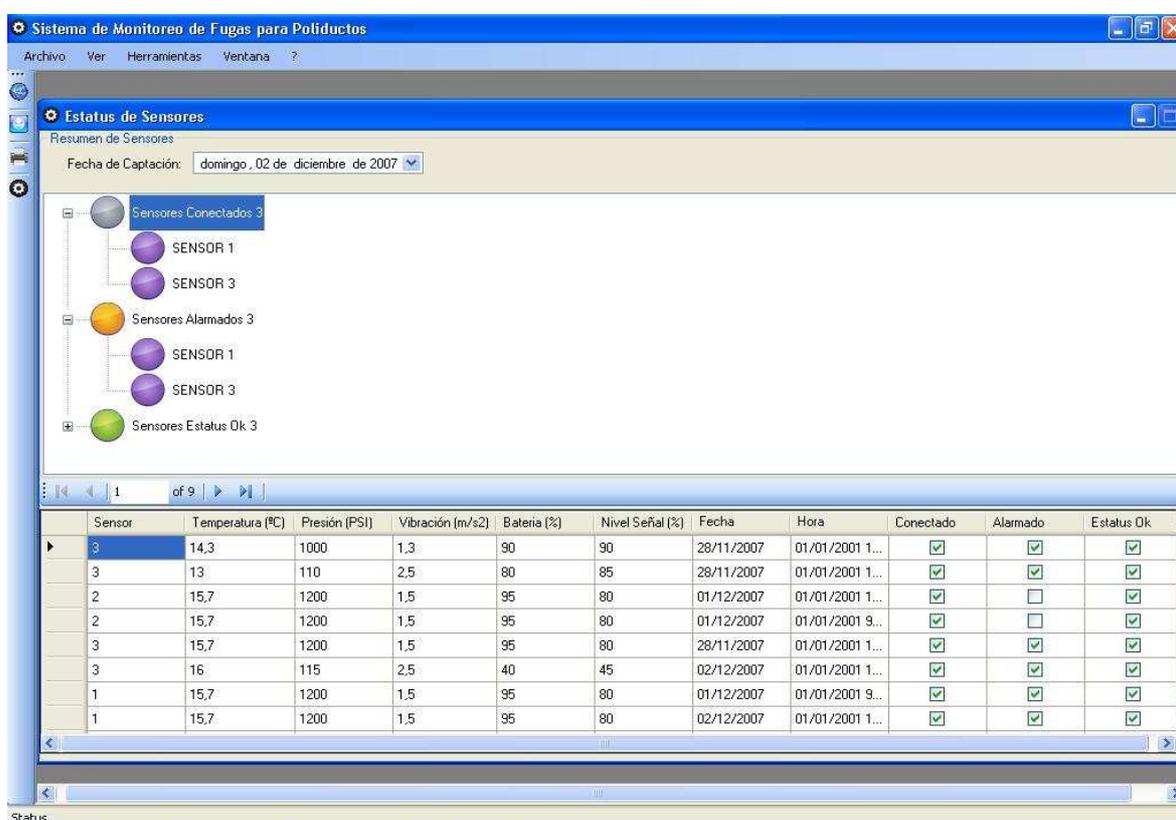


Figura 6.4. Información desplegada en los Globos indicadores

En la pantalla inferior de la Figura 6.4 se encuentra un detalle del número del sensor que está entregando información de Temperatura, Presión y Vibraciones. También muestra un informe del nivel de batería del equipo de transmisión, junto con el nivel de señal, la fecha y hora en la que el PC recibió la información, además, el estatus de cada sensor.

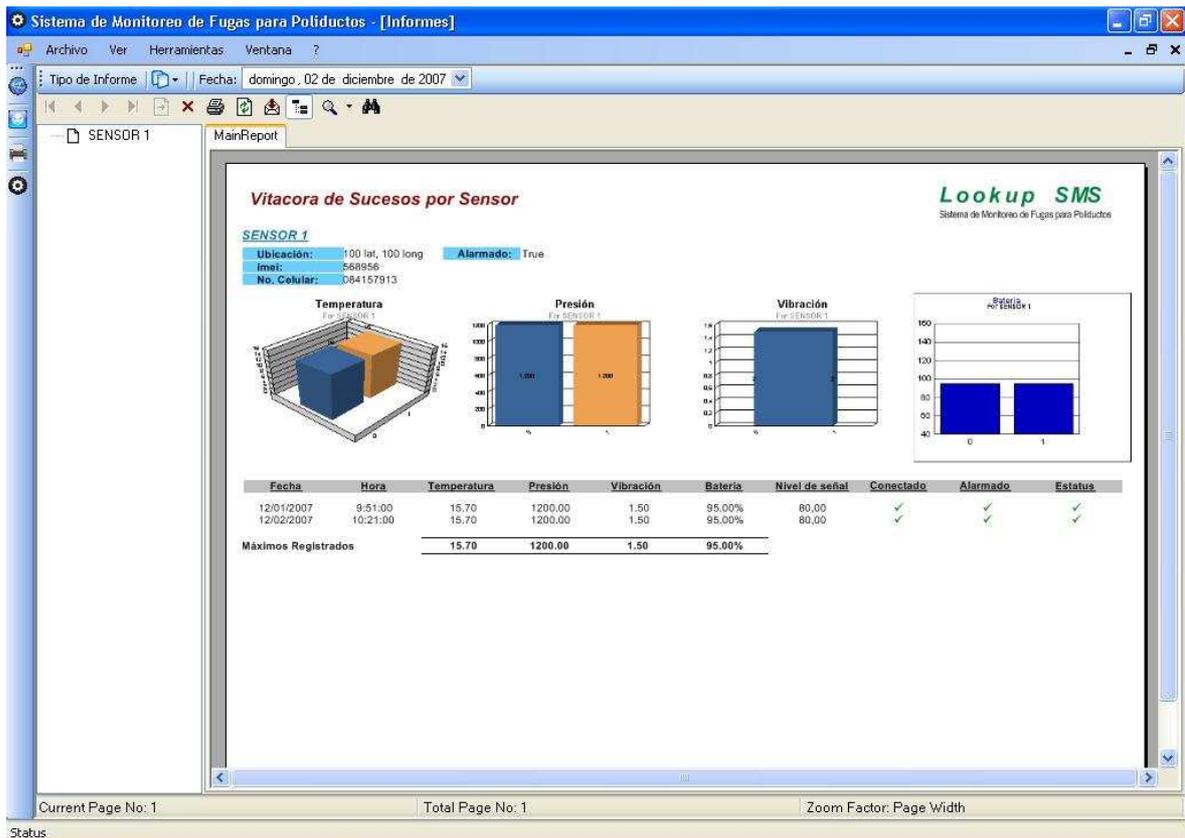


Figura 6.5. Informe estadístico de la información recopilada de los sensores

En la Figura 6.5 se muestra el informe de sensores en forma de gráfico estadístico, lo que permitirá visualizar la información de sensores, cada uno identificado por barras de colores diferentes. Además de un informe escrito con los valores numéricos de Presión, Temperatura, Vibración, Nivel de batería y Nivel de señal obtenidos desde cada punto de sensado, además, el estatus de cada sensor conectado al sistema.

Se elaboró una tabla con los valores obtenidos en el multímetro FLUKE 179, para realizar una contrastación de los valores obtenidos con la tarjeta de adquisición de datos y el transmisor de temperatura, en la tabla se incluirá el cálculo del error generado en la medición.

El error se calculó de la siguiente forma:

$$Error = \frac{|Valor\ real - Valor\ experimental|}{Valor\ real} * 100\%$$

$$Error = \frac{|10.3 - 10.5|}{10.3} * 100\% = 1.94\%$$

Puntos de prueba	Temperatura FLUKE (Real)	Transmisor de Temperatura (Experimental)	Error %
Barrio la Joya	10.3 °C	10.5 °C	1.94 %
La NASA	7.7 °C	7.4 °C	3.89 %
Estación Latacunga	12.6 °C	13.1 °C	3.97 %
Río Ambato	12.1 °C	12.4 °C	2.48 %

Tabla 6.5. Contrastación de datos obtenidos y error generado

En la tabla 6.5 se detallan los datos obtenidos tanto con el multímetro como con el transmisor de corriente y el resultado del error generado por las mediciones realizadas. Cabe mencionar que la termocupla que se utilizó para las mediciones es la misma para los dos casos (Tipo K), se la utilizó de manera alternada tanto en el multímetro como en el transmisor de corriente.

6.3 ASPECTOS GENERALES SOBRE COSTOS Y BENEFICIOS DEL PROYECTO.

Esta sección presenta un análisis de los costos y beneficios de ejecución del proyecto en la economía local, regional y nacional. Se resumen en este análisis los impactos negativos y positivos en la empresa, el medio ambiente y a la población.

El proyecto tiene como finalidad diseñar un sistema de adquisición, transmisión y recepción de datos de vibraciones, temperatura y presión del poliducto, a lo largo del tramo comprendido entre Quito y Ambato, mediante circuitos de transmisión GSM y transmisores industriales de vibración, temperatura y presión en puntos críticos del poliducto, para detectar fugas y robo de los derivados.

El sistema de monitoreo permitirá tener información en tiempo real del cambio de propiedades y características físicas que son propias de la estructura del poliducto y de los fluidos que se llevan por este.

El proyecto integral considera la presencia de estaciones de monitoreo, que constan de sensores, líneas eléctricas para fuentes de alimentación DC, o paneles solares en lugares donde no exista esta facilidad, una tarjeta de transmisión GSM y, por último, en el lado del centro de control una tarjeta de recepción, que conectada a un computador y por medio de un software diseñado para este fin, permite tener información del estado del Poliducto.

6.3.1 BALANCE DE LOS IMPACTOS GENERADOS POR EL PROYECTO

El desarrollo del proyecto se ha conceptualizado de modo tal de que se minimice ó que no se generen alteraciones negativas en el medio ambiente, ni en el entorno social.

Los eventos a monitorear pueden ser de tipo accidental o intencional, entendiéndose que las consecuencias que estos generen tienen un alto grado de impacto desde el punto de vista ambiental, social y económico.

El impacto que se genere por cualquier eventualidad se limitará al máximo si se consigue actuar rápidamente.

Un buen plan de contingencia logra que el evento se atienda inmediata y efectivamente, minimizando de esta manera el tiempo de respuesta a los daños

que se puedan producir, haciendo que la afectación sea local y ayude a una recuperación inmediata.

6.3.2 BENEFICIOS DEL PROYECTO

Existen varios rubros relacionados a los beneficios que el presente diseño va a generar, en lo que a aspectos económicos, sociales y ambientales se refiere, dentro de los cuales se puede mencionar los siguientes:

- Prevención de pérdidas por atentados (perforaciones intencionales y robo de combustibles) contra el poliducto, que pueden llegar a significar grandes pérdidas económicas para el estado.
- Prevención de desastres ambientales, que en el pasado han provocado pérdidas irrecuperables y cuyas consecuencias han afectado negativamente la integridad física de la población y su entorno.
- Generación de fuentes de empleo por las actividades que la implementación del proyecto demandará.

En resumen, cualitativa y cuantitativamente, la implementación de este diseño traerá beneficios a la empresa estatal y por ende al país, al disminuir la incidencia de robo de combustibles, degradación del medio ambiente y a su vez generar empleo.

6.3.3 IMPACTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

Tomando en cuenta todos los beneficios y ventajas que brindará la implementación del presente diseño, es necesario argumentar que su impacto será mínimo en los ámbitos ambiental y social, ya que el sistema está conformado de dispositivos intrínsecamente seguros, que se colocará en lugares poco visibles en las tuberías.

Se debe considerar que la obtención de energía para la alimentación del sistema en varios puntos del poliducto es natural, puesto que, se aprovecha la energía solar, evitando el consumo de energía común.

6.3.4 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO

Se entiende por flujo de caja, los flujos de entradas y salidas de caja o efectivo, en un período dado. El estudio de los flujos de caja dentro de una empresa, puede ser utilizado para determinar:

- ✚ Problemas de liquidez. El ser rentable no significa necesariamente poseer liquidez. Una compañía puede tener problemas de efectivo, aun siendo rentable; por lo tanto, un análisis de liquidez permite anticipar problemas con los saldos en dinero.
- ✚ Para analizar la viabilidad de proyectos de inversión, los flujos de caja son la base de cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y de la Tasa Interna de Retorno (TIR).
- ✚ Para medir la rentabilidad o crecimiento de un negocio, cuando se entienda que las normas contables no representan adecuadamente la realidad económica.

6.3.4.1. TIR (Tasa interna de Retorno)

La TIR (Tasa Interna de Retorno) es aquella tasa que hace que el valor actual neto sea igual a cero.

Algebraicamente:

$$VAN = 0 = \sum_{i=1}^n BN_i / (1+TIR)^i$$

Donde:

VAN: Valor Actual Neto

BNi: Beneficio Neto del Año i

TIR: Tasa interna de retorno

6.3.4.2. VAN (Valor Actual Neto)

Se define como el valor actualizado de los cobros previstos menos el valor actualizado de los pagos también previstos. Se calcula en 4 etapas:

- Determinación de los flujos de caja del proyecto
- Determinación del tipo de interés aplicable
- Calculo del valor presente de los flujos de caja según el tipo de interés y el periodo.
- Suma algebraica de los valores calculados anteriormente

Matemáticamente el Valor actual, VAN:

$$\text{VAN} = C_0 + C_1/(1+i) + C_2/(1+i)^2 + C_3/(1+i)^3 + \dots + C_n/(1+i)^n$$

C₀ capital inicial aportado para iniciar el proyecto

C_n diferencia entre cobros y pagos en el periodo n

i tipo de interés; normalmente es aquel que ofrece una inversión alternativa

n numero de años en los que se calcula la inversión

Si el VAN es positivo la inversión es viable, porque representa la cantidad monetaria que se obtendrá luego de cubrir la inversión y los costos.

En las Tablas a continuación se presenta el informe económico de costos del proyecto.

6.3.5 DETERMINACIÓN DE COSTOS UNITARIOS Y TOTALES DEL PROYECTO

HARDWARE

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Valor Unirtario	Valor Total
Tarjeta de adquisición de datos	70	Unidades	\$150,00	\$10.500,00
Teléfono celular	70	Unidades	\$40,00	\$2.800,00
Panel Solar	50	Unidades	\$980,00	\$49.000,00
Sensor de Presión	70	Unidades	\$430,00	\$30.100,00
Sensor de Temperatura	70	Unidades	\$115,00	\$8.050,00
Sensor de Vibración	70	Unidades	\$250,00	\$17.500,00
Caja de Protección de Equipos (Pajareras)	70	Unidades	\$30,00	\$2.100,00
Baterías Li on (12 V)	70	Unidades	\$38,00	\$2.660,00
Tubo galvanizado	70	6 * 0,15 * 0,03 metros	\$28,00	\$1.960,00
Cable Hilos AWG 16	15	rollos (100 metros)	\$15,00	\$225,00
Varios				\$2.000,00
TOTAL				\$126.895,00

Tabla 6.6 Costos del Hardware

CENTRAL DE MONITOREO

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Valor Unirtario	Valor Total
Monitoreo				
Computador + Impresora	2	Unidades	\$1.200,00	\$2.400,00
Silla giratoria	2	Unidades	\$50,00	\$100,00
Mesa de Computador	2	Unidades	\$90,00	\$180,00
Teléfono	2	Unidades	\$70,00	\$140,00
SUBTOTAL				\$2.820,00
Departamento Técnico				
Mesa de trabajo	1	Unidades	\$50,00	\$50,00
Computador	1	Unidades	\$1.200,00	\$1.200,00
Lámpara de mesa	2	Unidades	\$15,00	\$30,00
Estación de soldar	1	Unidades	\$130,00	\$130,00
Juego de desarmadores	2	Unidades	\$30,00	\$60,00
Silla giratoria	2	Unidades	\$50,00	\$100,00
Multímetro	1	Unidades	\$250,00	\$250,00
Taladro	1	Unidades	\$115,00	\$115,00
SUBTOTAL				\$1.935,00
TOTAL				\$4.755,00

Tabla 6.7 Costos Central de Monitoreo

GASTOS ADMINISTRATIVOS Y OPERACIONALES

	ANUAL	MENSUAL
Servicios Básicos	2.400,00	200,00
Arriendo Local	500,00	500,00
Utiles de Oficina	600,00	50,00
Materiales de Limpieza	480,00	40,00
Servicio de Limpieza	1.200,00	100,00
Movilización	12.000,00	1.000,00
TOTAL	17.180,00	1.890,00

Tabla 6.8 Gastos Administrativos y Operacionales**GASTOS DE CONSTITUCIÓN**

DETALLE	VALOR
Gastos de Constitución	1.000,00
Trámite Abogado	1.000,00
Gastos de Organización	500,00
Otros Pagos (Patente, SRI, Facturas, etc)	500,00
TOTAL	3.000,00

Tabla 6.9 Gastos de Constitución**ACTIVOS**

Activos Fijos Tangibles	
Equipo de Monitoreo y Transmisión	\$122.710,00
Muebles y Equipos de Oficina de Monitoreo	\$2.920,00
Muebles y Equipos de Departamento Técnico	\$2.035,00
SUBTOTAL	\$127.665,00

Activos Fijos Intangibles	
Adecuaciones	\$500,00
SUBTOTAL	\$500,00

Tabla 6.10 Costos de Activos**DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES****DEPRECIACION**

DESCRIPCION	VALOR INICIAL	VIDA UTIL (AÑOS)	PORCENTAJE DE DEPRECIACION	DEPRECIACION ANUAL
Equipo de Monitoreo y Transmisión	\$122.710,00	5	20%	\$24.542,00
Muebles y Equipos de Oficina de Monitoreo	\$2.920,00	10	10%	\$292,00
Muebles y Equipos de Departamento Técnico	\$2.035,00	10	10%	\$203,50

AMORTIZACION

DESCRIPCION	VALOR INICIAL	PORCENTAJE DE AMORTIZACION	AMORTIZACION ANUAL
Adecuaciones	\$500,00	20%	\$100,00
Gastos de Constitución	\$1.500,00	20%	\$300,00

Tabla 6.11 Depreciaciones y Amortizaciones.

HONORARIOS PROFESIONALES

Cargo	Días Laborados	Cantidad	Salario Mensual \$	Costo Total \$
Gerente Técnico	30	1	\$800,00	\$9.600,00
Asistente Técnico	30	10	\$350,00	\$42.000,00
Contador	30	1	\$600,00	\$7.200,00
TOTAL			\$1.750,00	\$58.800,00

Tabla 6.12 Costos de Honorarios Profesionales

6.3.6 CONSTRUCCIÓN DEL FLUJO DE FONDOS DEL PROYECTO

1. Para la determinación de ingresos se considera la venta del sistema de monitoreo en USD 300.000. La Política de pago debe ser: 55% entrada y 45% en pagos mensuales iguales por un período de 11 meses.
2. Ingreso por capacitación USD 1.000 semestralmente.
3. Ingreso por mantenimiento de sistema USD 500 mensuales.
4. Contratación del personal bajo honorarios profesionales.
5. Capital de trabajo necesario para funcionamiento de los 6 primeros meses.
6. Valor de salvamento del 50% en función de los costos de activos fijos.

6.3.7 RESULTADOS DE LA RELACIÓN COSTO/BENEFICIO

En conclusión, el análisis Costo / Beneficio de la Implementación del presente diseño, y su correspondiente Programa de Ejecución, tienen resultados favorables e impactos positivos, especialmente, al tomarse en cuenta la contribución del proyecto a la economía del país y a los efectos positivos que se genera a nivel local y regional en lo que al medio ambiente se refiere.

La relación Costo / Beneficio de este diseño dan como resultado la viabilidad del proyecto en el aspecto económico, la protección ambiental y el desarrollo social de la región donde se implemente el presente diseño.

6.3.7.1 Costos

A continuación se realiza un análisis cualitativo de los costos de implementación del diseño para PETROECUADOR, enfatizando aspectos como el Económico, Ecológico y Social.

PETROECUADOR

- Económico

Los robos constantes de gasolina y diesel causan grandes perjuicios económicos al estado. Se mencionó que de acuerdo a la firma Meric Holding Limited, la cual realizó una auditoria externa en 1995, la perdida por el robo de gasolina (súper y extra) y de diesel está en el rango de 50,3 a 55,9 millones de dólares anuales, y, considerando la desaparición de derivados por modificaciones en el sistema de balances, las pérdidas llegan a 150 millones de dólares.

El volumen de pérdidas, ***según PETROCOMERCIAL, en el 2007 es del orden de 1,5 millones de dólares anuales aproximadamente.***

- Ecológico

Debido a perforaciones intencionales (robos y atentados) y deterioro de las tuberías, debe cubrirse **costos de remediación ambiental**. No se cita costos exactos ya que los mismos dependen de la magnitud de los daños provocados por los eventos antes mencionados.

- Social

Los componentes de los derivados que se transportan a través de las tuberías del poliducto son altamente nocivos para el ser humano; por lo tanto, cuando se suscitan dichos eventos provocan daños en la salud de las poblaciones aledañas

a las mismas; razón por la cual representan un costo que debe cubrir PETROCOMERCIAL como responsable directo de ésta actividad.

6.3.7.2 Beneficios

- ✚ Disminución de volumen de pérdidas económicas, en lo que respecta al robo o atentados en las tuberías del poliducto.
- ✚ Detección oportuna de fugas o rupturas en las tuberías, por la variación anómala de los parámetros a monitorear.
- ✚ Optimización de recursos económicos y humanos, ya que con la implementación del sistema de monitoreo se podrá establecer con exactitud la ubicación de los eventos.
- ✚ La aplicación del sistema no solo se limita a las actividades de monitoreo de las tuberías del área de estudio, sino también que puede aplicarse en la implementación de otros procesos industriales.
- ✚ Costos de implementación del proyecto vs costos generados por rupturas, resultan favorables para PETROCOMERCIAL.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Luego de realizadas las pruebas del sistema, en este capítulo se extraen las respectivas conclusiones. También, luego de la experiencia adquirida, se proponen ciertas recomendaciones que podrían orientar trabajos posteriores, en particular para la fase de implementación.

7.1 CONCLUSIONES

- **GEOREFERENCIACIÓN**

Para aplicaciones como la que aquí se ha desarrollado, se requiere de una gran precisión geográfica, que garantice la localización correcta del sitio donde se está produciendo un incidente. De las pruebas realizadas se puede concluir que la georeferenciación es de gran ayuda para la vigilancia y prevención de robos, rupturas y fugas.

- **CALIDAD DE SEÑAL**

Resulta indispensable que el nivel de señal sea óptimo, tanto en el área rural como en el área Metropolitana, a fin de asegurar igualdad en las condiciones de disponibilidad y acceso a la red celular, con una adecuada calidad de transmisión en forma ininterrumpida. De acuerdo con las mediciones realizadas, que se detallan en la Tabla 4.6 del Capítulo 4, se concluye que la única operadora celular que cuenta con los niveles básicos de cobertura y servicios a lo largo del trayecto Quito - Ambato es PORTA.

- **DISEÑO/ADAPTABILIDAD/CRECIMIENTO**

El equipo de monitoreo posee características de adaptabilidad y escalabilidad que permiten mantener o mejorar su rendimiento en función de las aplicaciones y necesidades del usuario, de manera que se puede concluir que el sistema de monitoreo diseñado se puede adaptar a cualquier necesidad de tipo industrial y de control, facilitando al operador las tareas de monitoreo de varios procesos.

- **SALVAGUARDAR LA INTEGRIDAD DE UNA EMPRESA**

Uno de los beneficios que obtienen las empresas es que el costo que tiene el tomar una decisión y comunicarla en el momento preciso, pasa a ser marginal respecto a las pérdidas que se generan por no hacerlo. En conclusión, de la atención oportuna y efectiva que se le de a un evento, dependerá el costo que le represente solucionar el mismo.

- **PROBLEMAS/COBERTURA/ALIMENTACIÓN**

Para dotar de energía al equipo de monitoreo, se tomó en cuenta la disponibilidad de líneas de energía común. En el caso de no tener disponible líneas de alimentación se propone el uso de paneles solares, los mismos que dotarán de energía a todo el sistema de monitoreo, junto con sistemas de baterías incorporadas al equipo para garantizar el funcionamiento continuo del mismo hasta realizar la recuperación del sistema de alimentación normal. Se puede concluir, por lo tanto, que la disponibilidad de más de un sistema de BACKUP, garantizará que el equipo no detenga su operación y deje de enviar la información que es de vital importancia para determinar sucesos anómalos.

- **SATURACIÓN DE LA RED**

Se presentan problemas de saturación de la red celular, cuando se realizan solicitudes de información de varios puntos en forma simultánea, por lo que el dispositivo está programado para que dichas acciones se realicen con un lapso de

tiempo adecuado para evitar el colapso del sistema. Se puede concluir por lo mismo, que hay que determinar un lapso de tiempo adecuado para el envío y recepción de datos que garantice un normal funcionamiento del sistema.

- **COSTO BENEFICIO**

El análisis Costo Beneficio de la Implementación del sistema de monitoreo refleja resultados positivos tanto para la empresa como para el medio ambiente. En conclusión, la relación Costo - Beneficio (Impactos positivos sobre los negativos) de este proyecto da como resultado la viabilidad del proyecto en el marco de protección ambiental y desarrollo socio – económico de la región donde se implementará el Proyecto.

7.2 RECOMENDACIONES

- **GEOREFERENCIACIÓN**

El nivel de precisión alcanzado en la georeferenciación depende en gran medida de la fuente de información geográfica utilizada como: mapas temáticos, cartografía oficial, puntos de GPS, etc. Se recomienda la toma de datos de georeferenciación y la correspondiente corroboración física del sitio, de manera que se pueda tener la ubicación exacta del lugar donde se produzca un evento para poder actuar de forma oportuna y efectiva en la remediación del mismo.

- **SATURACIÓN DE LA RED**

La saturación de la red es un aspecto a tener en cuenta, por lo que se recomienda que el requerimiento de información se haga con un tiempo prudencial para no provocar el colapso del sistema.

▪ ALIMENTACIÓN/COBERTURA

Para zonas donde no exista acceso a alimentación de energía se recomienda el uso de fuentes de energía alterna, como por ejemplo paneles solares.

Para garantizar la transmisión de los datos se recomienda el uso de antenas de alta ganancia en sitios donde la recepción tiene niveles bajos.

Se recomienda el uso de la red de la operadora celular PORTA ya que según el estudio de campo realizado para la obtención de los niveles de señal, fue la única operadora con cobertura en la totalidad del trayecto Quito – Ambato.

▪ UBICACIÓN DE SENSORES

La ubicación de los sensores se realizó tomando en cuenta los lugares donde la tubería es vulnerable. De las pruebas realizadas se puede recomendar que es adecuado ubicar un punto de monitoreo cada 2 kilómetros, en lugares donde el riesgo de atentados es bajo, y un sensor por cada kilómetro, donde la vulnerabilidad es alta.

▪ ACTUALIDAD MONITOREO

Con el equipo de monitoreo propuesto se puede procesar el envío de información de forma continua, para así obtener datos en tiempo real, o programando el envío de la información en intervalos de tiempo. De la experiencia adquirida se recomienda monitorear cada punto de sensado en intervalos de tiempo no mayores a 10 minutos.

El software diseñado permite visualizar un informe detallado de los datos obtenidos desde cada sensor, con la fecha y hora en el que fue recibido por el PC. Esto permite al usuario tener acceso a toda la información del sensor que requiera, tanto en forma numérica como en forma gráfica (barras estadísticas), dándole también la opción de imprimir dicho informe.

De lo expuesto se puede concluir que la interfaz Hombre – Máquina (HMI) cumple con su función; esto es, ayudar al operador en la vigilancia del poliducto.

Se recomienda que se busquen este tipo de proyectos, donde el estudiante tiene la oportunidad de enfrentar y resolver problemas reales. Es invaluable la experiencia que se puede obtener al tener un contacto cercano con procesos reales.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 1

- Cuerpo de Ingenieros del Ejército Ecuatoriano
- Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico de PETROECUADOR.

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 2

- <http://www.digitel.com.ve/Secciones/Corporativo.aspx?level=172&Seccion=176>
- http://www.icesi.edu.coesncontenidopdfsapachon_gsm.pdf
- <http://ssauron.etse.urv.espublicPROPOSTESpubpdf541pub.pdf>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/GPRS>
- http://www.3gamericas.org/Spanish/Technology_Center/QA/gsmqa_sp.cfm
- http://www.uax.espublicacionesarchivosTECELS04_004.pdf
- https://www.ica.es/contenidos/publicaciones/anales_get.php?id=637 –
- <http://www.redes.upv.esstdfificheross4%20-%20GSM2.PDF>
- www.cisco.com/warp/public/cc/so/neso/gprs/gprs_wp.pdf
- www.mobilein.com/SMS_tutorial.pdf -
- http://www.flexwork.eu.com/members/tech_brief/tb09.pdf
- http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/celular/teorico/Monografias/TESIS_GPRS_FINAL.pdf
- <http://www.webmovilgsm.com/gprs.htm>
- <http://www.senacitel.cl/downloads/senacitel2004/tt35.pdf>
- <http://es.tldp.org/Presentaciones/200103hispalinux/seco/pdf/pasarelas-sms.pdf>
- Apuntes Comunicaciones Inalámbricas DR. BERNAL

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 3

- http://www.intellicom.se/M2M_Remote_Device_Management.shtml?18
- <http://www.intellicom.se/modbus.shtml>
- http://www.intellicom.se/download/NetBiter_Remote_Device_Management_M2M_Overview.pdf
- www.signalix.com
- <http://www.diwicon.com/DIWICONNEWS.html>

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 4

- Folleto de Comunicaciones Inalámbricas, Dr. Iván Bernal, Ph.D.
- CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO
- http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/pdf/publicaciones/movilidad/capitulo_8.pdf
- http://dep.minem.gob.pe/fotos/File/RD%20030_03_DGE.pdf
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Datum>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_global

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 5

- Edición especial Visual Basic 6, Brian Soler, Jeff Spotts, PRENTICE HALL, Madrid, 1999.

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 6

- www.spectralink.com
- www.cng.nec.com
- www.aquatron-iberica.com
- www.wikipedia.org

BIBLIOGRAFÍA REFERENCIAL

- [1.1] Documentación PETROECUADOR.
- [1.2] Cuerpo de Ingenieros del Ejército
- [1.3] Datos tomados del informe anual de PETROCOMERCIAL 2005.
- [2.1] clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/CURSOS/Sep07Feb08/ComInalam/ClasesNuevas/GSM2007.pdf
- [2.2] https://www.icaei.es/contenidos/publicaciones/anales_get.php?id=637
- [2.3] dspace.icesi.edu.co/dspace/bitstream/item/408/1/apachon_gsm.pdf
- [2.4] clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/CURSOS/AbrilAgosto06/Inalambricas/CLASES/GSMPartell.pdf
- [2.5] www.cisco.com/warp/public/cc/so/neso/gprs/gprs_wp.pdf
- [2.6] www.mobilein.com/SMS_tutorial.pdf
- [3.1] www.signalix.com/media.php?id=131
- [3.2] http://www.schillig.com.ar/catalogo_no_hdd_fr.htm
- [3.3] http://www.syntech.com.mx/ver_menus.php?opcion=ver&id=126&tipo=Catalogo
- [3.4] http://www.syntech.com.mx/ver_menus.php?opcion=ver&id=9&tipo=Catalogo
- [3.5] http://www.seguridad-online.com.ar/index.php?mod=Home&ac=verNota&id_nota=294&id_seccion=113
- [3.6] www.intellicom.se/nl/m2m.shtml
- [3.7] www.anatronic.com/Representada.asp?rep=03858
- [3.8] www.preelectronics.com
- [3.9] www.sitrans.com
- [3.10] www.siemens.com/solar_supplies

[4.1] <http://www.amazon.com/Magellan-990437-GPS-315/dp/B00000J0IX>

[4.2] www.TestEquipmentDepot.com

[4.3] LEADCOM

[5.1] Brochure ARCO Solar proporcionado por ECUATRONIX Cia.Ltda.

[5.2] RADIO SHACK Centro Comercial El Bosque

[6.1] http://www.electricidadlynch.com.ar/multimetro_fluke_179.htm

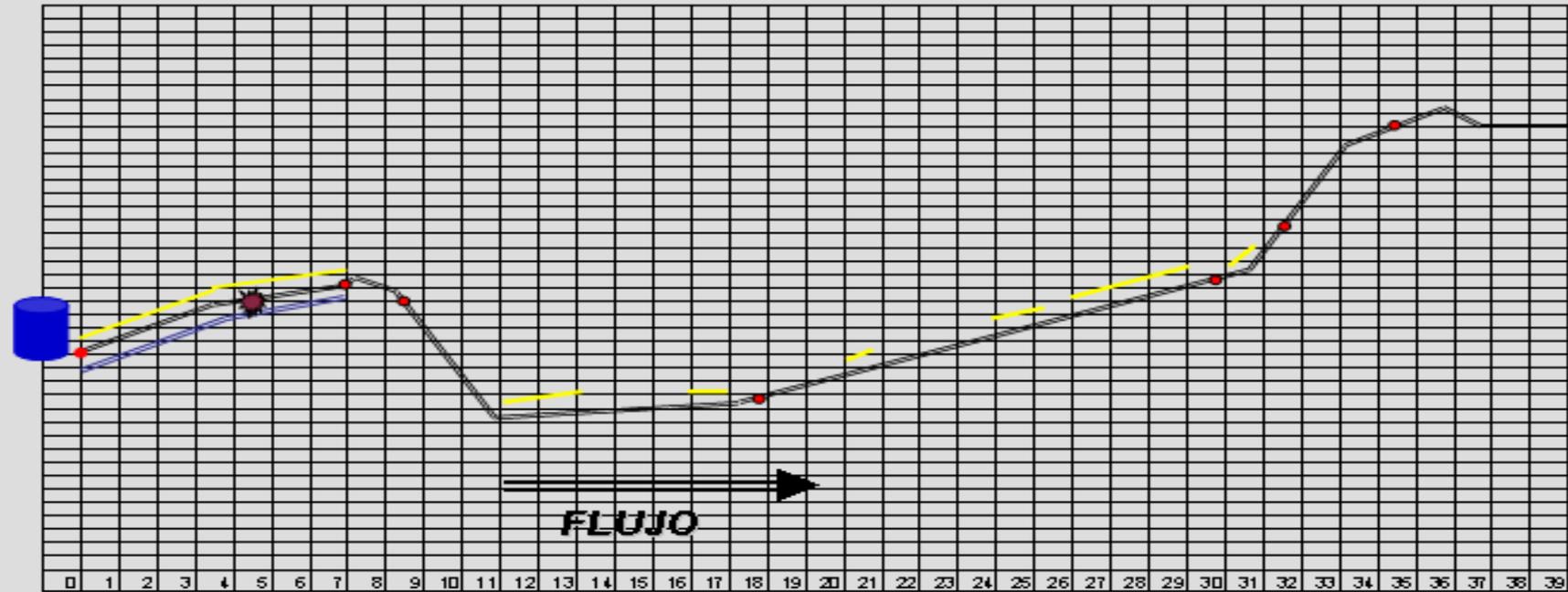
[6.2] <http://www.usedvibration.com/scripts/prodView.asp?idproduct=108>

ANEXO 1

**REPRESENTACIÓN DE PUNTOS
KILOMÉTRICOS DEL POLIDUCTO
QUITO-AMBATO**

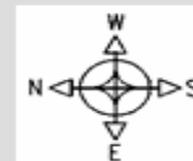
SECTOR QUITO-CHASQUI

PK-00 AL PK 39



LEYENDA:

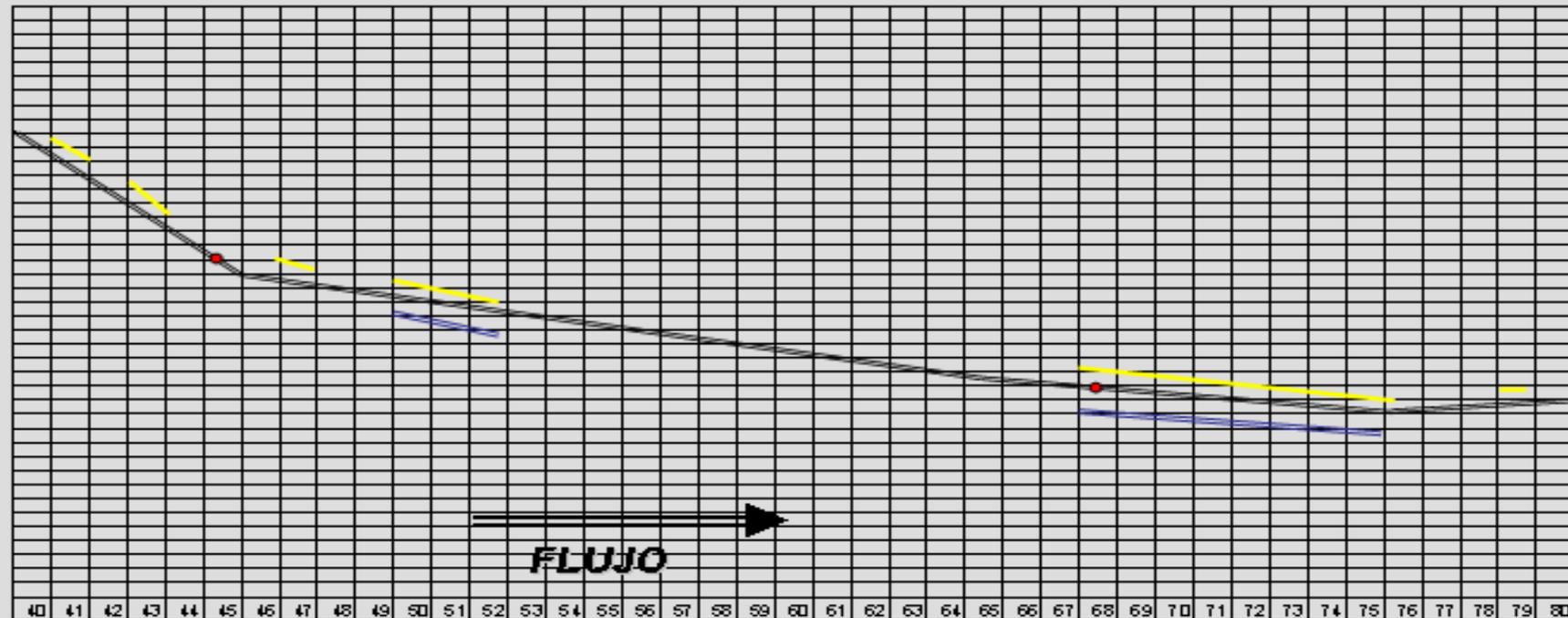
- Válvulas
- Zonas Vulnerables
- Zona Urbana
- ★ Perforación



Representación gráfica de puntos kilométricos del 0 al 39

SECTOR CHASQUI-SALCEDO

PK-40 AL PK-80



LEYENDA:

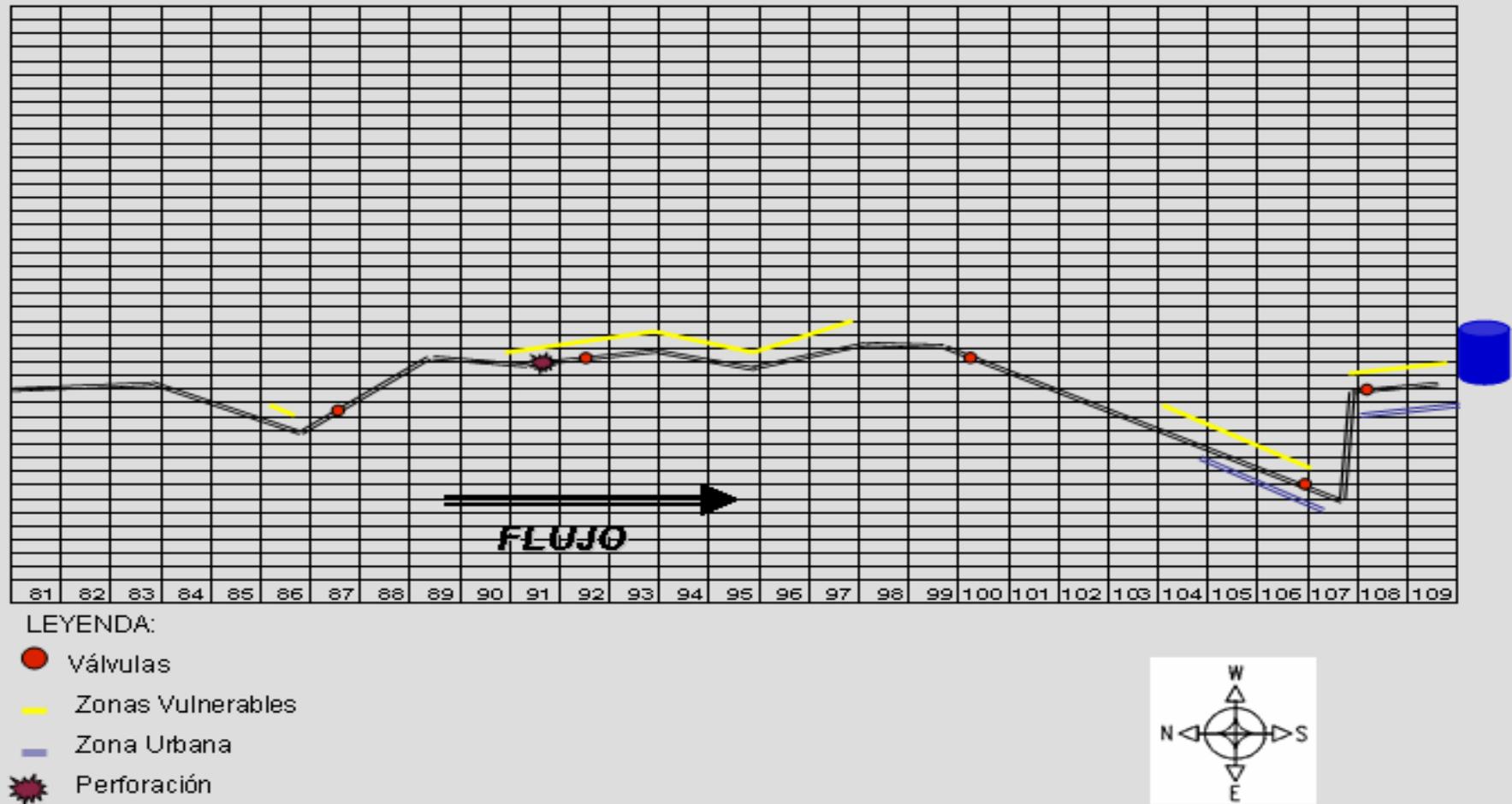
- Válvulas
- Zonas Vulnerables
- Zona Urbana



Representación gráfica de puntos kilométricos del 40 al 80

SECTOR SALCEDO-AMBATO

PK-81 AL PK-109



Representación gráfica de puntos kilométricos del 81 al 109

ANEXO 2

**TIPOS DE PERFORACIÓN PARA ROBO DE
COMBUSTIBLES**



ANEXO 3

**MEDICIONES DE NIVEL DE SEÑAL Y
GEOREFERENCIACIÓN**

PUNTO # 6	LUGAR: CIUDADELA LA JOYA ALTA			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-84,4	-0,38593	-78,55007	8,6
879,6	-84,4			
879,9	-84,4			
PUNTO # 7	LUGAR: CIUDADELA LA JOYA BAJA			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-88,4	-0,39089	-78,54816	9,3
879,6	-88,4			
879,9	-89,6			
PUNTO # 8	LUGAR: SANTA ROSA			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-69,2	-0,39572	-78,54819	9,8
879,6	-69,2			
879,9	-68,8			
PUNTO # 9	LUGAR: TAMBILLO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-54	-0,4048	-78,5444	12,5
879,6	-54,9			
879,9	-52,4			
PUNTO # 10	LUGAR: COLEGIO DE TAMBILLO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-54	-0,41495	-78,54905	14
879,6	-54,9			
879,9	-54,9			
PUNTO # 11	LUGAR: HACIENDA HUASPUNGO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-76	-0,42543	-78,55718	17,2
879,6	-76			
879,9	-74,8			
PUNTO # 12	LUGAR: GUALILAGUA ALOAG			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-78,4	-0,45115	-78,56302	21,4

879,6	-78,4			
879,9	-77			
PUNTO # 13		LUGAR: ALOAG		
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-77,6	-0,46218	-78,5667	23,4
879,6	-79,2			
879,9	-78,8			
PUNTO # 14		LUGAR: MACHACHI - EL TAMBO		
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-55,6	-0,5174	-78,57651	29,9
879,6	-54,4			
879,9	-54,4			
PUNTO # 15		LUGAR: ALOASI (ENTRADA) PUENTE JAMBELI		
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-83,8	-0,57167	-78,59449	33,3
879,6	-84			
879,9	-84			
PUNTO # 16		LUGAR: HACIENDA ROMERILLO (LA ESTACION)		
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-78,4	-0,59781	-78,59091	41,8
879,6	-78,4			
879,9	-78,4			
PUNTO # 17		LUGAR: HACIENDA ROMERILLO (PARTE ALTA)		
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-46,6	-0,61459	-78,58544	47,3
879,6	-46,6			
879,9	-47,4			
PUNTO # 18		LUGAR: LA NASA		
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-48	-0,62536	-78,58992	51
879,6	-48			
879,9	-48			

PUNTO # 19	LUGAR: NASA - CHASQUI (CONTROL POLICIAL)			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-81,2	-0,65455	-78,59203	54,8
879,6	-81,2			
879,9	-81,2			
PUNTO # 20	LUGAR: CHASQUI			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-71,6	-0,6634	-78,58981	55,8
879,6	-70			
879,9	-70			
PUNTO # 21	LUGAR: CHASQUI (PARQUE NACIONAL COTOPAXI)			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-85,2	-0,67203	-78,58892	56,7
879,6	-85,2			
879,9	-84			
PUNTO # 22	LUGAR: CHASQUI (FINAL DEL PARQUE)			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-74	-0,68998	-78,58633	61,8
879,6	-74			
879,9	-74			
PUNTO # 23	LUGAR: CHASQUI - LASSO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-77,6	-0,7069	-78,59498	64
879,6	-76,8			
879,9	-76,8			
PUNTO # 24	LUGAR: CHASQUI - LASSO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-78,4	-0,71733	-78,6019	65,4
879,6	-78			
879,9	-78			
PUNTO # 25	LUGAR: CUICUNU - HDA. SAN RAFAEL			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-77,2	-0,73989	-78,61056	68,1

879,6	-77,6			
879,9	-77,6			
PUNTO # 26		LUGAR: LASSO		
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-66,4	-0,75315	-78,60962	69,6
879,6	-64,8			
879,9	-64,8			
PUNTO # 27		LUGAR: LA AVELINA (GASOLINERA)		
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-70,8	-0,80313	-78,62074	75,5
879,6	-70,4			
879,9	-70,4			
PUNTO # 28		LUGAR: GUAYTACAMA		
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-65,6	-0,81461	-78,62508	76,8
879,6	-64,8			
879,9	-64,8			
PUNTO # 29		LUGAR: HDA. RUMIPAMBA		
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-60,2	-0,84654	-78,62783	81,2
879,6	-60,2			
879,9	-60,2			
PUNTO # 30		LUGAR: HDA. LA CALERA		
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-53,6	-0,86503	-78,6258	84,7
879,6	-53,6			
879,9	-53,6			
PUNTO # 31		LUGAR: ENTRADA A SAQUISILÍ		
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-64	-0,87668	-78,6283	86
879,6	-64			
879,9	-63,6			

PUNTO # 32	LUGAR: CAMPAMENTO LATACUNGA			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-67,2	-0,91115	-78,62798	89,8
879,6	-64,8			
879,9	-64,8			
PUNTO # 33	LUGAR: CDLA. VÁSCONEZ CUVI			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-52,4	-0,95335	-78,61687	95
879,6	-52,4			
879,9	-52			
PUNTO # 34	LUGAR: CDLA. PATRIA (LATACUNGA)			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-65,6	-0,96305	-78,61529	96,8
879,6	-63,2			
879,9	-63,2			
PUNTO # 35	LUGAR: CARRETERO CUTUCHI (HDA. SALACHE)			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-66,4	-0,99275	-78,61106	105,9
879,6	-65,2			
879,9	-65,2			
PUNTO # 36	LUGAR: RIO SALACHE			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-78,4	-1,00754	-78,61051	107,6
879,6	-78,4			
879,9	-78,4			
PUNTO # 37	LUGAR: COMUNA SALCEDO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-76,2	-1,01083	-78,61028	108
879,6	-76,2			
879,9	-76,2			
PUNTO # 38	LUGAR: COMUNA SALCEDO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-76,2	-1,02062	-78,60991	109

879,6	-76,2			
879,9	-76,2			
PUNTO # 39	LUGAR: COMUNA ODILA JALO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-72,2	-1,02831	-78,60945	115
879,6	-72,2	-1,03224	-78,60945	
879,9	-72,2			
PUNTO # 40	LUGAR: COLLAMA (COMUNA SALCEDO)			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-81,3	-1,03532	-78,60942	115,9
879,6	-81,3			
879,9	-81,3			
PUNTO # 41	LUGAR: COLLAMA (SALIDA)			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-68,4	-1,03732	-78,60919	116,2
879,6	-68,4			
879,9	-68,4			
PUNTO # 42	LUGAR: LA ARGENTINA ALTA			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-68,6	-1,04376	-78,60865	116,9
879,6	-68,6			
879,9	-68,6			
PUNTO # 43	LUGAR: LA ARGENTINA BAJA			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-78	-1,04943	-78,60836	117,5
879,6	-77,2			
879,9	-77,2			
PUNTO # 44	LUGAR: NAGSICHE (HACIENDA)			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-58,7	-1,0617	-78,61385	119,3
879,6	-58,7			
879,9	-58,7			

PUNTO # 45	LUGAR: NAGSICHE (PISCINAS)			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-76,4	-1,06158	-78,60742	121,3
879,6	-76,4			
879,9	-76			
PUNTO # 46	LUGAR: CUNCHIBAMBA			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-80,4	-1,1064	-78,60769	129,1
879,6	-79,2			
879,9	-79,6			
PUNTO # 47	LUGAR: ESCUELA HECTOR LARA			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-78	-1,13006	-78,6073	131,7
879,6	-77,2			
879,9	-77,2			
PUNTO # 48	LUGAR:CUNCHIBABMBA (SAN JOSE)			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-83,2	-1,14119	-78,60756	132,9
879,6	-83,2			
879,9	-82,8			
PUNTO # 49	LUGAR: SAMANGA BAJO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-73,2	-1,16725	-78,60749	135,9
879,6	-72,8			
879,9	-72,8			
PUNTO # 50	LUGAR: SAMANGA BAJO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-83,2	-1,17865	-78,6083	137,2
879,6	-83,2			
879,9	-83,2			
PUNTO # 51	LUGAR: SAMANGA ALTO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-69,6	-1,1897	-78,60942	138,4

879,6	-71,6			
879,9	-71,6			
PUNTO # 52	LUGAR: SAMANGA ALTO			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-78,4	-1,19654	-78,61066	139,2
879,6	-77,6			
879,9	-77,6			
PUNTO # 53	LUGAR: ATAHUALPA			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-63,6	-1,20289	-78,61189	139,9
879,6	-63,6			
879,9	-63,6			
PUNTO # 54	LUGAR: ATAHUALPA			
FRECUENCIA MHZ	NIVEL DE SEÑAL dBm	LATITUD	LONGITUD	DISTANCIA Km
879,4	-53,6	-1,21748	-78,61149	141,9
879,6	-50,4			
879,9	-49,6			

ANEXO 4

DATASHEETS

DATASHEET A

Módulo de transmisión GSM/GPRS: SIGNALIX MT – 101

Telemetry module

MT-101

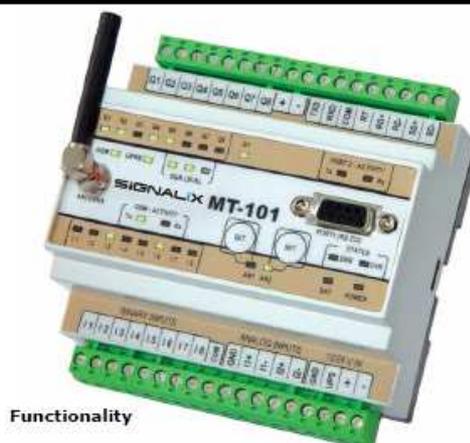
- GSM/GPRS packet transmission
- Integral GSM 900/1800 modem
- Binary inputs and outputs (8x8)
- Analogue inputs 4-20 mA
- Serial communication port for external data sources
- Support for standard transmission protocols
- Removable terminal blocks

Designed according to the latest technologies Telemetry Module is a dedicated, professional market oriented device for data transmission over GSM/GPRS network in all available technologies.

Compact design, integral GSM modem and well structured I/O set guarantees full usability not only in small, telemetry and security systems but also in scalable, multimode, professional data acquisition systems.

Resources

- 8 optoisolated binary inputs 24VAC/ DC (I1-8)
- 8 configurable binary outputs/inputs 24V DC (Q1-Q8)
- 2 optoisolated analogue inputs 4-20 mA (8bit acc./10 bit res..)
- Isolated serial port RS232/485/422
- Remotely updatable firmware Flash memory
- Externally synchronizable RTC (clock)



Functionality

- Transmission modes
 - GPRS – packet transmission
 - SMS
 - CSD circuit switched transmission (modem only).
- Embedded HTTP server with CGI scripting for data presentation and configuration through GPRS (not in ver.1.x)
 - All binary inputs can be configured as counters or f/analogue converters (0-2 kHz)
- Configuration of simple control functions using I/O's and configurable, event triggered flags (SMS sending, data sending/logging, Output control).
- Unsolicited messaging.
- Scheduled SMS and data sending
- Simple multipoint alarm configuration for binary and analogue Inputs.
- Additional manual alarm level setting capability for analogue inputs AI1 and AI2 (front panel buttons).
- External optoisolated RS232/422/485 serial port for data transmission
- Serial port emulated transmission protocols in GPRS mode:
 - MODBUS RTU (Master and Slave)
 - Transparent intelligent modem
 - Smart MODBUS RTU routing
 - Multibroadcast for transparent mode
 - Local or remote (via GPRS) configuration
 - Configurable access security – IP and Tel# list
- DIN rail mounting
- Power supply 12/24 V DC, 24 V AC.
- Removable terminal blocks
- Status LED (status, GSM transmission activity, GSM signal level, GPRS activity, serial port activity, I/O status)

MT-101

Technical Specification

MT-101

General

Dimensions(L x W x H)	105x86x60 mm
Weight	300 g
Fixing	DIN Rail 35mm
Operating temperature	-20...+55°C
Protection class	IP40
Maximum voltage between any contact and device ground	60Vrms max.

GSM/GPRS Modem

Modem type	WISMO Quick
GSM	Dual Band GSM/GPRS module EGSM900/1800
Frequency range (EGSM 900 MHz)	Transmitter: from 880 MHz to 915 MHz Receiver: from 925 MHz to 960 MHz
Output power (EGSM 900 MHz)	33 dBm (2w) – Class 4
Frequency range (EGSM 1800 MHz)	Transmitter: from 1710 MHz to 1785 MHz Receiver: from 1805 MHz to 1880 MHz
Output power (EGSM 1800 MHz)	33 dBm (1w) – Class 1
Modulation	0,3 GMSK
Channel spacing	200 kHz
Antenna	50Ω

Power supply

DC (12V,24V)	10,8...36 V		
AC (24V)	18...26,4Vrms		
Input current (A) (for 12V DC)	Idle 0,10	Active 0,35	Max 0,60
Input current (A) (for 24V DC)	Idle 0,05	Active 0,17	Max 0,30

Inputs I1....I8

Inputs voltage range	-36...36V
Inputs resistance	5,4kΩ
Inputs voltage ON (1)	>9V or<-9V
Inputs voltage OFF (0)	-3V...3V

Inputs/Outputs Q1....Q8

Inputs

Maximum Input voltage	36V
Inputs resistance	5,4kΩ typ.
Inputs voltage ON	>9V min.
Inputs voltage OFF	< 3V max

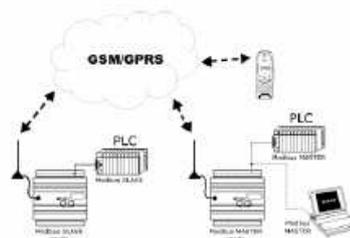
Outputs

Recommended mean current for single Output	50mA
Single Output current	350mA max.
Single current for all Outputs	400 mA max.
Voltage drop at 350mA	<3,5V max.
Off state current	<0,2mA max.

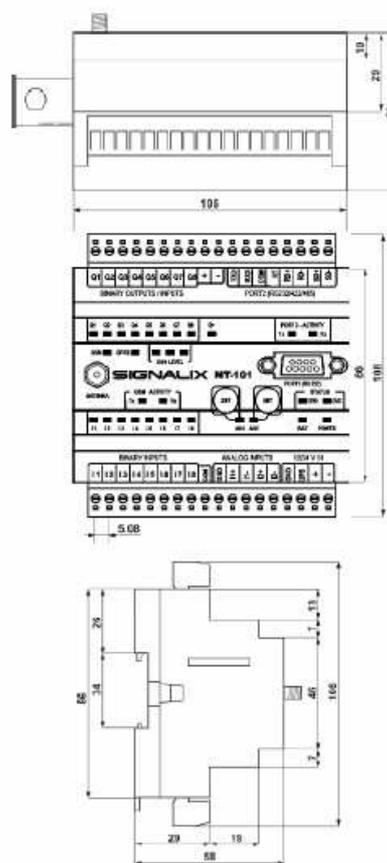
Analogue Inputs AN1,AN2 (4...20 mA)

Inputs current	4...20mA
Maximum Inputs current	50mA max.
Dynamic Input impedance	25 Ω typ.
Voltage drop at 20mA	<5v max.
A/D converter	10 bits
Accuracy	±1,5% max
Nonlinearity	±max.

Configuration example



Drawings and dimensions



All dimensions in millimetres

MT-101

DATASHEET B

Sensor de presión y temperatura: SITRANS-P 7MF1564

SITRANS P measuring instruments for pressure Transmitters for gage and absolute pressure

Z series for gage and absolute pressure

Overview



SITRANS P pressure transmitters, Z series for pressure and absolute pressure (7MF1564-...)

SITRANS P pressure transmitters, Z series (7MF1564-...), measure the gage and absolute pressure as well as the level of liquids and gases.

Benefits

- High measuring accuracy
- Sturdy stainless steel housing
- For aggressive and non-aggressive media
- For measuring the pressure of liquids, gases and vapor
- Temperature-compensated measuring cell
- Compact design

Application

The pressure transmitter of the Z series for gage pressure and absolute pressure (7MF1564-...) is used above all in the following industrial areas:

- Chemical industry
- Pharmaceutical industry
- Food industry
- Mechanical engineering
- Shipbuilding
- Water supply

Design

The design of the pressure transmitter is dependent on the measuring range.

Measuring range <1 bar (<14.5 psi)

Main components:

- Stainless steel housing with piezo-resistive silicon measuring cell (with stainless steel diaphragm, temperature-compensated) and electronics module
- Process connection made of stainless steel in diverse designs (see Selection and Ordering data)
- Electrical connection made using a plug to DIN 43650 with the cable inlet M16 x 1.5, 1/2-14 NPT or round plug connector M12.

The pressure transmitters with a nominal range < 1 bar g (< 14.5 psi g) are optionally available with or without explosion protection.

Measuring range ≥1 bar (≥14.5 psi)

Main components:

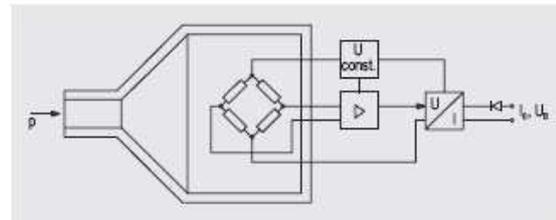
- Stainless steel housing with ceramic measuring cell and electronics module. The temperature-compensated ceramic measuring cell has a thin-film strain gage which is mounted on a ceramic diaphragm. The ceramic diaphragm can also be used for aggressive media.
- Process connection made of stainless steel in diverse designs (see Selection and Ordering data)
- Electrical connection made using a plug to DIN 43650 with the cable inlet M16 x 1.5, 1/2-14 NPT or round plug connector M12.

The pressure transmitters with a nominal range ≥ 1 bar g (≥ 14.5 psi g) are optionally available with or without explosion protection.

Function

The pressure transmitter measures the gage and absolute pressure as well as the level of liquids and gases.

Mode of operation



SITRANS P pressure transmitters, Z series (7MF1564-...), functional diagram

The mode of operation of the pressure transmitter is dependent on the measuring range.

Measuring range <1 bar (<14.5 psi)

The silicon measuring cell of the pressure transmitter has a piezo-resistive bridge to which the operating pressure is transmitted through silicone oil and a stainless steel diaphragm.

The measuring cell output voltage is fed to an amplifier and converted into an output current 4 ... 20 mA. The output current is linearly proportional to the input pressure

Measuring range ≥1 bar (≥14.5 psi)

The thin-film measuring cell has a thin-film resistance bridge to which the operating pressure p is transmitted through a ceramic diaphragm.

The voltage output from the measuring cell is converted by an amplifier into an output current 4 ... 20 mA or an output voltage of 0 ... 10 V DC.

The output current and voltage are linearly proportional to the input pressure

SITRANS P measuring instruments for pressure

Transmitters for gage and absolute pressure

Z series for gage and absolute pressure

Technical specifications

SITRANS P pressure transmitters, Z series for gage pressure, absolute pressure and level

Mode of operation

- | | |
|--|-----------------------|
| • Measuring range < 1 bar (< 14.5 psi) | Piezo-resistive |
| • Measuring range ≥ 1 bar (≥ 14.5 psi) | Thin-film strain gage |

Input

Measured variable Gage and absolute pressure

Measured range

- | | |
|----------------------|------------------------------------|
| • Pressure | |
| - Metric | 0 ... 400 bar g (0 ... 5802 psi g) |
| - US measuring range | 0 ... 6000 psi g |
| • Absolute pressure | |
| - Metric | 0 ... 16 bar a (0 ... 232 psi a) |
| - US measuring range | 0 ... 300 psi a |

Output

Output signal

- | | |
|---|---------------|
| • Current output signal | 4 ... 20 mA |
| • Voltage output signal (only measuring range ≥ 1 bar (14.5 psi)) | 0 ... 10 V DC |

Accuracy

- | | |
|---|---|
| To EN 60770-1 | |
| Error in measurement (at 25 °C (77 °F), including conformity error, hysteresis and repeatability) | 0.25% of full-scale value – typical |
| Response time T_{95} | < 0.1 s |
| Long-term drift | |
| • Start of scale | 0.25% of full scale value/year |
| • Full-scale value | 0.25% of full scale value/year |
| Influence of ambient temperature | |
| • Start of scale | 0.25%/10 K (0.25%/10 K) of full-scale value |
| • Full-scale value | 0.25%/10 K (0.25%/10 K) of full-scale value |

Rated operating conditions

- | | |
|---------------------|-----------------------------------|
| Process temperature | -30 ... +120 °C (-22 ... +248 °F) |
| Ambient temperature | -25 ... +85 °C (-13 ... +185 °F) |
| Storage temperature | -50 ... +100 °C (-58 ... +212 °F) |

Degree of protection to EN 60529 IP65

Design

- | | |
|--|--|
| Weight | = 0.25 kg (= 0.55 lb) |
| Wetted parts materials | |
| • Measuring cell | |
| - Measuring range < 1 bar (< 14.5 psi) | Stainless steel, 1.4571/316Ti |
| - Measuring range ≥ 1 bar (≥ 14.5 psi) | Al ₂ O ₃ – 96% |
| • Process connection | Stainless steel, mat. No. 1.4571/316Ti |
| • Gasket | Viton |
| Process connection | See Selection and Ordering data |

Power supply U_H

Terminal voltage on pressure transmitter

- | | |
|---|----------------|
| • For current output | 10 ... 36 V DC |
| • For voltage output signal (only measuring range ≥ 1 bar (14.5 psi)) | 15 ... 36 V DC |

Certificate and approvals

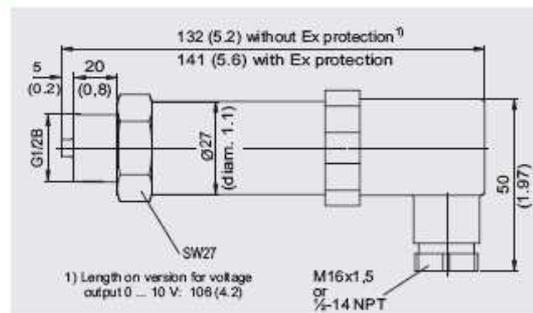
Classification according to pressure equipment directive (DRGL 97/23/EC)

For gases of fluid group 1 and liquids of fluid 1; complies with requirements of article 3, paragraph 3 (sound engineering practice)

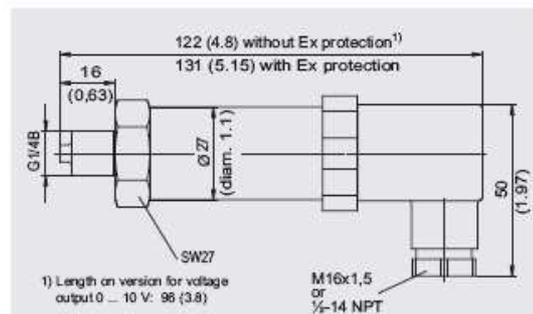
Explosion protection

- | | |
|--|--------------------------|
| • Intrinsic safety "i" (only with current output) | TUV 02 ATEX 1953X |
| - Identification | Ex II 1/2G EEx ia IIC T4 |
| • Intrinsic safety "T.I.I.S." (only with current output) | applied |
| Lloyds Register of Shipping | Certificate No. 03/30003 |

Dimensional drawings



Pressure transmitter 7MF1564... with process connection G1/2" male, dimensions in mm (inch)



Pressure transmitter 7MF1564... with process connection G1/4" male, dimensions in mm (inch)

SITRANS P measuring instruments for pressure

Transmitters for gage and absolute pressure

Z series for gage and absolute pressure

Selection and Ordering data				Order No.	Order code
SITRANS P pressure transmitters for pressure, series Z for gage and absolute pressure				C) 7 MF 15 6 4 -	- - - - - 1 - - - -
2 or 3-wire system, rising characteristic curve					
Measuring range	perm. working pressure		Burst pressure		
	Min.	Max.			
For gage pressure					
0 ... 100 mbar g (0 ... 1.45 psi g)	-0,6 bar g (-8.7 psi g)	0,6 bar g (8.7 psi g)	1 bar g (14.5 psi g) ▶	3 AA 0	
0 ... 160 mbar g (0 ... 2.32 psi g)	-0,6 bar g (-8.7 psi g)	0,6 bar g (8.7 psi g)	1 bar g (14.5 psi g) ▶	3 AB 0	
0 ... 250 mbar g (0 ... 3.63 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	1 bar g (14.5 psi g)	1.7 bar g (25 psi g) ▶	3 AC 0	
0 ... 400 mbar g (0 ... 5.80 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	1 bar g (14.5 psi g)	1.7 bar g (25 psi g) ▶	3 AD 0	
0 ... 600 mbar g (0 ... 8.70 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	3 bar g (43.5 psi g)	5 bar g (72 psi g) ▶	3 AG 0	
Other version for measuring range < 1 bar (< 14.5 psi g), add Order code and plain text: measuring range: ... up to ... mbar g (psi g) ¹⁾				9 AC 0	H 1 Y
0 ... 1 bar g (0 ... 14.5 psi g)	-0,4 bar g (-5.8 psi g)	2 bar g (30 psi g)	5 bar g (72 psi g) ▶	3 BA	
0 ... 1.6 bar g (0 ... 23.2 psi g)	-0,4 bar g (-5.8 psi g)	3.2 bar g (45 psi g)	5 bar g (72 psi g) ▶	3 BB	
0 ... 2.5 bar g (0 ... 36.3 psi g)	-0,8 bar g (-11.6 psi g)	5 bar g (72 psi g)	12 bar g (175 psi g) ▶	3 BD	
0 ... 4 bar g (0 ... 58.0 psi g)	-0,8 bar g (-11.6 psi g)	8 bar g (115 psi g)	12 bar g (175 psi g) ▶	3 BE	
0 ... 6 bar g (0 ... 87.0 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	12 bar g (175 psi g)	25 bar g (360 psi g) ▶	3 BG	
0 ... 10 bar g (0 ... 145 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	20 bar g (290 psi g)	50 bar g (725 psi g) ▶	3 CA	
0 ... 16 bar g (0 ... 232 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	32 bar g (460 psi g)	50 bar g (725 psi g) ▶	3 CB	
0 ... 25 bar g (0 ... 363 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	50 bar g (725 psi g)	120 bar g (1750 psi g) ▶	3 CD	
0 ... 40 bar g (0 ... 580 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	80 bar g (1150 psi g)	120 bar g (1750 psi g) ▶	3 CE	
0 ... 60 bar g (0 ... 870 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	120 bar g (1750 psi g)	250 bar g (3600 psi g) ▶	3 CG	
0 ... 100 bar g (0 ... 1450 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	200 bar g (2900 psi g)	450 bar g (6525 psi g) ▶	3 DA	
0 ... 160 bar g (0 ... 2320 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	320 bar g (4640 psi g)	450 bar g (6525 psi g) ▶	3 DB	
0 ... 250 bar g (0 ... 3626 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	500 bar g (7250 psi g)	650 bar g (9425 psi g) ▶	3 DD	
0 ... 400 bar g (0 ... 5802 psi g)	-1 bar g (-14.5 psi g)	600 bar g (8700 psi g)	650 bar g (9425 psi g) ▶	3 DE	
Other version for measuring range ≥ 1 bar (≥ 14.5 psi g), add Order code and plain text: measuring range: ... up to ... bar (psi g) ¹⁾				9 AA	H 1 Y
For absolute pressure					
0 ... 600 mbar a (0 ... 8.7 psi a)	0 bar a (0 psi a)	3 bar a (43.5 psi a)	5 bar a (72 psi a) ▶ J)	5 AG 0	
0 ... 1 bar a (0 ... 14.5 psi a)	0 bar a (0 psi a)	2 bar a (30 psi a)	5 bar a (72 psi a) ▶ J)	5 BA	
0 ... 1.6 bar a (0 ... 23.2 psi a)	0 bar a (0 psi a)	3.2 bar a (45 psi a)	5 bar a (72 psi a) ▶ J)	5 BB	
0 ... 2.5 bar a (0 ... 36.3 psi a)	0 bar a (0 psi a)	5 bar a (72 psi a)	12 bar a (175 psi a) ▶ J)	5 BD	
0 ... 4 bar a (0 ... 58.0 psi a)	0 bar a (0 psi a)	8 bar a (115 psi a)	12 bar a (175 psi a) ▶ J)	5 BE	
0 ... 6 bar a (0 ... 87.0 psi a)	0 bar a (0 psi a)	12 bar a (175 psi a)	25 bar a (360 psi a) ▶ J)	5 BG	
0 ... 10 bar a (0 ... 145 psi a)	0 bar a (0 psi a)	20 bar a (290 psi a)	50 bar a (725 psi a) ▶ J)	5 CA	
0 ... 16 bar a (0 ... 232 psi a)	0 bar a (0 psi a)	32 bar a (460 psi a)	50 bar a (725 psi a) ▶ J)	5 CB	
Other version for measuring range < 1 bar (< 14.5 psi a), add Order code and plain text: measuring range: ... up to ... mbar a (psi a)				J)	9 AB 0 H 1 Y
Measuring ranges for gage pressure (only for US market)					
(0 ... 10 psi g)	(-3 psi g)	(20 psi g)	(60 psi g)	4 BA	
(0 ... 15 psi g)	(-6 psi g)	(30 psi g)	(72 psi g)	4 BB	
(3 ... 15 psi g)	(-6 psi g)	(30 psi g)	(72 psi g)	4 BC	
(0 ... 20 psi g)	(-6 psi g)	(40 psi g)	(72 psi g)	4 BD	
(0 ... 30 psi g)	(-6 psi g)	(60 psi g)	(72 psi g)	4 BE	
(0 ... 60 psi g)	(-11.5 psi g)	(120 psi g)	(175 psi g)	4 BF	
(0 ... 100 psi g)	(-14.5 psi g)	(200 psi g)	(360 psi g)	4 BG	
(0 ... 150 psi g)	(-14.5 psi g)	(300 psi g)	(725 psi g)	4 CA	
(0 ... 200 psi g)	(-14.5 psi g)	(400 psi g)	(725 psi g)	4 CB	
(0 ... 300 psi g)	(-14.5 psi g)	(600 psi g)	(1750 psi g)	4 CD	
(0 ... 500 psi g)	(-14.5 psi g)	(1000 psi g)	(1750 psi g)	4 CE	
(0 ... 750 psi g)	(-14.5 psi g)	(1500 psi g)	(3600 psi g)	4 CF	
(0 ... 1000 psi g)	(-14.5 psi g)	(2000 psi g)	(3600 psi g)	4 CG	
(0 ... 1500 psi g)	(-14.5 psi g)	(3000 psi g)	(6525 psi g)	4 DA	
(0 ... 2000 psi g)	(-14.5 psi g)	(4000 psi g)	(6525 psi g)	4 DB	
(0 ... 3000 psi g)	(-14.5 psi g)	(6000 psi g)	(9425 psi g)	4 DD	
(0 ... 5000 psi g)	(-14.5 psi g)	(8700 psi g)	(9425 psi g)	4 DE	
(0 ... 6000 psi g)	(-14.5 psi g)	(8700 psi g)	(9425 psi g)	4 DF	
Other version, add Order code and plain text: Measuring range: ... up to ... psi g				9 BA	H 1 Y
▶ Available ex stock					
C) Subject to export regulations AL: N, ECCN: EAR99.					
J) Subject to export regulations AL: 91999, ECCN: EAR99.					

¹⁾ The transmitters can also be ordered with special measuring ranges, e.g. transmitters with a 1-bar measuring cell (14.5 psi measuring cell): -0.2 ... +0.8 bar g (-2.9 ... +11.6 psi g) or -0.4 ... +0.6 bar g (-5.8 ... +8.7 psi g) or ...

SITRANS P measuring instruments for pressure Transmitters for gage and absolute pressure

Z series for gage and absolute pressure

Selection and Ordering data				Order No.	Order code
SITRANS P pressure transmitters for pressure, series Z for pressure and absolute pressure 2 or 3-wire system, rising characteristic curve				C) 7 MF 1 5 6 4 -	- - - - - 1
Measuring range	Perm. working pressure		Burst pressure		
	min.	max.			
Measuring ranges for absolute pressure (only for US market)					
(0 ... 10 psi a)	(0 psi a)	(20 psi a)	(60 psi a)	J)	6 A G
(0 ... 15 psi a)	(0 psi a)	(30 psi a)	(72 psi a)	J)	6 B A
(0 ... 20 psi a)	(0 psi a)	(40 psi a)	(72 psi a)	J)	6 B B
(0 ... 30 psi a)	(0 psi a)	(60 psi a)	(72 psi a)	J)	6 B D
(0 ... 60 psi a)	(0 psi a)	(120 psi a)	(175 psi a)	J)	6 B E
(0 ... 100 psi a)	(0 psi a)	(200 psi a)	(360 psi a)	J)	6 B G
(0 ... 150 psi a)	(0 psi a)	(300 psi a)	(725 psi a)	J)	6 C A
(0 ... 200 psi a)	(0 psi a)	(400 psi a)	(725 psi a)	J)	6 C B
(0 ... 300 psi a)	(0 psi a)	(600 psi a)	(1725 psi a)	J)	6 C C
Other version, add Order code and plain text: Measuring range: ... up to ... psi a				J)	9 B B H 1 Y
Output signal					
4 ... 20 mA; C 2-wire system; power supply 10 ... 36 V DC				▶	0
0 ... 10 V; 3-wire system; power supply 15 ... 36 V DC					1 0
Explosion protection					
Without				▶	0
With explosion protection Ex II 1/2 G EEx ia IIC T4 (only for version 4 ... 20 mA; 2-wire system; power supply 10 ... 30 V DC)					1
With explosion protection "Intrinsic safety T.I.I.S." (available soon)					2
Electrical connection					
Plug to DIN 43650, Form A, cable inlet M16 x 1.5				▶	1
Round connector M12, IP67					2
Plug to DIN 43650, cable inlet 1/2-14 NPT					3
Plug to DIN 43650, cable inlet Pg11					4
Cable gland Pg11 with 2 m cable, IP68					6
Special version (specify Order code and plain text)					9 N 1 Y
Process connection					
G 1/2" male to EN 837-1 (1/2" BSP male) (standard for metric pressure ranges mbar, bar)				▶	A
G 1/2" male thread and G 1/8" female thread					B
G 1/4" male to EN 837-1 (1/4" BSP male)					C
7/16"-20 UNF male					D
1/4"-18 NPT male (standard for pressure ranges psi)					E
1/4"-18 NPT female					F
1/2"-14 NPT male					G
1/2"-14 NPT female					H
RC 1/2" male to JIS B 7505					K
G 1" male (only for measuring ranges ≥ 1 bar g (14.5 psi g))					M
Special version (specify Order code and plain text)					Z P 1 Y
Sealing material between sensor and housing					
Viton (standard)				▶	A
Neoprene					B
Perbunan					C
Special version (specify Order code and plain text)					Z Q 1 Y
Further designs					
Manufacturer's test certificate M to DIN 55340, Part 18 and ISO 8402 (calibration certificate), add "-Z" to Order No. and Order code.					C 11
Oxygen version, oil and grease-free cleaning (only if the sealing material between sensor and housing is Viton and only for measuring ranges ≥ 1 bar g (≥ 14.5 psi g) and ≥ 1 bar a (≥ 14.5 psi a))					E 10
Manufacturer's test certificate M to DIN 55340, Part 18 and ISO 8402 (calibration certificate) supplied later, specify factory no. of transmitter					7MF1564-8CC11

▶ Available ex stock

C) Subject to export regulations AL: N, ECCN: EAR99.

J) Subject to export regulations AL: 91999, ECCN: EAR99.

DATASHEET C

Fuente auxiliar DC: Panel solar I-22

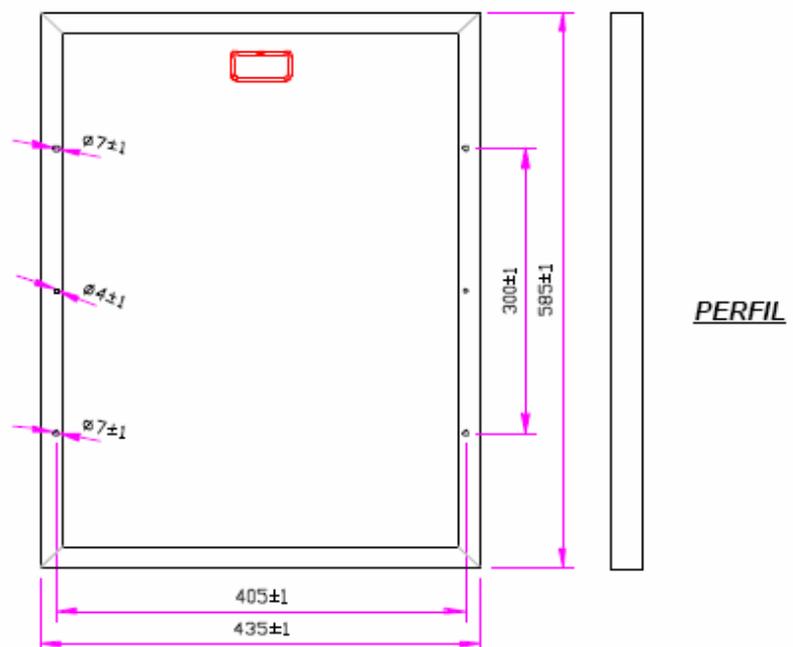


I-22 C

Módulo fotovoltaico

CARACTERÍSTICAS	
FÍSICAS	
Longitud	585 mm
Anchura	435 mm
Espesor	(*)
Peso	3 kg
Número de células en serie	36 1/2
Número de células en paralelo	1
TONC (800 W/m ² , 20 °C, AM 1.5, 1m/s)	47 °C
ELECTRICAS (1000 W/m², 25 °C cel, AM 1.5)	
Tensión nominal (V _n)	12 V
Potencia máxima (P _{max})	22 W _p ± 10 %
Corriente de cortocircuito (I _{sc})	1,64 A
Tensión de circuito abierto (V _{oc})	21,6 V
Corriente de máxima potencia (I _{max})	1,26 A
Tensión de máxima potencia (V _{max})	17,4 V
CONSTRUCTIVAS	
Células	Si monocristalino, texturadas y con capa antirreflexiva
Contactos	Contactos redundantes, múltiples, en cada célula
Laminado	EVA (etilen-vinil acetato)
Cara frontal	Vidrio templado de alta transmisividad
Cara posterior	Protegida con Tedlar de varias capas
Marco	Aluminio anodizado
Toma de tierra	Si
Conexión	2 x 1,5 mm ² en cable de doble envoltente de 1,8 m de longitud

(*) Por favor, consulte el espesor antes de realizar el pedido



VISTA POSTERIOR I-22

