



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**CAMPUS ARAGÓN**

**“COMUNICACIÓN DE DATOS DE UNA RED DE  
ESTACIONES HIDROLÓGICAS UTILIZANDO LA  
TECNOLOGÍA GSM”**

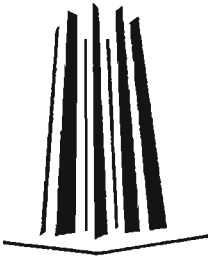
**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICO  
ELECTRICO - ELECTRONICO**

**P R E S E N T A :**

**RUBEN VELASCO RIVERA**

**ASESOR: M. en I. LAURO SANTIAGO CRUZ**



m. 344362



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. TELEFONÍA CELULAR Y GSM</b>	
2.1. Evolución de los sistemas celulares	6
2.2. Características de la telefonía celular	10
2.3. Sistema Global para Comunicaciones	14
2.4. Radio Bases para GSM	15
2.5. Controladoras de Radio Bases y Conmutador para GSM	19
2.6. Registro y validación de usuarios en GSM	21
2.7. Servicios de valor agregado	23
2.8. Procesamiento de una llamada en la red de GSM	24
<b>3. ESTACIONES HIDROLÓGICAS</b>	
3.1. Las estaciones meteorológicas	29
3.2. Mediciones de una estación hidrológica	35
3.3. Comunicación de datos de una estación hidrológica	44
3.4. Montaje e instalación de una estación hidrológica	47
<b>4. REDES DE DATOS Y GPRS</b>	
4.1. Introducción	49
4.1.1. Modelo OSI	51
4.1.2. Modelo TCP/IP	54
4.1.3. Comparación entre modelos	55
4.2. Clasificación de las redes	55
4.2.1. Topologías de red	57
4.3. Estándares y protocolos	62
4.3.1. Estándares	62
4.3.2. Protocolos	63
4.3.2.1. Protocolo TCP/IP	68
4.3.2.2. Direcciones IP	69
4.4. Equipos de interconexión a red	71
4.4.1. Módem GPRS	75

4.5. Fundamentos de circuitos conmutados HCSD	76
4.6. Fundamentos de una red GPRS	78
4.7. Elementos de una red GPRS	79
4.8. Servicios de una red GPRS	83
4.9. Estaciones móviles para GPRS	85

## **5. DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE DATOS**

5.1. Análisis de la tecnología a utilizar	86
5.1.1. Diseño de la red de estaciones hidrológicas	89
5.2. Arquitectura a implantar	101
5.3. Configuración de un radio-módem celular	103
5.4. Puesta a punto del sistema y conexión a red	110
5.5. Memoria técnica	128
5.5.1. Relación de hardware en dispositivos a utilizar	128
5.5.2. Instalación y configuración del ruteador	128
5.5.3. Configuración de los módems	130
5.5.4. Instalación de las estaciones hidrológicas	134
5.5.5. Diagrama del proyecto	136

## **6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

6.1. Resultados	137
6.2. Conclusiones	139

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

140

## **8. APÉNDICES**

144

# ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
<b>2. TELEFONÍA CELULAR Y GSM</b>	
<i>Figura 2.1. Red básica de telefonía celular</i>	11
<i>Figura 2.2. Arquitectura de la red GSM</i>	12
<i>Figura 2.3. Ejemplo de tramas TDMA en GSM</i>	17
<i>Figura 2.4. Canales lógicos en GSM</i>	18
<i>Figura 2.5. Interfaces para interconexión de GSM</i>	20
<i>Figura 2.6. Diagrama de los elementos de registro para validación de usuario</i>	22
<i>Figura 2.7. Casos de handover entre controladoras</i>	27
<b>3. ESTACIONES HIDROLÓGICAS</b>	
<i>Figura 3.1. Módulos de una estación meteorológica del SMN</i>	31
<i>Figura 3.2. Elementos de una estación meteorológica</i>	34
<i>Figura 3.3. Elementos de una estación hidrológica</i>	35
<i>Figura 3.4. Adquisidor de datos (datalogger)</i>	36
<i>Figura 3.5. Pluviómetro de balancín</i>	37
<i>Figura 3.6. Sensores de humedad y temperatura</i>	38
<i>Figura 3.7. Medición de la velocidad y dirección del viento</i>	39
<i>Figura 3.8. Barómetro</i>	41
<i>Figura 3.9. Sensor de radiación solar</i>	41
<i>Figura 3.10. Sensor de turbidez o turbiedad</i>	42
<i>Figura 3.11. Sensor de calidad de agua o pureza</i>	43
<i>Figura 3.12. Sensor de profundidad</i>	43
<i>Figura 3.13. Comunicación de datos de una estación meteorológica</i>	44
<i>Figura 3.14. Dibujo de un conector DB-25 y DB-9</i>	46
<i>Figura 3.15. Montaje de estaciones hidrológicas</i>	47
<b>4. REDES DE DATOS Y GPRS</b>	
<i>Figura 4.1. Las 7 capas del modelo OSI</i>	52
<i>Figura 4.2. Las 4 Capas del modelo TCP/IP</i>	54
<i>Figura 4.3. Comparación entre el modelo OSI y TCP/IP</i>	55
<i>Figura 4.4. Topología en bus</i>	58
<i>Figura 4.5. Topología en anillo</i>	59
<i>Figura 4.6. Topología en estrella</i>	59
<i>Figura 4.7. Topología en árbol</i>	60
<i>Figura 4.8. Topología en malla completa</i>	60
<i>Figura 4.9. Topología de red celular (inalámbrica)</i>	61
<i>Figura 4.10. Conexión para un repetidor</i>	72
<i>Figura 4.11. Conexión de un hub</i>	72
<i>Figura 4.12. Puente</i>	73
<i>Figura 4.13. Equipos de interconexión a red</i>	74

	Pag.
<i>Figura 4.14. Equipos de interconexión físicos</i>	74
<i>Figura 4.15. Módem GPRS</i>	75
<i>Figura 4.16. Circuitos conmutados y paquetes de datos</i>	78
<i>Figura 4.17. Estructura de una Red GPRS</i>	80
<i>Figura 4.18. Funciones y tipo de interfaz en una red GPRS</i>	82
<i>Figura 4.19. Elementos de la Red GPRS encargados del handover</i>	83
<i>Figura 4.20. Servicios en GPRS</i>	84

## **5. DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE DATOS**

<i>Figura 5.1. Sistema de comunicación de datos</i>	87
<i>Figura 5.2. Estaciones hidrológicas propuestas en la región 1</i>	92
<i>Figura 5.3. Ubicación y cobertura de la estación Anzaldo</i>	94
<i>Figura 5.4. Ubicación y cobertura de la estación Tacubaya</i>	95
<i>Figura 5.5. Ubicación y cobertura de la estación Santo Tomás</i>	97
<i>Figura 5.6. Ubicación y cobertura de la estación Colorines</i>	98
<i>Figura 5.7. Ubicación y cobertura de la estación Valle de Bravo</i>	100
<i>Figura 5.8. Diagrama de interconexión con la red GPRS</i>	102
<i>Figura 5.9. Diagrama de interconexión del módem</i>	103
<i>Figura 5.10. Interconexión del módem GPRS a la estación hidrológica</i>	104
<i>Figura 5.11. Pantallas de configuración módem</i>	106
<i>Figura 5.12. Vista posterior del ruteador serie 3600</i>	116
<i>Figura 5.13. Conexión de una computadora al puerto de consola del router</i>	118
<i>Figura 5.14. Ejecución del software HyperTerminal a través del puerto COM1</i>	119
<i>Figura 5.15. Parámetros correctos para la emulación de terminal</i>	119
<i>Figura 5.16. Rótulo de inicio mostrado por el ruteador serie 3600</i>	120
<i>Figura 5.17. Diálogo de configuración del sistema</i>	120
<i>Figura 5.18. Resumen del estado de las interfaces del equipo</i>	121
<i>Figura 5.19. Asignación del nombre del router</i>	121
<i>Figura 5.20. Proporcionando la contraseña enable secret y enable password</i>	122
<i>Figura 5.21. Proporcionando la contraseña de terminales virtuales</i>	123
<i>Figura 5.22. Activación del protocolo de red IP</i>	123
<i>Figura 5.23. Configuración de las interfaces del router</i>	124
<i>Figura 5.24. Finalización del diálogo de configuración del router</i>	124
<i>Figura 5.25. Ingresando al modo privilegiado del router</i>	125
<i>Figura 5.26. Configuración del protocolo de encapsulamiento de la interfaz Serial1/0</i>	126
<i>Figura 5.27. Configuración del modo full-duplex en la interfaz FastEthernet0/0</i>	126
<i>Figura 5.28. Configuración del protocolo de enrutamiento IP y tabla de enrutamiento</i>	127
<i>Figura 5.29. Asignación de IP para cada estación hidrológica de la Región 1</i>	127
<i>Figura 5.30. Diagrama de interconexión</i>	136

# ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
<b>2. TELEFONÍA CELULAR Y GSM</b>	
<i>Tabla 2.1. Evolución del desarrollo tecnológico</i>	7
<i>Tabla 2.2. Evolución del desarrollo de la telefonía celular</i>	12
<i>Tabla 2.3. Distribución de frecuencias para cada uno de los anchos de banda</i>	15
<i>Tabla 2.4. Características de GSM</i>	16
<b>3. ESTACIONES HIDROLÓGICAS</b>	
<i>Tabla 3.1. Características del estándar RS232</i>	45
<b>4. REDES DE DATOS Y GPRS</b>	
<i>Tabla 4.1. Estándares de elementos físicos de red</i>	62
<i>Tabla 4.2. Estándares WLAN</i>	63
<i>Tabla 4.3. Protocolos de bajo nivel</i>	64
<i>Tabla 4.4. Protocolos de alto nivel</i>	66
<i>Tabla 4.5. Bits de red y bits de host</i>	69
<i>Tabla 4.6. Tipos de Interfaz en GPRS</i>	81
<b>5. DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE DATOS</b>	
<i>Tabla 5.1. Niveles de recepción de señal en una terminal móvil T39m</i>	90
<i>Tabla 5.2. (a) Capacidad energética de la estación hidrológica</i>	104
<i>(b) Requerimientos de energía del módem</i>	
<i>Tabla 5.3. Comandos AT para programación de un módem de GPRS</i>	108
<i>Tabla 5.4. Resumen del direccionamiento IP para el Nodo GGSN1</i>	114
<i>Tabla 5.5. Resumen del direccionamiento IP para el Nodo GGSN2</i>	115
<i>Tabla 5.6. Especificaciones técnicas del ruteador serie 3600</i>	117
<i>Tabla 5.7. Especificaciones de energía y físicas del ruteador serie 3600</i>	117
<i>Tabla 5.8. Nombres y direcciones IP de las Estaciones Hidrológicas de la Región I</i>	127
<i>Tabla 5.9. Asignación de direcciones IP</i>	131
<i>Tabla 5.10. Componentes de la estación Colorines</i>	134
<i>Tabla 5.11. Componentes de las estaciones Anzaldo, Tacubaya, Valle de Bravo y Santo Tomás</i>	135

# 1. INTRODUCCIÓN

La meteorología es el estudio científico de la atmósfera de la tierra y tiene sus fundamentos en la termodinámica, de hecho su desarrollo tuvo grandes progresos a partir del inicio y avance de esta disciplina. Anteriormente y desde tiempos de los griegos ya se tenía estudio y conocimiento básico del comportamiento de la atmósfera terrestre y sus fenómenos, los conocimientos obtenidos por estos científicos se aplicaban en sus inicios a la agricultura, sin embargo con el avance del transporte, globalización y comercio, las necesidades de conocer a la atmósfera de nuestro planeta se volvió una necesidad imperiosa. Con el fin de evitar pérdidas materiales y humanas, la meteorología entonces tomo su auge y con ello la aplicación de la tecnología en ella; en la actualidad, ha dado la posibilidad de realizar predicciones bastante acertadas en varios aspectos. La meteorología incluye el estudio de las condiciones atmosféricas (meteorología sinóptica) y el estudio de las propiedades eléctricas y ópticas de la atmósfera (meteorología física). De estas dos grandes ramas de la meteorología, es donde se desprenden diferentes estudios atmosféricos, cuyo nombre deriva propiamente de las características del fenómeno en sí, por ejemplo: Climatología como el estudio del clima, Hidrología como el estudio de la distribución del agua en la tierra, Aerología como el estudio de la atmósfera en las capas superiores, etc.

Las mediciones empleadas en el estudio de la atmósfera se pueden dividir en tres: mediciones de superficie, mediciones aéreas y mediciones satelitales, para el efecto de estudio de esta tesis tomaremos solamente las mediciones de superficie. Las mediciones de superficie principales son: Temperatura (tomada mediante un Termómetro), Humedad (Higrómetro), Viento (Anemómetro), Presión Atmosférica (Barómetro) y Precipitaciones



Pluviales (Pluviómetro o Nivómetro). Otras mediciones de superficie útiles, las cuales son empleadas en prevención de desastres y contingencias naturales, son los niveles de concentraciones de agua y gasto en ríos, por citar un ejemplo. El conjunto de equipos capaces de realizar este tipo de mediciones recibe el nombre de estación meteorológica, la parte de esta estación que está dedicada a la medición de las condiciones del agua en particular, es denominada como Estación Hidrológica, misma que será descrita en capítulos posteriores.

El hecho por el cual se utilicen radares en el estudio de nubosidades y que estos estén equipados con diferentes equipos de medición y medios de comunicación, ha desencadenado que comúnmente se le llame radar a la estación meteorológica, mas sin embargo, no perdamos de vista que para este caso, el nombre comercial del equipo es finalmente el término de más uso.

Para el caso de la República Mexicana, la responsabilidad de realizar estudios meteorológicos reside en un organigrama que empieza con la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), de esta dependencia se desprende la Comisión Nacional de Aguas (CNA) y de esta última, como dependencia adjunta, se encuentra el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), con sede en el Observatorio de la Ciudad de México. Pues bien, iniciaremos por describir las funciones básicas del CNA y posteriormente al SMN, ya que ambas guardan una importante relación.

La CNA es la encargada de administrar y gestionar las aguas nacionales para lograr un uso sustentable de las mismas, para este efecto se encuentra dividida en 13 grandes regiones:

- Península de Baja California (Mexicali, Baja California).
- Noroeste (Hermosillo, Sonora).
- Pacífico Norte (Culiacán, Sinaloa).
- Balsas (Cuernavaca, Morelos).
- Pacífico Sur (Oaxaca, Oaxaca).
- Río Bravo (Monterrey, Nuevo León).
- Cuencas Centrales del Norte (Torreón, Coahuila).
- Lerma Santiago Pacífico (Guadalajara, Jalisco).
- Golfo Norte (Ciudad Victoria, Tamaulipas).
- Golfo Centro (Jalapa, Veracruz).
- Frontera Sur (Tuxtla Gutiérrez, Chiapas).
- Península de Yucatán (Mérida, Yucatán).
- Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (México, Distrito Federal).

Por otro lado, en el SMN se concentra la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas. El SMN también realiza el acopio de la información climatológica nacional y el monitoreo de las 13 regiones delimitadas por el CNA, y en caso de anomalías informa de manera conjunta al Sistema Nacional de Protección Civil.

El SMN utiliza estaciones meteorológicas cuyo sistema en conjunto se denomina RADAR (RADio Detection And Ranging, Radio de Detección y Rastreo). Estos dispositivos se emplean para recolectar datos de mediciones de superficie (descritas anteriormente), y aéreas para la medición y seguimiento de fenómenos atmosféricos. La ventaja de un radar meteorológico es equivalente al empleo de cientos de sensores distribuidos a lo largo de la zona de cobertura del mismo, que transmiten la información en tiempo real. Para el caso de mediciones aéreas, el RADAR tiene además la posibilidad de realizar estudios de volumen de la nube, a diferentes cortes o secciones, así como de dar seguimiento y estudio de fenómenos severos como huracanes. El Radar meteorológico es sin duda una valiosa herramienta con tecnología de punta, con ella cuentan los Meteorólogos para realizar los servicios de predicción de las condiciones atmosféricas del clima.

El avance en las telecomunicaciones permite que la red nacional de Radares Meteorológicos (12 radares en total, 7 digitales y 5 modificados), sea controlada remotamente por medio de software que lo automatiza totalmente, sin embargo la red cuenta con 5 radares que fueron modificados para migrar de tecnología analógica a digital, con este cambio todos están provistos con el sistema *Doppler*, lo que permite conocer la velocidad y la dirección del fenómeno atmosférico en estudio (Huracán, Ciclón, Tormenta, niebla, etc.).

La Tecnología del SMN permite realizar mediciones precisas de las condiciones meteorológicas en la República Mexicana, sin embargo, un complemento ideal sería un sistema de medición a través de estaciones hidrológicas, que permitiesen el monitoreo en tiempo real de las condiciones puntuales en concentraciones de agua como ríos, canales y presas, principalmente en zonas urbanas de alto riesgo, como por ejemplo la zona de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (México, Distrito Federal), y en particular el comentado Canal de la Compañía en la zona de Chalco, Estado de México, por mencionar un caso.

Estas estaciones deben de reunir características como: portabilidad, fácil conexión a la red del SMN, bajo costo de implementación y operación y el uso de tecnología

disponible en México. Para este caso podemos voltear la vista hacia la Telefonía Inalámbrica, misma cuyo desarrollo y avance nos ofrece la posibilidad de comunicación de datos a un costo razonable.

La Telefonía Inalámbrica en México tiene apenas 25 años, en los cuales ha tenido vertiginosos avances. En sus inicios, en los 80's, sólo dos compañías ofrecían servicios de voz bajo el estándar americano AMPS (Advanced Mobile Phone Systems, Sistemas Avanzados de Telefonía Móvil), la cobertura estaba limitada a las principales ciudades del país, y las unidades móviles eran caras y voluminosas; sin embargo, los clientes empezaron a crecer y a demandar un servicio mejor y confiable. Las inversiones no se hicieron esperar por parte de la iniciativa privada, mejorando equipos y planta telefónica instalada. Hoy día el marco general ha permitido no sólo la existencia de dos proveedores de servicios, como en un inicio, sino inclusive la participación en el mercado de compañías extranjeras, todas ellas día con día luchan entre sí ofreciendo novedosos equipos y una diversidad de servicios, dejando en claro que la telefonía celular no sólo ofrece servicios de voz. Servicios adicionales como mensajes escritos de dos vías, buzón de mensajes, mensajes multimedia, GPRS (General Packet Radio Service, Servicio General de Radio por Paquetes), por mencionar algunos, permiten al usuario de un telefonía celular una gama de posibilidades en la palma de su mano.

En la comunicación celular existen diferentes estándares de comunicación inalámbrica, pero las empleadas en México se reducen a tres: CDMA (Code Division Multiple Access, Acceso Múltiple por División de Código), DAMPS (Digital AMPS, AMPS en modo digital) y GSM (Global System for Mobiles, Sistema Global para Móviles), de estos tres últimos el más utilizado es GSM. Los estándares celulares se clasifican, de acuerdo a su capacidad en velocidad de transmisión de datos, en tres: primera generación, 1G (hasta 9.6kbps), segunda generación, 2G (9.6 – 14.4kbps), segunda generación y media, 2.5G (en el rango de 64 a 144 kbps) y tercera generación, 3G (en el rango de 384kbps a 2mbps). Bajo este esquema, DAMPS permitía una conexión de 1G, de máximo 9.6 kbps, mediante el uso de un teléfono celular, haciendo el trabajo de radio-módem; el sistema CDPD (Cellular Digital Packet Data, Datos en Paquetes en Celular Digital), empleado más tarde por el mismo estándar DAMPS, permitía velocidades de transmisión 2G de hasta 19 kbps; actualmente ya se cuentan en México con servicios de 2.5G como GPRS y HCS (High Circuit Switching Data, Datos por Circuitos Conmutados).

La telefonía inalámbrica en México ha tenido un avance impresionante en los últimos años, al grado de contar ya con poco más del doble de usuarios que la telefonía fija (cerca de 30 millones contra 14,000 millones); sin embargo, actualmente el servicio de

telefonía celular esta dando un giro, en cuanto a no sólo el de brindar servicios de voz. Inicialmente bajo el estándar DAMPS, comenzó en México el servicio de CDPD, conocido como de segunda generación, ofreciendo a bancos y otras compañías servicios de comunicación datos con una velocidad de hasta 19 kbps. Con el advenimiento de GSM (segunda generación y media), llegan nuevos servicios, nombrados por la industria de la telefonía inalámbrica como servicios de valor agregado, dos de ellos son los servicios de transmisión de datos y acceso a internet, conocidos como GPRS y HCSO. Con GPRS y HCSO se puede tener una red inalámbrica disponible a usuarios que requieran la transmisión de datos como cajeros de bancos, telemetría para monitoreo remoto y acceso a internet inalámbrico con velocidades en teoría de hasta 144 kbps (típicamente 112.5 kbps).

GPRS y HCSO permiten la conexión a red de diferentes equipos, mediante un teléfono GSM o un módem GPRS, facilitando y simplificando redes que de otra manera implicarían un alto costo, simplemente por la infraestructura requerida. Aun cuando actualmente los costos del servicio de envío de datos vía GPRS son ligeramente altos, estos van con tendencia a abaratare en los próximos años.

Para nuestro trabajo de tesis planteamos la integración de una red de estaciones de medición hidrológica, ubicadas en presas y ríos cuya topología difícilmente permite la instalación de infraestructura para formar una red de datos fija. Ahora, si vamos más lejos sobre esta posibilidad, el costo sería muy alto, en particular si consideramos que los operadores de telefonía fija ofrecen servicios de ancho de banda fijo a un costo mensual, es decir el porcentaje de ocupación no es considerado, siendo que el proveedor ofrece una especie de tubo sin importar lo que va a ser transportado a través de él. Una alternativa es utilizar la planta telefónica celular instalada a lo largo y ancho del país, la tecnología inalámbrica en particular del estándar GSM y sus servicios de transmisión de datos GPRS o HCSO, que ofrecen la posibilidad de transmitir hasta 144kbps. Los servicios ofrecidos por los operadores celulares se dan por paquetes, que contemplan la cantidad de información mensual transmitida en *bytes*, lo que permite eficientar el costo de operación de cada nodo de medición de acuerdo a la cantidad de lecturas tomadas.

Actualmente en el país existen dos operadores de telefonía celular que ofrecen sus servicios de datos, GPRS y HCSO, montados en una red celular GSM. Bajo esta condición de operación, planteamos la posibilidad de integrar un servicio de transmisión de datos de una red de estaciones hidrológicas en forma remota, de modo que se pueden reducir costos e infraestructura. Mediante el uso de estas tecnologías podremos transmitir la información mediante radio-módems GPRS o teléfonos celulares GSM, instalados en cada punto de medición, la única limitante a esta opción de comunicación será la cobertura ofrecida por los operadores de telefonía celular en el país.

## **2. TELEFONÍA CELULAR Y GSM**

En este capítulo se describirá brevemente sobre la evolución de la telefonía celular, sus características principales, y en particular se tratará el estándar GSM, describiendo sus características más importantes, así como la manera en la cual se establecen las llamadas.

### **2.1. Evolución de los sistemas celulares**

La telefonía móvil es un servicio de comunicación de voz, en el que al menos una de las dos terminales de comunicación debe ser móvil, lo anterior está basado en sistemas de radio celulares, mismos que han ido evolucionando de acuerdo a las necesidades de comunicación en el mundo. Por terminal móvil podemos referirnos cualquier usuario que se desplace en vehículos en tierra, barcos, aviones o inclusive a pie. De acuerdo al tipo de móviles, un sistema puede incluir varios tipos de terminales, tales como:

- Radioteléfonos
- Sistemas de despacho
- Sistemas de radio búsqueda
- Sistemas de radio móvil por paquetes
- Sistemas de radiotelefonía

En el caso de los sistemas de comunicación, en orden cronológico, surgieron primero los radioteléfonos, conocidos comúnmente como radios de banda civil; estos permiten la comunicación bidireccional *half duplex*, proporcionan hasta 40 canales de comunicación, desafortunadamente, estos canales no permiten privacidad en la comunicación. Después aparecen los sistemas de despacho, conocidos como sistemas de *trunking*, estos sistemas utilizan un sólo canal de comunicación común, ya que este sistema permite que todos los suscriptores escuchen el mensaje de un operador, sin embargo ellos sólo podrán comunicarse con los suscriptores y no entre ellos. Posteriormente nacen los sistemas de radio de búsqueda, conocidos en el mercado como radio-localizadores, éste sistema consiste que los usuarios tienen un receptor, el cuál recibe una señal o mensaje y así puede buscar un teléfono más cercano, para poder corresponder a la llamada.

Con las necesidades de comunicación en el mercado, nace el sistema de radio móvil por paquetes o bien mensajes de dos vías. Estos sistemas utilizan técnicas de acceso múltiple, las cuáles permiten a varios dispositivos transmitir en el mismo canal de radio sin intervenir con los otros transmisores. Estos sistemas tienen como ventaja que pueden funcionar sin un operador. Dichas características son las que nos permitirán conectarnos a una gran variedad de dispositivos de cómputo, sensores, módem's, etc.

Finalmente surgen los sistemas de radio telefonía ó telefonía celular. En los sistemas de telefonía celular el área en la que se prestará el servicio se divide en áreas de menor tamaño, denominadas celdas ó células. En cada celda sólo podremos usar un grupo de frecuencias del total disponible; para celdas que están lo suficientemente separadas, se puede utilizar el mismo grupo de frecuencias pero distribuidas de tal forma que no se interfieran entre ellas. Por lo que finalmente tenemos que haciendo una adecuada distribución de frecuencias, éstas se pueden *re-usar*.

En la tabla 2.1 se presenta un resumen de la evolución de la telefonía celular en el mundo.

FECHA	DESARROLLO TECNOLÓGICO
1906	Reginald Fesseden, logró transmitir voz humana a través de radio; hasta entonces las comunicaciones de radio consistían sólo en transmisiones de código Morse.
1915	J.A. Fleming, inventó el bulbo, haciendo posible la construcción de radios móviles.

Tabla 2.1. Evolución del desarrollo tecnológico. (Continúa)

1921	El departamento de la policía de Detroit utilizó por primera vez el sistema de radio de una sola vía, a 2 MHz.
1930	AM (Amplitud Modulada). El sistema dos vías, "Push to Talk", también conocido como <i>half duplex</i> , creció y fue conocido hasta finales de esta década.
1935	FM (Frecuencia Modulada). La invención de la Frecuencia Modulada conllevó a mejorar la calidad del audio y a disminuir la potencia requerida para la transmisión del mismo, haciendo que se facilitara la transmisión a equipos móviles.
1940	La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) reorganiza el servicio de las comunicaciones, quedando este clasificado como Servicio de Radio Terrestre Público Móvil.
1948	Sockley, Bardeen y Brittain, en conjunto con laboratorios Bell, inventaron el transistor, el cual fue la base para grandes desarrollos tecnológicos.
1949	Los RCC (Radio Common Carrier, Radio de Portadora Común) fueron reconocidos varios portadores del servicio de la radio.
1958	Bell propone algunos anchos de Banda.
1964	AT&T introduce una mejora para sistemas de telefonía móvil.
1968	La FCC se convierte en el Regulador de frecuencias en Estados Unidos.
1969	Los países nórdicos, tales como Finlandia, Dinamarca, Irlanda y otros, acordaron formar un grupo de estudio y recomendaciones y de cooperación en el área de las Telecomunicaciones, esto permite la estandarización de las Telecomunicaciones para todos los miembros de Telefonía Móvil Nórdica (Nordic Mobile Telephony, Telefonía Móvil Nórdica). El primer paso para lograr una estandarización mundial.
1973	El grupo de NMT define la base de las características de la telefonía, y con base en esto permite llegar a las bases del <i>roaming</i> .
1979	El FCC autoriza la instalación del primer equipo a prueba que permitiría el uso de la telefonía celular en los Estados Unidos de América.

Tabla 2.1. Evolución del desarrollo tecnológico. (Continúa)

1981	Ericsson lanza el primer sistema de telefonía celular del mundo en Arabia Saudita, basado en el Estándar análogo MMT-450.
1991	El primer estándar de telefonía celular digital es lanzado.
1998	El número de suscriptores de telefonía inalámbrica en el mundo llega a los 200 millones.
1999	En este año se libera el estándar de datos GPRS.
2000	Las primeras pruebas de la Red de 3ª generación se construye en Mónaco, mientras que Suecia e Inglaterra licitan la primera licencia de 3ª generación.
2001	Se hacen las primeras llamadas exitosas, hechas en redes de 3ª generación.
2002	Las redes de TDMA (Time División Múltiple Access, Acceso Múltiple por división de Tiempo) migran a GSM en Dinamarca.
2003/ 2004	Los servicios de transmisión de datos HCSN y GPRS son ofrecidos a los usuarios en México.

*Tabla 2.1. Evolución del desarrollo tecnológico.*

Como se puede observar en el resumen de la tabla 2.1, existen dos tipos de sistemas de transmisión en telefonía, que son los sistemas analógicos, que son primera generación, y los sistemas digitales, que son utilizados para segunda y tercera generación.

La razón por la que se emplean sistemas digitales en la telefonía celular, es que estos sistemas presentan mayor fidelidad que los sistemas analógicos al transmitir información.

Los sistemas analógicos podrían parecer un mejor medio para transportar información analógica, tal como es la voz, sin embargo, si la voz al ser una señal continua, la representáramos como una señal discreta en el tiempo, entonces al digitalizar la señal, se estarían perdiendo pequeñas partes de la misma, lo que nos llevaría a pensar que la mejor manera de no perder información es utilizando un medio de transporte analógico, a pesar de esto, si la técnica de muestreo y digitalización de la señal es adecuada, la señal digital presentará una excelente calidad.

Todas las señales, tanto digitales como analógicas, se distorsionan con la distancia, sin



embargo, existen soluciones para ambos problemas. Para el caso de una señal analógica existen amplificadores; no obstante, cuando la señal sufre una distorsión, ésta es amplificada también, lo que se traduce en ruido y falta de fidelidad a la señal original; en un sistema digital, la señal previamente cuantificada y digitalizada es regenerada por niveles, recuperando la señal original, es decir sin ruido. Para el caso particular de la telefonía celular, las pérdidas en el espacio libre con una señal analógica, son irre recuperables y a su vez, éstas se traducirían en ruido entre los usuarios, en cambio un sistema digital pasa lo contrario, ya que la señal puede ser regenerada en el móvil, obteniendo como resultado, una excelente calidad de la voz.

## **2.2. Características de la telefonía celular**

Los elementos de un sistema de comunicación inalámbrica varían de acuerdo al estándar de comunicación utilizado por el operador, existen varios, sin embargo, los más utilizados mundialmente son: GSM, DAMPS y CDMA. Cada estándar posee sus características definidas por organizaciones como la NMT o la FCC, no obstante, los servicios de voz y datos son similares en capacidad y velocidades de transmisión de datos. El operador define el estándar que utiliza con base en su funcionalidad y capacidad de realizar actualizaciones que permitan la innovación constante para captar cada vez más usuarios.

Un sistema de comunicación inalámbrica típico está compuesto por estaciones radio base, un controlador de radio bases( integrado dentro de cada radio base como en DAMPS ó separado como el caso de GSM), un conmutador principal, medios de transmisión para la interconexión de los mismos y el móvil (figura 2.1 y 2.2). Los móviles son equipos del usuario o abonado y pueden ser de tres tipos: radio módem, teléfono celular y teléfono celular-módem.

Para el establecimiento de una comunicación, el móvil se enlaza a la radio base. Ésta codifica la información de petición de llamada y posteriormente la envía al conmutador; si es bajo el estándar GSM se utiliza la controladora de radio bases, si no es el caso, se pasa directo a la central o conmutador utilizando los medios de trasmisión de los que se dispongan. El conmutador central se interconecta a la PSTN (Public Switched Telephone Network, Red de Telefonía Pública Conmutada) para transferir información, ya sea voz o datos. Como ya se mencionó, en la figura 2.1 y 2.2 podemos identificar los componentes de la red celular y como se interconectan, estos elementos se describirán a detalle para el estándar GSM posteriormente.

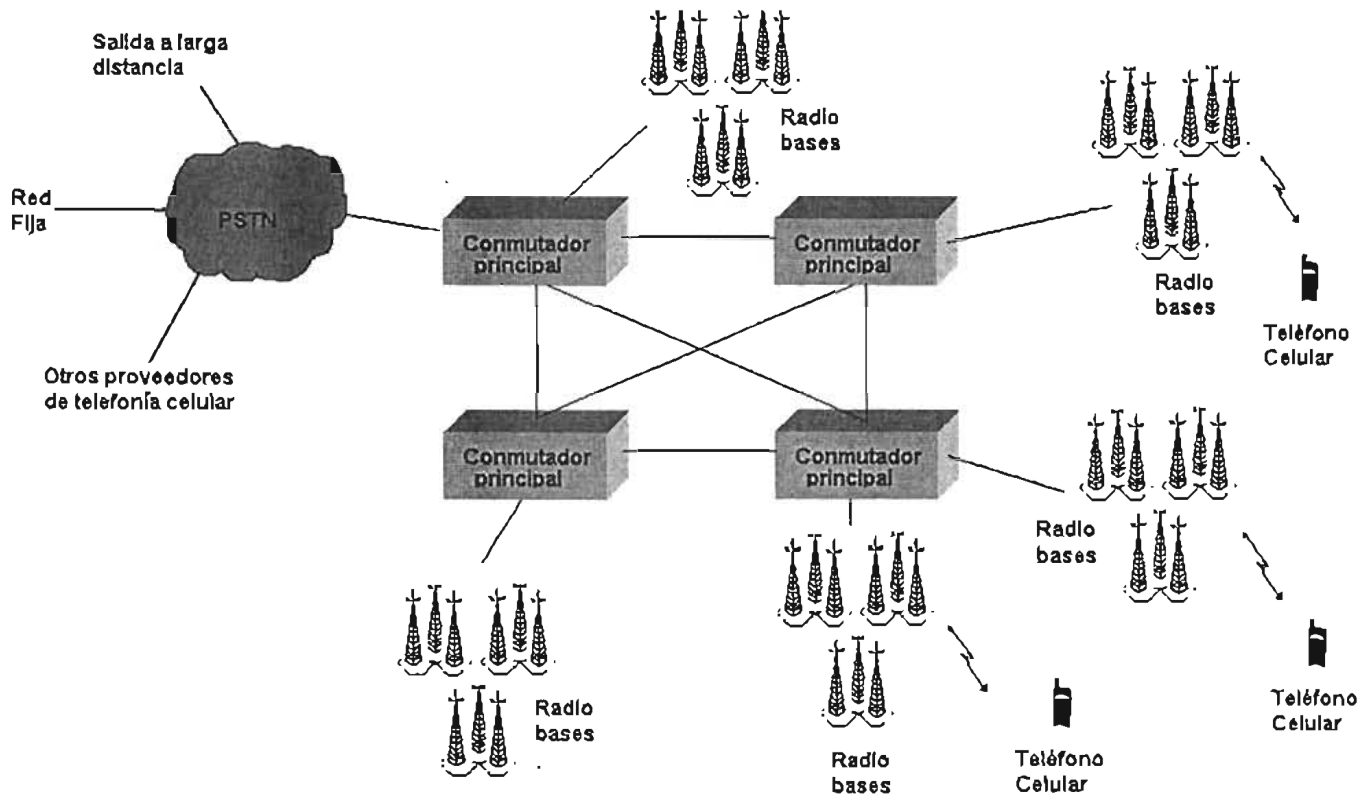


Figura 2.1. Red básica de telefonía celular.

Para dar cobertura a áreas grandes como una ciudad, ésta se secciona en pequeñas áreas denominadas células, las cuales son atendidas por una estación radio base que propaga las ondas de radio a frecuencias elevadas. En la telefonía celular el espectro de frecuencias puede volver a ser reutilizado en una nueva célula, siempre teniendo cuidado de evitar interferencias entre las células cercanas. El grupo de frecuencias asignados a cada célula constituye los canales de comunicación que podrán ser utilizados para la transmisión de voz dentro de la cobertura, cada canal de comunicación tiene asignada una frecuencia para la portadora de transmisión y otra para la de recepción. El re-uso de las frecuencias da como beneficio poder incrementar el número de usuarios, ya que no es necesario asignar ancho de banda para cada uno de ellos. Cuanto más chica sea la célula mayor será el número de canales que el sistema soportará, al poder reasignar más veces el conjunto de frecuencias diferentes para células distintas. Los beneficios de un sistema celular son: comodidad, cobertura, eficiencia de servicio y compatibilidad de acceso entre sistemas y operadores.

La telefonía celular ha ocupado diferentes estándares durante su evolución, en la tabla 2.2 se observa como la telefonía celular era analógica en un inicio, no obstante, con la el advenimiento tecnológico y la unión de compañías y países, los estándares digitales empezaron a generarse con la consecuente globalización actual de los sistemas celulares.

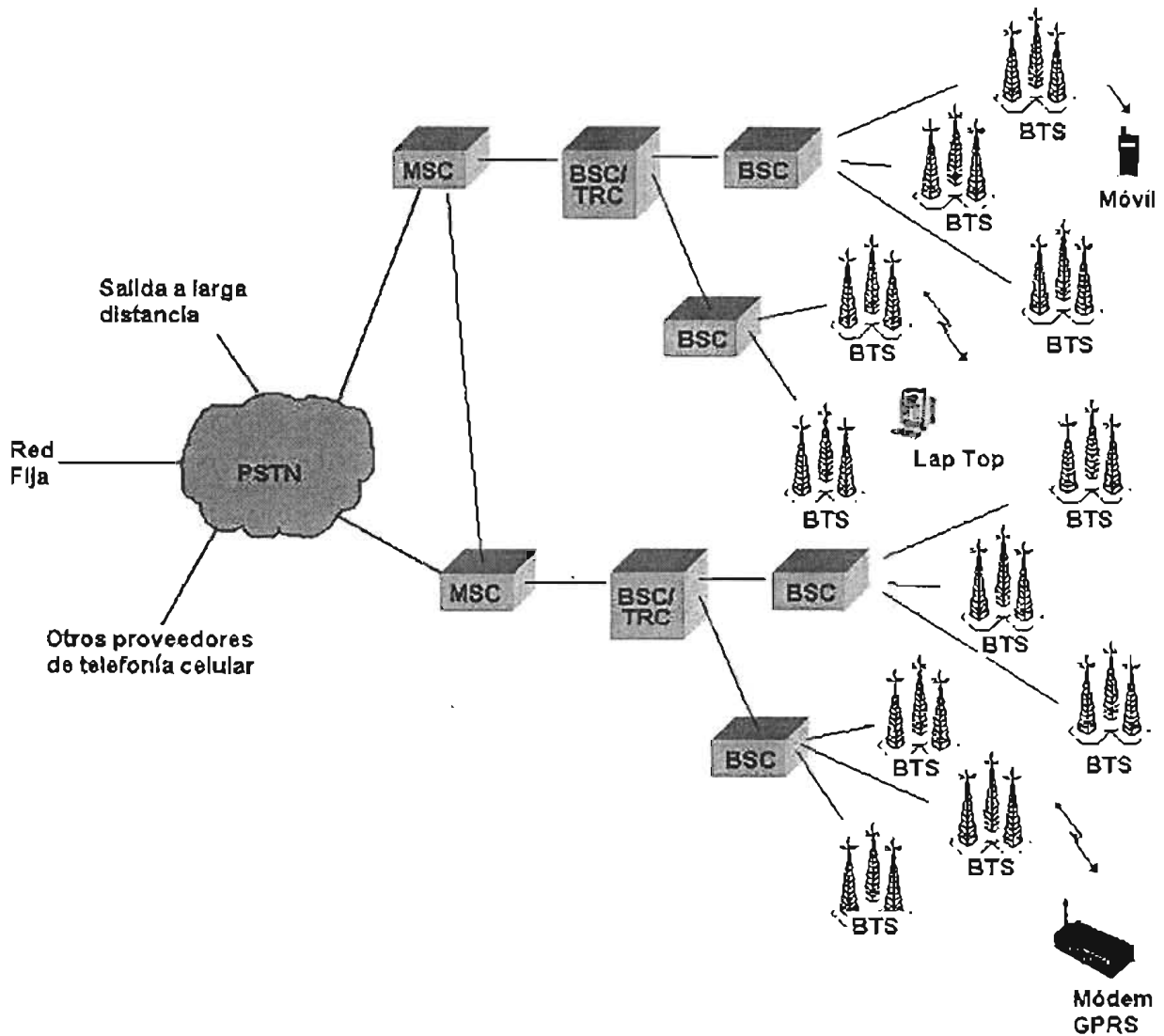


Figura 2.2. Arquitectura de la red GSM.

AÑO	ESTANDAR DEL SISTEMA DE TELEFONÍA MOVIL	TECNOLOGÍA	PAÍSES EN LOS QUE SE DESARROLLÓ
1981	NMT 450	ANALÓGICO	EUROPA, MEDIO
1983	AMPS (Advanced Mobile Phone Systems, Sistemas Avanzados de Telefonía Móvil).	ANALÓGICO	NORTE DE SUDAMÉRICA

Tabla 2.2. Evolución del desarrollo de la telefonía celular. (Continúa)

1985	TACS (Total Access Communications System, Sistema de Comunicaciones de Acceso Total).	ANALOGICO	EUROPA Y CHINA
1986	NMT 900.	ANALOGICO	EUROPA
1991	TDMA (D-AMPS) (Advanced Mobile Phone System Digital, Sistema de Telefonía Móvil Avanzada Digital) (IS 136) (Cellular standard, Estándar Celular 136, conocido como TDMA).	DIGITAL	NORTE Y SUDAMÉRICA
1992	GSM 1800.	DIGITAL	EUROPA
1993	Cdmaone (The first commercial Code Division Multiple Access, El primer Código por División de Acceso Múltiple desarrollado por Norte América y Corea) (IS95).	DIGITAL	NORTEAMÉRICA Y COREA
1994	PDC (Personal Digital Communications, Comunicaciones Digitales Personales).	DIGITAL	JAPÓN
1995	PCS (Personal Communications Systems, Sistema de Comunicaciones Personales) 1900.	DIGITAL	NORTEAMÉRICA

*Tabla 2.2. Evolución del desarrollo de la telefonía celular.*

## 2.3. Sistema Global para Comunicaciones

El sistema digital de comunicaciones celulares, comercialmente conocido como GSM y basado en la norma Europea para telefonía móvil, se aplica actualmente en más de 80 países, desde Albania hasta Zimbabwe, con una base de usuarios que crece a gran velocidad, de hecho, las tasas actuales de crecimiento indican que cada segundo hay un nuevo usuario. GSM fue creado en 1991 por la asociación Europea del mismo nombre, posteriormente desarrollado por el ETSI (European Telecommunication Standardization Institute, Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones) como respuesta a la creciente demanda de cobertura, ancho de banda y calidad de servicio. Al ser un sistema digital, simplificó la señalización, bajó los niveles de interferencia y facilitó la integración de transmisión y conmutación, en comparación con sus antecesores analógicos, e hizo posible cumplir con la demanda y expectativas del público.

Los requerimientos iniciales para GSM fueron basadas en las siguientes características: tener un sistema con calidad de voz aceptable, un bajo costo de terminales y servicio, capacidad de hacer *roaming* internacional, contar con terminales portátiles, capacidad para integrar nuevos servicios, buena eficiencia espectral y compatibilidad con ISDN (Integrated Services Digital Network, Red Digital de Servicios Integrados). Las especificaciones de GSM son recomendaciones, no requerimientos, y definen en detalle las funciones y requerimientos de los diferentes tipos de interfaz, pero no hacen referencia al hardware para dar a los fabricantes completa independencia y libertad de diseño.

Actualmente mas de 110 países usan GSM, no sólo en Europa, sino en el mundo entero, incluyendo al continente americano, donde se han instalado una derivación de GSM, llamada PCS 1900. Todo esto hace que GSM sea extremadamente importante a nivel mundial.

En los estándares de telefonía celular se emplean dos tipos de señalización, por canal común CCS (Common Channel Signaling, Señalización por Canal Común) y por canal asociado CAS (Channel Associated Signaling, Señalización por Canal Asociado). Para la señalización por canal común se define un *time slot* por cada enlace o E1, lo que nos estaría restando un canal de voz por cada enlace. En cambio en la señalización por canal asociado, la señalización va implícita dentro de la información de cada canal de voz o datos, permitiendo el aprovechamiento de todos los *time slots* de un enlace E1. Por lo anterior GSM tiene como característica importante el manejo de señalización CAS, para la comunicación entre las BTS (Base Transceiver Station, Radio Base) y la BSC (Base Station Controller, Controladora de Radio Bases), ya que de este modo se aprovecha del hardware instalado en su capacidad total pudiendo definir más canales para voz por cada enlace.

Además de las características ya mencionadas, GSM tiene una arquitectura ya establecida, misma que se muestra en la figura 2.2 y que consiste principalmente del móvil, las radio bases, controladoras para radio bases, el conmutador principal, y otros elementos para registro y validación de usuarios, mismos que iremos describiendo en este capítulo.

## 2.4. Radio Bases para GSM

La radio base ó BTS controla la interfaz de radio hacia la terminal móvil; la interfaz de radio comprende la señalización y sincronización necesarios para el establecimiento de una llamada o transferencia de datos. Esta comunicación es a través de canales de radio, un canal de radio utiliza para la comunicación dos frecuencias, una de transmisión a la estación móvil (enlace descendente ó downlink en inglés) y otra de recepción de la estación móvil (enlace ascendente ó uplink en inglés). En la tabla 2.3 se muestran las frecuencias empleadas por GSM en estos enlaces. Para los enlaces entre el móvil y la radio base se disponen de frecuencias de transmisión y de recepción, cada par de estas determinan un número de canal de radiofrecuencia, del mismo modo, cada grupo de canales de radio frecuencia, en conjunto conforman una célula. Varias células espaciadas de tal forma que no se interfieran en frecuencia, forman la red de GSM de telefonía celular. A este arreglo se le conoce como plan de frecuencias, un ejemplo de éstos es: 7 grupos de canales cada uno con 21 frecuencias, es decir un plan 7/21, para este caso se distribuyen los siete grupos de modo que los adyacentes quedan separados entre sí al menos por dos celdas diferentes. Particularmente GSM a través de la repetición de estos grupos de canales, maximiza la eficiencia en el ancho de banda designado para operar el servicio, colocando, máxima disponibilidad de canales de voz, utilizando las mismas frecuencias de transmisión y recepción. A la forma en la cual los canales de radiofrecuencia son distribuidos y al tipo de comunicación del móvil hacia la radio base (modulación, técnica de acceso, etc.), se denomina interfaz de aire o de radio.

	GSM 900	GSM 1800	GSM 1900
Enlace Ascendente	890 - 915 MHz	1710 - 1785 MHz	1850 - 1910 MHz
Enlace Descendente	935 - 960 MHz	1805 - 1880 MHz	1930 - 1990 MHz
Ancho de Banda	25 MHz	75 MHz	60 MHz

*Tabla 2.3. Distribución de frecuencias para cada uno de los anchos de banda.*

El enlace entre la radio base y el móvil se hace a través de la interfaz de aire, misma que describiremos a continuación y tomaremos como base la tabla 2.3, en donde tenemos la tabla de frecuencias para los diferentes anchos de banda que se manejan, notando que en México la frecuencia es GSM 1900.

GSM utiliza TDMA para transmitir, recibir tráfico y señalización entre la radio base y el móvil. TDMA permite que varias unidades móviles puedan establecer comunicación simultáneamente sobre una sola portadora, ya que divide esta portadora en lapsos de tiempo. Los lapsos de tiempo pueden ser fijos o dinámicamente asignados. Respecto a la modulación digital en GSM, se emplea GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying, Modulación por Conmutación Mínima *Gaussiana*), debido al efecto de reducir considerablemente los lóbulos laterales en el espectro transmitido. Esta condición es aprovechada para así conservar los anchos de banda de cada canal de radiofrecuencia. Mayor información respecto a este tipo de modulación se puede encontrar en el apéndice B.

Las características principales de la interfaz de aire para el estándar GSM, de acuerdo a la frecuencia asignada en México, es decir GSM 1900, se muestran en la tabla 2.4.

<b>RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE GSM EN MÉXICO PARA FRECUENCIAS GSM 1900</b>
Banda de recepción: 1930-1990 MHz (Descendente, de la radio base al móvil).
Bandas de emisión: 1850-1910 MHz (Ascendente, del móvil a la radio base).
Canales por portadora: 4 <i>full rate</i> , siendo uno para control 8 en <i>half rate</i> . En un futuro estarán 16 canales en modo <i>full rate</i> , siendo uno para control.
Número total de portadoras: 300 radio canales.
Separación entre portadoras: 200 kHz.
Ancho de Banda del canal del radio: 60 MHz.
Capacidad: 200 Erlangs/km <sup>2</sup> (300 usuarios con llamadas simultaneas de 40 minutos promedio de duración en hora pico).
Técnica de transmisión: TDMA.
Modulación utilizada: GMSK.

Tabla 2.4. Características de GSM.

El sistema TDMA divide el espectro de radiocomunicaciones en portadoras con un ancho de banda 60 MHz (Ver la tabla 2.3) espaciadas 200 kHz. Las características que distingue a TDMA de los demás sistemas es el emplear técnicas digitales en la radio base para dividir cada canal en lapsos de tiempo. Cada lapso de tiempo es asignado a una estación móvil diferente. Los sistemas de TDMA utilizan canales lógicos, los cuales asignan canales de tráfico digital, tal como se ilustra en la figura 2.3.

Existen diferentes tipos de canales, que vienen siendo la ruta utilizada para transportar información entre el móvil y la BTS. Los canales de transporte se conocen como lógicos. Estos canales lógicos están divididos en dos categorías: canales de control y canales de

tráfico, cada uno de ellos tiene una función específica. La clasificación de los canales lógicos es mostrada en la figura 2.4 y posterior a ésta se describe cada uno de ellos.

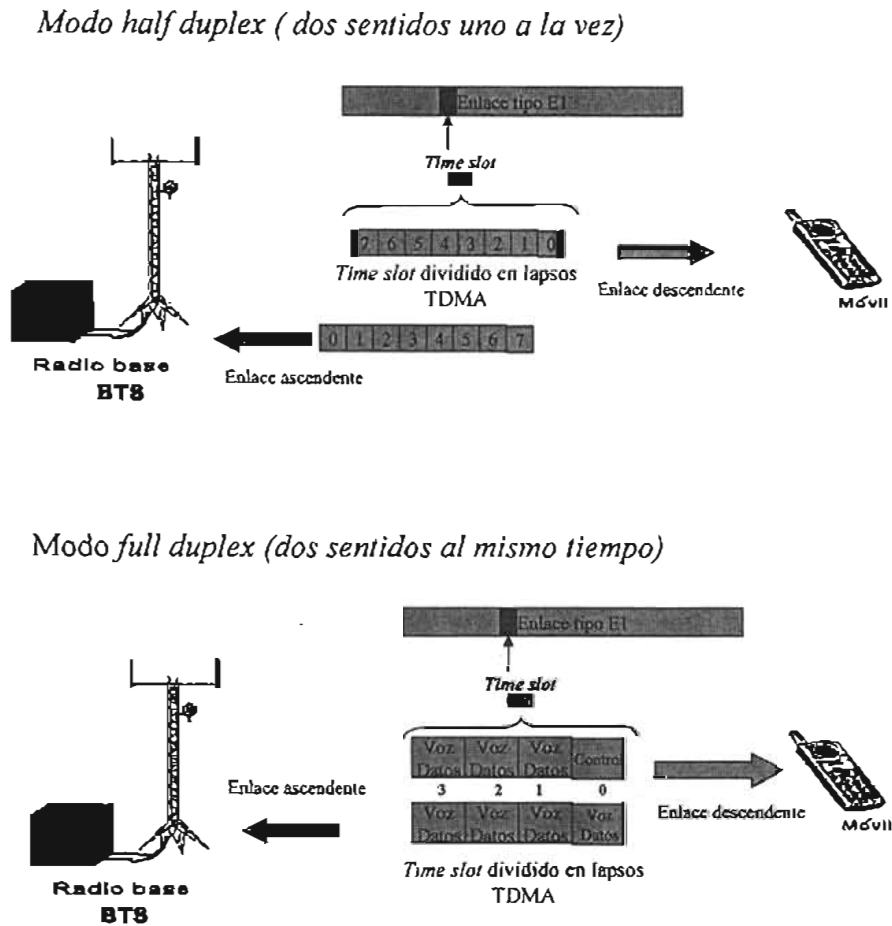


Figura 2.3. Ejemplo de tramas TDMA en GSM.

Los canales de control transportan información usada para que el móvil localice una radio base y se sincronice con ésta. Las características principales de estos canales son:

1. El canal de *broadcast* se divide en tres: el canal de corrección de frecuencia de canal, el canal de sincronización y el canal de control de broadcast. El canal de corrección de frecuencia proporciona la información de la frecuencia usada por la estación móvil. El canal de sincronización proporciona el número de *frames* usados para sincronizar la estación móvil con la radio base. El canal de control de *broadcast* realiza un *voceo* para la ubicación del móvil e información general, como la potencia de recepción y transmisión, esta información se usa finalmente para ver que célula está más cerca del móvil.



2. El canal de control común se divide en: canal de acceso *random*, canal de *paging* y el canal de asignación de acceso al canal. El canal de *random* es usado por el móvil para acceder al sistema. Esta información del móvil es transmitida sobre el enlace ascendente. El canal de *paging* se usa para proporcionar señal al móvil, y transmitirle señal desde la radio base a la que éste se encuentra enlazado. El canal de asignación de acceso asigna un canal de control dedicado, esta información es transmitida a través del enlace descendente.

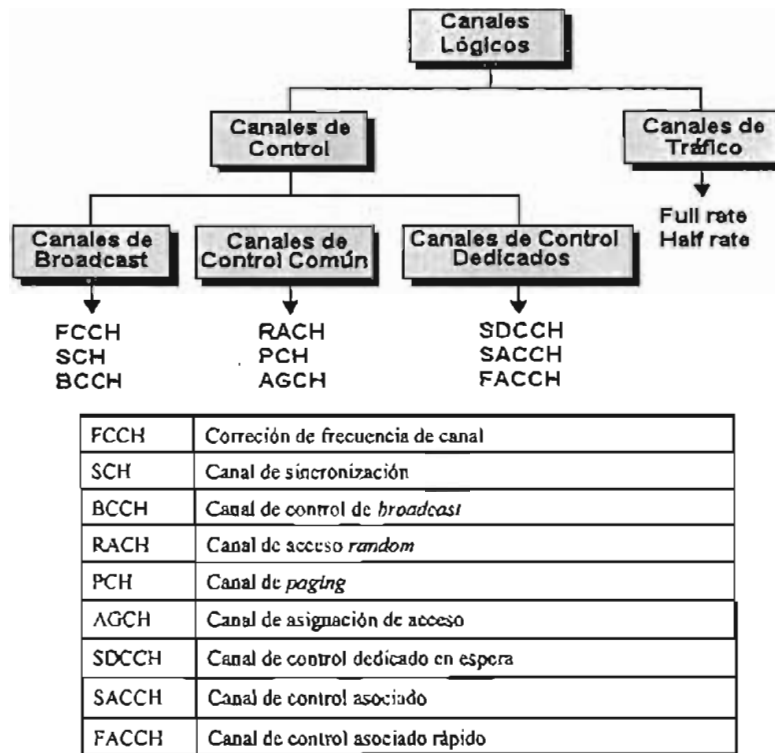


Figura 2.4. Canales lógicos en GSM.

3. El canal de control dedicado, se subdivide en: canal de control dedicado en espera, canal de control asociado y canal de control asociado rápido. El canal de control dedicado en espera transporta información durante la ejecución de la llamada. El canal de control asociado transmite información de control de la llamada. Finalmente el canal de control asociado, que se encarga de llevar información de señalización.

Los canales de tráfico transportan tanto voz como datos. Hay dos tipos de canales de tráfico *Full-rate* y *Half-rate*.

Los canales de tráfico *Full-rate* se encargan de codificar voz o datos, y los transmite a una velocidad de 33.8 kps. Por otra parte, en los canales que son *Half-rate*, el móvil podrá usar por segundo un *time slot* y al siguiente segundo estará libre. Y cada vez que éste se desocupe nos estaría quedando libre la mitad del canal, por lo que no se estaría aprovechando en su totalidad.

## 2.5. Controladoras de Radio Bases y Conmutador para GSM

Las controladoras de radio bases (BSC) realizan funciones de control y proveen los enlaces físicos entre la MSC (Mobile Services Switching Center, Conmutador Central de Servicios Móviles) y las radio bases. Las BSC's son conmutadores de alta capacidad que realizan funciones de *handoff*, configuración de datos de la llamada y control de nivel de potencia de las frecuencias de radio en las radio bases. Varias BSC's son servidas por un MSC. Cabe comentar que las BTS' manejan la interfaz de radio con la estación móvil. Consisten en el equipo de radio, transceptores y antenas, necesarios para cada celda. Un grupo de varias BTS son controladas por una BSC. Existen dos tipos de BSC, las simples y las compuestas, mismas que se conectan al Conmutador Central de servicios móviles.

· La BSC simple se denomina como BSC SA (Stand Alone, Simple), este tipo de BSC tiene la capacidad de controlar solamente las radio bases.

La BSC compuesta se denomina BSC TRC (Transcoder Control, Control de Transcoder). Este tipo de BSC tiene la capacidad de controlar varias radio bases y además puede controlar a otras BSC simples que se interconecten a ella, tal como se vio en la figura 2.2. Los *transcodificadores* son compresores y codificadores que proporcionan a la radio base la capacidad de adaptar la velocidad de transmisión de *bit* por canal, su función es adaptar la velocidad entre el Conmutador Central que utiliza 64 kbit/s y la radio base que utiliza 16 kbp/s. El *transcodificador* se instala en el Conmutador Central y en la BSC que se conecta directamente al Conmutador Central, por eso le llamamos BSC TRC, porque en ésta están instalados los *transcodificadores*. Esta configuración se pudo observar en la figura 2.2.

El MSC realiza las funciones de conmutación telefónica, controla llamadas desde y hacia otros sistemas telefónicos (fijos o celulares), y realiza entre otras funciones el registro de llamadas para facturación y la interfaz para otras redes de señalización de canal común.

La manipulación de datos entre los elementos de una red GSM definen diferentes tipos de interfaz, éstos acondicionan las velocidades de transmisión para hacer más eficiente el

uso de los anchos de banda disponibles por los medios de transmisión utilizados, tal y como se mencionó anteriormente con los TRC's. Aun cuando los medios de transmisión son estándares, la forma en la cuál se codifica la información define precisamente el tipo de interfaz. En la figura 2.5 se pueden observar las diferentes interfaces entre los elementos que conforman una red GSM.

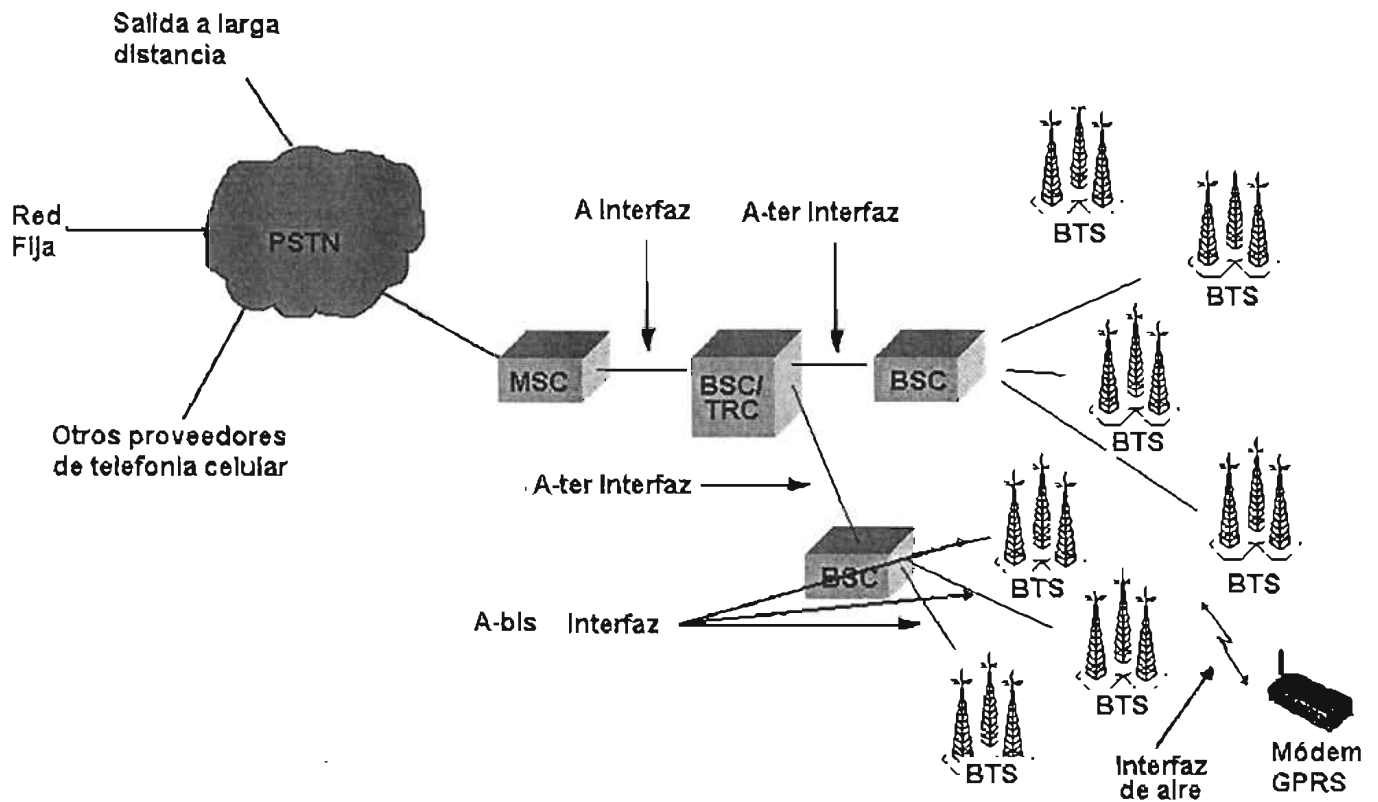


Figura 2.5. Interfaces para interconexión de GSM.

El tipo de interfaz que se manejan para interconexión entre los diferentes elementos de la red de GSM son cuatro, en orden del MSC al móvil, tenemos: Interfaz A, Interfaz A-ter, Interfaz A-bis, y finalmente la Interfaz de aire.

La interfaz A se encarga de la comunicación entre la MSC y la BSC TRC, este tipo de interfaz son comunes para cualquier Conmutador Central, dando la facilidad de interconexión a otras redes de telefonía celulares o fijas.

La interfaz A-ter, normalmente son enlaces de alta capacidad de hasta 2 STM1 (Synchronous Transmisión Module, Módulo de Transmisión Síncrono); empleando una analogía podemos decir que la interfaz A-ter toma cada una de las interfaz A-bis y las multiplexa en una sola salida de alta capacidad de tráfico, a fin de ser enviada a los TRC,

donde la voz pasa de los 16 kbps a los 64 kbit/s, o bien, de los 64 kbit/s a los 16 kbit/s, dependiendo si están en la radio base o en la BSC-TRC, respectivamente. Los TRC's de las controladoras de radio bases acondicionan la voz y datos, a canales de 64 kbps a fin de compatibilizar la velocidad de transmisión y el ancho de banda, a este manejo de información se le conoce como Interfaz A. Este estándar, como se mencionó anteriormente, es convencional para cualquier Conmutador Central, de modo que existe compatibilidad con otros operadores GSM, Telefonía Pública Fija, o inclusive con otro operador en otro estándar celular (DAMPS, CDMA, etc.).

La Interfaz A-bis es la responsable de transmitir tráfico y señalización entre el BSC y las BTS conectadas a ella, en esta interfaz la señalización es muy importante, ya que viaja contenida dentro de la información de cada canal de 64 kbps (*time slot*) mezclada con tráfico de voz y datos; la señalización lleva el tiempo de cada ranura de TDMA, los indicadores de separación de los datos de cada llamada, el manejo de radio enviado por la controladora de radio bases, etc. La Interfaz A-bis puede ser de diferentes tipos de enlaces: enlaces de microondas, fibra óptica, cables coaxiales, etc., y normalmente serán de 1 o 2 E1's por cada radio base.

Finalmente tenemos la interfaz de aire, como mencionamos en el punto 2.4, es el enlace entre la radio base y el móvil. Este enlace se hace con un método de multiplexación de TDMA para transmitir y recibir tráfico y señalización entre la radio base y el móvil. Varias unidades móviles puedan establecer comunicación simultáneamente sobre una sola portadora, ya que divide esta portadora en lapsos de tiempo.

## **2.6. Registro y validación de usuarios en GSM**

Cuando el abonado realiza una marcación, como requisito para que la llamada sea establecida, éste debe ser validado bajo ciertos criterios que se determinan a través del HLR, VLR, AUC y EIR, mismos que describiremos basándonos en la figura 2.6.

Como primer paso se debe verificar si el abonado tiene suficiente saldo, si tiene las categorías para el tipo de llamada que se solicita (como puede ser llamada local, llamada nacional, internacional o mundial). Estas categorías se almacenan en el HLR (Home Local Register, Base de Datos de Registro Local). El HLR es una base de datos que se utiliza para almacenamiento y administración de los suscriptores; almacena datos permanentes, incluyendo el perfil de servicio, información de localización y estado de actividad, puede ser implantada como una base de datos distribuida. Este sistema se conecta directamente al MSC, y puede dar servicio a todos los MSC's que se interconecten a él, tal como se puede apreciar en la figura 2.6.

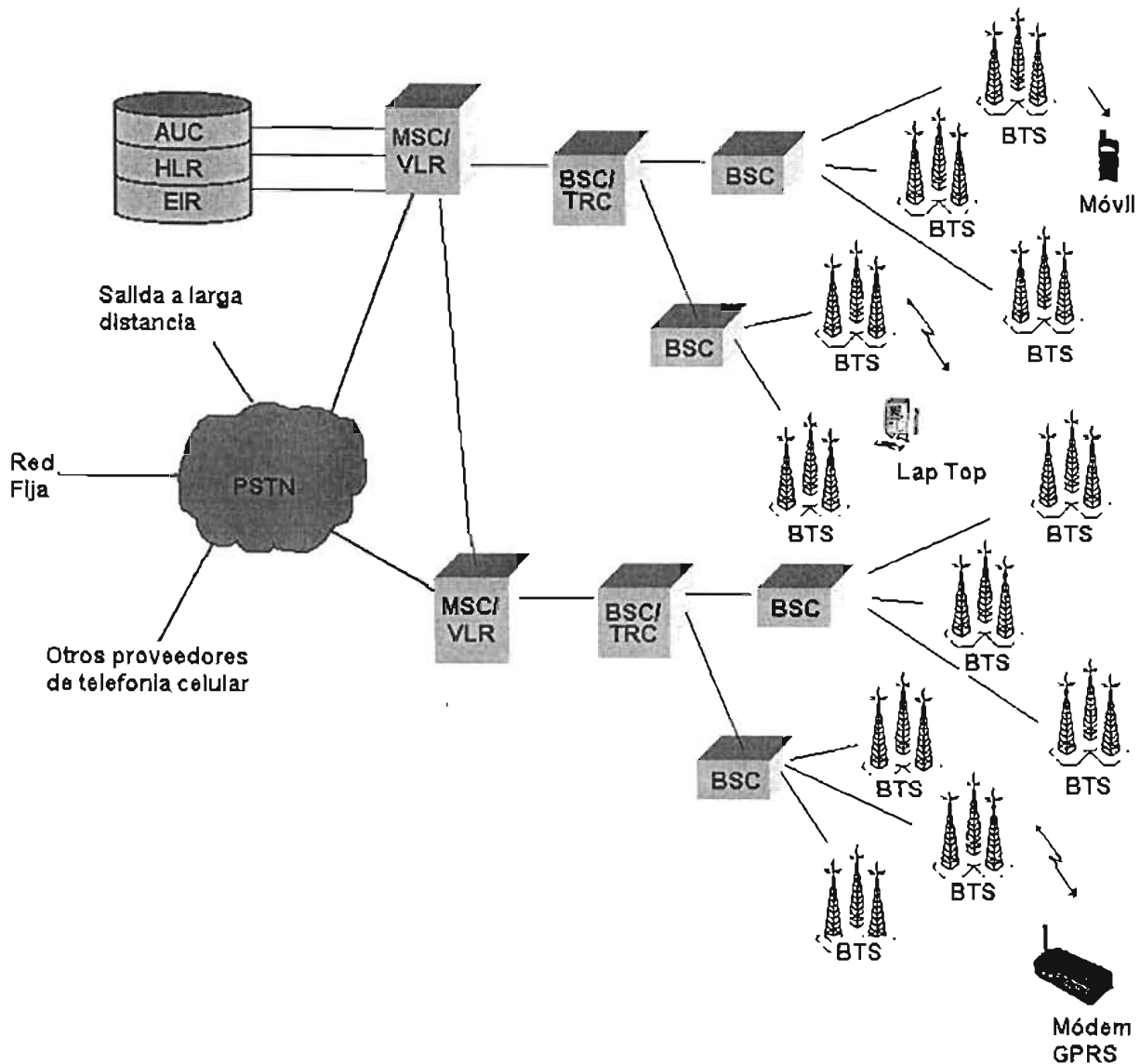


Figura 2.6. Diagrama de los elementos de registro para validación de usuario.

Con el fin de evitar saturación por consultas al HLR, se utiliza el VLR (Visitor Location Register, Registro local para visitante), que es una base de datos que contiene información temporal acerca de los suscriptores que se encuentran dentro del área geográfica servida por el MSC. El MSC la necesita para atender a los suscriptores visitantes. El VLR siempre se integra físicamente al MSC. (Figura 2.6)

Para asegurar la confiabilidad de cada llamada y proteger al usuario de posibles fraudes, se verifican algunos parámetros de autenticación y encriptación en el AUC (Authentication Center, Centro de Autenticación). El AUC guarda una copia del número secreto almacenado en la tarjeta SIM (Subscriber Identity Module, Módulo de Identidad del Suscriptor) de cada suscriptor, a este número se le denomina IMSI (International Mobile

Subscriber Identity, Número Internacional de Identidad), que es un número único de identificación del móvil, el cual se ocupa para realizar el proceso de autenticación. El AUC se conecta al MSC, como se puede apreciar en la figura 2.6.

Por otra parte, los teléfonos celulares tienen un número de serie, que permite verificar que el equipo no sea robado. Para ello existe el EIR (Equipment Identity Register, Registro de Identidad del Equipo), en el cual se manejan tres listas, que contienen los números de serie de los teléfonos y manejan 3 diferentes tipos, que son: lista negra, gris y blanca. En la lista negra tenemos los teléfonos reportados como robados, la lista gris, que contiene la información correspondiente a los usuarios morosos y finalmente la lista blanca, que son todos los usuarios que cuentan con el permiso para acceder a la red.

## 2.7. Servicios de valor agregado

De acuerdo con la ITU-T (International Telecommunications Union, Unión Internacional de Telecomunicaciones), los servicios de valor agregado pueden ser divididos en teleservicios, servicios de datos y servicios suplementarios.

El teleservicio básico de GSM es la telefonía. También hay servicios de emergencia, en el que para contactar al proveedor más cercano de estos servicios basta sólo con marcar tres dígitos.

Dentro de los servicios de valor agregado se ofrece una variedad de servicios de datos. Se puede recibir y enviar datos a los usuarios en la red pública telefónica conmutada, de la red digital de servicios integrados, de redes públicas conmutadas de paquetes de datos y redes públicas de circuitos conmutados de datos, usando varios protocolos, como X.25 o X.32 y esto a una tasa de hasta 9600 kbps. Dentro de los servicios de datos que GSM ofrece tenemos:

- Servicio de Mensajes Cortos (SMS). Consiste en el envío bidireccional de datos, estos son transportados usando un sistema de guardar y enviar para asegurar su recepción. Los mensajes se pueden guardar en una tarjeta SIM.
- Correo de voz. Se puede dejar un mensaje de voz en caso de que el celular se encuentre apagado o fuera del área de servicio; éste podrá ser recuperado por el destinatario en cuanto el celular sea encendido o bien que entre en cobertura nuevamente.
- Buzón de fax. Consiste en un buzón que almacena faxes para ser enviados posteriormente a cualquier máquina de fax, o incluso a otro buzón de celular.

- Datos. GSM tiene la capacidad de enviar y recibir datos, dependiendo de la tecnología empleada montada sobre su red. Con los servicios de PCS se logra hasta a 9.6 kbps en telefonía de red pública fija e ISDN, utilizando conmutación de circuitos y conmutación de paquetes mediante protocolos como X.25 y X.32, sin requerir de módem. Sin embargo, con el constante desarrollo este tipo de servicios ha evolucionado HCSO en donde se logra velocidades de hasta 64 kbps y paquetes de datos conmutados (GPRS) con velocidades de hasta 112 kbps.

Servicios suplementarios. Estos se ofrecen sobre la base de teleservicios o servicios de datos, los que a continuación se mencionan.

- *Enrutamiento* de llamada. Permite al usuario transferir sus llamadas hacia otro número, celular, buzón de voz ó convencional, que puede ser el auto, casa u oficina. Esta transferencia puede ser en caso de que el usuario no conteste, la línea este ocupada o bien puede hacer una transferencia directa.
- Notificación de Mensaje. Permite avisar al abonado que tiene mensajes grabados en su casilla de Buzón.
- Bloqueo de llamadas salientes o entrantes y por ejemplo, cuando el usuario se encuentra en *roaming*.
- Aviso de cobro. Da al usuario un estimado del costo de las llamadas.
- Llamada en espera.
- Servicio de conferencia (hasta 9 llamadas al mismo tiempo).
- Identificación y restricción de llamada.
- Grupos cerrados de usuarios. Consiste en limitar el servicio a un grupo de usuarios que sólo se pueden llamar entre ellos.

## 2.8. Procesamiento de una llamada en la red de GSM

Una llamada en la red de GSM se inicia cuando se enciende la terminal, manda un mensaje de IMSI a la red, el VLR determina si tiene algún registro esta terminal; si el VLR cuenta con esta información éste se encarga de validarla. En caso contrario, contacta al HLR del suscriptor, se envía un reconocimiento a la estación, posteriormente si la terminal cambió de área de localización cuando estaba apagada, se necesita actualizar la localización de la terminal. En este caso, cuando se realiza el número único de identificación del móvil, el VLR determina que la información que tiene del suscriptor es diferente, con lo que ésta se actualiza. Si el usuario está de viajero, en caso que se haya cruzado a otra área de localización se realiza una actualización. El móvil se entera de la nueva área de localización por la información que se transmite por el canal de control de cada radio base.

Cuando el móvil detecta un cambio en el indicador de área de localización, en el canal de control informa a la red por medio del mensaje de actualización de localización. El móvil escucha el canal de control para determinar el identificador de área de localización, que se compara con el viejo, este cambio de área de localización se necesita realizar para tener una actualización de localización y para ello se requiere que el móvil sea autenticado. Posteriormente el móvil manda una petición de actualización de localización, y el sistema manda un reconocimiento y pide al móvil y a la radio base que liberen el canal de control.

Cuando el móvil cambia a otra área de localización realiza su actualización de localización, si dicha área pertenece a un conmutador principal diferente, se ejecuta lo siguiente:

Se autentica el móvil y el VLR verifica si tiene algún registro para este móvil. Cuando no se encuentra dicho registro, se le pide una copia al HLR al que el móvil está suscrito. El VLR actualiza su información de localización para el móvil. El HLR indica al VLR anterior que borre la información que tiene del móvil. El VLR guarda la información y manda un reconocimiento al móvil.

Periódicamente se realiza una actualización de localización, es una característica que fuerza a cada móvil para que mande un mensaje de registro a la red a intervalos predeterminados. Si el móvil no se registra, se marca como desactivado y así se evitan voceos innecesarios si el móvil está inactivo. El sistema manda un mensaje de reconocimiento al móvil, y el móvil es informado si la red usa registro periódico a través del canal de control.

Al apagarse el móvil, se manda un mensaje de desactivado a la red y el VLR lo marca como desactivado. Si el mensaje de desactivarse se pierde, la red no va a estar consciente que el móvil ya no es localizable, en ese caso, si se usa registro periódico, la red determinaría que el móvil ya no está activo. En ese caso el VLR lo desactiva automáticamente.

A continuación se describe el proceso que se sigue para el establecimiento de una llamada en dos casos básicos, que son llamadas desde una terminal móvil y llamadas a una terminal móvil.

### *Llamada desde una terminal móvil*

El móvil usa el canal de control común y a través de un canal, en el que este se subdivide, que es el de acceso *random*, solicita un canal de señalización. Posteriormente,



la controladora de la radio base, mediante su *transcodificador*, asigna un canal de señalización; utilizando nuevamente el canal de control común realiza la asignación de acceso al canal y el móvil manda una petición de establecimiento de llamada al conmutador central. Se realizan los procedimientos correspondientes de marcar al móvil como activo, autenticación, inicio de encriptación, identificación del equipo, envío del número al que estoy marcando, verificación si el suscriptor tiene el servicio de restricción de llamadas salientes. Todo esto sobre un canal de control dedicado. El conmutador central instruye a la controladora de la radio base, para que asigne un canal de tráfico y el móvil se manda sintonizar a dicho canal. Una vez que el canal se sintoniza, el conmutador central manda el número al que estoy marcando a una central de la red de telefonía conmutada que establece la conexión con el suscriptor y si esta llamada es contestada, se establece la conexión.

### *Llamada a una terminal móvil*

La terminal tiene que ser localizada antes de establecer la conexión, para esto se utiliza el voceo constante a través del canal de control de *broadcast*. Cuando el suscriptor de una central de la red de telefonía conmutada marca el número del móvil, el número es analizado y se identifica como número de la red móvil, esto se predetermina por la serie a la que este pertenece; por ejemplo, en el Distrito Federal, es manejado para algunas compañías de telefonía celular como "04455", según la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL). Posteriormente se establece una conexión al conmutador central, al que en ese momento esté dando cobertura al suscriptor, en donde se analiza el número único de identificación del móvil para encontrar al HLR a que está registrado y pide información al HLR acerca de cómo *enrutar* la llamada al conmutador central que está dando cobertura al móvil. Cuando esta llamada fue *enrutada*, el HLR con el número único de identificación del móvil valida y determina si se puede realizar la llamada.

El HLR solicita un número de *enrutamiento* al conmutador central que está dando cobertura al móvil en ese momento, cuando éste lo recibe es analizado y posteriormente se *enruta* la llamada al conmutador principal que está dando cobertura, mismo que nos indica en que área de localización se encuentra el móvil e instruye a la controladora de radio bases que controla dicha área que mande un mensaje de voceo, y distribuye el mensaje de voceo entre las radio bases de dicha área, con la finalidad de determinar que radio base es la más cercana para dar una mejor cobertura. Para lo cuál se usa el número único de identificación del móvil. La terminal al detectar el voceo mediante el canal de control de *broadcast* hace una petición de canal de control y la controladora de radio bases lo asigna, utilizando dicho canal se realiza el procedimiento de establecer una llamada que incluye el marcar al móvil como activo y el proceso de autenticación, encriptación e identificación

del equipo. Para terminar el conmutador principal instruye a la controladora de radio bases para que asigne un canal de tráfico al cual la terminal se sintoniza. La terminal emite el sonido de llamada y si el suscriptor contesta, la conexión se establece.

Cuando la señal que recibe el móvil de la radio base es baja, éste es forzado a cambiar de canal, celda o área de cobertura, ya sea entre radio bases que pertenecen a una misma controladora de radio bases o bien a un área que sea controlada por un conmutador principal diferente, a este proceso se le denomina *handover*. De acuerdo a la figura 2.7, se presenta el caso de *handover* entre radio bases que pertenecen a una misma controladora y en el caso en el que pertenecen a diferente controladora de radio bases.

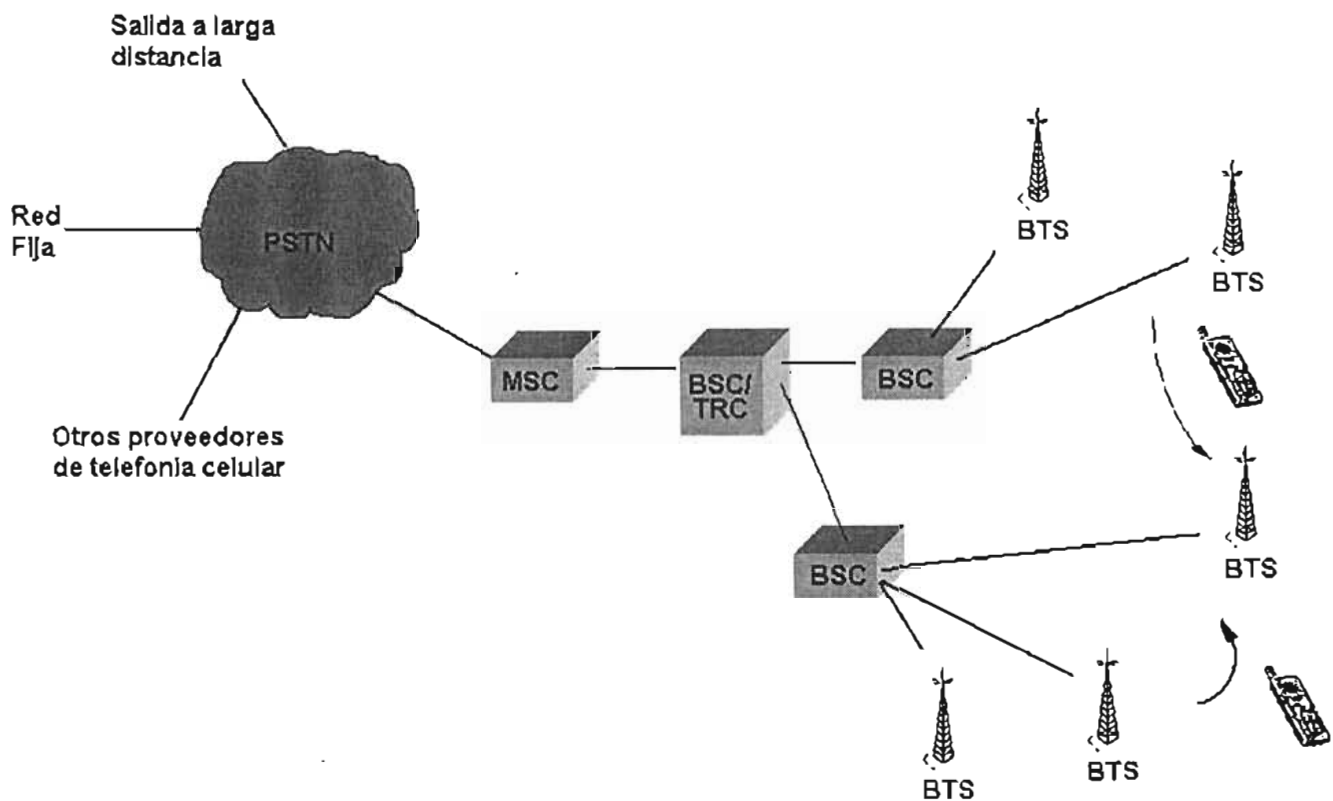


Figura 2.7. Casos de *handover* entre controladoras.

En una operación normal, el móvil está constantemente supervisando el nivel de señal recibida de las radio bases más cercanas, dichas mediciones se transmiten a la radio base activa. De igual manera, la radio base mide el nivel de la señal de su móvil. Basándose en estos datos, la controladora de radio bases decide si es necesario un *handover* y a cuál celda debe ser la que tomará al móvil para cursar tráfico. La controladora de la radio base activa enviará información para que la nueva controladora de la radio bases ordene a la

radio base activar el canal de tráfico mandando un mensaje al móvil que contiene información de la frecuencia, ranura temporal y nivel de potencia que va a usar, posteriormente se sintoniza a dicha celda que transmite ráfagas de acceso cortas en el nuevo canal.

Cuando la radio base detecta dichas ráfagas informa al móvil acerca de información de sincronía del canal de transmisión y el móvil manda un mensaje de terminación del *handover* a la controladora de radio bases, para que esta instruya a la radio base vieja que libere el canal de control.

Como hemos visto en este capítulo, la tecnología GSM ofrece una variedad de servicios de voz y datos, sin embargo, los operadores de telefonía celular GSM también se adaptan a los requerimientos del cliente, es decir si se requiere sólo servicios de datos o conexión a Internet o sólo de voz, por este motivo hay disponibles diferentes paquetes comerciales, los cuales se pueden adaptar a las necesidades particulares de cada cliente. En nuestro caso lo que buscamos es conexión a red a fin de transmitir datos de telemetría de una estación hidrológica.

## **3. ESTACIONES HIDROLÓGICAS**

En este capítulo se describirán las características básicas de una estación meteorológica. Describiremos también las principales mediciones y equipos de medición con los que se conforma una estación meteorológica y la manera en la cual la información adquirida es procesada y entregada al equipo de telecomunicaciones.

### **3.1. Las estaciones meteorológicas**

El SMN es la dependencia gubernamental responsable de proporcionar información sobre el estado del tiempo en México. En estrecha coordinación con la Secretaría de Gobernación, el SNM representa la fuente oficial única para difundir información sobre el desarrollo y evolución de fenómenos meteorológicos al Sistema Nacional de Protección Civil, así como a los medios de comunicación antes, durante y después de la ocurrencia de aquéllos fenómenos que puedan incidir en los escurrimientos de ríos y en los almacenamientos de embalses, para prevenir daños por crecientes y proteger contra inundaciones a los centros de población y áreas productivas.

En apoyo a sus funciones de vigilancia meteorológica, el SMN cuenta con modernas redes de observación distribuidas estratégicamente a lo largo del territorio nacional. La información que se genera en estas redes se transmite al Centro Meteorológico Mundial, de la Región IV del sistema de la Organización Meteorológica Mundial, en cumplimiento de los acuerdos internacionales en materia de meteorología.

Localizados en los principales centros urbanos del país, esta red cuenta con 79 observatorios meteorológicos, en donde se realizan observaciones horarias en superficie de las diferentes variables meteorológicas. La información generada permite establecer los parámetros meteorológicos para obtener el estado de la atmósfera pasado y presente y con ésta base de datos realizar predicciones de comportamiento climático en general.

Además de la red meteorológica, existe una red de siete receptores de imágenes meteorológicas provenientes de satélites de órbita geoestacionaria, así como de satélites de órbita polar de la NOAA (Nacional Oceanic and Atmospheric Administration, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica) de los Estados Unidos de América. Estos receptores están ubicados y operan en el Centro Nacional de Previsión del Tiempo del SMN en la Ciudad de México y en las gerencias regionales de la Comisión Nacional del Agua (Península de Yucatán, Golfo Centro, Aguas del Valle de México y Península de Baja California).

Mediante técnicas de adquisición de señales y tratamiento e interpretación de imágenes de satélite, el SMN cuenta con una herramienta de tecnología de punta para la vigilancia permanente de las condiciones meteorológicas sobre el territorio nacional y áreas marítimas vecinales, así como para la elaboración del pronóstico meteorológico a corto plazo. Esta herramienta es fundamental durante la temporada de ciclones tropicales, ya que permite alertar al Sistema Nacional de Protección Civil sobre el desarrollo y evolución de estos meteoros, en apoyo a la aplicación de medidas de protección para la población.

También se tiene una red conformada por doce radares distribuidos a lo largo de los litorales del Golfo de México y del Océano Pacífico, así como en la parte central del país. Al igual que las imágenes de satélite, los productos derivados de los radares meteorológicos, son empleados en el SMN con fines de previsión del tiempo, a muy corto plazo, así como en la vigilancia permanente de los eventos meteorológicos, en particular, durante las acciones de alerta temprana.

De igual forma existe una red conformada por 16 estaciones de radiosondeo que utilizan un sistema GPS (Global Position System, Sistema de Posición Global) para efectuar mediciones de dirección y velocidad del viento, así como de otras variables meteorológicas, en los niveles altos de la atmósfera. Con la información obtenida mediante estas observaciones, se puede definir los patrones de circulación atmosférica a diferentes altitudes que permiten saber si existen condiciones favorables en el desarrollo de las nubes y, por tanto, de precipitaciones, alimentando así el pronóstico meteorológico a muy corto plazo.

El SMN constantemente integra y mantiene una red de sesenta estaciones meteorológicas automáticas, las cuales transmiten información meteorológica vía satélite en un rango de diez minutos a tres horas en paquetes de datos de hasta 900 *bytes* a una velocidad de hasta 300 kbps (datos proporcionados por el SMN). Mediante esta red se obtiene información de gran valor para las actividades del Centro Nacional de Previsión del Tiempo. Esta información, junto con la proveniente de otras redes de observación, permite dar un mejor seguimiento a la evolución de fenómenos meteorológicos en el territorio nacional, ya que se recibe con la suficiente oportunidad, prácticamente en tiempo real.

Una estación meteorológica, como las usadas por el SMN, está compuesta de cuatro módulos principales (figura 3.1), los cuales son:

- Sensores de superficie analógicos o digitales
- Adquisidor de datos (*datalogger*)
- Sistema de comunicación de datos
- Fuente de alimentación de voltaje

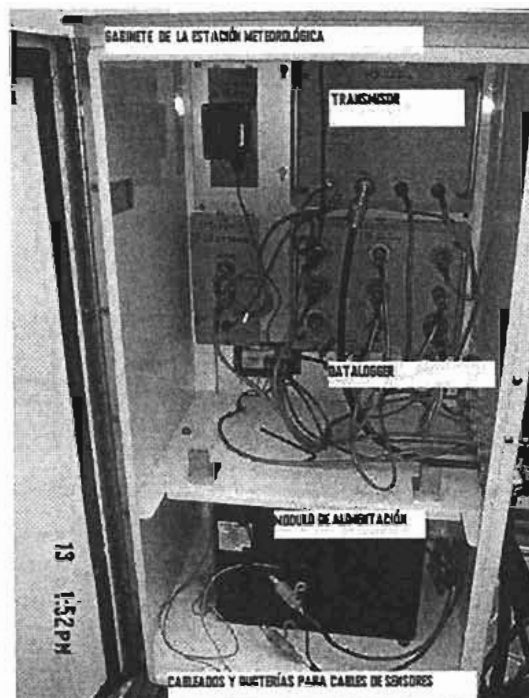


Figura 3.1. Módulos de una estación meteorológica del SMN.

Los módulos que componen a la estación meteorológica, serán descritos a continuación.

## *Sensores*

Los sensores de superficie son mayormente de estado sólido, permiten convertir las señales de temperatura, presión barométrica, etc., en señales eléctricas, las cuales son acondicionadas para su manejo y transmisión en el *datalogger* o adquirente de datos. Hay dos tipos de sensores en una estación meteorológica: analógicos y digitales. Los sensores analógicos generan una señal eléctrica, ésta puede ser un voltaje, una corriente eléctrica o pulsos. La señal eléctrica se lleva a través de un cableado corto (debido a las pérdidas y a la difícil reconstrucción de la señal) a los puertos analógicos del adquirente de datos, en donde se digitalizan, para este efecto son introducidas a un conversor analógico a digital a fin de muestrearlas, cuantificarlas y codificarlas. Los sensores analógicos utilizan el conversor A/D y el codificador de protocolo SDI-12 (Serial Digital Interface Protocol, Protocolo de Interfaz Serial Digital) del adquirente de datos de la estación. Los sensores digitales son sensores compuestos que están equipados con un conversor analógico a digital y un codificador, este tipo de sensores requieren de alimentación de CD y de conexión al adquirente en un puerto digital. La información de los sensores digitales se maneja bajo el protocolo SDI-12, el cual constituye un estándar de comunicación para las estaciones meteorológicas, creado de común acuerdo entre el Servicio de Monitoreo Geológico de los Estados Unidos y Monitoreo de Aguas de Canadá.

## *Adquirente de datos o datalogger*

El adquirente de datos o *datalogger* es el corazón de una estación meteorológica, se encarga de acondicionar las señales (digitales y analógicas) y preprocesarlas a fin de enviarlas al módulo de comunicación de datos. El *datalogger* tiene la capacidad de procesar señales analógicas en forma de pulsos, voltajes o señales eléctricas; sin embargo, cada diseño tiene sus características dependiendo del fabricante, es decir, en general, un *datalogger* de una marca, sólo admitirá en sus puertos de entrada los sensores para los cuales fue diseñado. Aún con este hecho, hay sensores cuyo diseño y salida pueden ser acoplados entre marcas, mediante conectores especiales, tal situación, aun cuando no es recomendable ni respaldado por el fabricante, puede significar un ahorro en costos.

Algunos de los elementos de adquirente de datos son: un procesador, al cual se le carga un software de fábrica, y un conversor analógico a digital de 8 ó 16 bits, éste hardware y software (programación del procesador), permiten la recopilación y control de información de los sensores. Los programas contenidos en el *datalogger* dejan poca libertad de operación al usuario de la estación, siendo que sólo se pueden modificar la frecuencia en la toma de datos, las alarmas propias del equipo y la velocidad de transmisión de información.

El adquisidor de datos cuenta además con: puertos de entrada/salida analógicos y digitales, módulo de almacenamiento de datos y programa, módulo de alimentación-tierra física y puertos de comunicaciones. Las entradas y salidas analógicas se usan en la medición de voltajes de hasta 50 nV y para la alimentación de corriente/voltaje a los circuitos que así lo requieran. Las entradas y salidas digitales sirven para registrar eventos, llevar el conteo de pulsos y manejar las señales que operan bajo el protocolo SDI-12 y acoplan al *datalogger* a los sensores digitales. El módulo de alimentación-tierra provee los niveles de voltaje a los circuitos internos del *datalogger* y la protección en caso de sobre corriente por medio de una tierra física en el gabinete. El módulo de almacenamiento de datos y programas esta constituido por memorias ROM y en algunos casos ranuras para memorias portátiles tipo tarjeta. El puerto de comunicación se utiliza para transmisión de datos o para conexión de una interfaz hombre máquina.

### *Sistema de comunicación de datos*

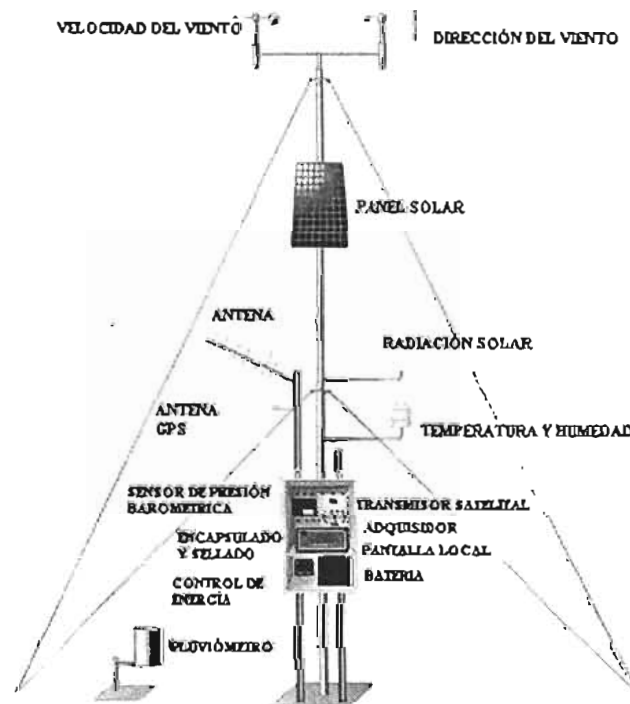
El sistema de comunicación de datos de una estación meteorológica puede ser de tres tipos: satelital, módem celular o por cable directo (distancias cortas). El más utilizado es el sistema satelital para lo cual se utiliza una antena directiva (Yagi), este tipo de comunicación se usa debido a las facilidades del sistema GOES de satélites del NOAA, el costo de este servicio radica en compartir con el NOAA los datos obtenidos por las estaciones meteorológicas. En una estación meteorológica, el transmisor satelital es el que demanda más consumo de energía por parte del módulo de alimentación, llegando a potencias del orden de los 11 Watts por cada transmisión. En segundo término de consumo, se encuentran los módem celulares, los cuales llegan hasta 6 Watts. Los módem celulares pueden operar bajo diferentes estándares de comunicación como CDMA ó GSM. Finalmente cuando la estación se localiza dentro de alguna instalación, ésta se puede cablear hasta una línea telefónica o directamente a un servidor de datos, estos casos llegan a presentarse cuando la estación se ha instalado en oficinas o escuelas, por citar un ejemplo.

### *Fuente de alimentación de voltaje*

La fuente de alimentación de voltaje consiste en una batería de 12V (energía primaria), un panel solar (carga a la batería) y un controlador (supervisa la carga y descarga de la batería); una batería con carga completa, operando sin el cargador, puede llegar a durar hasta 4 semanas bajo operación normal. Las baterías empleadas por una estación meteorológica son del tipo plomo-ácido con una válvula reguladora de presión VRLA (Valve Regulated Lead Acid, Plomo Ácido con Válvula reguladora), este tipo de baterías están construidas por celdas de plomo y carbón inmersas en una solución de ácido sulfúrico, la reacción química entre estos elementos produce la energía requerida por la



estación. La recarga de la batería se lleva a cabo mediante un panel fotovoltaico ó panel solar de 20W (disponibles en un rango de 10W a 100W), él cual alimenta constantemente una corriente y voltaje de carga mediante un regulador de corriente y voltaje. Bajo condiciones normales de operación este sencillo sistema proporciona la misma eficiencia que un sistema ininterrumpido de fuerza (UPS, por sus siglas en inglés). En la figura 3.2 se muestran los elementos que conforman una estación meteorológica montada sobre un mástil, cabe comentar que todas las operaciones de datos de la estación meteorológica son sincronizadas por medio de satélites GPS, éstos proporcionan una señal de reloj a la estación y la dirección para efectos de mediciones de viento.



*Figura 3.2. Elementos de una estación meteorológica.*

La red de estaciones meteorológicas del SMN realizan en conjunto mediciones de superficie, aéreas y satelitales, proporcionando valiosos datos acerca de la atmósfera, que nos permiten efectuar prevención y predicción; sin embargo, hay áreas cuyo potencial de desastre es alto, por lo cual requieren de una supervisión más estrecha, tal es el caso de ríos, presas, bancos de niebla, etc. En estos casos se hace uso de estaciones hidrológicas. Una estación hidrológica realiza entonces mediciones de superficie relacionadas con el agua, en donde a los sensores mencionados se unen otros dedicados a medir salinidad, nivel de agua y gasto, principalmente.

Tanto las estaciones meteorológicas como las hidrológicas están diseñadas para operar en forma automática, el operador define por software los límites de los sensores

para disparos de alarmas, las alarmas propias de operación de la estación, los datos del transmisor, la cantidad de datos que se van a enviar y el periodo de tiempo entre una transmisión y otra; la limitante de energía de una estación meteorológica depende del transmisor, ya que consume de 4 a 10 Watts, por este motivo las transmisiones de datos son espaciadas entre 10 minutos y 3 horas a fin de alargar la duración de la carga de la batería.

### 3.2. Mediciones de una estación hidrológica

Las mediciones empleadas en el estudio de la atmósfera se pueden dividir en tres: mediciones de superficie, mediciones aéreas y mediciones satelitales. El conjunto de equipos capaces de realizar este tipo de mediciones recibe el nombre de estación meteorológica, la parte de la estación que está dedicada a la medición de las condiciones del agua en particular, es denominada estación hidrológica (figura 3.3), ésta sólo realiza mediciones de superficie. Las mediciones de superficie principales son: precipitaciones pluviales (pluviómetro), temperatura (termómetro), humedad (higrómetro), viento (anemómetro), presión atmosférica (barómetro) y radiación solar (piranómetro o solarímetro). Otras mediciones de superficie útiles, las cuales son empleadas en la prevención de desastres y contingencias naturales son: los niveles de concentraciones de agua, gasto en ríos, salinidad y turbiedad, por citar algunos ejemplos.

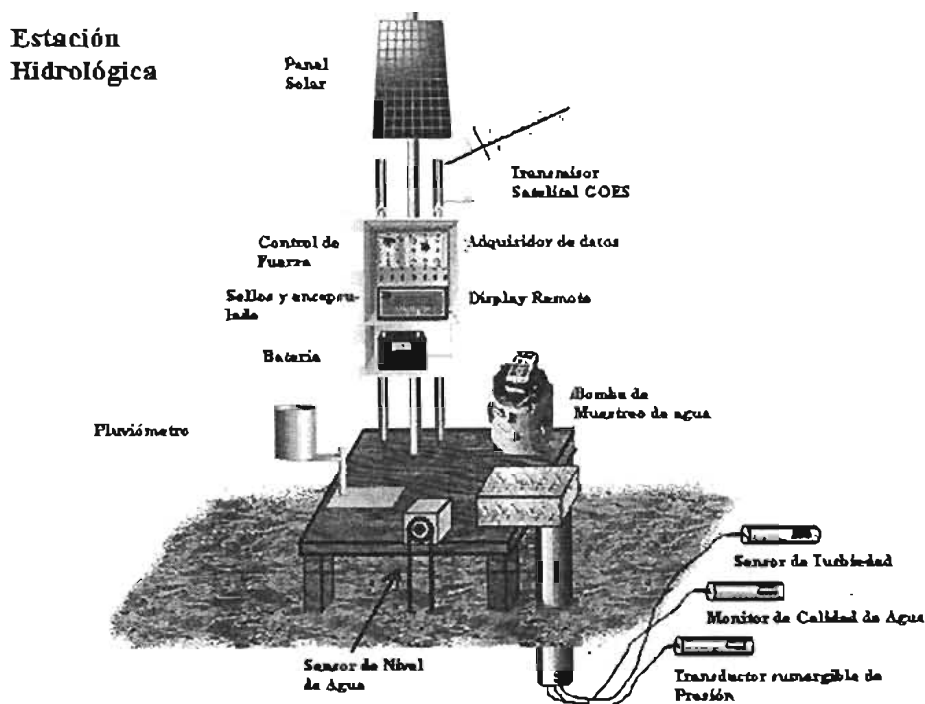


Figura 3.3. Elementos de una estación hidrológica .

Los sensores o transductores empleados en las estaciones meteorológicas e hidrológicas están diseñados para funcionar en condiciones ambientales extremas ( $-10^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ ), para ello, están debidamente protegidos con cubiertas especiales y resinas; en el caso de las estaciones utilizadas por el SMN, los sensores inclusive son interconectados por conectores tipo militar y cables blindados al adquisidor de datos en los puertos analógicos o digitales. En la figura 3.4 se muestra un *datalogger*, en éste se pueden apreciar sus entradas y salidas, las cuales son identificadas con círculos de diferentes colores a fin de evitar equivocaciones al momento de conectar los sensores.

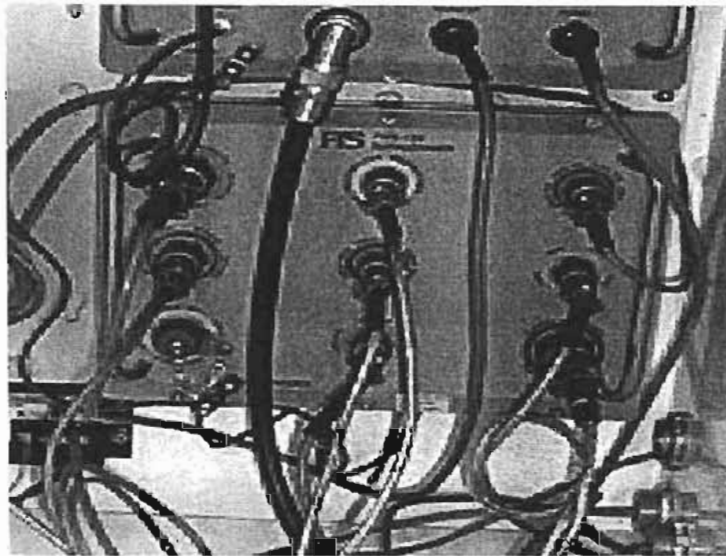


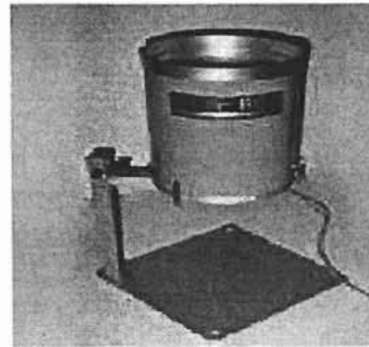
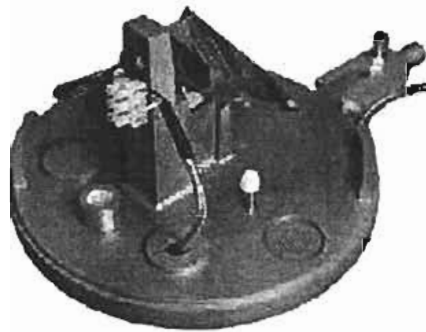
Figura 3.4. Adquisidor de datos (*datalogger*).

Los sensores empleados por el SMN (que a su vez usaremos en este trabajo de tesis), para las mediciones de superficie de una estación meteorológica e hidrológica, tienen las siguientes características.

### *Pluviómetro*

La medida de las precipitaciones o pluviometría tiene por objeto conocer la cantidad de agua caída en el suelo por intervalos de veinticuatro horas. Para ello se estima, en milímetros, el espesor de una lámina de agua que se acumularía sobre una superficie horizontal donde no hubiese infiltración, evaporación ni escorrentía. Un milímetro de altura de lluvia equivale a un litro por metro cuadrado, o bien a diez metros cúbicos por hectárea. Cuando cae nieve o granizo se mide el agua que proviene de su derretimiento. Para nieve blanda y en polvo, caída sobre suelo horizontal y sin ventisca, 10 milímetros de nieve equivalen a 1 milímetro de agua, es decir, 1 centímetro (nieve) = 1 milímetro (agua).

Como instrumento de medición de las precipitaciones se utiliza el pluviómetro, de éste existen varias versiones, sin embargo el de más uso consiste en una especie de embudo que concentra el agua producto de la lluvia en un balancín. Debido al peso del agua en el balancín, este produce un desequilibrio que a través de un transductor produce un evento electrónico que es interpretado y traducido por el *datalogger* de la estación hidrológica. También hay pluviómetros digitales que entregan la información en protocolo SDI -12 en un puerto digital del adquisidor, no obstante implican un costo más alto en la implementación de la estación hidrológica. En la figura 3.5 se muestra un sensor para lecturas de lluvia o pluviómetro de tipo balancín; un embudo canaliza el agua de lluvia a dos depósitos, el desequilibrio entre ambos ocasiona el movimiento hacia uno u otro lado, registrando así un evento electrónico por medio de interruptor ó *switch*, el conteo de los mismos es interpretado por un circuito electrónico como pulsos.



- Resolución:** 0.254mm
- Precisión:**  $\pm 2\%$  a 50 mm. por hora
- Dimensiones del cilindro:** 25.7 cm x 20.3 cm diámetro
- Dimensiones del plato:** 30.5 cm x 30.5 cm
- Peso:** 4.5 kilogramos
- Salida:** analógica por pulsos

*Figura 3.5. Pluviómetro de balancín.*

### *Humedad relativa y temperatura*

La humedad relativa es el contenido de agua en el aire, se define como el porcentaje de saturación de aire con vapor de agua, es decir, es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene un metro cúbico de aire, en unas condiciones determinadas de temperatura y presión y la que tendría si estuviera saturado a la misma temperatura y presión. La humedad relativa de una muestra de aire depende de la temperatura y de la presión a la que se encuentre (ecuación 3.1):

$$HR=(e/E)100 \quad (3.1)$$

Donde: e, es la presión de vapor actual  
 E, es la presión de vapor en saturación  
 HR, es la humedad relativa

Para la medición de la humedad relativa, la estación meteorológica tiene sensores capacitivos que producen un cambio, dependiendo de la humedad en la capacidad del condensador y están contruidos con base en una película *polymer* delgada como dieléctrico, la cual se instala encima de una placa portadora de vidrio. Las variaciones de humedad en el ambiente, cambian las propiedades dieléctricas de la película *polymer* y así la capacidad del condensador. El cambio de la condensación es proporcional al cambio de la humedad relativa el cual se transforma en una señal eléctrica. Los sensores capacitivos de humedad reaccionan rápidamente a los cambios de humedad y se pueden usar parcialmente en rangos de temperatura de -40 a +180 °C. La exactitud de la medición está entre ±2 y ±5 % de humedad relativa.

En el caso de una estación meteorológica, la medición de humedad va ligado con la temperatura, es normal que el sensor de temperatura y humedad estén integrados en un mismo módulo, en éste se cuenta con un termistor como sensor de temperatura. El termistor es una resistencia que varía con la temperatura, a mayor temperatura menor resistencia, las variaciones en el sensor de temperatura se transducen en voltajes, por este motivo el termistor requiere de una polarización de voltaje, misma que varía en función de la temperatura ambiente. En la figura 3.6 se muestra el sensor de temperatura y humedad relativa de una estación hidrológica.

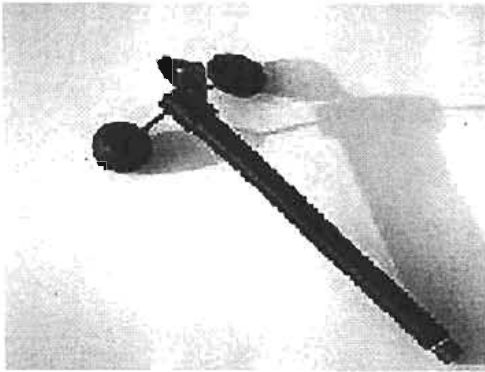


**Especificaciones:**  
 Alimentación: 3.5 V a 50 V  
 Consumo de corriente: 4mA  
**Temperatura**  
 Resolución: 0.1°C  
 Precisión: 0.2°C  
 Rango de operación: -51°C to +60°C  
**Humedad**  
 Resolución: 1%  
 Precisión: ±2% RH de 0-80% RH  
 Tiempo de vida: 4 años  
 Rango de operación: -51°C to +60°C  
 Salida: Voltaje (lineal)  
 HR: 0 a 1V para 0% a 100%  
 Temp.: 0 a 1V para -40 °C a 60°C

Figura 3.6. Sensores de humedad y temperatura

### *Dirección del viento y velocidad*

La dirección del viento es medida por medio de una veleta (figura 3.7), la cual es orientada de acuerdo al movimiento del viento. Un potenciómetro es polarizado generalmente con 5 Volts de corriente directa y se calibra a cero grados en dirección norte. Este voltaje es tomado como referencia, la variación de esta referencia indica el cambio en el ángulo de la veleta y por ende de la dirección del viento. Integrado a la lectura de dirección de viento se tiene la velocidad del viento, la cual se puede expresar en kilómetros por hora o bien en metros por segundo. El viento fluye en ocasiones con flujo continuo (con regularidad) y otras a borbotones o golpes (racheado y turbulento), a consecuencia de los torbellinos o remolinos existentes dentro de la corriente de aire.



#### **Sensor de velocidad de viento**

**Rango:** 0-160 kmh

**Umbral de inicio:** 1.6 kmh

**Precisión:**  $\pm 0.25$  mph or 1.5% (0.4 kmh)

**Constante de distancia:** Menor a 4.6 m

**Rango de operación de temperatura:**  $-50^{\circ}\text{C}$  to  $+70^{\circ}\text{C}$

**Peso:** 400 g

**Salida:** Señal eléctrica cuadrada en frecuencias de 0 – 925MHz y 12VDC de amplitud (0 – 280 km/hr).

**Alimentación:** 12VDC

#### **Sensor de dirección de viento**

**Rango:** 0-160 kmh

**Umbral de inicio:** 1.6 kmh

**Precisión:**  $\pm 5$  grados

**Retraso de distancia:** Menor a 1.5 m

**Arena, Polvo y Hongos:** MIL-E-5272

**Spray salino:** MIL-E-12934

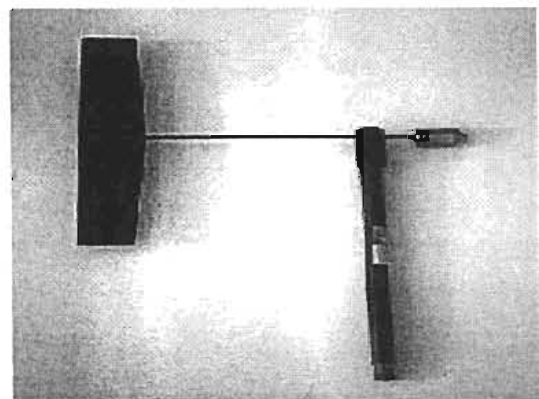
**Rango de operación de temperatura:**  $-50^{\circ}\text{C}$  to  $+70^{\circ}\text{C}$

**Peso:** 680 g

**Salida:** Voltaje producido por un potenciómetro de 5 Kohms

**Polarizado con:** 5VDC

**Alimentación:** 5VDC



*Figura 3.7. Medición de la velocidad y dirección del viento.*

El anemómetro es el instrumento que mide la velocidad del viento (figura 3.7). El tipo más común de anemómetro consiste en tres o cuatro semiesferas unidas a unas varillas

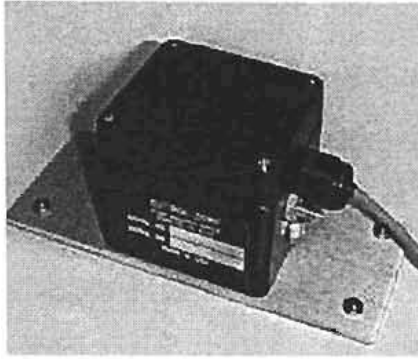
cortas, conectadas a su vez a un eje vertical en ángulos rectos. El viento, al soplar, empuja las semiesferas y éstas hacen girar el eje. El número de vueltas por minuto se traduce en la velocidad del viento. Una versión más avanzada de este tipo de anemómetro es el conteo por frecuencia, de igual forma, el viento que incide sobre las esferas produce en una especie de generador, pulsos cuadrados de amplitud igual a la polarización que se aplique, la frecuencia obtenida es relacionada en función con la velocidad del viento. La velocidad del viento se mide también por la presión del aire sobre un tubo con forma de "L", con un extremo abierto hacia la corriente de aire y el otro conectado a un dispositivo medidor de presión, o eléctricamente por el efecto refrigerador del viento sobre un alambre donde se produce una variación de la resistencia eléctrica.

El anemómetro se coloca a una altura (usualmente 3 metros) en la cual libere obstáculos cercanos a fin de que el viento incida en la veleta y las semiesferas de manera directa.

### *Presión Atmosférica*

El barómetro es el instrumento para medir la presión atmosférica, es decir, la fuerza por unidad de superficie ejercida por el peso de la atmósfera. Como en cualquier fluido, esta fuerza se transmite por igual en todas las direcciones. La forma más fácil de medir la presión atmosférica es observar la altura de una columna de líquido cuyo peso compense exactamente el peso de la atmósfera. Un barómetro de agua sería demasiado alto para resultar cómodo. El mercurio, sin embargo, es 13.6 veces más denso que el agua, y la columna de mercurio sostenida por la presión atmosférica normal tiene una altura de sólo 760 mm (milímetros). Debido a esta propiedad, los milímetros de mercurio son la medida más empleada para la presión atmosférica; sin embargo, los instrumentos de medición también manejan otras unidades: pascales, bares, atmósferas y psi, por software el operador puede definir el tipo de unidades que desea manejar.

El transductor del barómetro de una estación meteorológica es de silicio tipo capacitivo, compuesto por un diafragma y un resonador, la variación del diafragma produce variaciones de frecuencia que son contabilizadas y convertidas en una lectura de presión, mediante un procesador programado. El barómetro de la estación hidrológica que utilizaremos entrega la información en protocolo SDI-12 a un puerto digital del adquisidor de datos. En la figura 3.8 se muestra el barómetro usado en una estación hidrológica.



#### **Barómetro**

**Rango:** 600 mB to 1100 mB (hPa), 17.7 to 32.5 in Hg

**Precisión:** 0.5 mB (hPa)

**Resolución:** 0.01 mB

**Salida:** SDI-12

**Unidades de presión:** mB, hPa, kPa, in Hg, mm Hg, ATM, psi.

Definidas por el usuario

**Rango de operación de temperatura:** -40°C to +60°C

**Dimensiones:** 8 cm x 7.5 cm x 5.7 cm

**Peso:** 0.5 kg

**Salida del sensor:** Cambios de frecuencia en dos sensores capa citivos.

**Alimentación y consumo:** 10-35VDC, 25mA(modos continuo)

*Figura 3.8. Barómetro.*

### *Radiación Solar*

La radiación solar indica el tipo de luz que incide en un área en particular, previene de quemaduras y otros efectos sobre la población. Esta medición se contabiliza en Watts por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) o en Joules por metro cuadrado ( $J/m^2$ ) y se obtiene con un piranómetro o solarímetro (figura 3.9). El transductor empleado es básicamente un detector de silicio tipo fotovoltaico, es decir, una especie de foto celda, este sensor absorbe el espectro de luz visible y la traduce a un voltaje, con éste se identifica la cantidad de luz. Un procesador interpreta los voltajes producidos por el sensor y los digitaliza a fin de entregarlos a un adquisidor de datos. En la figura 3.8 se muestra un sensor de radiación solar con su terminación típica.



#### **Sensor de radiación Solar**

**Rango de voltaje de operación:** 9.6 V a 16 V

**Consumo del sensor:** 0.25 mA

**Precisión (requiere calibración):**  $\pm 5\%$

**Detector:** Detector de silicio fotovoltaico de alta estabilidad

**Rango de operación de temperatura:** -40°C to +60°C

**Salida:** Digital SDI-12

**Salida del sensor fotovoltaico:** Variaciones de voltaje

*Figura 3.9 Sensor de radiación solar.*

### *Sensor de Turbiedad*

El sensor de turbiedad se utiliza para medir sólidos en suspensión y concentración de partículas en el agua, su operación está basada en un sensor de óptico de estado sólido (fotodiodo), el cual emite una frecuencia en el espectro de luz cercana al infrarrojo



(880nm), que incide en la muestra de agua entregando variaciones de frecuencia causadas por reflexión, éstas son interpretadas y presentadas en partes por millón (0 a 4000ppm) o NTU (Nephelometer Turbidity Units, Unidades de Turbidez Nefelométricas). El sensor de Turbiedad ya cuenta con su codificador que entrega las mediciones en protocolo SDI-12 al adquisidor. En la figura 3.10 se muestra un sensor de turbiedad y sus características.

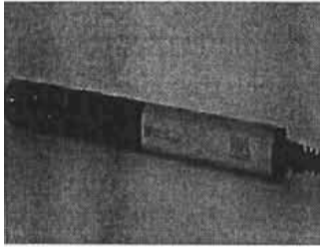


Rango de medición: 0 a 1600 NTU  
 Resolución: 0.01 NTU  
 Rango de alimentación: 9.6 to 16V  
 Precisión:  $\pm 2\%$  0 a 500,  $\pm 4\%$  501 a 1600  
 Cero Offset:  $\pm 0.2$  NTU  
 Coeficiente de temperatura (0-40°C):  $< -0.3\%/^{\circ}\text{C}$   
 Precisión - temperatura:  $\pm 0.20^{\circ}\text{C}$   
 Consumo de corriente (típico):  
 Standby: 350 $\mu\text{A}$   
 Operando: 50mA  
 Motor de limpieza del sensor: 100mA  
 Rango de profundidad: 30m  
 Tiempo de limpieza: 5seg Nominal  
 Temperatura de operación: 0° to +40°C  
 Salida: SDI-12 version 1.1  
 Dimensiones:  
 Longitud: 30.48cm  
 Diámetro: 5.08cm  
 Ancho: 0.38cm  
 Salida: Digital SDI-12

Figura 3.10. Sensor de turbidez o turbiedad.

### Sensor de Calidad de Agua o Pureza

El sensor de calidad de agua es una mezcla de sensores, motivo por el cual se le conoce también como compuesto, mide principalmente lo siguiente: temperatura, salinidad (porcentaje de concentración), nivel de pH, oxígeno disuelto (mg/l ó ppm), resistividad (mOhms/cm) y conductancia ó concentración de iones (mSiemens/cm). La punta de prueba es una mezcla de sensores a base de polímeros, electrodos (puentes de 3 y cuatro electrodos para resistividad y conductancia) y sensores ópticos de estado sólido, su mantenimiento en su conjunto está limitado por los polímeros (salinidad, pH y oxígeno disuelto). Los polímeros se utilizan como reactivos químicos ante la sustancia a estudiar (salinidad, pH y oxígeno disuelto), al ser colocados entre dos electrodos (formando una celda galvánica), la reacción con el ambiente de estudio, produce una corriente eléctrica. Al cabo de un tiempo de operación, los polímeros requieren ser sustituidos, normalmente tienen un tiempo de vida de un año. Otra alternativa para la medición de calidad de agua es la bomba de muestreo de agua la cual recoge hasta 24 muestras programadas por el usuario y las almacena para que un operador las recoja y analice posteriormente en laboratorio, la desventaja de este proceso es que requiere intervención humana, sin embargo es útil cuando se requiere estudios más minuciosos. En la figura 3.11 se muestra un sensor de calidad de agua compuesto, así como sus características principales.



**Sensor de calidad de Agua( Mediciones básicas)**

**Temperatura**

Rango: 0 a 50 °C con una resolución de 0.01°C

**Conductividad**

Rango: 0 to 100 mS/cm

Precisión: ±2% aire ±0.5% de lectura mg +0.001 mS/cm saturación  
solución 0.01 mS/cm or 1uS/cm



**Sensor de calidad de Agua( Mediciones opcionales)**

Salinidad : Rango de 0 al 4% con resolución de 0.1 %(con configuración opcional  
0.001%)

pH: Rango de 0 a 14 pH con resolución de 0.1 pH

Oxígeno disuelto: Rango de 0 a 19.9 mg/l con una resolución de 0.2 mg/

**Datos Generales del sensor compuesto de calidad de agua**

Profundidad: 61 m

Alimentación: 12 V DC (8 to 13.8 V DC)

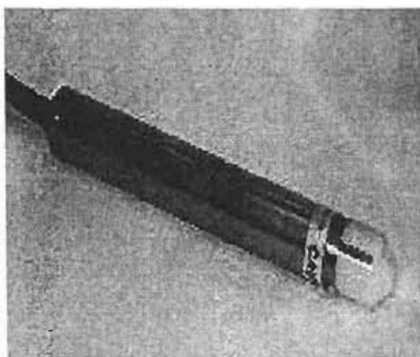
Rango de Temperatura de Operación: -5°C to +45°C

Salida: Digital SDI-12

*Figura 3.11. Sensor de calidad de agua o pureza.*

### *Sensor de profundidad y Nivel*

El sensor de nivel empleado por una estación hidrológica puede ser de varios tipos, sin embargo los más usados el ultrasónico y el de presión. El sensor ultrasónico consiste en un emisor de pulsos que los envía periódicamente, el regreso de los mismos por el rebote con el fondo del área de medición, indicará el nivel de agua alcanzado. El sensor de presión es calibrado a la presión correspondiente a ciertas atmósferas (u otra unidad de presión) y profundidad de instalación, las variaciones en la presión que el agua ejerce sobre el sensor marca una lectura correspondiente a un cierto nivel de agua. Todos los sensores de nivel requieren de calibración previa y entregan la información en protocolo SDI-12. En la figura 3.12 se muestra un sensor de profundidad con sus características principales.



**Sensor de Profundidad**

Precisión: 0.05% a escala completa

Influencia de Temperatura: típico 30 ppm/°C a escala completa  
en temperatura, máximo <50 ppm/°C

Consumo: Menor a 30 mAh por día (4 lecturas por día)

Alimentación: 7.5 V DC to 28.8 V DC

Rango: -20°C to +70°C

Salida: Digital SDI-12

*Figura 3.12. Sensor de profundidad.*

### 3.3. Comunicación de datos de una estación hidrológica

Las estaciones hidrológicas pueden entregar la información del adquisidor de datos al servidor del SMN, por medio de diferentes medios de comunicación. Como se observa en la figura 3.13, este tipo de enlaces pueden ser:

- Vía satélite
- Conexión de radio: enlaces de microondas punto a punto o de fibra óptica
- Mediante un radio módem (celular o fijo)
- Con un cableado directo al servidor mediante un puerto RS232 ó RS485
- Por tarjetas de memoria extraíbles

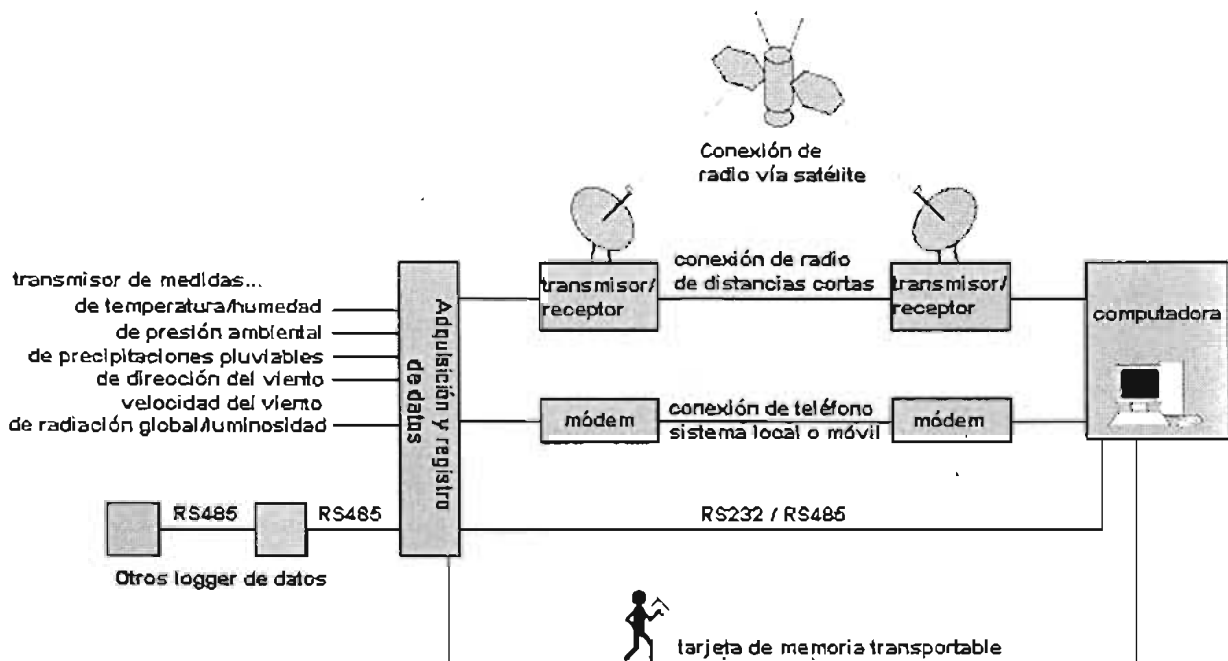


Figura 3.13. Comunicación de datos de una estación meteorológica.

La diferencia entre cada uno de ellos radica en el costo inicial y el mantenimiento; sin embargo la característica común es la de conectarse por igual al puerto RS232 del que dispone el adquisidor de datos o *datalogger*. Este puerto permite el uso de equipos y medios de transmisión comerciales y de diferentes marca.

El puerto RS232 se utiliza para llevar a cabo comunicaciones seriales, fue creado con el único propósito de contar con una interfaz entre los DTE's (Data Terminal Equipment, Equipos Terminales de Datos), y los DCE's (Data Communications Equipment, Equipo de Comunicación de Datos). De esta forma el equipo terminal de datos

es el extremo cliente de los datos y el equipo de comunicación de datos es el dispositivo que se encarga de la unión entre los terminales, tal como un módem o algún otro dispositivo de comunicación.

La característica especial del RS232, y que lo hiciera popular en el mundo de las computadoras, es su diseño simple, en el cual los datos viajan como voltajes referidos a una tierra común. A continuación se enumeran las señales especificadas en el estándar RS232. Cada señal es identificada por sus letras, el equivalente V.24 (CCITT, Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique, Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico), número de poste en un conector DB-25 y DB-9 y el nombre de la señal. Las letras asociadas a cada señal (circuitos) definen:

- A: circuito común.
- B: circuito de señal.
- C: circuito de control.
- D: circuito de cronometraje.

Si las letras están precedidas por una S, se trata de un canal secundario.

En la la tabla 3.1 y en la figura 3.14 se describen las características principales del estándar RS232.

Circuito	Número de circuito V.24	Número de poste DB-25	Número de poste DB-9	Nombre de la señal.
AA	101	1	-	Protección a tierra
AB	102	7	5	Tierra
BA	103	2	3	Transmisión de datos (TX)
BB	104	3	2	Recepción de datos (RX)
CA	105	4	7	Solicitud de envío (RTS)
CB	106	5	8	Autorización de envío (CTS)
CC	107	6	6	Datos listos para enviar (DSR)
CD	108	20	4	Terminal de datos lista (DTR)
CE	125	22	9	Detector de llamada

*Tabla 3.1 .Características del estándar RS232. (Continúa)*

CF	109	8	1	Detección de portadora (DCD)
CG	110	21	-	Detección de calidad de señal
CH / CI	111 / 112	23	-	Selector de velocidad de señal de datos.
DA	113	24	-	Cronómetro de la señal emisora (DTE)
DB	114	15	-	Cronómetro de la señal de transmisión del transmisor (DCE)
DD	115	17	-	Cronómetro de la señal del receptor
SBA	118	14	-	TX secundario
SBB	119	16	-	RX secundario
SCA	120	19	-	RTS Secundario
SCB	121	13	-	CTS secundario
SCF	122	12	-	Detector de portadora (CD) secundario
		9,10	-	Reservado Positivo de prueba
		11,18 y 23	-	S/C

Tabla 3.1. Características del estándar RS232.

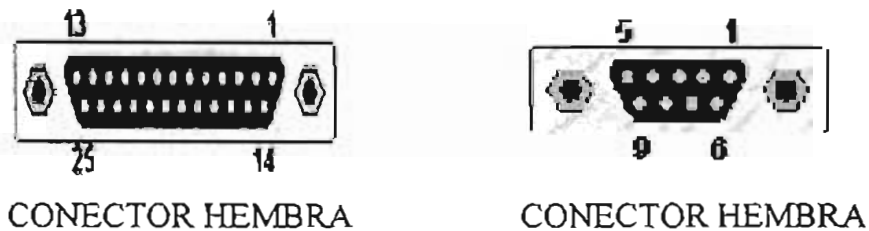


Figura 3.14. Dibujo de un conector DB-25 y DB-9.

Mediante el uso de la interfaz serial RS232 se puede realizar la conexión y transmisión de datos de una red remota a un puesto central, mediante el uso de un equipo acceso a red, como lo es un módem celular con la tecnología GPRS o HCSO, una conexión telefónica o

un transmisor satelital. Estos dispositivos, nos permitirán enviar y entregar los datos producto de las mediciones para su análisis.

### 3.4. Montaje e instalación de una estación hidrológica

Una estación hidrológica puede ser montada usando diferentes tipos de estructuras, cada una de ellas se utiliza de acuerdo a la función y al terreno donde la estación será instalada (figura 3.13). Las estructuras más utilizadas para el montaje de una estación hidrológica son:

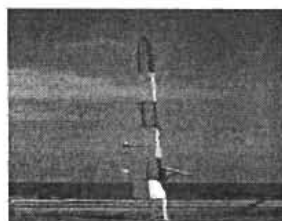
- Sistema de montaje en mástil
- Sistema de montaje en torre
- Sistema de montaje en plataforma alta
- Sistema de montaje en trípode
- Sistema de montaje en plataforma a nivel de piso



MONTAJE EN MÁSTIL



MONTAJE EN PLATAFORMA ALTA



MONTAJE EN TORRE



MONTAJE EN TRÍPODE

*Figura 3.15. Montaje de estaciones hidrológicas.*

Para la instalación de una estación hidrológica, el sistema empleado más comúnmente es el de plataforma a nivel de piso (figura 3.3). La plataforma es construida mediante un armazón de acero y piso de madera resistente cerca del área de agua en estudio. En los travesaños de la estructura se empotra, mediante tornillos y herrajes, el gabinete, los mástiles y los cableados de los sensores. Los cableados deben de sujetarse mediante abrazaderas metálicas de modo que el viento y el intemperismo

no afecten los materiales y la terminación de la obra civil. Un sistema de tierras debe de ser provisto a fin de evitar daños por descargas atmosféricas.

La instalación adecuada de estaciones hidrológicas, facilita su operación y mantenimiento, así mismo, permite al SMN la creación de una completa red de monitoreo.

Una vez descritas las características de las estaciones hidrológicas, en el siguiente capítulo se describirán los diferentes tipos de redes, así como sus elementos que la conforman. Se puntualizará en las redes construidas sobre la tecnología GSM y en particular en los módem inalámbricos que pueden acoplarse mediante puertos de comunicación seriales RS232 a una estación hidrológica.

## **4. REDES DE DATOS Y GPRS**

En este capítulo se describirán brevemente las redes de datos, su clasificación y diferentes topologías, se expondrán las características del modelo de referencia OSI y TCP/IP; la descripción de los estándares y protocolos de red así como de los diversos equipos de interconexión. Así mismo, describiremos los servicios ofrecidos por la tecnología GSM a través de GPRS y HSCD, mostrando la manera en la cual funcionan para los usuarios.

### **4.1. Introducción**

Uno de los grandes recursos del hombre para mejorar sus condiciones de vida ha sido el poder comunicarse eficientemente con otros. Así, en los inicios de la humanidad, el perfeccionamiento del lenguaje permitió una mejor coordinación entre individuos para obtener de manera comunitaria beneficios que de otra forma no hubiera sido posible conseguir. A partir de entonces las formas de comunicarse entre seres humanos han ido adaptándose a las necesidades del desarrollo de la sociedad, en un mundo donde la comunicación ha sido y seguirá siendo un factor éxito para este punto.

Hoy en día las redes de computadoras facilitan la comunicación entre individuos, ya sea de forma personal, dentro de una organización o varias; permitiendo explotar información que nos puede llevar a mejorar nuestras condiciones de vida e incrementar la



productividad empresarial. Al período en el cual las computadoras y las redes de computadoras están jugando un papel muy importante en el desarrollo de la sociedad, se le ha denominado la “era de la informática y las telecomunicaciones”, caracterizada por el uso de estos equipos como herramienta de uso diario.

Para poder comprender las redes de datos debemos de entender que nos referimos a una colección de dispositivos interconectados entre sí, los cuales son capaces de intercambiar algún tipo de información digital, como bases de datos bancarios, acervos bibliográficos y correos electrónicos, por mencionar algunos ejemplos. Al igual que lo anterior, es de suma importancia considerar que los datos son una representación formalmente adecuada de hechos, conceptos o instrucciones para la comunicación, interpretación o procesamiento por parte de los humanos o por medios automáticos; dando como resultado a la “información” ó significado que los humanos asignamos a dichos datos por medio de convenciones y acuerdos usados en su representación. Una vez descrito esto, debemos considerar que esta información viaja a través de un medio de transmisión, el cual es considerado como cualquier sustancia material que puede ser usada para la propagación de señales de un punto a otro.

Hoy en día la mayoría de las organizaciones se encuentran ampliamente distribuidas de manera geográfica. Debido a que muchos de los departamentos requieren un flujo de información constante, una red de datos que les permita un fácil intercambio de información constituye la mejor opción, cuando no se encuentran cerca geográficamente.

Las redes de computadoras posibilitan compartir recursos, como capacidad de procesamiento (procesamiento paralelo), espacio en disco o la disponibilidad de conexión a otras redes. De igual forma, permiten la integración del flujo de información requerido por empresas y favorecen que muchas de las tareas típicamente atadas a una oficina, puedan efectuarse desde prácticamente cualquier lugar que cuente con una línea telefónica.

Conforme las primeras redes de datos fueron apareciendo, la interconexión entre ellas era sencilla, cuando se trataba de los mismos fabricantes, pero imposible cuando se trataba de fabricantes distintos. La necesidad de interconectarse por parte de los dueños de esas redes y la búsqueda de nuevos mercados por parte de los fabricantes, hizo que estos últimos hicieran acuerdos en cuanto a la fabricación de hardware y software y así lograr una comunicación exitosa entre sus equipos. Pero no todos los fabricantes accedían a modificar sus tecnologías. Pronto fue evidente que era necesario el establecimiento de organismos centrales que dirigieran el proceso de estandarización a nivel mundial para interfaces y protocolos de comunicación. Organismos como la ITU (Internacional Telecommunication Union, Unión Internacional de Telecomunicaciones) y la IEEE (Institute of Electrical & Electronics Engineers, Instituto de Ingenieros Electricistas y

Electrónicos) surgen y se comienza la estandarización de protocolos, haciendo posible la interconexión de equipos de diferentes proveedores. Dentro de los organismos de estandarización más reconocidos se encuentra la ISO (International Organization for Standardization, Organización Internacional para la Normalización) creador del modelo de referencia OSI (Open System Interconnection, Interconexión de Sistemas Abiertos).

#### **4.1.1. Modelo OSI**

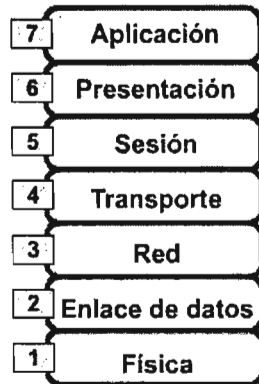
El modelo de referencia OSI, lanzado en 1984, fue el esquema descriptivo que creó la ISO. Este modelo proporcionó a los fabricantes un conjunto de estándares que aseguraron una mayor compatibilidad e interoperatividad entre los distintos tipos de tecnología de red utilizados por las empresas a nivel mundial.

El modelo de referencia OSI es el modelo principal para las comunicaciones por red. Aunque existen otros modelos, en la actualidad la mayoría de los fabricantes de redes relacionan sus productos con el modelo de referencia OSI, especialmente cuando desean enseñar a los usuarios cómo utilizar sus productos. Los fabricantes consideran que es la mejor herramienta disponible para enseñar cómo enviar y recibir datos a través de una red.

El modelo de referencia OSI permite que los usuarios vean las funciones de red que se producen en cada capa. Más importante aún, el modelo de referencia OSI es un marco que se puede utilizar para comprender cómo viaja la información a través de una red. Además, se puede usar el modelo de referencia OSI para visualizar cómo la información o los paquetes de datos viajan desde los programas de aplicación (por ejemplo, hojas de cálculo, documentos, etc.), a través de un medio de red (por ejemplo, cables, etc.), hasta otro programa de aplicación ubicado en otro computador de la red, aún cuando el transmisor y el receptor tengan distintos tipos de medios de red.

En el modelo de referencia OSI hay siete capas numeradas, cada una de las cuales ilustra una función de red específica. Esta división de las funciones de red se denomina división en capas. Si las funciones de la red se dividen en estas siete capas, se obtienen ventajas, puesto que divide la comunicación de red en partes más pequeñas y sencillas, normaliza los componentes de red para permitir el desarrollo y el soporte de los productos de diferentes fabricantes, permite a los distintos tipos de hardware y software de red comunicarse entre sí, impide que los cambios en una capa puedan afectar las demás capas, esto para que se puedan desarrollar con más rapidez y finalmente simplifica el aprendizaje de cada una.

Las 7 capas que componen el modelo de referencia OSI son: la capa de Aplicación (Capa 7), la capa de Presentación (Capa 6), la capa de Sesión (Capa 5), la capa de Transporte (Capa 4), la capa de Red (Capa 3), la capa de Enlace de Datos (Capa 2) y la capa Física (Capa 1), tal como lo muestra la figura 4.1. Cada capa individual del modelo tiene un conjunto de funciones que debe realizar para que los paquetes de datos puedan viajar en la red desde el origen hasta el destino.



*Figura 4.1. Las 7 capas del modelo OSI.*

La capa de Aplicación es la capa del modelo OSI más cercana al usuario, suministra servicios de red a las aplicaciones del usuario. Difiere de las demás capas debido a que no proporciona servicios a ninguna otra capa OSI, sino solamente a aplicaciones que se encuentran fuera del modelo OSI. Algunos ejemplos de aplicaciones son los programas de hojas de cálculo, de procesamiento de texto y los de las terminales bancarias. La capa de Aplicación establece la disponibilidad de los potenciales socios de comunicación, sincroniza y establece acuerdos sobre los procedimientos de recuperación de errores y control de la integridad de los datos. Si se desea recordar a la Capa 7 en la menor cantidad de palabras posible, se debe de pensar en los navegadores de Web.

La capa de Presentación garantiza que la información que envía la capa de aplicación de un sistema pueda ser leída por la capa de aplicación de otro. De ser necesario, la capa de Presentación traduce entre varios formatos de datos utilizando un formato común. Si se desea recordar la Capa 6 en la menor cantidad de palabras posible, se debe de pensar en un formato de datos común.

Como su nombre lo implica, la capa de Sesión establece, administra y finaliza las sesiones entre dos *hosts* que se están comunicando. Proporciona sus servicios a la capa de Presentación. También sincroniza el diálogo entre las capas de Presentación de los dos *hosts* y administra su intercambio de datos. Además de regular la sesión, ésta ofrece disposiciones para una eficiente transferencia de datos, clase de servicio y un registro de

excepciones acerca de los problemas de la capa de Sesión, Presentación y Aplicación. Si desea recordar la Capa 5 en la menor cantidad de palabras posible, piense en diálogos y conversaciones.

La capa de Transporte segmenta los datos originados en el *host* emisor y los reensambla en una corriente de datos dentro del sistema del *host* receptor. El límite entre la capa de Transporte y la capa de Sesión puede imaginarse como el límite entre los protocolos de aplicación y los protocolos de flujo de datos. Mientras que las capas de Aplicación, Presentación y Sesión están relacionadas con asuntos de aplicaciones, las cuatro capas inferiores se encargan del transporte de datos.

La capa de Transporte intenta suministrar un servicio de transporte de datos que aísla las capas superiores de los detalles de implementación del transporte. Específicamente, temas como la confiabilidad del transporte entre dos *hosts* es responsabilidad de la capa de Transporte. Al proporcionar un servicio de comunicaciones, la capa de Transporte establece, mantiene y termina adecuadamente los circuitos virtuales. Al proporcionar un servicio confiable, se utilizan dispositivos de detección y recuperación de errores de transporte. Si se desea recordar a la Capa 4 en la menor cantidad de palabras posible, se debe de pensar en calidad de servicio y confiabilidad.

La capa de Red es una capa compleja que proporciona conectividad y selección de ruta entre dos sistemas de *hosts* que pueden estar ubicados en redes geográficamente distintas. Si se desea recordar la Capa 3 en la menor cantidad de palabras posible, se debe de pensar en selección de ruta, direccionamiento y enrutamiento.

La capa de Enlace de Datos proporciona tránsito de datos confiable a través de un enlace físico. Al hacerlo, la capa de Enlace de Datos se ocupa del direccionamiento físico (comparado con el lógico), la topología de red, el acceso a la red, la notificación de errores, entrega ordenada de tramas y control de flujo. Si desea recordar la Capa 2 en la menor cantidad de palabras posible, piense en tramas y control de acceso al medio.

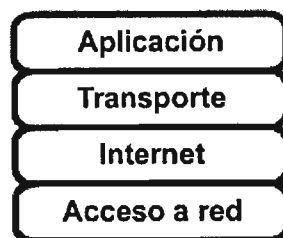
La capa Física define las especificaciones eléctricas, mecánicas, de procedimiento y funcionales para activar, mantener y desactivar el enlace físico entre sistemas finales. Las características tales como niveles de voltaje, *temporización* de cambios de voltaje, velocidad de datos físicos, distancias de transmisión máximas, conectores físicos y otros atributos similares son definidos por las especificaciones de la capa Física. Si se desea recordar la Capa 1 en la menor cantidad de palabras posible, se debe de pensar en señales y medios.

## 4.1.2. Modelo TCP/IP

Aunque el modelo de referencia OSI sea universalmente reconocido, el estándar abierto de Internet desde el punto de vista histórico y técnico es el TCP/IP (Transmisión Control Protocol/Internet Protocol, Protocolo de Control de Transporte/Protocolo de Internet). El modelo de referencia TCP/IP y la pila de protocolo TCP/IP hacen que sea posible la comunicación entre dos computadores, desde cualquier parte del mundo, a casi la velocidad de la luz. El modelo TCP/IP tiene importancia histórica, al igual que las normas que permitieron el desarrollo de la industria telefónica, de energía eléctrica, el ferrocarril, la televisión y las industrias de videos.

El DoD (US Department of Defense, Departamento de Defensa de los Estados Unidos) creó el modelo TCP/IP porque necesitaba una red que pudiera sobrevivir ante cualquier circunstancia, incluso una guerra nuclear. Para brindar un ejemplo más amplio, supongamos que el mundo está en estado de guerra, atravesado en todas direcciones por distintos tipos de conexiones: cables, microondas, fibras ópticas y enlaces satelitales. Imaginemos entonces que se necesita que fluya la información o los datos (organizados en forma de paquetes), independientemente de la condición de cualquier nodo o red en particular (que en este caso podrían haber sido destruidos por la guerra). El DoD desea que sus paquetes lleguen a destino siempre, bajo cualquier condición, desde un punto determinado hasta cualquier otro. Este problema de diseño de difícil solución fue lo que llevó a la creación del modelo TCP/IP, que desde entonces se transformó en el estándar a partir del cual se desarrolló Internet.

El modelo TCP/IP tiene cuatro capas (figura 4.2): la capa de Aplicación, la capa de Transporte, la capa de Internet y la capa de Acceso de Red. Es importante observar que algunas de las capas del modelo TCP/IP poseen el mismo nombre que las capas del modelo OSI. Es importante no confundir las capas de los dos modelos, porque la capa de Aplicación tiene diferentes funciones en cada modelo.



*Figura 4.2. Las 4 Capas del modelo TCP/IP.*

### 4.1.3. Comparación entre modelos

Si se compara el modelo OSI y el modelo TCP/IP, se observará que ambos presentan similitudes y diferencias. Dichas características se pueden apreciar en la figura 4.3. Dentro de las similitudes encontramos que ambos se dividen en capas, ambos tienen capas de Aplicación (aunque incluyen servicios muy distintos), ambos tienen capas de Transporte y de Red similares y la tecnología es de conmutación por paquetes (no de conmutación por circuito). Por otro lado las diferencias son notables, ya que TCP/IP combina las funciones de la capa de Presentación y de Sesión en la capa de Aplicación, las capas de Enlace de Datos y la capa Física del modelo OSI en la capa de Acceso a red. TCP/IP parece ser más simple porque tiene menos capas, además de que los protocolos TCP/IP son los estándares en torno a los cuales se desarrolló la Internet, de modo que la credibilidad del modelo TCP/IP se debe en gran parte a sus protocolos. En comparación, las redes típicas no se desarrollan normalmente a partir del protocolo OSI, aunque el modelo OSI se usa como guía.

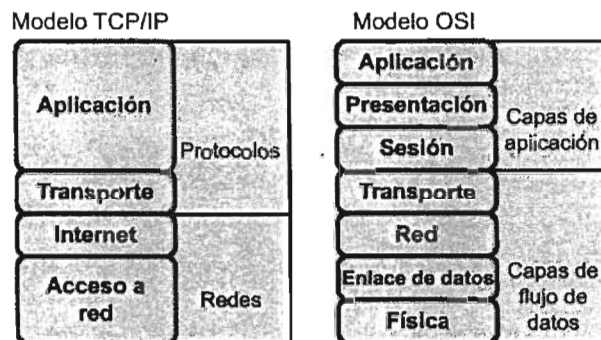


Figura 4.3. Comparación entre el modelo OSI y TCP/IP.

## 4.2. Clasificación de las redes

De acuerdo a lo visto anteriormente, denominaremos red de computadoras u ordenadores a una serie de *host* autónomos y dispositivos especiales intercomunicados entre sí. Ahora bien, este concepto genérico de red incluye multitud de tipos diferentes de redes y posibles configuraciones de las mismas, motivo por el cual desde un principio surgió la necesidad de establecer clasificaciones que permitieran identificar estructuras de red concretas.

Los posibles tipos de las redes pueden ser muchos, atendiendo cada uno de ellos a diferentes propiedades, siendo los más comunes y aceptados los siguientes:

Las redes primero se clasifican según su tamaño y extensión, es por ello que en primer lugar se encuentran las redes LAN (Local Area Network, Red de Área Local), las cuales son redes de computadoras cuya extensión es del orden de entre 10 metros a 1 kilómetro. Son redes pequeñas, habituales en oficinas, colegios y empresas pequeñas, que generalmente usan la tecnología de *broadcast*, es decir, aquella en que a un sólo cable se conectan todas las máquinas. Como su tamaño es restringido, el peor tiempo de transmisión de datos es conocido, siendo velocidades de transmisión típicas de LAN las que van de 10 a 100 Mbps.

Siguiendo con esta clasificación encontramos las redes MAN (Metropolitan Area Network, Red de Área Metropolitana), que son redes de computadoras cuyo tamaño es superior a una LAN, soliendo abarcar el tamaño de una ciudad. Son típicas de empresas y organizaciones que poseen distintas oficinas repartidas en una misma área metropolitana, por lo que, en su tamaño máximo, comprenden un área de unos 10 kilómetros.

Posteriormente se encuentran las redes WAN (Wide Area Network, Red de Área Amplia), las cuales tienen un tamaño superior a una MAN, y consisten en una colección de *host* o de redes LAN conectadas por una subred. Esta subred está formada por una serie de líneas de transmisión interconectadas por medio de *routers*, aparatos de red encargados de *rutear* o dirigir los paquetes hacia la LAN o *host* adecuado, enviándose éstos de un *router* a otro. Su tamaño puede oscilar entre 100 y 1,000 kilómetros.

Después se encuentran las redes Internet, las cuales son una red de redes, vinculadas mediante *ruteadores gateways*. Un *gateway* o pasarela es un computador especial que puede traducir información entre sistemas con formato de datos diferentes. Su tamaño puede ser desde 10,000 kilómetros en adelante, y su ejemplo más claro es Internet, la red de redes mundial.

Para concluir con este tipo de clasificación se encuentran las redes inalámbricas, las cuales son redes cuyos medios físicos no son cables de cobre de ningún tipo, lo que las diferencia de las redes anteriores. Están basadas en la transmisión de datos mediante ondas de radio, microondas, satélites o infrarrojos.

Un nuevo tipo de clasificación en las redes se hace según la tecnología de transmisión que emplean. Dentro de este tipo de clasificación encontramos las redes de *broadcast*, que son aquellas redes en las que la transmisión de datos se realiza por un sólo canal de comunicación, compartido entonces por todas las máquinas de la red. Cualquier paquete de datos enviado por cualquier máquina es recibido por todas las de la red.

De acuerdo a esta clasificación, en segundo lugar encontramos las redes Point-To-Point (Punto a Punto), en las que existen muchas conexiones entre parejas individuales de

máquinas. Para poder transmitir los paquetes desde una máquina a otra a veces es necesario que éstos pasen por máquinas intermedias, siendo obligado en tales casos un trazado de rutas mediante dispositivos *routers*.

Finalmente, el último tipo de clasificación de redes que encontramos es de acuerdo al tipo de transferencia de datos que soportan. Tal es el caso de las redes de transmisión simple (*simplex*), en las que los datos sólo pueden viajar en un sentido.

Posteriormente se encuentran las redes *Half-Duplex*, en las que los datos pueden viajar en ambos sentidos, pero sólo en uno de ellos en un momento dado. Es decir, sólo puede haber transferencia en un sentido a la vez.

El último tipo de redes que tenemos de acuerdo a esta clasificación son las redes *Full-Duplex*, en las que los datos pueden viajar en ambos sentidos a la vez.

### 4.2.1. Topologías de red

Como ya se ha mencionado anteriormente, las redes de ordenadores surgieron como una necesidad de interconectar los diferentes *host* de una empresa o institución para poder así compartir recursos y equipos específicos. Pero los diferentes componentes que van a formar una red se pueden interconectar o unir de diferentes formas, siendo la forma elegida un factor fundamental que va a determinar el rendimiento y la funcionalidad de la red.

La disposición de los diferentes componentes de una red se conoce con el nombre de topología de la red. La topología idónea para una red concreta va a depender de diferentes factores, como el número de máquinas a interconectar, el tipo de acceso al medio físico que deseemos, etc.

Podemos distinguir tres aspectos diferentes a la hora de considerar una topología:

1. La topología física, que es la disposición real de las máquinas, dispositivos de red y cableado (los medios) en la red.
2. La topología lógica, que es la forma en que las máquinas se comunican a través del medio físico. Los dos tipos más comunes de topologías lógicas son *broadcast* (*Ethernet*) y transmisión de *tokens* (*Token Ring*).
3. La topología matemática, mapas de nodos y enlaces, a menudo formando patrones.

La topología de *broadcast* simplemente significa que cada *host* envía sus datos hacia todos los demás *host* del medio de red. Las estaciones no siguen ningún orden para utilizar la red, sino que cada máquina accede a la red para transmitir datos en el momento en que lo necesita. Esta es la forma en que funciona *Ethernet*.



En cambio, la transmisión de *tokens* controla el acceso a la red al transmitir un *token* eléctrico de forma secuencial a cada *host*. Cuando un *host* recibe el *token* significa que puede enviar datos a través de la red. Si el *host* no tiene ningún dato para enviar, transmite el *token* hacia el siguiente *host* y el proceso se vuelve a repetir.

Los diferentes tipos o modelos de topologías que encontramos son: topología de bus, anillo, anillo doble, estrella, estrella extendida, árbol, malla completa, celular y finalmente la irregular.

La topología de bus (figura 4.4), tiene todos sus nodos conectados directamente a un enlace y no tiene ninguna otra conexión entre nodos. Físicamente cada *host* está conectado a un cable común, por lo que se pueden comunicar directamente, aunque la ruptura del cable hace que los *hosts* queden desconectados.

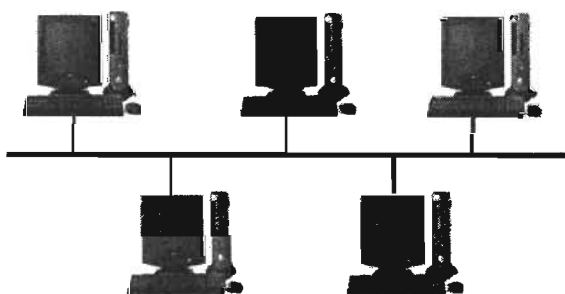


Figura 4.4. Topología en bus.

La topología de bus permite que todos los dispositivos de la red puedan ver todas las señales de todos los demás dispositivos, lo que puede ser ventajoso si desea que todos los dispositivos obtengan esta información. Sin embargo, puede representar una desventaja, ya que es común que se produzcan problemas de tráfico y colisiones, que se pueden resolver segmentando la red en varias partes. Esta es la topología más común en pequeñas LAN, con *hub* o *switch* final en uno de los extremos.

La topología en anillo (figura 4.5), se compone de un solo anillo cerrado formado por nodos y enlaces, en el que cada nodo está conectado solamente con los dos nodos adyacentes. Los dispositivos se conectan directamente entre sí por medio de cables en lo que se denomina una cadena margarita. Para que la información pueda circular, cada estación debe transferir la información a la estación adyacente.

La topología en anillo doble consta de dos anillos concéntricos, donde cada *host* de la red está conectado a ambos anillos, aunque los dos anillos no están conectados

directamente entre sí. Es análoga a la topología de anillo, con la diferencia de que, para incrementar la confiabilidad y flexibilidad de la red, hay un segundo anillo redundante que conecta los mismos dispositivos. La topología de anillo doble actúa como si fueran dos anillos independientes, de los cuales se usa solamente uno por vez.

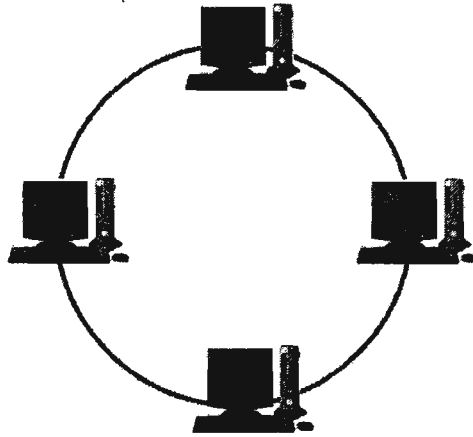


Figura 4.5. Topología en anillo.

La topología en estrella (figura 4.6), tiene un nodo central desde el cual se irradian todos los enlaces hacia los demás nodos. Por el nodo central, generalmente ocupado por un *hub*, pasa toda la información que circula por la red. La ventaja principal de esta topología es que permite que todos los nodos se comuniquen entre sí de manera conveniente. La desventaja principal es que si el nodo central falla, toda la red se desconecta.

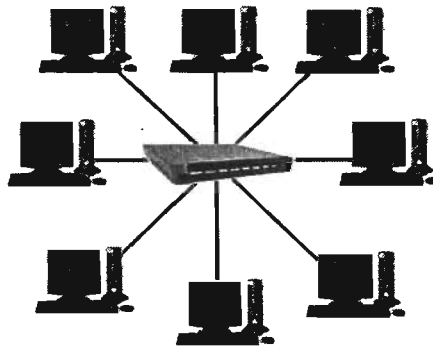


Figura 4.6. Topología en estrella.

Una topología derivada de la anterior es la topología en estrella extendida, con la diferencia de que cada nodo que se conecta con el nodo central también es el centro de otra estrella. Generalmente el nodo central está ocupado por un *hub* o un *switch*, y los nodos secundarios por *hubs*. La ventaja de esto es que el cableado es más corto y limita la cantidad de dispositivos que se deben interconectar con cualquier nodo central. La

topología en estrella extendida es sumamente jerárquica, y busca que la información se mantenga local. Esta es la forma de conexión utilizada actualmente por el sistema telefónico.

La topología de árbol (figura 4.7), es similar a la topología en estrella extendida, salvo en que no tiene un nodo central. En cambio, si contiene un nodo de enlace troncal, generalmente ocupado por un *hub* o *switch*, desde el que se ramifican los demás nodos. El enlace troncal es un cable con varias capas de ramificaciones, y el flujo de información es jerárquico. Conectado en el otro extremo al enlace troncal generalmente se encuentra un *host* servidor.

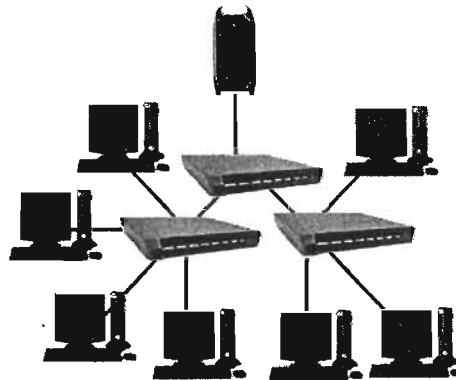


Figura 4.7. Topología en árbol.

Un tipo más de topología distinto a los anteriores es la topología de malla completa (figura 4.8), en el cual cada nodo se enlaza directamente con los demás nodos. Las ventajas son que, como cada todo se conecta físicamente a los demás, creando una conexión redundante, si algún enlace deja de funcionar la información puede circular a través de cualquier cantidad de enlaces hasta llegar a destino. Además, esta topología permite que la información circule por varias rutas a través de la red. La desventaja física principal es que sólo funciona con una pequeña cantidad de nodos, ya que de lo contrario la cantidad de medios necesarios para los enlaces, y la cantidad de conexiones con los enlaces se torna abrumadora.

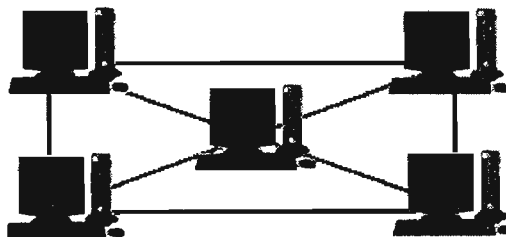
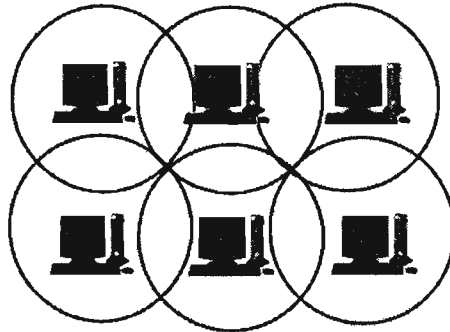


Figura 4.8. Topología en malla completa.

De esta forma llegamos a la topología celular (figura 4.9), la cual está compuesta por áreas circulares o hexagonales, cada una de las cuales tiene un nodo individual en el centro. La topología celular es un área geográfica dividida en regiones (celdas) para los fines de la tecnología inalámbrica. En esta tecnología no existen enlaces físicos; sólo hay ondas electromagnéticas.



*Figura 4.9. Topología de red celular (inalámbrica).*

La ventaja obvia de una topología celular (inalámbrica) es que no existe ningún medio tangible aparte de la atmósfera terrestre o el del vacío del espacio exterior (y los satélites). Las desventajas son que las señales se encuentran presentes en cualquier lugar de la celda y, de ese modo, pueden sufrir disturbios y violaciones de seguridad. Como norma, las topologías basadas en celdas se integran con otras topologías, ya sea que usen la atmósfera o los satélites.

Por ultimo nos encontramos con la topología irregular. En este tipo de topología no existe un patrón obvio de enlaces y nodos. El cableado no sigue un modelo determinado; de los nodos salen cantidades variables de cables. Las redes que se encuentran en las primeras etapas de construcción, o se encuentran mal planificadas, a menudo se conectan de esta manera.

### **4.3. Estándares y Protocolos**

#### **4.3.1. Estándares**

Una de las necesidades principales de un sistema de comunicaciones es el establecimiento de estándares, sin ellos sólo podrían comunicarse entre sí equipos del mismo fabricante y que usaran la misma tecnología.

Como las redes y los proveedores de productos para redes se han extendido por todo el mundo, la necesidad de una estandarización se ha incrementado; para esto, varias

organizaciones independientes han creado especificaciones estándar de diseño para los productos de redes de equipos. Cuando se mantienen estos estándares, es posible la comunicación entre productos hardware y software de diversos vendedores.

Existen algunos estándares oficiales creados por organizaciones como la ISO, de la cual se desprende el modelo OSI descrito anteriormente, y la IEEE, esta última es la encargada de fijar los estándares de los elementos físicos de una red, cables, conectores, etc., los cuales se muestran en la tabla 4.1.

ESTANDAR	CARACTERÍSTICAS
IEEE 802.1	Establece los estándares de interconexión relacionado con la gestión de redes.
IEEE 802.2	Define el estándar general para el nivel de enlace de datos. El IEEE divide este nivel en dos subniveles: los niveles LLC (Logical Link Control, Control de Enlace Lógico) y MAC (Media Access Control). El nivel MAC varía en fundación de los diferentes tipos de red y está definido por el estándar IEEE 802.3.
IEEE 802.3	Define el nivel MAC para redes de <i>bus</i> que utilizan CSMA/CD (Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection, Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones).
IEEE 802.4	Hace referencia al método de acceso <i>Token</i> pero para una red con topología en anillo o la conocida como <i>token bus</i> .
IEEE 802.5	Hace referencia al método de acceso <i>token</i> , pero para una red con topología en anillo, conocida como la <i>token ring</i> .
IEEE 802.6	Establece estándares para MAN, que son redes de datos diseñadas para poblaciones o ciudades. Dichas redes se caracterizan, normalmente, por conexiones de muy alta velocidad utilizando cables de fibra óptica u otro medio digital.
IEEE 802.7	Utilizada por el BTAG (Broadband Technical Advisory Group, Grupo Asesor Técnico de Banda Ancha).
IEEE 802.8	Utilizada por el FOTAG (Fiber-Optic Technical Advisory Group, Grupo Asesor Técnico de Fibra Óptica).
IEEE 802.9	Define las redes integradas de voz y datos.
IEEE 802.10	Define la seguridad de las redes.
IEEE 802.11	Define los estándares de redes WLAN (Wireles Local Area Network, Redes de Área Local sin Cable).
IEEE 802.12	Define el Acceso con Prioridad por Demanda (DPA, Demand Priority Acces).
IEEE 802.13	No utilizada.
IEEE 802.14	Define los estándares de módem por cable.
IEEE 802.15	Define las WPAN (Wireles Personal Area Networks, Redes de Área Personal sin Cable).
IEEE 802.16	Define los estándares sin cable de banda ancha.

Tabla 4.1. Estándares de elementos físicos de red

Del estándar IEEE 802.11 para redes sin cable se originan los mostrados en la tabla 4.2.

<b>ESTANDAR</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
802.11 <sup>a</sup>	Estándar WLAN de alta velocidad, en la banda de los 5 GHz. Soporta hasta 54 Mbps.
802.11b	Estándar WLAN para la banda de 2.4 GHz. Soporta 11 Mbps.
802.11e	Esta dirigido a los requerimientos de calidad de servicio para todas las interfaces IEEE WLAN de radio.
802.11f	Define la comunicación entre puntos de acceso para facilitar redes WLAN de diferentes proveedores.
802.11g	Establece una técnica de modulación adicional para la banda de los 2.4 GHz. Dirigido a proporcionar velocidades de hasta 54 Mbps.
802.11h	Define la administración del espectro de la banda de los 5 GHz para uso en Europa y en Asia.
802.11i	Está dirigido a abatir la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación.

*Tabla 4.2. Estándares WLAN.*

### **4.3.2. Protocolos**

Para que los datos puedan viajar desde el origen hasta su destino a través de una red, es importante que todos los dispositivos de la red operen con el mismo protocolo. Un protocolo establece las reglas que determinan cómo y cuándo un equipo de red puede acceder al cable y enviar información.

Los protocolos se clasifican en dos grupos: protocolos de bajo nivel, que son los que se encargan de gestionar el tráfico de información por el cable, o sea a nivel físico, y los protocolos de alto nivel, que fundamentalmente definen las normas a nivel de software por las que se van a comunicar los distintos dispositivos de la red. Ambos grupos se describirán a continuación.

#### **Protocolos de bajo nivel**

El protocolo de bajo nivel es, en cierto modo, la forma en que las señales se transmiten por el cable, transportando tanto datos como información y los procedimientos de control para el uso del medio por los diferentes nodos. Es decir, donde se especifican características tales como tasas de transferencia de datos, distancias máximas de transmisión y conectores físicos. Los protocolos de bajo nivel más utilizados se muestran en la Tabla 4.3.

PROTOCOLO	DESCRPCIÓN
10base5	Es la <i>Ethernet</i> original. Utiliza cable coaxial grueso y transeptores insertados en él. La longitud máxima del <i>bus</i> o segmento es de 500 m con 100 estaciones o dispositivos conectados por segmento, a una distancia mínima de 2.5 m entre puntos de inserción de los transeptores. La velocidad de transmisión es de 10Mbits/s.
10base2	El costo de instalación del coaxial y los transeptores de las redes 10base5 las hacía inutilizables para muchas empresas, lo cual indujo la utilización de un cable más fino y más barato, que además no necesitaba transeptores insertados en él. Por esto, también se le conoce como <i>Ethernet</i> fino ( <i>cheaper-net</i> , red barata). La longitud máxima del <i>bus</i> es de 185 metros y un máximo de 30 estaciones por segmento, no necesita transeptores y la velocidad de transmisión también es de 10Mbits/s.
10baseT	El costo del cable coaxial fino sigue siendo mayor que el del cable telefónico de pares trenzados. Como en la mayoría de los edificios el tendido de las líneas de teléfono estaba hecho con cables de cuatro pares y el teléfono sólo utiliza uno, se diseñó un modo de transmitir las señales <i>Ethernet</i> de 10 Mbits/s sobre dos pares trenzados en segmentos de hasta 100 metros y un máximo de 512 estaciones por segmento. Esta facilidad de aprovechar los tendidos existentes ha dado gran popularidad a este tipo de <i>Ethernet</i> , siendo el más utilizado en la actualidad. Este tipo de <i>Ethernet</i> se utiliza en topología estrella.
10baseF	Es la especificación <i>Ethernet</i> sobre fibra óptica. Los cables de cobre presentan el problema de ser susceptibles tanto de producir como de recibir interferencias. Por ello, en entornos industriales o donde existen equipos sensibles a las interferencias, es muy útil poder utilizar la fibra. Normalmente, las redes <i>Ethernet</i> de fibra suelen tener una topología en estrella. La distancia entre equipos puede llegar a 2 km y la velocidad de transmisión es de 10Mbits/s.
Switched Ethernet	Esta especificación utiliza concentradores de red con canales de comunicación de alta velocidad en su interior, con una arquitectura similar a las centrales de teléfonos, que conmutan el tráfico entre las estaciones conectados a ellos. Esto permite que cada estación disponga de un canal de 10Mbits/s, en lugar de un único canal para todas ellas. La ventaja de esta especificación es que utiliza los mismos cables y tarjetas de red que el 10baseT, sustituyendo sólo los concentradores.
<i>Ethernet</i> de 100 Mbits/s (100baseX)	Esta especificación permite velocidades de transferencia de 100 Mbits/s sobre cables de pares trenzados, directamente desde cada estación. Requiere la sustitución de los concentradores y las tarjetas de red de las estaciones.

Tabla 4.3. Protocolos de bajo nivel. (Continúa)

<i>Token ring</i>	Las redes basadas en protocolos de paso de testigo ( <i>token passing</i> ) basan el control de acceso al medio en la posesión de un testigo. Este es un paquete con un contenido especial que permite el intercambio de información con la estación que lo tiene. Cuando ninguna estación necesita transmitir, el testigo va circulando por la red de una a otra estación. Cuando una estación transmite una determinada cantidad de información debe pasar el testigo a la siguiente. Las redes de tipo <i>token ring</i> tienen una topología en anillo y están definidas en la especificación IEEE 802.5, para la velocidad de transmisión de 4 Mbits/s. Existen redes token ring de 16 Mbits/s, pero no están definidas en ninguna especificación de IEEE.
<i>Token bus</i>	Es una especificación de red basada en control de acceso al medio por paso de testigo con topología de bus. Las redes de tipo <i>token bus</i> tienen una topología en anillo y están definidas en la especificación IEEE 802.4, para velocidades de transmisión de 1, 5 y 10 Mbits/s.
FDDI	(Fiber Distributed Data Interface, Interfaz de Datos Distribuida por Fibra). Es una especificación de red sobre fibra óptica con topología de doble anillo, control de acceso al medio por paso de testigo y una velocidad de transmisión de 100 Mbits/s. Esta especificación estaba destinada a sustituir a la Ethernet pero el retraso en terminar las especificaciones por parte de los comités y los avances en otras tecnologías, principalmente Ethernet, la han relegado a unas pocas aplicaciones como interconexión de edificios.
CDDI	(Copper Distributed Data Interface, Interfaz de Datos Distribuida por Cobre). Es una modificación de la especificación FDDI para permitir el uso de cables de cobre de la llamada categoría cinco, cables de alta calidad específicos para transmisión de datos, en lugar de la fibra óptica.
HDLC	(High Level Data Link Control, Control de Enlace de Datos de Alto Nivel). Es la especificación de red utilizada principalmente para comunicación de datos por líneas telefónicas, como pueden ser las líneas punto a punto y las redes públicas de
Frame Relay	Frame Relay (Paso de tramas). Puede ser tanto un servicio prestado por una compañía telefónica como una especificación de red privada. Este sistema de transmisión permite velocidades de 56 kbits/s, $n \times 64$ kbits/s o 2 Mbits/s. El servicio se puede establecer con líneas punto a punto entre <i>ruteadores</i> o por medio de una conexión con una red pública. Un parámetro básico del servicio Frame Relay es el CIR (Committed Information Rate, Tasa de Información Asegurada), el cual se utiliza para facturar las conexiones a redes públicas.
ATM	(Asynchronous Transfer Mode, Modo de transferencia asíncrono). Es la especificación más reciente y con mayor futuro. Permite velocidades a partir de 156 Mbits/s, llegando a superar los 560 Mbits/s. Se basa en la transmisión de pequeños paquetes de datos de 56 bytes, con una mínima cabecera de dirección, que son conmutados por equipos de muy alta velocidad. La gran ventaja de esta especificación es la capacidad que tiene para transmitir información sensible a los retardos, como pueden ser voz o imágenes digitalizadas, combinada con datos, gracias a la capacidad de marcar los paquetes como eliminables, para que los equipos de conmutación puedan decidir que paquetes transmitir en caso de congestión de la red.

Tabla 4.3. Protocolos de bajo nivel.



Donde: 10 = Velocidad de transmisión de datos (10 = 10 Mbps; 100 = 100 Mbps)

Base = Tecnología de transmisión (Base = banda base); Ancho = ancho de banda.

Prácticamente todas las especificaciones son de banda base.

T = Medio físico que se usa para el transporte (en este caso par trenzado)

Los protocolos de bajo nivel controlan el acceso al medio físico, lo que se conoce como MAC y, además, parte del nivel de transmisión de datos, ya que se encargan también de las señales de temporización de la transmisión. Sobre todos los protocolos de bajo nivel MAC, se asientan los protocolos LLC, definidos en el estándar IEEE 802.2.

### Protocolos de alto nivel

El protocolo de alto nivel determina el modo y organización de la información (tanto de datos como de controles) para su transmisión por el medio físico, con el protocolo de bajo nivel. Los protocolos de alto nivel más comunes se muestran en la tabla 4.4.

PROTOCOLO	DESCRIPCIÓN
IPX/SPX	(Internet Packet eXchange/Sequenced Packet eXchange, Intercambio de Paquetes Internet/ Intercambio de Paquetes Secuenciados). Es el conjunto de protocolos de bajo nivel utilizados por el sistema operativo de red Netware de Novell. SPX actúa sobre IPX para asegurar la entrega de los datos.
DECnet	Es un protocolo de red propio de DEC (Digital Equipment Corporation, Corporación de Equipamiento Digital), que se utiliza para las conexiones en red de los ordenadores y equipos de esta marca y sus compatibles. Está muy extendido en el mundo académico. Uno de sus componentes, LAT (Local Area Transport, Transporte de área local), se utiliza para conectar periféricos por medio de la red y tiene una serie de características de gran utilidad como la asignación de nombres de servicio a periféricos o los servicios dedicados.
X.25	Es un protocolo utilizado principalmente en WAN y, sobre todo, en las redes públicas de transmisión de datos. Funciona por conmutación de paquetes, esto es, que los bloques de datos contienen información del origen y destino de los mismos, para que la red los pueda entregar correctamente aunque cada uno circule por un camino diferente.

Tabla 4.4. Protocolos de alto nivel. (Continúa)

<i>AppleTalk</i>	<p>Este protocolo está incluido en el sistema operativo del ordenador Apple Macintosh, desde su aparición, y permite interconectar ordenadores y periféricos con gran sencillez, para el usuario, ya que no requiere ningún tipo de configuración por su parte; el sistema operativo se encarga de todo. Existen tres aplicaciones básicas de este protocolo:</p> <p><i>LocalTalk</i> Es la forma original del protocolo. La comunicación se realiza por uno de los puertos serie del equipo. La velocidad de transmisión no es muy rápida pero es adecuada para los servicios que en principio se requería de ella, principalmente compartir impresoras.</p> <p><i>Ethertalk</i> Es la versión de Appletalk sobre Ethernet. Esto aumenta la velocidad de transmisión y facilita aplicaciones como la transferencia de ficheros.</p> <p><i>TokenTalk</i> Es la versión de Appletalk para redes <i>Tokenring</i>.</p>
NetBEUI	(NetBIOS Extended User Interface, Interfaz de Usuario Extendido para NetBIOS). NetBIOS (Network Basic Input/Output System, Sistema Básico de Entrada/Salida de Red), que es el sistema de enlazar el software y el hardware de red en los PCs. Este protocolo es la base de la red para Trabajo en Grupo.
TCP/IP	(Transmission Control Protocol/Internet Protocol, Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Interredes). Protocolo para el control de la transmisión orientado a la conexión TCP, establecido sobre el protocolo internet IP.

Tabla 4.4. Protocolos de alto nivel.

Dentro de los protocolos de alto nivel, el más ampliamente utilizado es el comúnmente conocido como TCP / IP. Es un protocolo que proporciona transmisión fiable de paquetes de datos sobre redes. El nombre TCP / IP Proviene de dos protocolos importantes de la familia, el TCP y el IP. Dicha familia de protocolos es la base de la red Internet, la mayor red de equipos en todo el mundo. Es por estos antecedentes, que este protocolo será utilizado en nuestro proyecto; en el siguiente apartado se describe brevemente dicho protocolo.

#### 4.3.2.1. Protocolo TCP/IP

El modelo TCP/IP cuenta con cuatro capas: Aplicación, Transporte, Internet y Acceso a red, las cuales se detallan a continuación:

Capa de Aplicación, esta capa maneja aspectos de representación, codificación y control de diálogo. El modelo TCP/IP combina todos los aspectos relacionados con las aplicaciones en una sola capa y garantiza que estos datos estén correctamente empaquetados para la siguiente capa.

La Capa de Transporte se refiere a los aspectos de calidad del servicio con respecto a la confiabilidad, el control de flujo y la corrección de errores. Uno de sus protocolos, el protocolo TCP, ofrece maneras flexibles y de alta calidad para crear comunicaciones de red confiables, sin problemas de flujo y con un nivel de error bajo. TCP es un protocolo orientado a la conexión. Mantiene un diálogo entre el origen y el destino mientras empaqueta la información de la capa de Aplicación en unidades denominadas segmentos. Orientado a la conexión no significa que el circuito exista entre los computadores que se están comunicando (esto sería una conmutación de circuito). Significa que los segmentos de Capa 4 viajan de un lado a otro entre dos *host* para comprobar que la conexión exista lógicamente para un determinado período. Esto se conoce como conmutación de paquetes.

El propósito de la Capa de Internet es enviar paquetes origen desde cualquier red y que estos paquetes lleguen a su destino independientemente de la ruta y de las redes que recorrieron para llegar hasta allí. El protocolo específico que rige esta capa se denomina IP. En esta capa se produce la determinación de la mejor ruta y la conmutación de paquetes. Esto se puede comparar con el sistema postal. Cuando se envía una carta por correo, no se sabe cómo llega al destino (existen varias rutas posibles), lo que interesa es que la carta llegue.

Finalmente la Capa de Acceso a red, se denomina también capa de *host* a red. Es la capa que se ocupa de todos los aspectos que requiere un paquete IP para realizar realmente un enlace físico. Esta capa incluye los detalles de tecnología LAN y WAN y todos los detalles de las capas Física y de Enlace de Datos del modelo OSI.

Es precisamente el protocolo TCP/IP quien da origen a la creación de números de identificación para los equipos de una red, lo cual nos será de mucha utilidad en este proyecto, ya que como se verá más adelante, cada estación hidrológica estará definida por un número de identificación llamado dirección IP, asignada a un módem GPRS.

#### **4.3.2.2. Direcciones IP**

En una red TCP/IP los ordenadores se identifican mediante un número que se denomina dirección IP. Esta dirección ha de estar dentro del rango de direcciones asignadas al organismo o empresa a la que pertenece, estos rangos son concedidos por el NIC (Network Information Center, Centro de Información de Internet).

Una dirección IP está formada por 32 bits, que se agrupan en octetos, por ejemplo, una dirección IP sería:

01000001.00001010.00000010.00000011

Para una mejor comprensión las direcciones IP se definen en formato decimal, representando el valor decimal de cada octeto y separando con puntos:

### 129.10.2.3

La dirección IP de una máquina se compone de dos partes, cuya longitud puede variar:

- Bits de red: son los bits que definen la red a la que pertenece el equipo.
- Bits de *host*: son los bits que distinguen a un equipo de otro dentro de una red.

Los bits de red siempre están a la izquierda y los de *host* a la derecha, veamos un ejemplo sencillo, tabla 4.5.

Bits de Red	Bits de <i>Host</i>
10010110 11010110 10001101	11000101
150.214.141.	197

Tabla 4.5. Bits de red y bits de host.

Con base en la información de la tabla, diremos que para esta máquina se tienen las siguientes características:

Dirección de red: 150.214.141.0

Dirección de *host*: 0.0.0.197

Donde la dirección de *host* es la identificación del equipo en dicha red. La máscara de red para este caso es 255.255.255.0. La máscara de red es un número con el formato de una dirección IP que nos sirve para distinguir cuando una máquina determinada pertenece a una subred dada; es decir, la máscara de red define simplemente cuales bits de los 32 bits de la dirección IP indican la dirección de red (los que están en 1) y cuales definen la dirección de *host* dentro de la red (los que están en 0). En formato binario todas las máscaras de red tienen los "1" agrupados a la izquierda y los "0" a la derecha, por ejemplo, retomando la dirección IP anterior:

$$\begin{aligned}
 150.214.141.197 &= 10010110\ 11010110\ 10001101\ 11000101 \\
 255.255.255.0 &= 11111111\ 11111111\ 11111111\ 00000000
 \end{aligned}$$

Para una mejor organización en la distribución de los direccionamientos de las redes, éstas se han agrupado en cuatro clases:

### **Las direcciones de clase A**

Rango de direcciones: 0.0.0.0 al 127.255.255.255

Contiene 7 bits para direcciones de red (el primer bit del octeto es siempre cero) y los 24 bits restantes representan a direcciones del equipo. Permite un máximo de 128 redes aunque en realidad tiene 126 ya que están reservadas las redes cuya dirección de red empieza por 0 y por 127, cada una de las cuales pueden tener 16,777,216 máquinas, (aunque en realidad tiene 16,777,214 ya que se reservan aquellas direcciones de equipos que son todos ceros y todos unos).

De lo anterior:

$$0 + \text{Red (7 bits)} + \text{Máquina (24 bits)}$$

### **Las direcciones de clase B**

Rango de direcciones: 128.0.0.0 al 191.255.255.255

Contiene 14 bits para direcciones de red (ya que el valor de los 2 primeros bits del primer octeto ha de ser siempre "10") y 16 bits para direcciones de equipo, lo que permite tener un máximo de 16,384 redes, cada una de las cuales puede tener 65,536 máquinas, (aunque en realidad tiene 65,534 máquinas cada una ya que una dirección es reservada para red y la otra para *broadcast*, en este caso estas direcciones son todos ceros y todos unos).

De lo anterior:

$$10 + \text{Red (14 bits)} + \text{Máquina (16 bits)}$$

### **Las direcciones de clase C**

Rango de direcciones: 192.0.0.0 al 223.255.255.255

Contiene 21 bits para direcciones de red (ya que el valor de los tres primeros bits del primer octeto ha de ser siempre 110) y 8 bits para direcciones de equipo, lo que permite tener un máximo de 2,097,152 redes cada una de las cuales puede tener 256 máquinas (aunque en realidad tiene 254 máquinas, ya que se reservan las direcciones cuyos valores sean todo ceros y todo unos).

De lo anterior:

$$110 + \text{Red (21 bits)} + \text{Máquina (8 bits)}$$

### **Las direcciones de clase D**

Rango de direcciones: 224.0.0.0 al 239.255.255.255

Se reservan todas las direcciones para multidestino. El valor de los cuatro primeros bits del primer octeto ha de ser siempre 1110 y los últimos 28 bits representan los grupos multidestino.

### Las direcciones de clase E

Rango de direcciones: 240.0.0.0 al 255.255.255.255

Se utiliza con fines experimentales únicamente y no está disponible para el público. El valor de los cuatro primeros bits del primer octeto ha de ser siempre 1111.

El número de redes permitidas, así como el número de equipos por red, se obtiene mediante las fórmulas:

$$2^n - 2 \text{ (n = n}^\circ \text{ de bits de red) = número de redes posibles}$$
$$2^n - 2 \text{ (n = n}^\circ \text{ de bits de equipo) = número de equipos posibles}$$

Pues bien, como se ha visto los protocolos y estándares anteriormente mencionados, así como las asignaciones de direcciones IP's, son utilizados para facilitar las interfaces de conexión entre sistemas de comunicación, mediante el uso de otros dispositivos.

## 4.4. Equipos de interconexión a red

Los dispositivos de interconexión a redes se pueden dividir genéricamente en cuatro categorías: repetidores y concentradores o *hub*, puentes, *ruteadores* y *gateways*. Cada uno de los cuales está asociado a uno o varios de los niveles OSI. Los repetidores y concentradores o *hubs* están asociados al Nivel 1 (Nivel Físico), los puentes al Nivel 2 (Nivel de Enlace), los *ruteadores* al Nivel 3 (Nivel de Red) y los *gateways* o convertidores de protocolos a los niveles superiores (Transporte, Sesión, Presentación y Aplicación).

### *Repetidores*

Los repetidores reciben las señales eléctricas provenientes de los equipos origen o de otros repetidores, las adecuan y las retransmiten con su intensidad y definición original. Ya que si el cable es muy largo, la señal se debilita y llega a ser irreconocible. Instalando un repetidor entre dos segmentos de cable, las señales pueden viajar más lejos de una forma menos costosa y más efectiva. El número máximo de repetidores en cascada es de cuatro, pero con la condición de que los segmentos 2 y 4 sean IRL (InterRepeater Links, Enlaces Inter. Repetidores), es decir, que no tengan ningún equipo conectado que no sean los repetidores. En caso contrario, el número máximo es de 2, interconectando 3 segmentos de red.

El repetidor tiene dos puertos que conectan dos segmentos Ethernet por medio de *transceivers* (instalando diferentes *transceivers* es posible interconectar dos segmentos de diferentes medios físicos) y cables *drop* mediante los cuales se conectan equipos y usuarios de red. El repetidor tiene como mínimo una salida Ethernet para el cable dorsal Ethernet y otra para teléfono, figura 4.10.

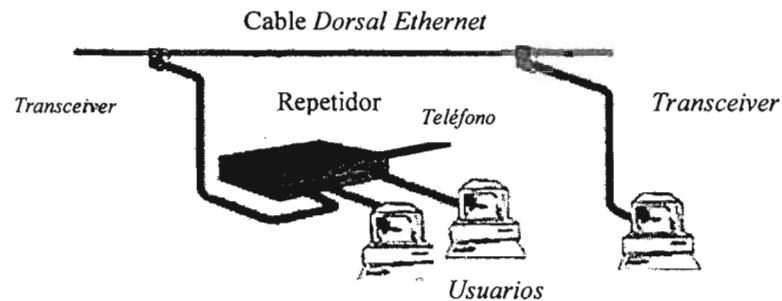


Figura 4.10. Conexión para un repetidor.

### Concentradores (*hub*)

Los concentradores o *hubs* son dispositivos que conectan equipos en una topología estrella. Estos dispositivos contienen múltiples puertos para conectar a los componentes de red. Utilizando un *hub*, un corte en la red no afecta a la red entera, sólo al segmento fragmentado y al equipo vinculado a ese segmento son los que fallan. Un solo paquete de datos enviado a través del *hub* va a todos los equipos conectados. Existen dos tipos de *hubs*: pasivos y activos. Los *hubs* pasivos son los que envía la señal entrante directamente a través de sus puertos, sin enviar una señal procesada. Estos *hubs* son normalmente paneles cableados. Los *hubs* activos llegan a través de cables de par trenzado a una de las puertas, siendo regenerada eléctricamente y enviada a las demás salidas. Este elemento también se encarga de desconectar las salidas cuando se produce una situación de error. En la figura 4.11 se muestra la conexión de un concentrador o *hub*.

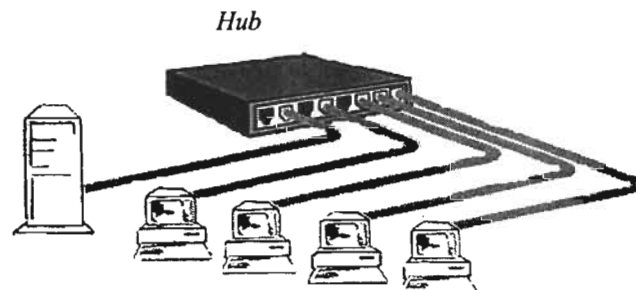


Figura 4.11. Conexión de un *hub*.

## *Puentes*

Los puentes operan tanto en la Capa Física como en la de Enlace de Datos del modelo de referencia OSI. Los puentes pueden dividir una red muy grande en pequeños segmentos. Pero también pueden unir dos redes separadas. Los puentes pueden hacer filtraje para controlar el tráfico en una red. Como un puente opera en la capa de enlace de datos, proporciona acceso a todas las direcciones físicas a todas las estaciones conectadas a él. Cuando una trama entra a un puente, el puente no sólo regenera la señal, sino también verifica la dirección del nodo destino y la reenvía la nueva copia sólo al segmento al cual la dirección pertenece. En cuanto un puente encuentra un paquete, lee las direcciones contenidas en la trama y compara esa dirección con una tabla de todas las direcciones de todas las estaciones en ambos segmentos. Cuando encuentra una correspondencia, descubre a que segmento la estación pertenece y envía el paquete sólo a ese segmento, en la figura 4.12 se observa un Puente.



*Figura 4.12. Puente.*

## *Ruteadores*

En el Nivel o Capa 3 tenemos a los *ruteadores*, que son equipos de interconexión de redes que actúan a nivel de los protocolos de red. Permite utilizar varios sistemas de interconexión mejorando el rendimiento de la transmisión entre redes. Permiten, incluso, enlazar dos redes basadas en un protocolo, por medio de otra que utilice un protocolo diferente.

El *ruteador* tradicional incluye tres componentes clave: tarjetas de red, procesador de control y *backplane* (panel dorsal). Las tarjetas de red soportan protocolos e interfaces de LAN's y WAN's, mientras que el procesador de control efectúa cálculos de ruta y actualizaciones de topología. Cuando un paquete entra en una interfaz, se examina la dirección destino y se consulta al procesador de control para determinar el camino de salida apropiado. El paquete se envía entonces a otra interfaz a través del *backplane*, proporcionando la conexión adecuada para llegar al segmento LAN o puerto WAN previsto.



## Gateway

Por último, encontramos al *gateway*, que consiste en una computadora u otro dispositivo que actúa como traductor entre dos sistemas que no utilizan los mismos protocolos de comunicaciones, formatos de estructuras de datos, lenguajes y/o arquitecturas. Un gateway (compuerta) no es como un puente, que simplemente transfiere información entre dos sistemas sin realizar conversión. Este modifica el empaquetamiento de la información o su sintaxis para acomodarse al sistema destino.

En la figura 4.13 se observa la estructura que guardarían algunos dispositivos de interconexión, con su simbología correspondiente. Cabe mencionar que el número y tipo de dispositivos utilizables depende de las necesidades de la red a implementar.

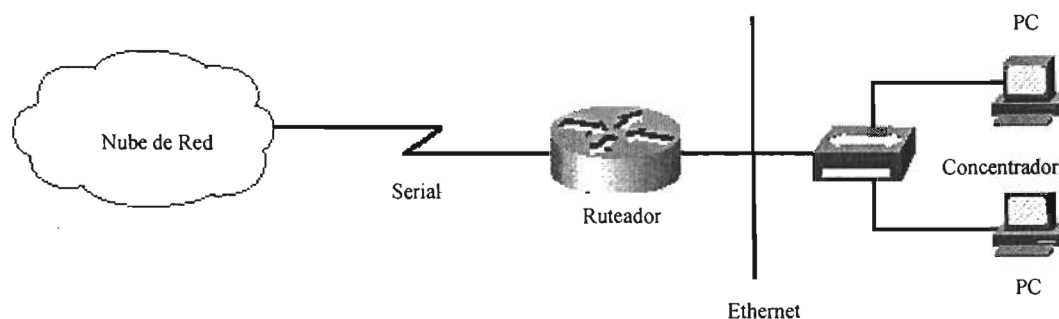


Figura 4.13. Equipos de interconexión a red.

En la figura 4.14 se muestran los equipos de interconexión en su representación física.

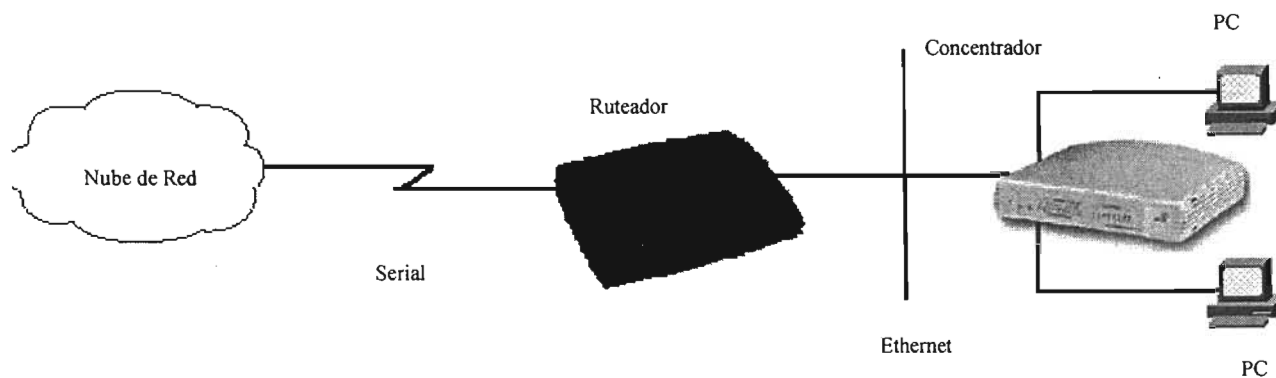


Figura 4.14. Equipos de interconexión físicos.

Aunado a los equipos descritos anteriormente, procederemos a describir un módem GPRS, que nos permitirá la transmisión de información de datos de las estaciones hidrológicas, para que después de un proceso podamos concentrarla en un servidor.

Cabe comentar que los servidores son equipos que permiten la conexión a la red de equipos periféricos tanto para la entrada como para la salida de datos. Estos dispositivos se ofrecen en la red como recursos compartidos. Así un terminal conectado a uno de estos dispositivos puede establecer sesiones contra varios ordenadores multiusuario disponibles en la red. Igualmente, cualquier sistema de la red puede imprimir en las impresoras conectadas a un servidor.

#### 4.4.1. Módem GPRS

Uno de los elementos necesarios en la comunicación de datos vía GSM son los módem GPRS, figura 4.15.



Figura 4.15. Módem GPRS.

En general estos dispositivos tienen como características y especificaciones principales a las siguientes:

##### *Características:*

- Data/Fax transmisión y recepción
- GPRS clase 8
- Llamadas de voz
- Transmisión y recepción de SMS (Short Message Service, Servicio de Mensajes Cortos).
- Automantenimiento.
- Autosupervisión, dispone de un microcontrolador interno que supervisa las funciones propias del módulo.
- Modificación remota de parámetros internos del terminal.
- Control total de la aplicación.
- Control remoto del nivel de cobertura y otros parámetros radio.
- Este *modem* es capaz de comunicarse a través de TCP/IP mediante comandos especiales.
- Plataforma abierta por la realización de aplicaciones de cliente usando el lenguaje C.
- Elementos de fijación a pared.

## *Especificaciones*

- Potencia de alimentación y consumo: Clase 4 (2W) para GSM 900; Clase 1 (1W) para GSM 1800; 8V-32V para GSM 900/1800; modo reposo, 20mA 12V, en conversación 150 mA 900MHz.
- Rango de temperatura :
  - Funcionamiento: de 5 a + 55°C.
  - Almacenamiento: de -40 a 85 °C.
- Conector RJ11 ó RJ9 para alimentación.
- Lector de tarjeta de memoria tipo SIM.
- Configuración por comandos AT (Estándar ETSI 07.05 y 07.07).
- Puerto tipo SMA o N para antena externa.
- Accesorios para fijación.
- Conector DB9 RS232 para puerto serial.

## **4.5. Fundamentos de Circuitos Conmutados HCSD**

Hemos visto durante el desarrollo de este capítulo, las características de las redes de datos y sus equipos de interconexión. Pues bien, los servicios de datos implementados sobre telefonía celular no presentan grandes diferencias, basta con decir que el acceso inicial es bajo el uso de la interfaz de aire (definida en cada caso por el estándar empleado, para nuestro caso particular GSM) y la central celular, fuera de estos el funcionamiento de una red de telefonía celular es idéntico al de una red LAN. Para el caso del servicio de datos por circuitos conmutados en GSM, denominado por sus siglas en inglés como HCSD, la tecnología GSM le proporciona al móvil la plataforma de acceso a una red LAN.

La transmisión de datos por circuitos conmutados HCSD es uno de los servicios de transmisión de datos e internet, implementado y desarrollado sobre la tecnología GSM. En HCSD, se requiere de dos circuitos para la comunicación de datos, mismos que se conmutan para permitir el servicio de datos o internet. Para el establecimiento de una transferencia de información por circuitos conmutados, es necesario un canal dedicado (que normalmente es utilizado para voz), durante el tiempo de la transferencia de información.

El hecho de utilizar un canal dedicado, normalmente utilizado para servicios de voz, nos limita en velocidad de transmisión a 64 kbps, que es la tasa de transmisión para un

canal de voz en GSM. La información de datos del usuario de HCSD viaja por la red GSM cual si fuere una llamada de voz hasta llegar a la central celular MSC, misma que lo *enruta* hacia el modulo GSN (Gateway Support Node , Módulo de Soporte y Acceso), el cual proporciona los servicios de valor agregado solicitados por el usuario, en nuestro caso HCSD.

El servicio de HCSD requiere de realizar una conexión al sistema GSM por cada transacción. Esta conexión se realiza en forma similar a una llamada de voz convencional:

1. El móvil realiza el marcado especial mediante el teclado del teléfono o propiedades del módem utilizado.
2. Un canal de control dedicado DCCH, toma los datos del móvil como número de serie, datos de la tarjeta SIMM, etc. y envía estos datos junto con la petición del servicio a la central.
3. La central autentifica al usuario en el HLR y el servicio en el VLR.
4. La central asigna un canal de tráfico TCCH y libera el DCCH.
5. Mediante el TCCH, la central asigna un ancho de banda dedicado de 64 kbps (igual que un canal convencional de voz) y envía a el usuario hacia el GSN, éste, asigna una IP aleatoria y conecta al usuario al servidor correspondiente, prestando así el servicio de HCSD.
6. Si no hay transferencia de datos en un periodo de tiempo determinado, la conexión se da por terminada, motivo por el cual se debe de repetir el proceso de conexión.

El servicio de HCSD es facturado hacia el usuario por tiempo de conexión realizada, por lo que es ideal para usuarios que precisan de una velocidad de transmisión aceptable, con conexiones a red en las cuales la tasa de datos transmitidos o recibidos es alta. Una analogía muy buena es la de comparar este servicio con el módem de una PC, cada que vez que el usuario requiere de conexión a servicio de internet, precisa de realizar una marcación, verificación y acceso al servidor del proveedor de servicios de internet, mientras esta conexión esté activa el usuario es capaz de recibir cualquier cantidad de *bytes*.

En la figura 4.16 se muestra la diferencia entre dos transacciones de datos, la parte de la izquierda corresponde a conmutación de circuitos (HCSD), explicado anteriormente, y la parte de la derecha correspondería a GPRS.

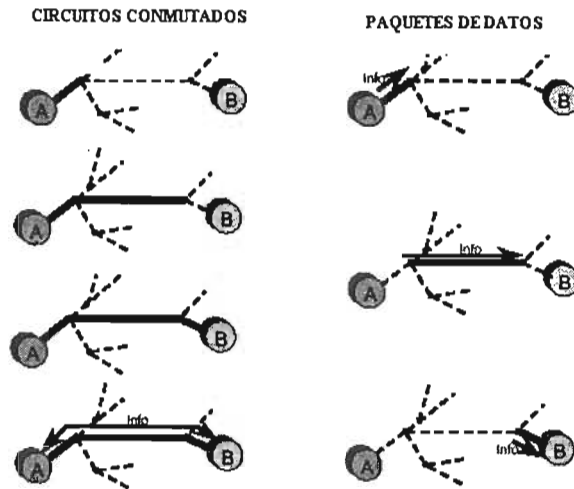


Figura 4.16. Circuitos conmutados y paquetes de datos.

#### 4.6. Fundamentos de una red GPRS

GPRS es una tecnología reciente que permite enviar y recibir información utilizando una red de telefonía móvil, como es la basada en el estándar GSM. GPRS necesita introducir una interfaz para el intercambio de “paquetes “. Este cambio en la conmutación de circuitos hacia la conmutación de paquetes es muy complicado; sin embargo, la forma en la que se entregan los paquetes hace que los operadores GSM sólo tengan que agregar un par de nodos y actualizar el software que controla sus redes celulares actuales.

Al contrario que el servicio de transferencia de datos, con la modalidad de conmutación de circuitos ( HCS D ), en el que cada conexión establecida se dedica sólo al usuario que la ha solicitado empleando un canal dedicado, el servicio GPRS permite la transmisión de paquetes en modalidad de “enlace por enlace”, es decir, los paquetes de información se encaminan en fases separadas a través de los nodos de soporte de servicio, denominados SGSN (Nodo de Soporte y Servicio GPRS). Por ejemplo, una vez que un paquete ha sido transmitido por la interfaz de radio de una BSC (denominada Gb), se vuelven a liberar los recursos de la misma, en forma que puede utilizarse en forma inmediata por algún otro usuario, el paquete enviado viajará de nodo en nodo hasta su destino.

El servicio GPRS, por tanto, está dirigido a aplicaciones que tienen las siguientes características:

1. Transmisión poco frecuente de pequeñas o grandes cantidades de datos.
2. Transmisión intermitente de tráfico de datos “ráfagas”, por ejemplo, aplicaciones en las que el tiempo medio entre dos transacciones consecutivas es de duración superior a la duración media de una única transacción.

Gracias a GPRS podemos hablar de una red móvil de verdad, ya que GPRS proporciona una total conexión con los servicios actuales como FTP(File Transfer Protocol, Protocolo de Transferencia de Archivos), *Chat*, correo electrónico, etc. Lo que permite a muchos operadores convertirse en proveedores de contenidos y servicios de datos a una velocidad de transmisión aceptable (típicamente 112.5 kbps) y competitiva respecto a servicios del mismo tipo en banda ancha.

#### 4.7. Elementos de una red GPRS

Una red GPRS está implementada sobre GSM y puede coexistir con una red HCSD al mismo tiempo, es decir, que servicios de voz y datos (circuitos conmutados HCSD ó paquetes conmutados GPRS), funcionan al mismo tiempo sin interferirse unos con otros. El diseño modular de la arquitectura GSM permite agregar equipos para la actualización y crecimiento de la red sin la realización previa de grandes cambios, sólo basta con realizar una actualización de software en la central de conmutación celular, la base de datos local de usuarios, la controladora de radio bases y en las radio bases.

En la figura 4.17 se muestra la estructura de una red GSM y los módulos que intervienen en las transferencias de datos utilizando GPRS. Los nodos SGSN y el GGSN (Nodo de Soporte y Acceso GPRS respectivamente), permiten la supervisión y acceso a red para GPRS. El SGSN es el componente primario para la comunicación GPRS, dentro de sus funciones se encuentra la comunicación con los HLR, MSC, BSC, GGSN, para la verificación de datos del usuario(ejemplo: IMSI, IP, etc.) y considerando que el equipo que éste emplea puede estar en un área de cobertura local o visitante (*roaming*), también consulta al VLR. El SGSN también permite el cifrado y autenticación de la información, el manejo de sesión, el manejo de *handover* y la salida de facturación. En cuanto al GGSN, éste permite el establecimiento del protocolo TCP/IP (direccionamiento y acceso) hacia los usuarios y la conexión hacia redes externas, corporativas o una red pública PLMN (Public Land Mobile Network, Red Pública Móvil de Superficie), así mismo, colecta la información de tarificación y la envía al SGSN.

## ARQUITECTURA DE UNA RED GPRS

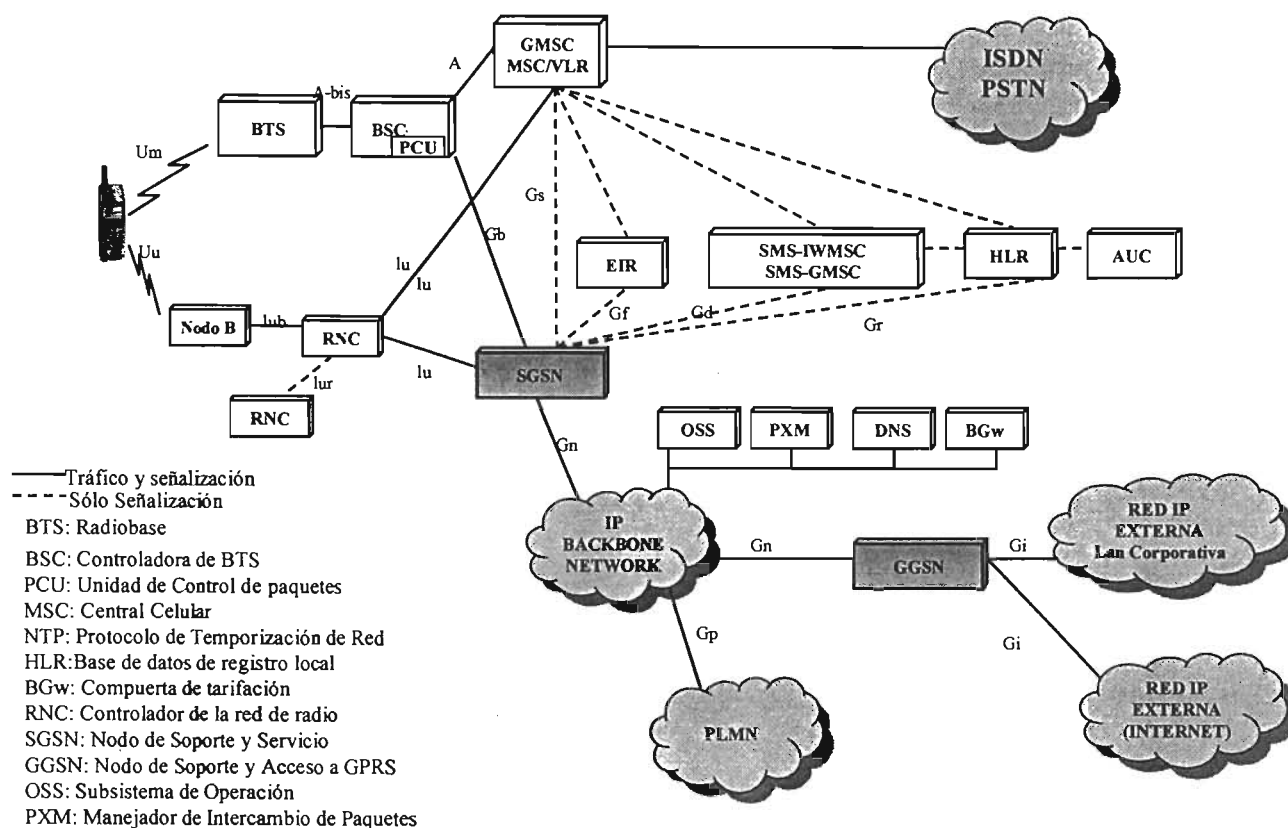


Figura 4.17. Estructura de una Red GPRS.

De la figura 4.17 podemos observar que el OSS (Operation Support System, Sistema de Operación y Soporte), PXM (Packet Exchange Manager, Manejador de Intercambio de Paquetes), DNS (Domain Name Server, Servidor de Usuarios del Dominio), BGw (Billing Gateway, Compuerta de Tarificación) interactúan con ambos nodos y en conjunto permiten la supervisión del sistema y el manejo de datos en la red mediante el modelo TCP/IP. Por ejemplo: DNS contiene una base de datos con los direccionamientos entre las redes externas y el direccionamiento IP de la red GSM; OSS es la herramienta para operación y mantenimiento del sistema GPRS; BGw recopila la información de tarificación y PXM permite que los paquetes de datos sean traducidos a navegadores o aplicaciones gráficas. En la red GPRS se también ofrece servicio de mensajes de texto sobre IP, para este efecto el SGSN y GGSN se conectan a servidores especializados en este tipo de servicios como los son los bloques de la figura 4.14, denotados al inicio como SMS.

La forma en la cual se interrelacionan los equipos de una red GSM permiten la transferencia de datos vía GPRS, para este efecto, cada operación de señalización o tráfico, define un tipo de interfaz, éstas son nombradas de acuerdo a la función y etapa de cada una

de ellas (tabla 4.6); por ejemplo, la interfaz Um está relacionada directamente con la interfaz de aire del móvil y la radio base; la interfaz Gb, es montada sobre la interfaz GSM A-Ter entre la Controladora de radio bases y las Centrales Celulares.

INTERFAZ	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
Gb	Señalización y Tráfico	Comunicación entre el SGSN y la Controladora de radio bases, permite la supervisión de niveles de transmisión y recepción para el manejo de áreas de cobertura.
Gs	Señalización	Comunicación entre la Central Celular y el VLR, para usuarios que se encuentran de <i>roaming</i> .
Gf	Señalización	Comunicación entre el SGSN y el EIR para validar el móvil como hardware.
Gd	Señalización	Comunicación entre el Servidor de Mensajes Cortos ( SMS por sus siglas en inglés) y el SGSN, cuando el servicio de mensajes escritos está habilitado sobre GPRS.
Gr	Señalización	Comunicación del SGSN y el HLR para la validación y autenticación de datos y servicios del usuario, cuando éste está en su área local.
Gn	Señalización y tráfico	Comunicación entre los nodos de soporte y acceso ( SGSN y GGSN), dentro de la red GPRS para conectar y supervisar al usuario en el servicio de red solicitado.
Gp	Señalización y tráfico	Comunicación de los nodos GPRS a otro sistema u operador de este servicio.
Gi	Señalización y tráfico	Comunicación final del usuario del GGSN a una red externa sobre protocolo IP.
Um,Uu, lu, lub, lur	Señalización y tráfico	Comunicación del SGSN hacia las BTS(vía controladoras de BTS) para ajustar niveles de radiofrecuencia mediante <i>handover</i> .

Tabla 4.6. Tipos de Interfaz en GPRS.

Los nombres de cada interfaz están definidos por el estándar GPRS y son utilizadas para diferenciar los distintos procesos de comunicación y protocolo. En la figura 4.18 se muestran las interfaces y la función de cada elemento de la red GPRS.

Ahora bien, la parte correspondiente a la interfaz de aire para GPRS (Gb), es la misma que la empleada por GSM para voz descrita en el capítulo 2, no obstante, sí es pertinente describir ciertas diferencias existentes, ya que la información transportada son datos. En la radio base BTS, existen diferentes *tranceptores* (receptores y transmisores a la vez), cada uno de ellos maneja un canal de 64kbps, es decir, un *timeslot* de un enlace tipo E1 (30 canales de voz o datos, 1 de sincronía y uno de señalización), gracias al Acceso Múltiple por División de Tiempo, es posible dividir cada *timeslot* del E1 en 4 ranuras de tiempo, alojando así en el transceptor 4 llamadas o canales disponibles. El operador celular designa cierta cantidad de estos canales para servicios de datos, nombrándolos en general PDCH (Packet Dedicated Channel, Canal de Paquetes Dedicado). El PDCH puede ser dedicado o por demanda, el primero aplica por ejemplo para servicios de Circuitos conmutados HCSD y el segundo es el empleado para GPRS. Dado que GPRS no requiere de una conexión a red permanente, el PDCH por demanda se emplea sólo cuando la transacción de datos se lleva a cabo, posterior a esto, el canal es liberado y puede ser empleado para HCSD o para voz.



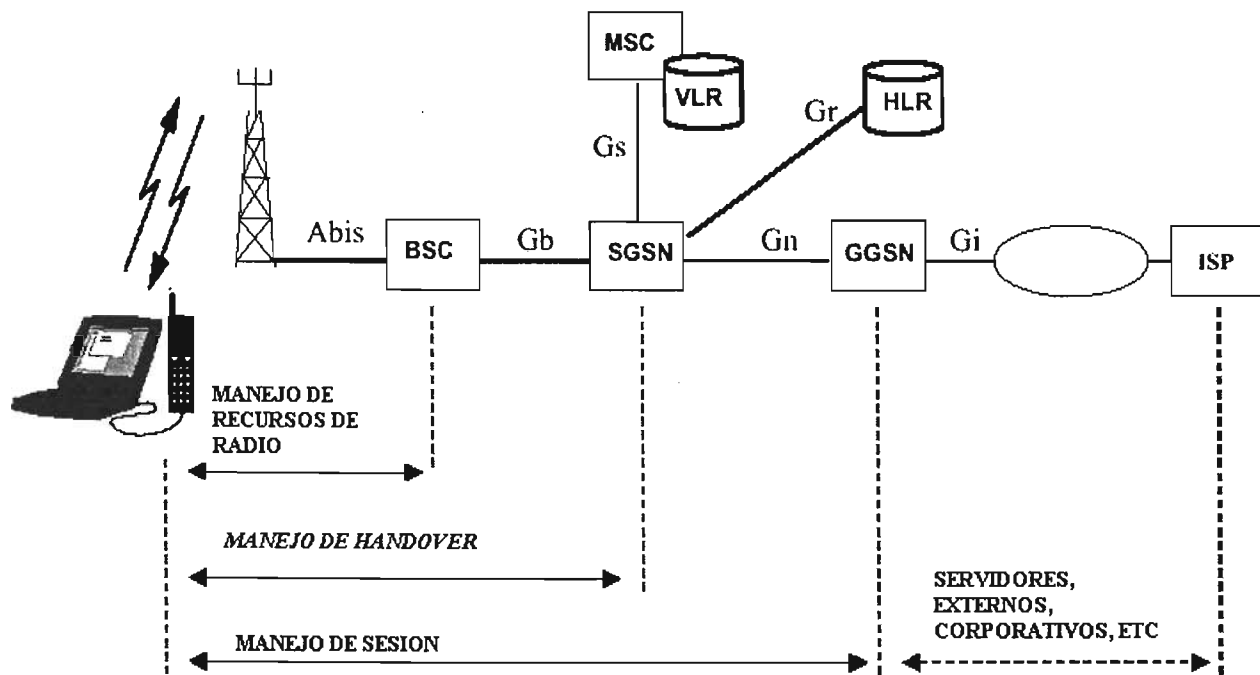


Figura 4.18. Funciones y tipo de Interfaz en una red GPRS.

Cada transacción de GPRS es en un inicio procesada cual si fuera una llamada de voz. El móvil (teléfono o módem), ahora con una dirección IP asignada por el operador, hace la petición del servicio, ingresando a la BTS por el canal de control dedicado DCCH y transmitiendo información a la BSC, ésta envía los datos del móvil al MSC, donde se validan los servicios con ayuda del VLR/HLR (Interfaz Gs y Gr). Una vez validados los servicios, el SGSN solicita acceso al GGSN (Interfaz Gn). La información es devuelta a la BSC junto con la dirección IP del móvil con el acceso garantizado, una vez más la BSC da las instrucciones para dejar libre el DCCH y asignar uno de los PDCH bajo demanda disponibles. Si no lo hay, inmediatamente se toma prestado un PDCH dedicado de HCSN a fin de que la transacción de paquetes sea factible (Interfaz Gi). Las Redes GSM, en general, otorgan más privilegios al sistema GPRS, ya que hace más eficiente el uso de la disponibilidad de recursos, al liberar los canales una vez realizada la transferencia de paquetes de datos.

Otra diferencia significativa respecto al manejo de voz, radica en que los *handover* (cambios de área de cobertura o celdas) los supervisa directamente el SGSN y la BSC, es decir, el SGSN toma la función del MSC (figura 4.19). El SGSN y la BSC tienen subsistemas especializados en el manejo de los paquetes y las áreas de cobertura: PCU

(Packet Control Unit, Unidad de Control de Paquetes) y el RNC (Radio Network Control, Controlador de la Red de Radio).

Resumiendo, las diferencias en GSM, entre el manejo de voz, respecto a paquetes de datos son: existen PDCH por demanda, el móvil tiene un dato extra que es una dirección IP y los *handover* son manejados por el SGSN, la BSC y sus subsistemas.

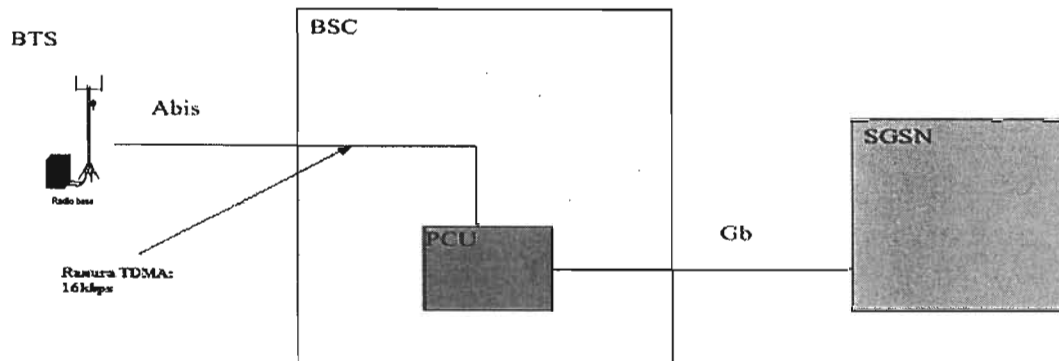


Figura 4.19. Elementos de la Red GPRS encargados del Handover.

#### 4.8. Servicios de una red GPRS

Los sistemas GPRS, a través de sus servicios, proporcionan soluciones de comunicación de datos bajo Protocolos de Internet (IP) entre estaciones móviles e IH's (Internet Service Hosts, Servicio de Internet Hospedado) o con redes corporativas LAN.

Los servicios soportados por GPRS pueden clasificarse de dos maneras: servicios de persona a persona y servicios entre servidores. Los servicios de persona a persona tienen un alto consumo de ancho de banda, estos servicios normalmente son: Internet, Navegadores Web, *Chats* en internet, transferencia de archivos vía FTP, correo electrónico, etc. Por otro lado, los servicios entre servidores son: puntos de venta (lectores de tarjetas bancarias), aplicaciones bancarias (cajeros automáticos), aplicaciones de telemetría (como el caso de esta tesis: una estación hidrológica), optimización de sistemas de distribución (servicios de paquetería y mensajería) y servicios de despacho (policía, compañías de taxis, etc.).

En la figura 4.20 se muestran los servicios ofrecidos por GPRS, visto en relación de la cantidad de paquetes contra la ocupación de ancho de banda típico. Partiendo de la comparativa, en la figura notamos que los servicios persona a persona (navegadores, correo, etcétera) tienen un alto consumo de ancho de banda y una moderada cantidad de

paquetes de datos, por otro lado, en los servicios de máquina a máquina (telemetría, puntos de venta, etcétera) sucede lo contrario, el ancho de banda ocupado es mínimo pero la cantidad de paquetes es alta. Concluyendo, los servicios de persona a persona tienden a requerir conexiones más largas pero poco frecuentes y los servicios de máquina a máquina requieren multi-conexiones de poca duración pero frecuentes.

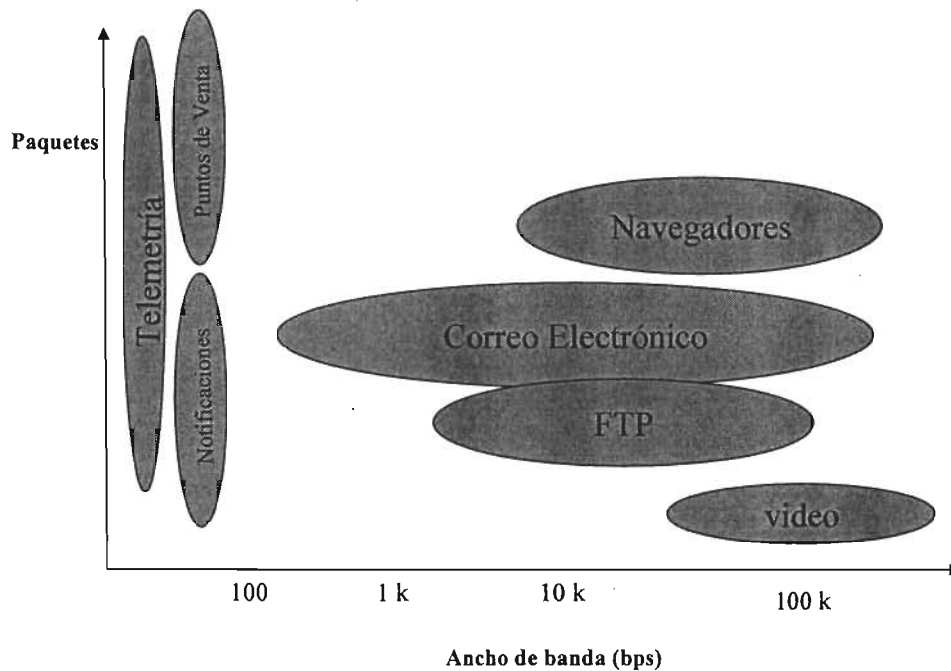


Figura 4.20. Servicios en GPRS.

Los operadores de telefonía celular normalmente ofertan los servicios mencionados en función de la cantidad de datos transmitidos ó por la cantidad de conexiones realizadas. Para el caso de la tecnología GPRS, la tarificación es con base a la cantidad de información transmitida, no importando el número de conexiones hechas para tal efecto, por este motivo GPRS tiene un campo de aplicación más amplio con servicios de comunicación de datos entre servidores.

#### 4.9. Estaciones móviles para GPRS

Las estaciones móviles para GPRS pueden ser teléfonos celulares o radio módems, se dividen en tres clases dependiendo de la capacidad para manejar HCSO o GPRS, en

conjunto o separado: Clase A, son las estaciones móviles que manejan simultáneamente HCSD y GPRS; Clase B, son las estaciones móviles que soportan HCSD y GPRS en forma no simultánea y Clase C, las que trabajan con un solo sistema. Debido al carácter global de GSM, las estaciones móviles manejan las tres bandas de frecuencia empleadas por este estándar.

Como ya se mencionó, los servicios de comunicación entre servidores por GPRS son de bajo consumo de ancho de banda. Para este tipo de aplicaciones se pueden usar los tres tipos de estaciones móviles, sin embargo, hay productos especializados únicamente en la transmisión de paquetes de datos, estos equipos normalmente son los de clase C y sólo realizan la función de radio módems. Los radio módems GPRS se caracterizan por manejar sólo transmisión y recepción de datos, contar con una interfaz o puerto de datos para conexión a red normalmente RS232 o RJ45, fuente de poder AC-DC, batería de respaldo, puerto para antena, construcción delgada y ligera. Por otro lado, el teléfono aún cuando es clase A y B (en teoría más completo), ambos con radio módem integrado, requieren de cables y conectores especiales para conexión a una red, así mismo, por manejar otros servicios celulares adicionales (voz, mensajes multimedia, buzón de voz, etc.), es más susceptible de robo, debido a que normalmente este tipo de equipos se dejan operando en lugares públicos o poco vigilados, razón por la cual no sería conveniente la utilización de este tipo de aparatos en aplicaciones de telemetría, como lo es el caso que nos ocupa en este trabajo de tesis.

En el capítulo siguiente aplicaremos los conceptos y tecnologías descritas, desde el inicio de la presente tesis hasta este punto, al desarrollo de una red de estaciones hidrológicas.

## **5. DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE DATOS**

En este capítulo se presenta el diseño del sistema de comunicación de datos de la red de estaciones hidrológicas. Mediante este sistema se podrá establecer comunicación con un servidor concentrador de datos, para este efecto consideraremos las alternativas tecnológicas eligiendo la mejor opción con base en un breve estudio costo beneficio. Se establecerán los equipos de interconexión y su configuración básica, la extensión de la red que para este caso será diseñada, sin embargo se proporcionaran 5 casos reales. Finalmente se documentará lo obtenido en una memoria técnica.

### **5.1. Análisis de la tecnología a utilizar**

Los elementos más importantes en la comunicación de datos de una estación hidrológica son sus puertos de comunicaciones. Como se ha comentado, éstas cuentan con puertos seriales RS232, los cuales permiten la conexión a diferentes equipos de transmisión de datos, como lo son: satélites, puntos de acceso a red bajo enlaces dedicados, traslado de información vía tarjeta de memoria y por acceso a red por telefonía celular. Para nuestro trabajo de tesis, nos hemos dado a la tarea de diseñar una transmisión de datos inalámbrica empleando la tecnología GSM, descrita con anterioridad. En la figura 5.1 se muestra un diagrama general del sistema de comunicación a diseñar, se busca ante todo la movilidad y facilidad de conexión que ofrece la telefonía celular en el estándar GSM. Éstas

características permitirán en caso requerido, colocar rápidamente una o más estaciones en lugares potenciales de desastre natural.

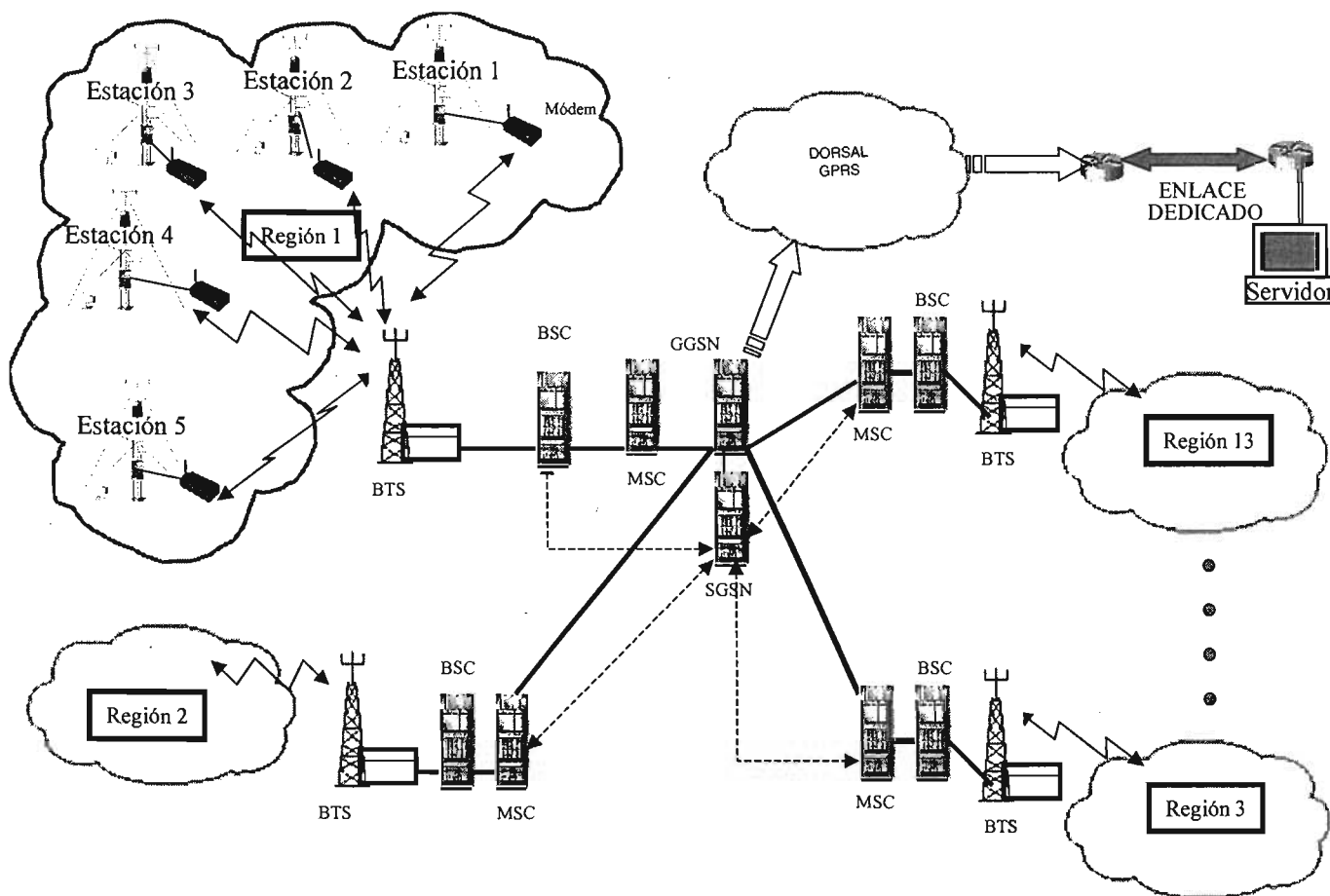


Figura 5.1. Sistema de comunicación de datos.

En la figura 5.1 se observa que cada estación hidrológica será conectada a un módem celular, a través del puerto serial RS232, los datos viajarán por un canal de comunicación formado en un inicio por la interfaz aire con la radio base ó BTS; posteriormente pasarán por la controladora de radio bases, la cual entregará los datos al conmutador central MSC; el MSC, identificando el tipo de datos, hará la conexión hacia el servidor de GPRS ó HCSD. Como se ha descrito anteriormente, la tecnología GSM tiene dos alternativas de transmisión de datos HCSD y GPRS, actualmente en el país hay dos operadores que ofrecen los servicios de GSM, de éstos, sólo un operador cuenta con la cobertura y servicios de datos plenamente desarrollados, a éste último en lo sucesivo lo denominaremos como NeTCell. Se usará la red GSM de NeTCell y de este último se entregarán los datos provenientes de la red de estaciones hidrológicas mediante un enlace dedicado hacia el SMN.

Las características principales de los servicios, HCSD y GPRS, que ofrece la compañía NeTCell son:

### *HCSD*

- Velocidades de comunicación de datos de hasta 57.6 kbps.
- Canales de servicios dedicados (máximo 64kbps).
- Costo de \$1.00 pesos más impuesto por minuto sin límite de cantidad de información para planes por contrato o tarifarios.
- Costo de \$1.50 pesos más impuesto por minuto sin límite de cantidad de información para planes prepagados o de tarjeta.
- Se requiere de una conexión tipo *Dial up* (marcado vía telefónica) cada vez que el servicio sea requerido.
- Útil para aplicaciones persona a persona: *chat*, correo electrónico, internet, etc.
- En el caso de nuestra aplicación y considerando 24 conexiones diarias durante un mes (30 días), a un costo de un peso más impuesto la conexión, representaría un costo de \$720.00 pesos más impuesto.

### *GPRS*

- El móvil siempre está conectado.
- El cobro se hace con base en la cantidad de información enviada, hay paquetes de acuerdo a la cantidad de información enviada y un cobro extra por cada *kbyte* extra enviado, ejemplos:

Paquete básico: 1,000 kbytes por \$100.00 pesos más impuesto y cada *kbyte* extra por \$0.10 pesos.

Paquete 500: 50,000 kbytes por \$500 pesos más impuesto y cada *kbyte* extra por \$0.02 pesos.

- Velocidad de transmisión de datos de hasta 112.5 kbps, variable con la cantidad de información transmitida / recibida.
- Útil para aplicaciones entre servidores donde la información es corta y de envío rápido.
- Es una red IP pura, es decir permite gran cantidad de conexiones con poca cantidad de datos.
- Un mes de uso de GPRS representaría un costo de \$100.00 más impuesto (el paquete que usaremos es el correspondiente al básico) por transmisiones mensuales de la

estación hidrológica, con un promedio de 216 kbytes (300 bytes cada hora nos equivale a 7200 bytes por día y mensualmente 216,000 bytes).

### *Costo beneficio*

Ahora bien, analizando el tipo de transferencia de datos de una estación hidrológica, ésta tiene transmisiones realizadas desde cada 10 minutos hasta cada 3 horas (frecuencia definida por el usuario), con una tasa promedio de datos de 300 *bytes* por hora. Estas transmisiones se realizan por paquetes de datos y en lapsos de conexión sumamente cortas a velocidades de 100 kbps (datos proporcionados por el SMN). Considerando un servicio de datos por HCSD, tendríamos que conectarnos una vez cada periodo de tiempo fijado en la estación hidrológica, vía *dial up* al módem, a fin de bajar los datos, esto implicaría dedicar a una persona ó PC programada a descargar los datos periódicamente hacia el servidor, en contraparte con GPRS tendríamos una conexión permanente y mediante el protocolo TCP/IP, el servidor obtendría los datos en cada periodo de tiempo programado, GPRS sería más eficiente por tratarse de paquetes de datos cortos transmitidos en multiconexiones.

Analizando el costo de una u otra tecnología, un mes de HCSD representaría un costo de \$720.00 pesos más impuesto, equivalente a 24 conexiones diarias por 30 días a un peso mas impuesto la conexión; en contraparte, GPRS costaría solo \$100.00 pesos más impuesto al mes. El uso de GPRS significaría un ahorro del 86% por conexión, este margen en el costo es útil, considerando que para la entrega del concentrado de información de todas las estaciones hidrológicas conectadas a la red, de NeTCell al SMN, será necesario el arrendamiento de un enlace tipo E1 .

Debido a las características y diferencia de costos entre las tecnologías de transmisión de datos por GSM, la tecnología que emplearemos como medio de comunicación será GPRS.

#### **5.1.1. Diseño de la red de estaciones hidrológicas**

Para el diseño de la red de estaciones hidrológicas se tomarán 5 casos prácticos, ubicados en la región 1 (Edo. Mex y D.F.), comprendiendo todas las posibilidades de recepción y antenas. En primer término comentaremos que el operador NeTCell no ofrece variedad de productos en cuanto a los módem GPRS. Sin Embargo, el módem GM100 Sony Ericsson proporcionado por la compañía NeTCell, cumple con las características descritas en el capítulo 4. Cabe comentar que su costo aproximado es de \$3,000.00 pesos,.



En el caso de los equipos de interconexión ó ruteadores hacia el SMN, por la capacidad (un puerto E1), costo (aproximadamente 16700 USD) y compatibilidad (NeTCell utiliza esta marca), se ha elegido un *router* de la serie 3600 de la marca Cisco (Apéndice E), el cual nos permitirá elaborar la tabla de ruteo para todas las estaciones hidrológicas a nivel nacional. El *router* del lado del operador NeTCell, forma parte del servicio corporativo ofrecido por el mismo. El enlace dedicado requerido entre el operador NeTCell y el SMN, puede ser rentado a un costo que oscilaría entre 10,000 y 20,000 pesos mensuales, dependiendo del operador. En nuestro caso particular elegimos al proveedor más grande del país al cual denominaremos DigiNet, debido a que ofrece la disponibilidad del servicio a un costo mensual de \$10,642.00 pesos más impuesto, por un enlace tipo E1 de las instalaciones de NeTCell al SMN.

Para la selección de los sitios donde las estaciones hidrológicas serán instaladas, se han realizado las siguientes consideraciones.

- La zona elegida será la región 1, debido a las facilidades de logística para la inspección de los sitios.
- El nivel de recepción de señal será medido en recorridos en sitio con una terminal móvil Ericsson T-39m, de modo que a señal completa en la pantalla del teléfono, se considerará como excelente; la disminución punto por punto en el indicador, determinará en el siguiente orden los demás niveles: muy buena, buena, regular y pobre ( tabla 5.1).


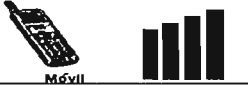



NIVEL DE SEÑAL ( T-39 ERICSSON)	TIPO DE SEÑAL
	EXCELENTE
	MUY BUENA
	BUENA
	REGULAR (Antena Yagui)
	POBRE(Antena Yagui)

Tabla 5.1. Niveles de recepción de señal en una terminal móvil T39m.

- Una señal regular y pobre requerirá el uso de una antena Yagui, a fin de dirigir el transmisor del módem a la radio base más cercana.
- Las ubicaciones de las radio bases se tomarán de la base de datos de sitios celulares del operador NeTCell .
- Las estaciones hidrológicas serán preprogramadas por el fabricante, sin embargo el lapso de conexiones será por hora, definido por el personal del SMN.
- Obra Civil: para la instalación de las estaciones hidrológicas se recomienda una base de concreto armado y una malla ciclónica de acero galvanizado. Con objeto de evitar vandalismo la puerta de acceso deberá de tener candado de combinación y en el remate de la malla preferentemente se colocará alambre de púas o concertina.
- Sistema de tierras: para prevenir daños por descargas atmosféricas ó cargas estáticas se recomienda la instalación de un sistema de tierras (Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Artículo 250). Para el diseño del sistema de tierras se deberá considerar la resistividad del terreno y tener en cuenta un arreglo de tres mallas separadas. La primera malla corresponderá al pararrayos, el cual puede ser una punta de Faraday o en el mejor de los casos un dipolo con bobina exitadora, la segunda malla se forma con la puesta a tierra de todas las estructuras metálicas de la estación, tales como la malla ciclónica, gabinetes, postes y mástiles. La tercera y última malla de tierra será la tierra física del equipo (estación hidrológica: gabinetes , módem, equipo y sensores).

En la figura 5.2 se muestran los sitios elegidos para la instalación de las estaciones hidrológicas de la Región 1, cada una de ellas con su nombre correspondiente. Se consideraron dos estaciones hidrológicas para la zona metropolitana (estaciones: Anzaldo y Tacubaya) y tres para el Estado de México (estaciones: Colorines, Santo Tomás y Valle de Bravo).

Para las demás regiones demarcadas por la CNA (descritas en el capítulo 1), los casos que pudieran elegirse previa supervisión en sitio, varían sólo en nombre y direccionamiento IP, sus características y condiciones de implementación serán las mismas a las presentados para la región 1. Para este efecto, las estaciones hidrológicas ubicadas en las regiones 2 a 13, sólo se programarán en el *ruteador* del SMN.

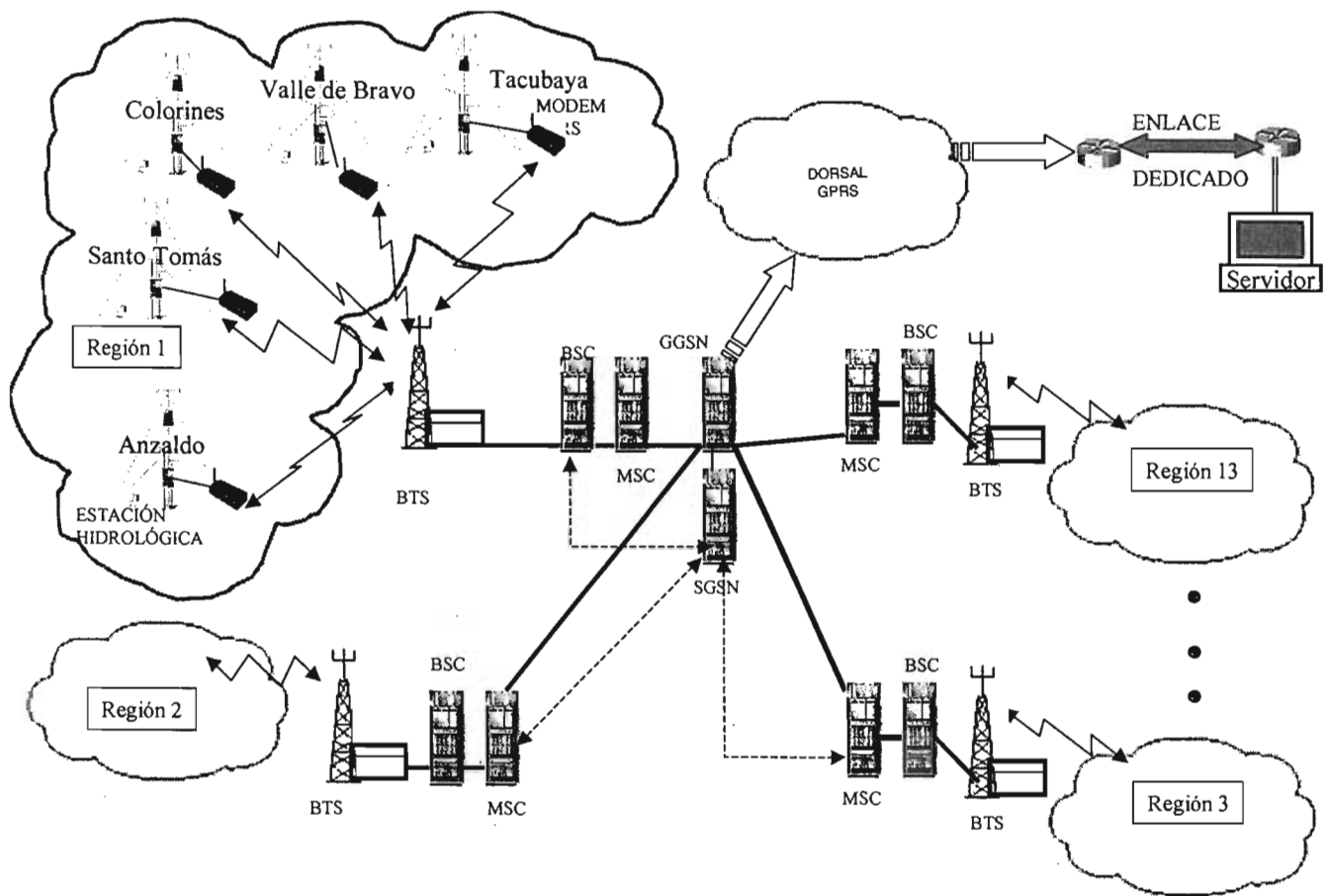


Figura 5.2. Estaciones hidrológicas propuestas en la región 1.

Las características básicas de las estaciones hidrológicas propuestas como casos reales para la zona 1 (para más detalles ver memoria técnica al final de este capítulo), son las siguientes:

### *Estación Hidrológica Anzaldo*

Se ha propuesto a la estación Anzaldo por estar en medio de una concentración urbana grande. La ubicación de la estación será en la presa del mismo nombre, ya que dicha presa recoge parte del agua de escorrentía de los Dinamos y en tiempos de lluvia llega a alcanzar niveles muy altos. La presa Anzaldo se localiza en la intersección que forman la Av. Luis Cabrera y Periférico Sur. Para este caso la terminal móvil recibe la señal en forma excelente, al estar rodeada por dos radio bases del operador NeTCell: Jardines del Pedregal (Periférico Sur 3190, Col. Jardines del Pedregal) y Padierna (Tuxpan lote 17, manzana 22, Col.San Jerónimo Lídice). En la figura 5.3 se muestra la ubicación de

la estación hidrológica, las radio bases que proporcionan cobertura a la misma y el nivel de señal de recepción.

Las características de la estación Anzaldo son:

- Estación hidrológica marca Forest Technology Systems Ltd (es la utilizada por el SMN).
- Sensores a instalar: anemómetro, temperatura ambiente y humedad relativa, radiación solar, nivel de agua, sensor de calidad de agua, sensor de turbidez, sensor de nivel de agua y pluviómetro. La longitud de los cables del sensor al adquisidor de datos es de 3 metros promedio, excepto los de los medidores de nivel y de calidad de agua, para estos se dispondrá de la longitud de cable máxima ofrecida por el fabricante: 30 metros.
- La estructura de montaje será de plataforma a nivel de piso, la cual será ubicada a un lado de la compuerta de desagüe, localizada al norte de la presa.

Se han considerado los sensores de turbidez y calidad de agua debido a que el agua de la presa está contaminada por diferentes sustancias industriales y drenajes clandestinos, por este motivo es importante conocer las características de polución que pudiesen afectar a los pobladores locales con emanaciones gaseosas y sólidos suspendidos peligrosos.

Las características del módem GPRS son:

- Modem GM100 Sony Ericsson.
- Alimentación de 12V, conector *RJ11*, cable cal. 18 AWG, fusible de 0.5 Ampere.
- Tipo de antena: debido a que el nivel de señal es excelente la antena será tipo monopolo (omnidireccional), ésta es suministrada como equipo de serie con el módem.
- Longitud del cable RS232 de 1.0 metro (UTP Categoría 5).

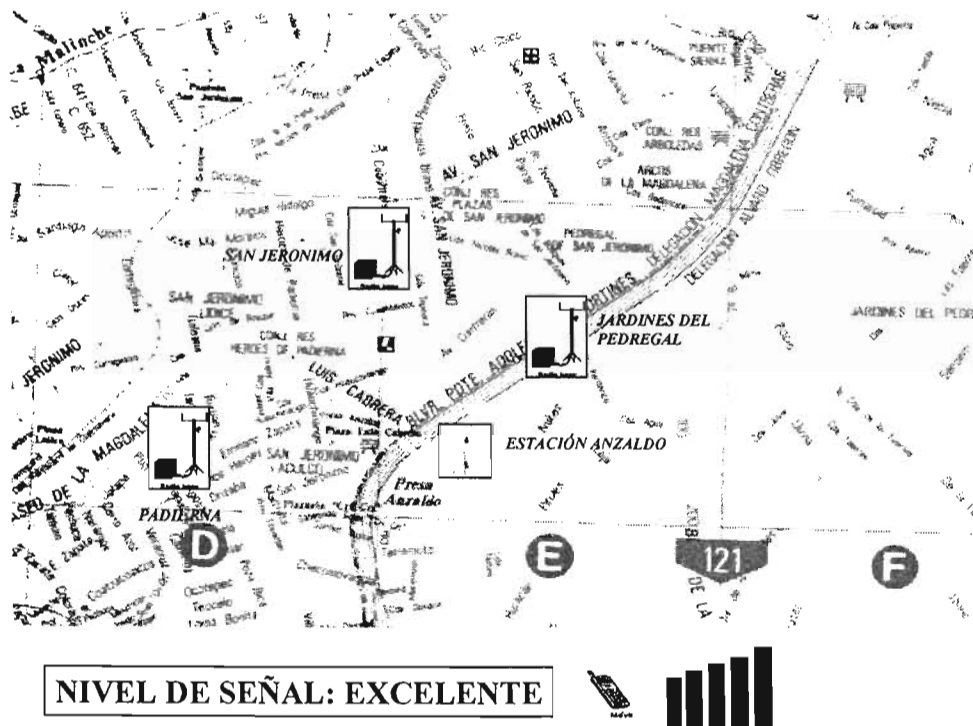


Figura 5.3. Ubicación y cobertura de la estación Anzaldo.

### Estación Hidrológica Tacubaya

La segunda estación propuesta ha sido denominada estación Tacubaya, ésta se ubica en la presa del mismo nombre, se ha elegido a este punto por estar en una cañada en la zona de Observatorio. La presa Tacubaya recoge las aguas del río Tacubaya y de las cañadas y barrancas cercanas, está rodeada de concentraciones humanas de escaso nivel económico, siendo precisamente estos estratos sociales lo más susceptibles a desastres potenciales. En la figura 5.4 se muestra la ubicación de la estación Tacubaya y su situación de cobertura respecto al proveedor NeTCell. En el caso de la estación Tacubaya se presenta cobertura de NeTCell por parte de la radio base Belém las Flores (Marisol 4, esquina con Bugambilias, Col. Belen las Flores), con un nivel excelente, la

Las características de la estación Tacubaya son:

- Estación hidrológica marca Forest Technology Systems Ltd (es la utilizada por el SMN).
- Sensores a instalar: anemómetro, temperatura ambiente y humedad relativa, radiación solar, nivel de agua, sensor de calidad de agua, sensor de turbidez, sensor de nivel de agua y pluviómetro. La longitud de los cables del sensor al adquisidor de datos es de 3 metros promedio, excepto los de los medidores de

nivel y de calidad de agua, para estos de dispondrá de la longitud de cable máxima ofrecida por el fabricante: 30 metros.

- La estructura de montaje será de plataforma a nivel de piso, la cual será ubicada en la cortina de la presa.

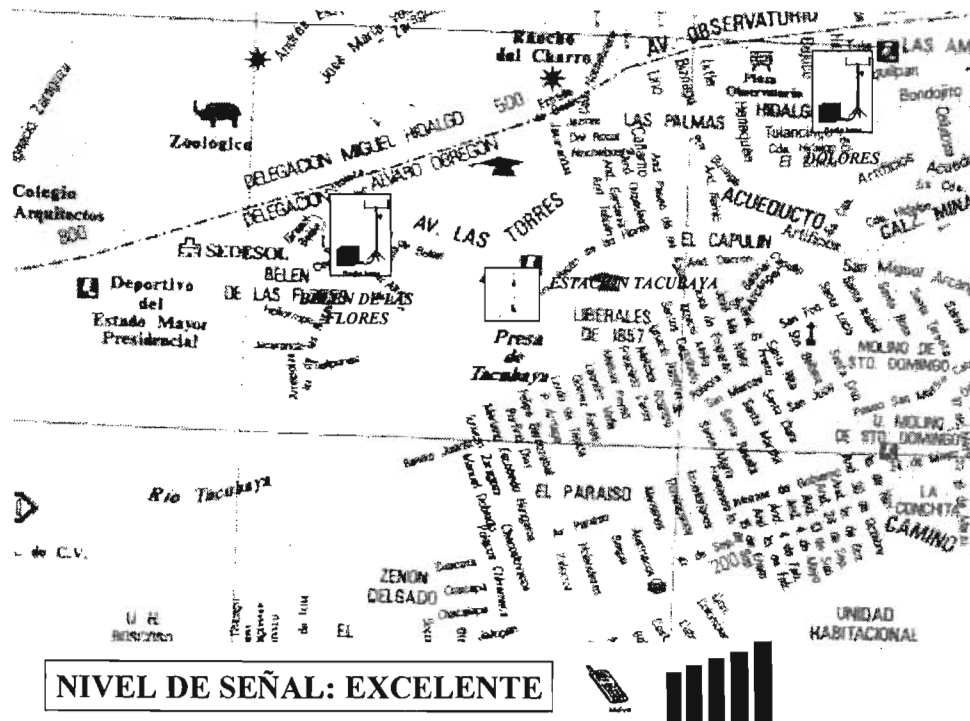


Figura 5.4. Ubicación y cobertura de la estación Tacubaya.

Se han considerado los sensores de turbidez y calidad de agua debido a que el agua de la presa está contaminada por diferentes sustancias industriales y drenajes clandestinos, por este motivo es importante conocer las características de polución que pudiesen afectar a los pobladores locales con emanaciones gaseosas y sólidos suspendidos peligrosos.

Las características del módem GPRS son:

- Modem GM100 Sony Ericsson.
- Alimentación de 12V, conector RJ11, cable cal. 18 AWG, fusible de 0.5 Ampere.
- Tipo de antena: debido a que el nivel de señal es excelente la antena será tipo monopolo (omnidireccional), ésta es suministrada como equipo de serie con el módem.
- Longitud del cable RS232 de 1.0 metro (UTP Categoría 5).

## *Estación Hidrológica Santo Tomás*

La presa Santo Tomás está ubicada a una hora y media de Valle de Bravo en el Estado de México. La construcción de esta presa requirió del hundimiento del poblado Santo Tomás de los Plátanos, de ahí que el poblado más cercano a la presa se le llame Nuevo Santo Tomás de los Plátanos. En esta localidad de cerca de 15,000 habitantes, se encuentra instalada una radio base del operador NeTCell, que ofrece cobertura de buena calidad a la zona.

La zona del poblado de Nuevo Santo Tomás de los Plátanos se encuentra dentro de la Sierra de Temascaltepec, la cual se caracteriza por su clima cálido y húmedo. El sello característico de la presa Santo Tomás es la punta de la iglesia del anterior Santo Tomás de los Plátanos, la cual sobresale en medio de las aguas de la presa. La presa recoge las aguas del río Chiquito y del río Tilostoc, en temporada de lluvias el caudal de los ríos aumenta y con ello el nivel de agua de la presa. Es importante monitorear el estado de la presa dado la cercanía del poblado de Nuevo Santo Tomás de los Plátanos. En la figura 5.5 se muestra la ubicación de la presa Santo Tomás, así como su situación de cobertura respecto al operador NeTCell.

Las características de la estación hidrológica Santo Tomás son:

- Estación hidrológica marca Forest Technology Systems Ltd (es la utilizada por el SMN).
- Sensores a instalar: anemómetro, temperatura ambiente y humedad relativa, radiación solar, nivel de agua, sensor de calidad de agua, sensor de turbidez, sensor de nivel de agua y pluviómetro. La longitud de los cables del sensor al adquisidor de datos es de 3 metros promedio, excepto los de los medidores de nivel y de calidad de agua, para estos se dispondrá de la longitud de cable máxima ofrecida por el fabricante: 30 metros.
- La estructura de montaje será de plataforma a nivel de piso, la cual será ubicada en el costado de la presa que se encuentra al lado de la carretera federal a Zacazonapan.

Se han considerado los sensores de turbidez y calidad de agua debido a que el agua de la presa se utiliza para la agricultura y la ganadería, por éste motivo es importante conocer las características de calidad del agua y de sólidos suspendidos.

Las características del módem GPRS son:

- Modem GM100 Sony Ericsson.
- Alimentación de 12V, conector RJ11, cable cal. 18 AWG, fusible de 0.5 Ampere.
- Tipo de antena: debido a que el nivel de señal es excelente la antena será tipo monopolo (omnidireccional), ésta es suministrada como equipo de serie con el módem.
- Longitud del cable RS232 de 1.0 metro (UTP Categoría 5).

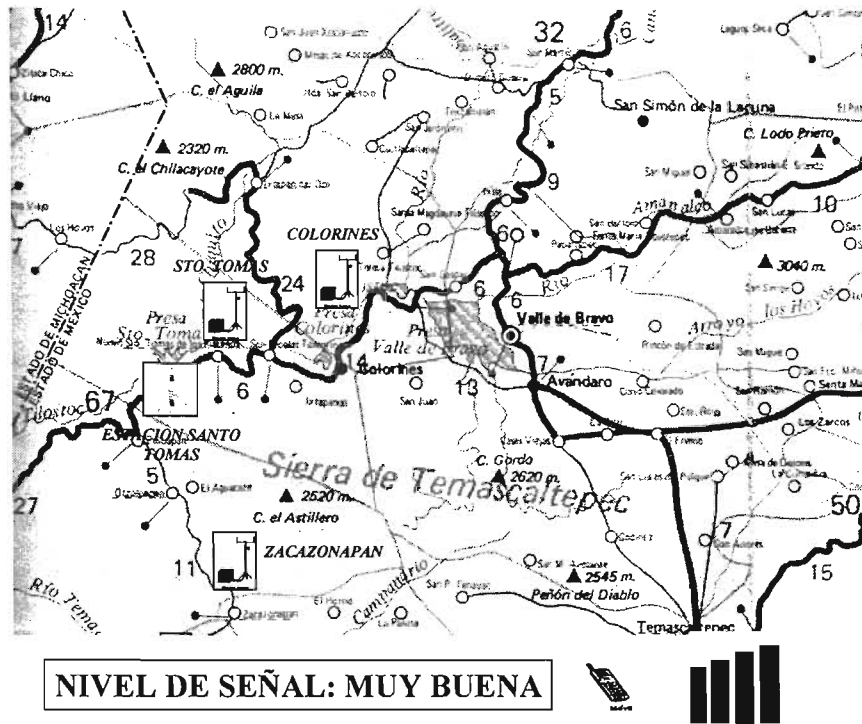


Figura 5.5. Ubicación y cobertura de la estación Santo Tomás.

### Estación Hidrológica Colorines

La presa Colorines está ubicada a 1 hora en auto de Valle de Bravo. El poblado de Colorines (de aproximadamente 5000 habitantes) se encuentra a un lado de la presa. Colorines se encuentra enclavado en la Sierra de Temascaltepec. El río Tilostoc alimenta con su cauce a la presa, en temporadas de lluvia, el cauce del río se incrementa notablemente y con ello el nivel de la presa también aumenta. Las aguas de la presa Colorines son usadas para la agricultura, ganadería y para una pequeña planta hidroeléctrica. En la figura 5.6 se muestra la ubicación de la estación Colorines, así como su situación de cobertura respecto al operador NetCell.

En Colorines se encuentra ubicada una radio base del operador NetCell, sin embargo, la señal recibida por la terminal móvil a orillas de la presa es regular, por lo



tanto, para la estación hidrológica Colorines se usará una antena Yagui, a fin de dar dirección al transmisor hacia la radio base Colorines.



Figura 5.6. Ubicación y cobertura de la estación Colorines.

Las características de la estación Colorines son:

- Estación hidrológica marca Forest Technology Systems Ltd (es la utilizada por el SMN).
- Sensores a instalar: anemómetro, temperatura ambiente y humedad relativa, radiación solar, nivel de agua, sensor de calidad de agua, sensor de turbidez, sensor de nivel de agua y pluviómetro. La longitud de los cables del sensor al adquisidor de datos es de 3 metros promedio, excepto los de los medidores de nivel y de calidad de agua, para estos se dispondrá de la longitud de cable máxima ofrecida por el fabricante: 30 metros.
- La estructura de montaje será de plataforma a nivel de piso, la cual será ubicada en la cortina que se encuentra entre la carretera a Nuevo Santo Tomás de los Plátanos y la entrada al pueblo de Colorines (se forma una “y” entre éstas).

Se han considerado los sensores de turbidez y calidad de agua debido a que el agua de la presa está cubierta de lirios acuáticos y despiden un aroma fétido. Es importante el monitoreo de sólidos suspendidos y calidad del agua a fin de

determinar la causa de la proliferación de los lirios, así mismo dado que la presa se encuentra a un lado de la carretera y el pueblo, es importante monitorear el nivel de agua, ya que en temporada de lluvias, éste aumenta sensiblemente.

Las características del módem GPRS son:

- Módem GM100 Sony Ericsson.
- Alimentación de 12V, conector *RJ11*, cable cal. 18 AWG, fusible de 0.5 Ampere.
- Tipo de antena: debido a que el nivel de señal es regular la antena será tipo Yagui (Apéndice F), el cable a emplear será de 4 metros tipo RG-6 con terminación en conectores tipo N, la dirección o *azimuth* de la antena será de 45° magnéticos, con una inclinación de 20° hacia arriba.
- Longitud del cable RS232 de 1.0 metro (UTP Categoría 5).

### *Estación Hidrológica Valle de Bravo*

Valle de Bravo es un destino turístico ubicado en el estado de México. Con una población aproximada de 60,000 habitantes (cifra que aumenta notablemente por la afluencia de visitantes en fines de semana), ofrece a los paseantes diferentes opciones de entretenimiento. La principal atracción de este pintoresco poblado radica en la presa de Valle de Bravo, en ella se practican deportes acuáticos diversos y actividades recreativas. Dada la extensión de la Presa Valle de Bravo, es común que ésta sea confundida por los visitantes con un lago, sin embargo, basta con recorrer su contorno en dirección hacia el poblado de Colorines para encontrar la estructura de concreto de sus cortinas.

La presa Valle de Bravo es visitada por miles de paseantes, además de tener alrededor a la ciudad del mismo nombre, por este motivo consideramos de suma importancia, el contar con una estación en este punto. En la figura 5.7 se muestra la ubicación de la estación hidrológica Valle de Bravo, así como la radio base de NeTCell que le brindará cobertura.

Las características de la estación Valle de Bravo son:

- Estación hidrológica marca Forest Technology Systems Ltd (es la utilizada por el SMN).
- Sensores a instalar: anemómetro, temperatura ambiente y humedad relativa, radiación solar, nivel de agua, sensor de calidad de agua, sensor de turbidez, sensor de nivel de agua y pluviómetro. La longitud de los cables del sensor al adquirente de datos es de 3 metros promedio, excepto los de los medidores de

nivel y de calidad de agua, para estos de dispondrá de la longitud de cable máxima ofrecida por el fabricante: 30 metros.

- La estructura de montaje será de plataforma a nivel de piso, la cual será ubicada en la cortina de la presa (salida a Colorines).

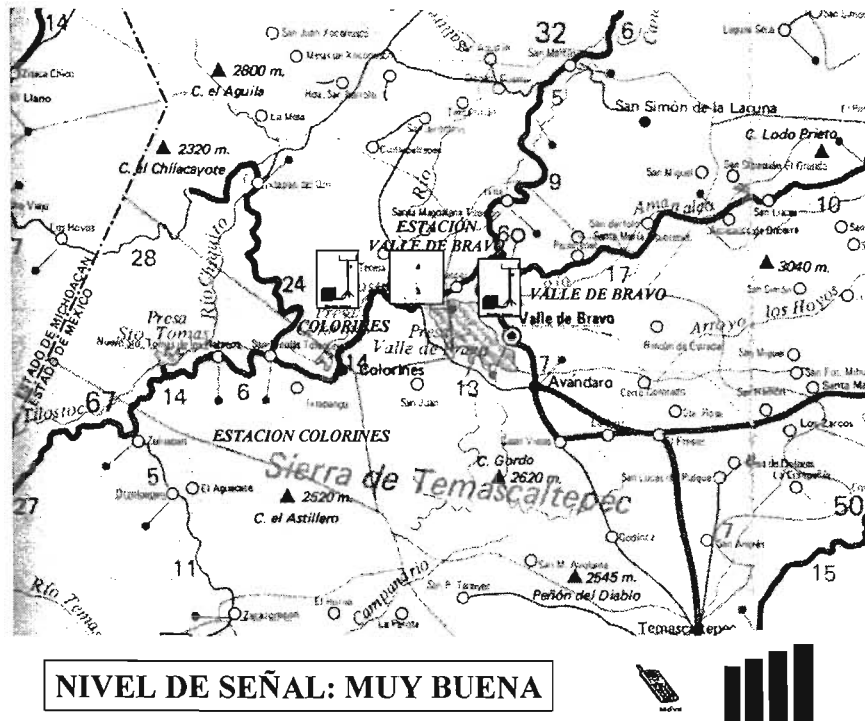


Figura 5.7. Ubicación y cobertura de la estación Valle de Bravo.

Se han considerado los sensores de turbidez y calidad de agua debido a que el agua de la presa es usada para deportes acuáticos y está en permanente contacto con seres humanos.

Las características del módem GPRS son:

- Módem GM100 Sony Ericsson.
- Alimentación de 12V, conector RJ11, cable cal. 18 AWG, fusible de 0.5 Ampere.
- Tipo de antena: debido a que el nivel de señal es muy bueno la antena será tipo monopolo (omnidireccional), ésta es suministrada como equipo de serie con el módem.
- Longitud del cable RS232 de 1.0 metro (UTP Categoría 5).

## 5.2. Arquitectura a implantar

De acuerdo a lo ya descrito, se consideran 5 estaciones piloto a instalar, partiremos de la estación hidrológica, pasando por el módem y su proceso de conexión hacia la red GPRS del operador NeTCell, para finalmente con un enlace dedicado y un *ruteador* terminar concentrando la información en un servidor.

### 5.2.1. Descripción de la interconexión

Sabemos que el módem GPRS obtiene la información a transmitir del puerto RS232 de la estación hidrológica, para lo cual utilizaremos un cable UTP categoría 5 con conectores DB9 en ambas puntas. Posteriormente, el módem transmite los datos a través de una interfaz de aire hasta la radio base más cercana; realizando el procedimiento ya descrito en el capítulo 2, para así acceder a la red GSM sobre la cual está implementada la red GPRS de NeTCell, que finalmente nos proporcionará los medios para cumplir con nuestro objetivo.

En la figura 5.8 se observan las 5 estaciones hidrológicas piloto que se instalarán en los sitios planteados en el apartado 5.1: Anzaldo, Tacubaya, Santo Tomás, Valle de Bravo y Colorines; así como las radio bases más cercanas para obtener una óptima recepción con sus respectivos BSC/TRC y MSC.

En primer lugar tenemos a la estación que llamaremos Anzaldo, ésta tendrá como punto de contacto a la RBS Jardines, la que a su vez envía la información hacia el BSC/TRC y MSC Carrasco. También observamos la estación Tacubaya apuntando hacia la RBS Belen de las Flores con sus respectivos BSC/TRC y MSC en Tecamachalco; las tres estaciones restantes están conectadas hacia los BSC/TRC y MSC en Tollocan, además de estar dirigidas hacia las radio bases del mismo nombre Santo Tomás, Valle de Bravo y Colorines, respectivamente.

En todos los casos se eligió la radio base más cercana, con el fin de obtener la mejor recepción posible. Cabe señalar que se requeriría tomar en cuenta este punto para futuras instalaciones en el resto de las regiones, ya que dependemos directamente de la cobertura de NeTCell para la calidad de nuestra recepción.

Retomando la figura 5.8, tenemos que los MSC se interconectan hacia el Dorsal GPRS, a través de los SGSN y que interactúan con los nodos GGSN; de tal forma que en capítulos anteriores hemos visto que existe una interfaz que conecta al GGSN y la red de datos externa, permitiendo a los radio-módems GPRS el intercambio de paquetes IP con la

red del corporativo SMN. El radio-módem que requiera conectarse a la red GPRS deberá tener configurada una dirección IP, la cual será descrita en apartados posteriores.

La red corporativa del SMN cuenta con un *ruteador* serie 3600, el cual se utiliza para efectos de compatibilidad con la red de NeTCell, ya que se cuenta con *ruteadores* de este tipo dentro del Dorsal GPRS y mediante los cuales se enrutarán los paquetes a través de un enlace dedicado E1, hasta nuestro *ruteador* SMN, cuya configuración se mostrará más adelante, para finalmente concentrar la información en un servidor.

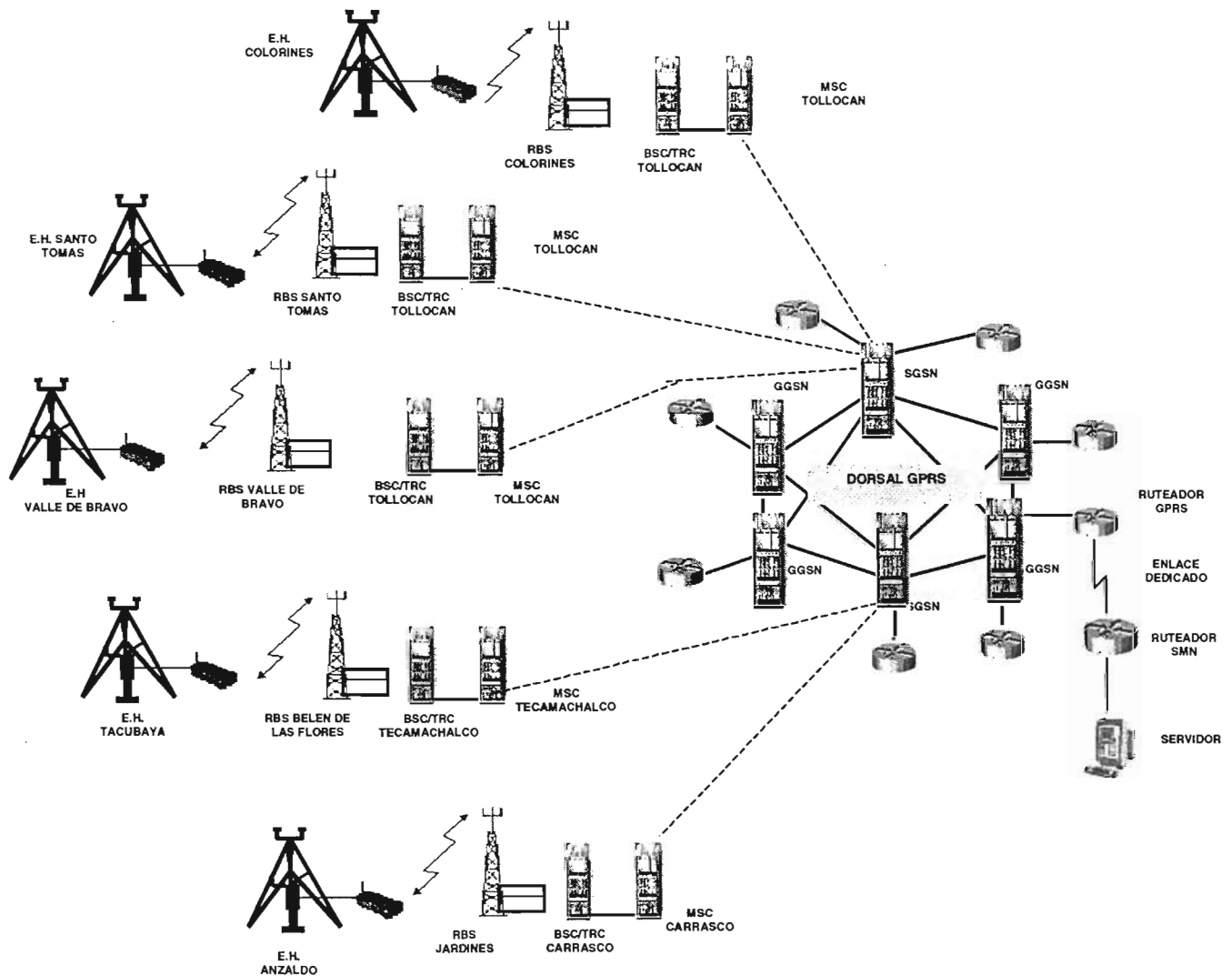


Figura 5.8. Diagrama de interconexión con la red GPRS.

### 5.3. Configuración del radio-módem celular

Como ya se describió en capítulos anteriores, el equipo de conexión a red a utilizar para este diseño, es un módem GSM/GPRS. Este módem funciona para datos, fax, voz y servicios de mensajes escritos y por supuesto, es para transferencia de alta capacidad de datos y la conexión a la red es inalámbrica.

De acuerdo a las especificaciones técnicas del módem y al diagrama de interconexión de la figura 5.2, se describe como se interconecta el *módem* con la estación hidrológica y las características que requiere el *módem* para su comunicación por la interfaz aire. Adicionalmente contamos con una antena tipo Yagui, esta antena será requerida sólo en los casos que nuestra estación hidrológica se encuentre con un tipo de señal pobre, mala o regular, por lo que con la antena tipo Yagui se le dará la orientación a la radio base más cercana (Apéndice G). En caso de no tener problemas con la cobertura, será suficiente con la antena que viene integrada en el módem originalmente.

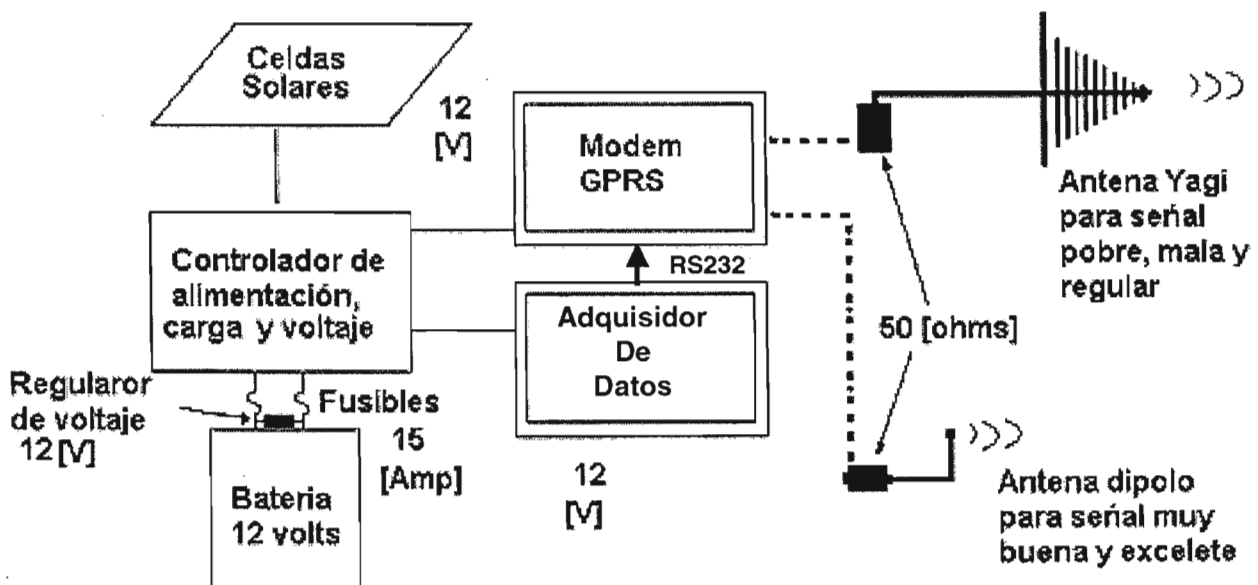


Figura 5.9. Diagrama de interconexión del módem.

En la Tabla 5.2 encontramos las características de la fuente de alimentación de la estación hidrológica, en comparación con los requerimientos eléctricos por parte del módem GPRS. Como parte de la fuente de alimentación de la estación hidrológica, se dispone de una batería VRLA de larga duración, la cual fácilmente puede aportar los requerimientos de consumo del módem.

CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN HIDROLÓGICA	
Voltaje de alimentación (Batería 12V tipo VRLA).	12 [V]
Corriente máxima que puede ser proporcionada por la estación hidrológica.	15 [A]

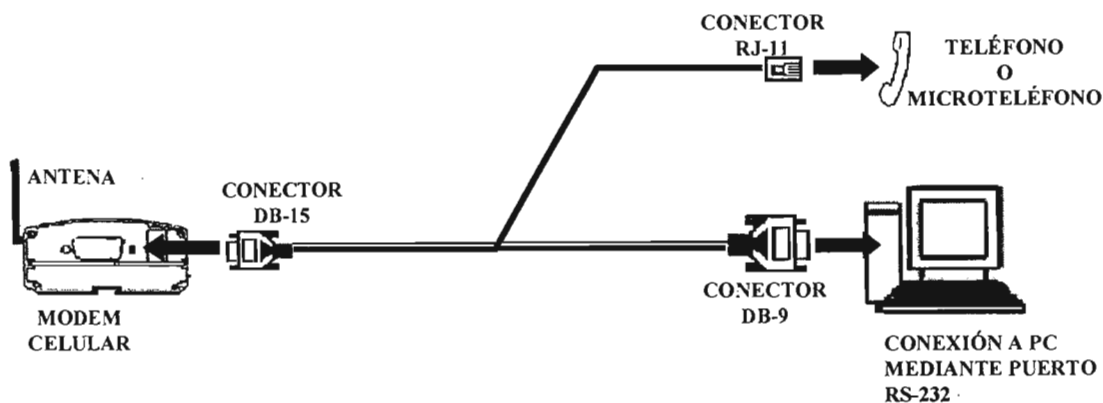
(a)

REQUERIMIENTOS ELECTRICOS DEL MODEM	
Voltaje de alimentación.	Desde 5 hasta 32 [V]
Corriente promedio de consumo del módem.	De 450 [mA] hasta 2.5 [A]
Consumo de corriente, idealmente.	25 [mA]
Consumo de corriente, con el puerto RS232 en funcionamiento.	13 [mA]

(b)

Tabla 5.2. a) Capacidad energética de la estación hidrológica  
b) Requerimientos de energía del módem

Existen diferentes tipos de módems, los integrados y los externos. Los integrados son tarjetas *plug-in* que se insertan en el servidor o PC, estas tarjetas tienen una antena mediante la cual se establece la comunicación a la radio base más cercana. En cuanto a los módems externos, se puede utilizar un celular con conexión a GPRS, y con conexión vía infrarrojo a la PC. Para el caso específico de las estaciones hidrológicas utilizaremos un módem externo, tal como se muestra en la figura 5.1



5.10. Interconexión del módem GPRS a la estación hidrológica.

La configuración del módem GPRS GM100 se puede realizar de dos formas: mediante una PC, usando ambiente gráfico (ventanas), o por comandos de línea AT (ATention). Ambas formas de programación del módem las iremos describiendo con base en ejemplos más adelante.

### *Ambiente gráfico*

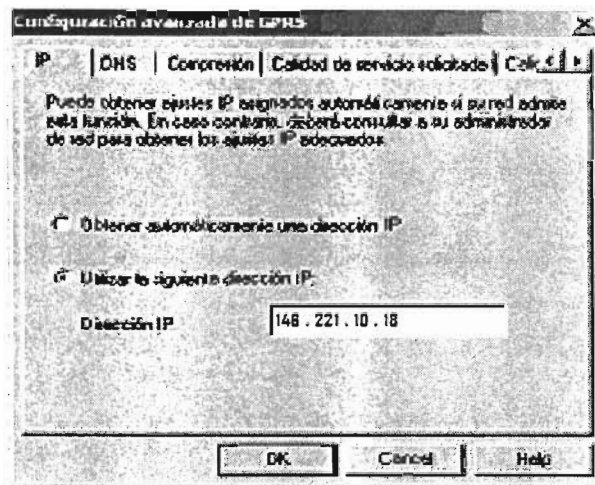
La configuración del módem en forma gráfica se realiza como una conexión a internet tipo *dial-up*, en ésta se programan parámetros como nombres e IP's, que nos permitirán conectarnos a la red de NeTCell. En la figura 5.11 se muestran una serie de pantallas en donde describimos paso a paso la configuración del módem, para que éste sea reconocido por la estación hidrológica; nótese que al ingresar al menú del asistente de conexión de Windows, se despliega un submenú en el cual sólo basta desplazarse sobre las pestañas para acceder a las diferentes pantallas de configuración. En la figura 5.11 se describe un APN (Access Point Name, Nombre de punto de acceso) que será exclusivo para un módem, para este ejemplo tomaremos la estación Anzaldo, a la cual asignaremos la dirección IP estática 146.221.10.18.

La configuración del módem se realiza con base en los parámetros proporcionados por el proveedor. En la pantalla 1 solicitamos una nueva conexión a GPRS, en donde nos permitirá siempre estar en comunicación con la radio base (conexión *stand by*), pero sólo utilizaremos la conexión cada vez que necesitemos transmitir información. En la pantalla 2, pondremos la IP asignada a la estación Anzaldo. En la pantalla 3 dejaremos el DNS que se nos asigne en forma automática. En la pantalla 4 no asignamos ningún tipo de compresión para la información. En las pantallas 5, 6 y 7 dejaremos los parámetros que vienen automáticamente. Y finalmente en las pantallas 8 y 9 asignaremos el nombre y clave de la cuenta de acceso a la red de GPRS.

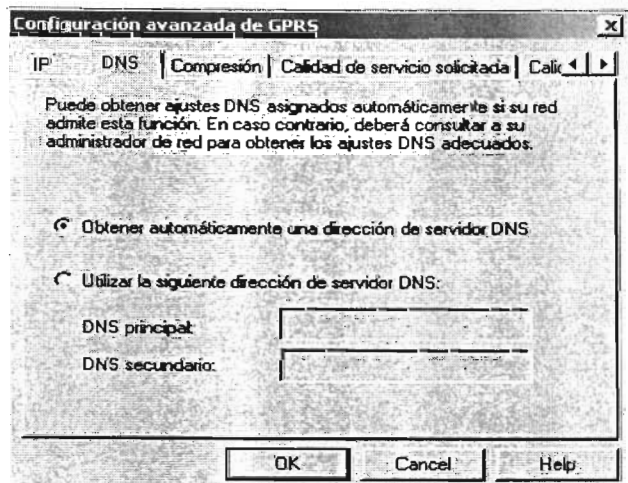




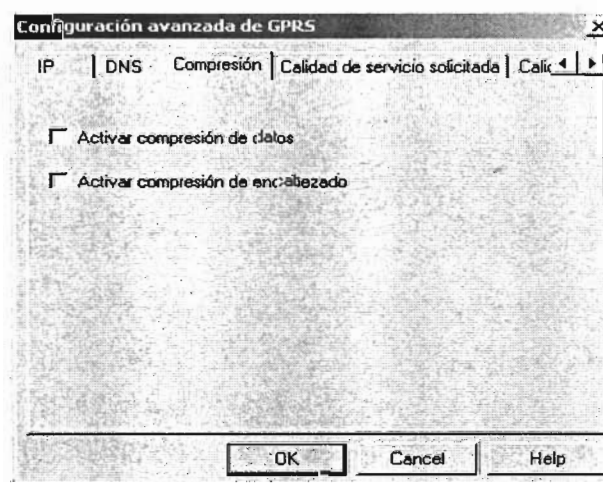
Pantalla 1



Pantalla 2

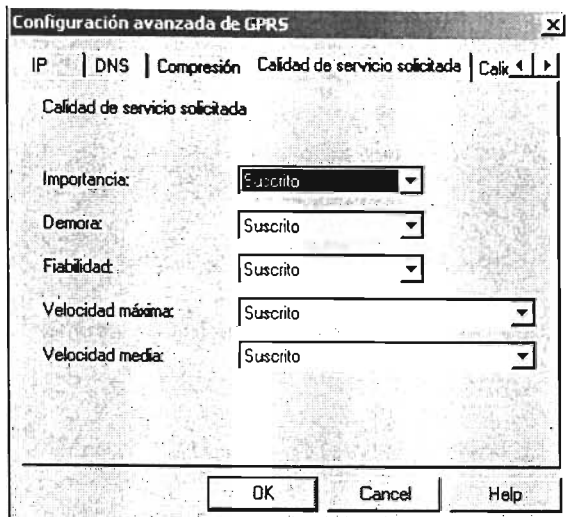


Pantalla 3

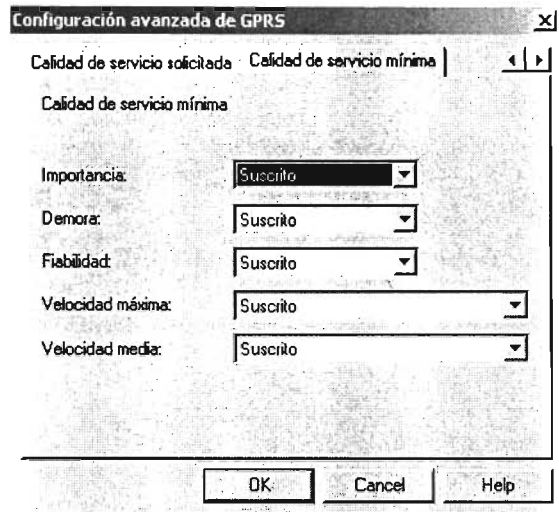


Pantalla 4

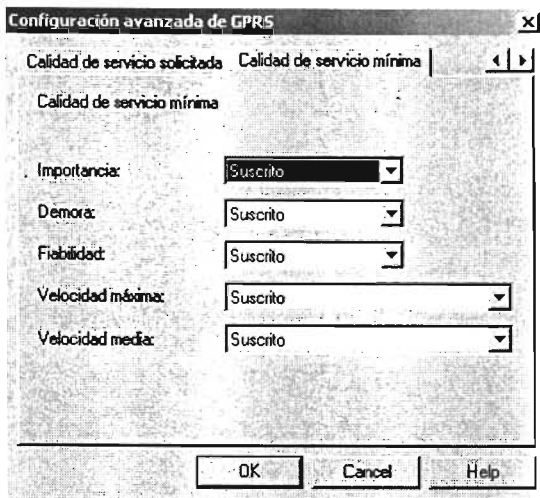
Figura 5.11. Pantallas de configuración del módem. (Continúa)



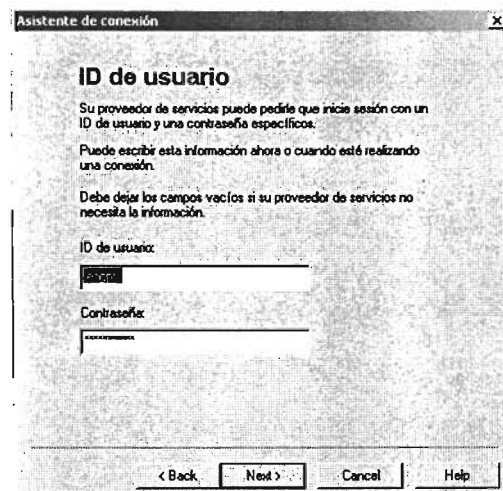
Pantalla 5



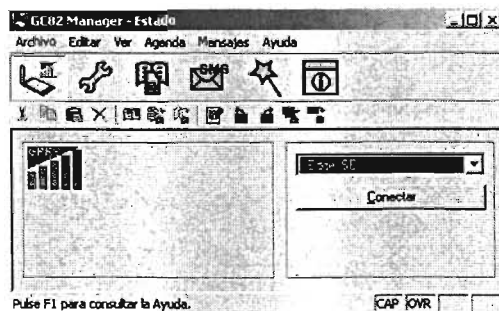
Pantalla 6



Pantalla 7



Pantalla 8



Pantalla 9

Figura 5.11. Pantallas de configuración del módem.

Por parte de la estación hidrológica ya se realizó el acopio de la información. Recordando las estaciones hidrológicas integran cada una de las 13 regiones existentes y delimitadas por la CNA, esta información se codifica y señala a fin de enviarla al puerto RS232 a través del *datalogger*, considerando que el *datalogger* también almacena información de la estación hidrológica hasta por un mes, eso ya dependerá de las necesidades que se tengan por estación hidrológica y su región.

Una vez ya configurado el *módem* transmisor, para que sea reconocido por la estación hidrológica, y también como punto de acceso a la red del SMN, se contará con una configuración de 5 estaciones hidrológicas por cada región conectadas por GPRS.

### Comandos AT

Para poder configurar nuestro *módem* mediante comandos AT, utilizaremos un simulador de terminal como el *hyperterminal*.

En la tabla 5.3 se presentan algunos comandos AT, que nos servirán para configurar nuestro *módem* y poder automatizar el proceso de transferencia de información, como se requiere e intervenir en el proceso lo menos posible. Debemos hacer notar que en esta tabla sólo se muestran los comandos para la configuración; sin embargo, para cada estación hidrológica se programa en forma diferente, de acuerdo a las necesidades y características particulares de la zona, es decir, para una zona en desastre es muy importante realizar un muestreo de la zona en forma más frecuente que un lugar que sea de bajo riesgo, esto lo determinan los expertos que laboran en el SMN.

DESCRIPCIÓN	COMANDOS AT	MODEM	COMENTARIOS
Activa el módem para que se registre en la red de GPRS.	AT+CGATT=1	Ok	El estado puede ser 0 o 1: 0 apagado y 1 encendido.
Coloca al módem en <i>Stand by</i> .	AT+NOSLEEP=1	Ok	El estado puede ser 0 o 1: 0 desactivado y 1 activado.
Asigna el punto de acceso a internet (APN).	AT+CGDCONT=1 ,"IP","INTERNET"	Ok	Se asigna dirección IP y nombre de la conexión.
Verifica la señal de recepción.	AT+CSQ	+CSQ: 20,0	La señal recibida estará comprendida en valores de 0 a 20, un rango de señal excelente será de 15 a 20.

Tabla 5.3. Comandos AT para programación de un módem de GPRS. (Continúa)

Conecta al módem a la red de GPRS.	<b>ATD*&lt;GPRS_SC_IP&gt; [*&lt;cid&gt;]#</b>  <b>ATD*99*1#</b>  GPRS_SC_IP (GPRS Service Code for IP, GPRS Servicio Código para IP)  CID Cadena de Dígitos que especifica el PDP (Packet Data Protocol, Protocolo Paquete de Datos)	CONNECT/ ERROR	Para el proveedor de telefonía celular elegido, manejaremos el GPRS_SC_IP como 99 y el CID con un valor de 1.
Verifica que el módem se esté registrando a la red.	<b>AT+CREG?</b>	<b>CREG=&lt;m ode&gt;,1</b>  <b>CREG=&lt;m ode&gt;,2</b>  <b>CREG=&lt;m ode&gt;,0</b>	Tres valores de salida :  0 No se ha registrado.  1 Registrado en la red (ok).  2 Se perdió el registro (verificar con CGATT).
Contesta automáticamente después de haber sonado una vez.	<b>ATS0=1</b>	Ok	El módem se configura en llamadas entrantes para contestar al primer timbre
Asigna al puerto RS232 la velocidad de comunicaciones de 9600.	<b>AT+IPR=9600</b>	Ok	Se configura el Puerto de comunicación serial a una velocidad de transmisión de datos de 9600 kbps.
Verifica la señal de recepción.	<b>AT+CSQ</b>	<b>+CSQ: 20,0</b>	El primer parámetro debe ser por lo menos de 15 para que haya una buena comunicación.
Elimina el eco.	<b>ATE0</b>	Ok	
Recibe una llamada entrante.	<b>ATA</b>	Ring  Ok	Llamada entrante.  Contesta la llamada.
Genera una llamada saliente.	<b>ATD1234567;</b>		Hace una llamada de voz.
Descolgar.	<b>ATH</b>	Ok	

*Tabla 5.3. Comandos AT para programación de un módem GPRS. (Continúa)*

Código o contraseña.	AT+CPIN=1234	Ok  +CME ERROR : 16  +CME ERROR : 3	Código correcto  Verifique código  Código ya utilizado.
----------------------	--------------	--	---

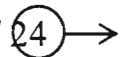
Tabla 5.3. Comandos AT para programación de un módem GPRS.

## 5.4. Puesta a punto del sistema y conexión a red

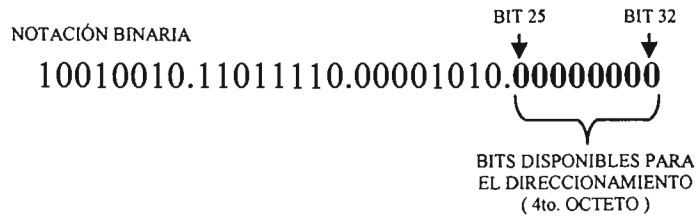
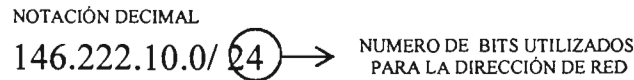
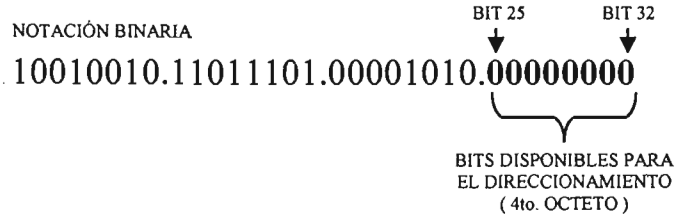
La configuración de los equipos de interconexión a la red es fundamental para el eficiente desarrollo de nuestro proyecto. Por tal motivo, a continuación se describirá el direccionamiento IP que tendrán las estaciones hidrológicas en cuestión y la configuración del *ruteador* SMN, el cual será el enlace entre la red GPRS de NeTCell y la red del SMN.

El sistema GPRS de NeTCell cuenta actualmente con 4 nodos principales, los cuales son redundantes unos con otros, para poder seguir funcionando en caso de que falle uno o más de ellos. Para poder definir el direccionamiento haremos uso de dos redes reales utilizables por NeTCell para el enlace con dos de sus nodos GPRS. NeTCell utiliza estas dos redes principalmente con la finalidad de balancear las cargas de ancho de banda, al igual que para poder tener redundancia una con otra.

El direccionamiento que llevaremos acabo está especificado en la norma RFC 0950 (ver Apéndice C). Las redes que utilizaremos de NeTCell serán la red 146.221.10.0/24, correspondiente al nodo denominado como GGSN1, y la red 146.222.10.0/24, correspondiente al nodo denominado como GGSN2, el cual se utilizará como redundante. Las dos redes citadas anteriormente son de clase C, de acuerdo a lo descrito en el punto 4.3.2.1, por lo que para realizar el direccionamiento adecuado únicamente contamos con los 8 bits del cuarto octeto (bit 25 al bit 32) de cada una de las redes. Lo descrito anteriormente se presenta a continuación:

Nodo GGSN1:      NOTACIÓN DECIMAL  
 146.221.10.0/  NUMERO DE BITS UTILIZADOS  
 PARA LA DIRECCIÓN DE RED

Nodo GGSN2:

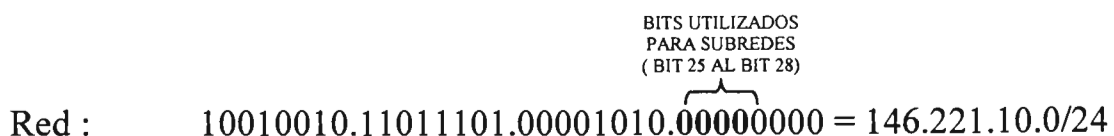


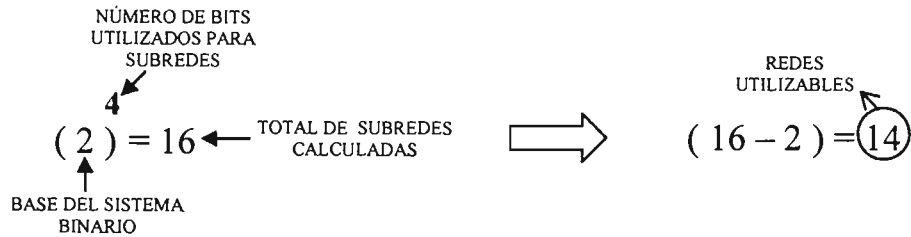
De esta forma se utilizarán los primeros 4 bits del octeto (bit 25 al bit 28) para direccionar los segmentos de red que cubrirán las 13 regiones que actualmente se encuentran definidas y los 4 bits restantes (bit 29 al bit 32) para direccionar las estaciones hidrológicas que formarán parte de dichos segmentos.

De acuerdo al planteamiento anterior, el direccionamiento se realizará de la misma forma para cada una de las redes, por lo que únicamente se describirá el de una ellas, puesto que el de la otra será idéntico, con la variante de que las direcciones IP tendrán números diferentes con la finalidad del balanceo de las cargas. Cabe mencionar que aunque únicamente se describa una, al final se presentará un resumen del total de direccionamientos realizados.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, para el nodo GGSN1 el direccionamiento adecuado es el siguiente:

Considerando que son 13 las subredes que necesitamos, una por cada región, utilizamos los primeros 4 bits para un total de direccionamiento de 16 subredes, de las cuales únicamente 14 serán utilizadas, puesto que la primer subred está reservada para identificar la dirección de subred y la última para representar la dirección de *broadcast*. La representación de la descripción anterior es:





La numeración de cada una de las 16 subredes quedaría de la siguiente manera:

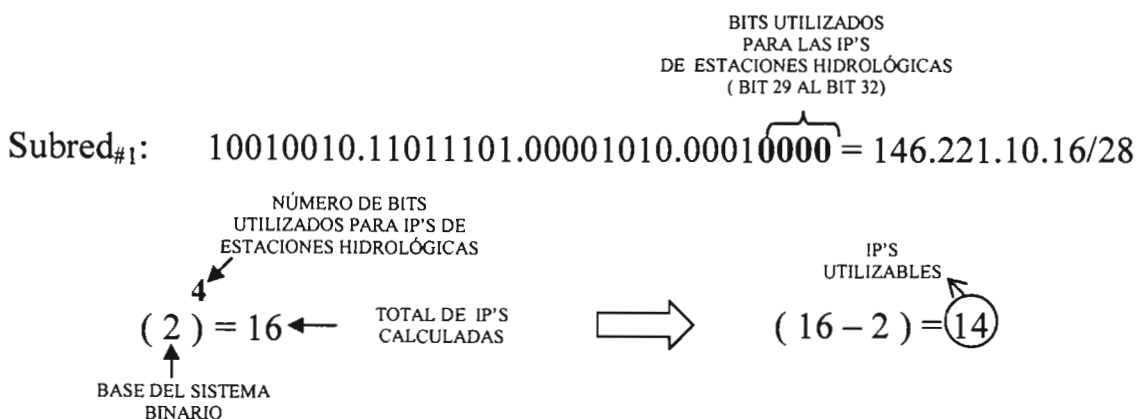
Red:	10010010.11011101.00001010.00000000	146.221.10.0/24
Subred# <sub>0</sub> :	10010010.11011101.00001010.00000000	146.221.10.0/28
Subred# <sub>1</sub> :	10010010.11011101.00001010.00010000	146.221.10.16/28
Subred# <sub>2</sub> :	10010010.11011101.00001010.00100000	146.221.10.32/28
Subred# <sub>3</sub> :	10010010.11011101.00001010.00110000	146.221.10.48/28
Subred# <sub>4</sub> :	10010010.11011101.00001010.01000000	146.221.10.64/28
Subred# <sub>5</sub> :	10010010.11011101.00001010.01010000	146.221.10.80/28
Subred# <sub>6</sub> :	10010010.11011101.00001010.01100000	146.221.10.96/28
Subred# <sub>7</sub> :	10010010.11011101.00001010.01110000	146.221.10.112/28
Subred# <sub>8</sub> :	10010010.11011101.00001010.10000000	146.221.10.128/28
Subred# <sub>9</sub> :	10010010.11011101.00001010.10010000	146.221.10.144/28
Subred# <sub>10</sub> :	10010010.11011101.00001010.10100000	146.221.10.160/28
Subred# <sub>11</sub> :	10010010.11011101.00001010.10110000	146.221.10.176/28
Subred# <sub>12</sub> :	10010010.11011101.00001010.11000000	146.221.10.192/28
Subred# <sub>13</sub> :	10010010.11011101.00001010.11010000	146.221.10.208/28
Subred# <sub>14</sub> :	10010010.11011101.00001010.11100000	146.221.10.224/28
Subred# <sub>15</sub> :	10010010.11011101.00001010.11110000	146.221.10.240/28

Una vez que definimos cada una de las subredes, nos podemos dar cuenta de que la primer subred (Subred#<sub>0</sub>) aparentemente tiene la misma dirección IP que la red correspondiente al nodo GGSN1; sin embargo, lo que diferencia entre ellas es el número de bits que utilizan para definir su dirección de red (una utiliza 24 y la otra utiliza 32, aun cuando del último octeto sólo se utilizan los primeros 4 bits, es decir 28) motivo por el cual la Subred#<sub>0</sub> no es utilizable y está definida como dirección de red. De acuerdo a la norma de red RFC950 (Apéndice C), la última subred (Subred#<sub>15</sub>) no es utilizable debido a que está definida como dirección de *broadcast*.

Ya que están definidas todas las subredes, procederemos a definir cada una de las direcciones IP que utilizarán nuestras estaciones hidrológicas para cada subred en

particular. Únicamente se describirá el procedimiento para la Subred<sub>#1</sub>(primer subred utilizable), puesto que dicho proceso es idéntico para las otras subredes. Cabe mencionar nuevamente que aunque únicamente se describa una, al final se presentará un resumen del total de direccionamientos realizados.

Consideramos que son 5 direcciones IP para cada subred las que necesitamos, 5 estaciones hidrológicas por región. Utilizando los últimos 4 bits ya mencionados anteriormente, nos resultan un total de 16 direcciones IP, de las cuales únicamente 14 son utilizables, puesto que la primera está reservada para identificar la dirección de subred y la última para representar la dirección de *broadcast*. Dado lo anterior tendríamos la siguiente representación:



Con base en lo anterior tenemos que nos quedarían 9 direcciones para una posible ampliación de estaciones hidrológicas por región. Por tal motivo, a continuación procederemos a definir cada una de las 16 direcciones IP de la Subred<sub>#1</sub>, numerándolas de la 0 a la 15.

Subred <sub>#1</sub> :	10010010.11011101.00001010.00010000	146.221.10.16/28
IP <sub>#0</sub> :	10010010.11011101.00001010.0001 <b>0000</b>	146.221.10.16/28
IP <sub>#1</sub> :	10010010.11011101.00001010.0001 <b>0001</b>	146.221.10.17/28
IP <sub>#2</sub> :	10010010.11011101.00001010.0001 <b>0010</b>	146.221.10.18/28
IP <sub>#3</sub> :	10010010.11011101.00001010.0001 <b>0011</b>	146.221.10.19/28
IP <sub>#4</sub> :	10010010.11011101.00001010.0001 <b>0100</b>	146.221.10.20/28
IP <sub>#5</sub> :	10010010.11011101.00001010.0001 <b>0101</b>	146.221.10.21/28
IP <sub>#6</sub> :	10010010.11011101.00001010.0001 <b>0110</b>	146.221.10.22/28
IP <sub>#7</sub> :	10010010.11011101.00001010.0001 <b>0111</b>	146.221.10.23/28
IP <sub>#8</sub> :	10010010.11011101.00001010.0001 <b>1000</b>	146.221.10.24/28



IP <sub>#9</sub> :	10010010.11011101.00001010.00011001	146.221.10.25/28
IP <sub>#10</sub> :	10010010.11011101.00001010.00011010	146.221.10.26/28
IP <sub>#11</sub> :	10010010.11011101.00001010.00011011	146.221.10.27/28
IP <sub>#12</sub> :	10010010.11011101.00001010.00011100	146.221.10.28/28
IP <sub>#13</sub> :	10010010.11011101.00001010.00011101	146.221.10.29/28
IP <sub>#14</sub> :	10010010.11011101.00001010.00011110	146.221.10.30/28
IP <sub>#15</sub> :	10010010.11011101.00001010.00011111	146.221.10.31/28

El procedimiento anterior es el mismo que se sigue para cada subred, por lo que una vez definidas cada una de las direcciones IP, así como cada una de las subredes, se presenta a continuación en la tabla 5.4. un resumen del direccionamiento para el nodo GGSN1, en el cual se encuentran ya definidas las direcciones de cada estación hidrológica y de su respectiva región.

DIRECCIONAMIENTO IP PARA EL NODO GGSN1 ( 146.221.10.0/24)							
REGION	SUBRED ASIGNADA	ESTACIÓN HIDROLÓGICA		REGION	SUBRED ASIGNADA	ESTACIÓN HIDROLÓGICA	
		NUMERO	IP ASIGNADA			NUMERO	IP ASIGNADA
1	146.221.10.16/28	1	146.221.10.17/28	8	146.221.10.128/28	1	146.221.10.129/28
		2	146.221.10.18/28			2	146.221.10.130/28
		3	146.221.10.19/28			3	146.221.10.131/28
		4	146.221.10.20/28			4	146.221.10.132/28
		5	146.221.10.21/28			5	146.221.10.133/28
2	146.221.10.32/28	1	146.221.10.33/28	9	146.221.10.144/28	1	146.221.10.145/28
		2	146.221.10.34/28			2	146.221.10.146/28
		3	146.221.10.35/28			3	146.221.10.147/28
		4	146.221.10.36/28			4	146.221.10.148/28
		5	146.221.10.37/28			5	146.221.10.149/28
3	146.221.10.48/28	1	146.221.10.49/28	10	146.221.10.160/28	1	146.221.10.161/28
		2	146.221.10.50/28			2	146.221.10.162/28
		3	146.221.10.51/28			3	146.221.10.163/28
		4	146.221.10.52/28			4	146.221.10.164/28
		5	146.221.10.53/28			5	146.221.10.165/28
4	146.221.10.64/28	1	146.221.10.65/28	11	146.221.10.176/28	1	146.221.10.177/28
		2	146.221.10.66/28			2	146.221.10.178/28
		3	146.221.10.67/28			3	146.221.10.179/28
		4	146.221.10.68/28			4	146.221.10.180/28
		5	146.221.10.69/28			5	146.221.10.181/28
5	146.221.10.80/28	1	146.221.10.81/28	12	146.221.10.192/28	1	146.221.10.193/28
		2	146.221.10.82/28			2	146.221.10.194/28
		3	146.221.10.83/28			3	146.221.10.195/28
		4	146.221.10.84/28			4	146.221.10.196/28
		5	146.221.10.85/28			5	146.221.10.197/28

Tabla 5.4. Resumen del direccionamiento IP para el Nodo GGSN1. (Continúa)

6	146.221.10.96/28	1	146.221.10.97/28	13	146.221.10.208/28	1	146.221.10.209/28
		2	146.221.10.98/28			2	146.221.10.210/28
		3	146.221.10.99/28			3	146.221.10.211/28
		4	146.221.10.100/28			4	146.221.10.212/28
		5	146.221.10.101/28			5	146.221.10.213/28
7	146.221.10.112/28	1	146.221.10.113/28				
		2	146.221.10.114/28				
		3	146.221.10.115/28				
		4	146.221.10.116/28				
		5	146.221.10.117/28				

Tabla 5.4. Resumen del direccionamiento IP para el Nodo GGSN1.

En la tabla 5.5. se muestra un resumen del direccionamiento para el nodo GGSN2, en cual se encuentran ya definidas las direcciones de cada estación hidrológica y de su respectiva región.

DIRECCIONAMIENTO IP PARA EL NODO GGSN2 ( 146.222.10.0/24)							
REGION	SUBRED ASIGNADA	ESTACIÓN HIDROLÓGICA		REGION	SUBRED ASIGNADA	ESTACIÓN HIDROLÓGICA	
		NUMERO	IP ASIGNADA			NUMERO	IP ASIGNADA
1	146.222.10.16/28	1	146.222.10.17/28	8	146.222.10.128/28	1	146.222.10.129/28
		2	146.222.10.18/28			2	146.222.10.130/28
		3	146.222.10.19/28			3	146.222.10.131/28
		4	146.222.10.20/28			4	146.222.10.132/28
		5	146.222.10.21/28			5	146.222.10.133/28
2	146.222.10.32/28	1	146.222.10.33/28	9	146.222.10.144/28	1	146.222.10.145/28
		2	146.222.10.34/28			2	146.222.10.146/28
		3	146.222.10.35/28			3	146.222.10.147/28
		4	146.222.10.36/28			4	146.222.10.148/28
		5	146.222.10.37/28			5	146.222.10.149/28
3	146.222.10.48/28	1	146.222.10.49/28	10	146.222.10.160/28	1	146.222.10.161/28
		2	146.222.10.50/28			2	146.222.10.162/28
		3	146.222.10.51/28			3	146.222.10.163/28
		4	146.222.10.52/28			4	146.222.10.164/28
		5	146.222.10.53/28			5	146.222.10.165/28
4	146.221.10.64/28	1	146.222.10.65/28	11	146.222.10.176/28	1	146.222.10.177/28
		2	146.222.10.66/28			2	146.222.10.178/28
		3	146.222.10.67/28			3	146.222.10.179/28
		4	146.222.10.68/28			4	146.222.10.180/28
		5	146.222.10.69/28			5	146.222.10.181/28
5	146.222.10.80/28	1	146.222.10.81/28	12	146.222.10.192/28	1	146.222.10.193/28
		2	146.222.10.82/28			2	146.222.10.194/28
		3	146.222.10.83/28			3	146.222.10.195/28
		4	146.222.10.84/28			4	146.222.10.196/28
		5	146.222.10.85/28			5	146.222.10.197/28

Tabla 5.5. Resumen del direccionamiento IP para el Nodo GGSN2. (Continúa)

6	146.222.10.96/28	1	146.222.10.97/28	13	146.222.10.208/28	1	146.222.10.209/28
		2	146.222.10.98/28			2	146.222.10.210/28
		3	146.222.10.99/28			3	146.222.10.211/28
		4	146.222.10.100/28			4	146.222.10.212/28
		5	146.222.10.101/28			5	146.222.10.213/28
7	146.222.10.112/28	1	146.222.10.113/28				
		2	146.222.10.114/28				
		3	146.222.10.115/28				
		4	146.222.10.116/28				
		5	146.222.10.117/28				

Tabla 5.5. Resumen del direccionamiento IP para el Nodo GGSN2.

Como se puede observar en la tabla 5.5. el direccionamiento para el nodo GGSN1 y el nodo GGSN2 es exactamente el mismo, la única variante es que al tratarse de dos redes distintas, el segundo octeto de cada dirección es diferente, es decir, el segundo octeto de GGSN1 es 221 y el de GGSN2 es 222.

### Configuración de router Cisco 3600

Una vez realizado el direccionamiento IP, procederemos a realizar la configuración del "Ruteador SMN", en el cual se tendrá que crear una tabla de *ruteo* que será la base para recibir la información de todas nuestras estaciones hidrológicas. Este dispositivo constituye el enlace entre la red del SMN y la red GPRS de NetCell, motivo por el cual se decidió utilizar el mismo modelo del equipo que utiliza NetCell para no tener problemas de incompatibilidad. En la figura 5.9. se muestra la vista posterior del *ruteador serie 3600* a utilizar.

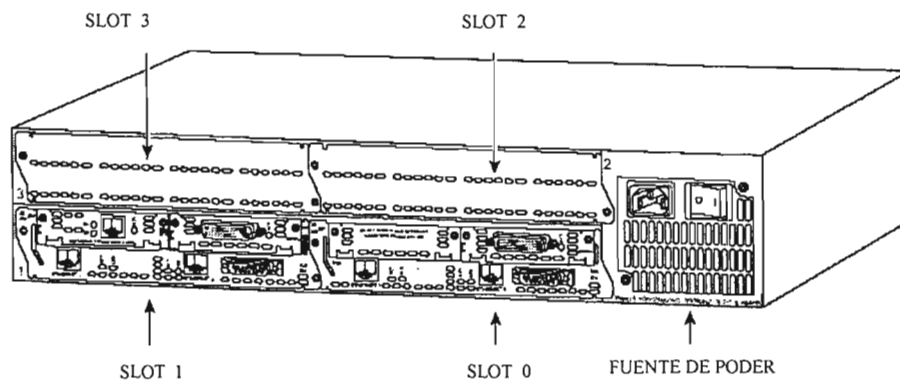


Figura 5.12. Vista posterior del ruteador serie 3600.

En la tabla 5.6 se presentan las especificaciones técnicas del *ruteador* en cuestión.

Interfaces de red soportadas	Memoria <i>Flash</i>	Memoria <i>DRAM</i>	<i>Slots</i>	Componentes Estándar
<i>Ethernet</i> <i>FastEthernet</i> <i>Token Ring</i> Asíncronas Seriales síncronos Serial de alta velocidad Canales E1  <i>Modems</i> Digitales <i>Modems</i> Análogos Voz ATM de 25 Mbps Multipuertos T1/E1	8 MB (SIMM), expandible a 32 MB. También soporta tarjetas de Memoria Flash PCMCIA.	32 MB de Memoria DRAM, expandible a 128 MB.	4	Dos slots PCMCIA. Puertos de consola y auxiliar de alta velocidad. Kit de instalación del equipo. Cable de conexión para la fuente de poder.  Cable para el puerto de consola.

Tabla 5.6. Especificaciones técnicas del ruteador serie 3600.

Los requerimientos de energía y las dimensiones físicas del *ruteador* serie 3600 se muestran en la tabla 5.7.

REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA	ESPECIFICACIONES FÍSICAS
Voltaje de entrada AC de 100 – 240 V. Voltaje de entrada DC de 38 – 72 V. Corriente AC – 2.0 Amp. Corriente DC – 5.0 Amp. Frecuencia 50- 60 Hz. Máxima Disipación de energía – 60W.	Medidas: 8.7 x 44.5 x 30 cm. Peso: 13.6 Kg. Incluyendo chasis Opera a una humedad de 5- 95 % Opera a una temperatura de 0 – 40°C.

Tabla 5.7. Especificaciones de energía y físicas del ruteador serie 3600.

Una vez descrito el equipo, observamos que el *ruteador* que tenemos que configurar, es un equipo modular que cuenta con 4 *slots* (figura 5.12), los cuales soportan cualquiera de las interfaces de red descritas en la tabla 5.5. Para nuestro caso en particular el *ruteador* únicamente contará con dos *slots*, el slot 0 que tendrá una interfaz *FastEthernet*, la cual conectará al *ruteador* con la red LAN del SMN y el slot 1 que tendrá una interfaz serial

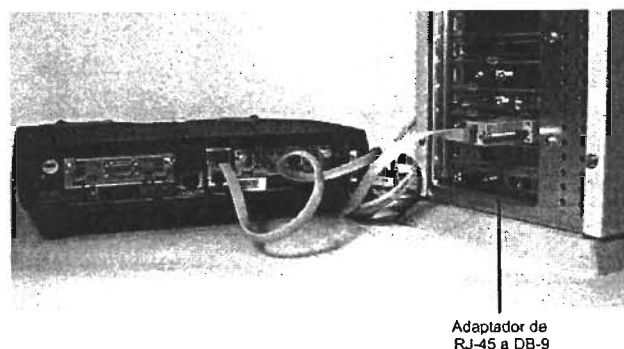
RS232, la cual conectará directamente al *ruteador* con la red GPRS del NeTCell. Cada una de estas interfaces recibe el nombre de puerto, los cuales a su vez se encuentran etiquetados dentro del dispositivo. El *ruteador* serie 3600 etiqueta estas interfaces utilizando la sintaxis *slot/puerto*, por lo que nuestro equipo identificara a la primera interfaz como *FastEthernet 0/0*, por encontrarse en el *slot 0* puerto 0, y a la segunda interfaz como *Serial 1/0* por encontrarse en el *slot 1* puerto 0; una vez identificadas las interfaces del equipo procederemos a describir su configuración.

Todos los dispositivos de red traen de fábrica una configuración mínima, por ejemplo, los puentes y *switches* están configurados para enviar y ejecutar un árbol de expansión en todos los puertos, pero no lo están para funciones avanzadas como el filtrado. Para los *routers* y servidores de acceso, se proporciona una configuración mínima que requiere que se introduzcan datos para que los dispositivos puedan realizar sus funciones. Cuando se recibe el *router* todas las interfaces del dispositivo están desactivadas o en estado de baja administrativa.

Para configurar nuestro equipo, primero lo conectamos a una toma de corriente y procedemos a encontrar el interruptor de alimentación en la parte posterior del dispositivo. Activamos el interruptor de alimentación (etiquetado con el número 1), con lo cual éste se encenderá.

El siguiente paso para configurar nuestro dispositivo consiste en encontrar el puerto de consola que se encuentra en la parte posterior del equipo. Este puerto es de tipo RJ45 con la etiqueta "*Console*" y lo utilizaremos para acceder al dispositivo desde una computadora que conectaremos directamente a él.

Desde la computadora ejecutaremos el software de emulación llamado *HyperTerminal*, que nos permitirá interactuar con el dispositivo. Para realizar dicha conexión se hará uso de un cable RJ45 a RJ45 con un adaptador hembra RJ45 a DB9 del lado de la computadora, esta conexión a través del COM1 se puede apreciar en la figura 5.13.



*Figura 5.13. Conexión de una computadora al puerto de consola del router.*

En la figura 5.14 se muestra la conexión mediante *HyperTerminal* del puerto COM1.

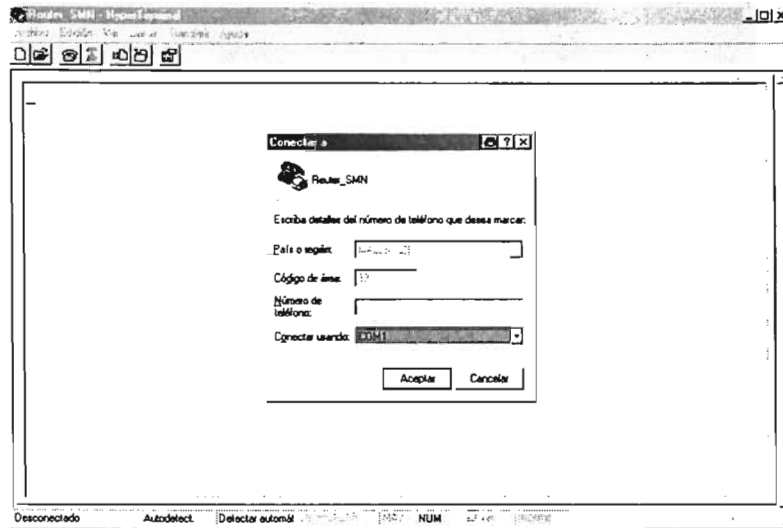


Figura 5.14. Ejecución del software *HyperTerminal* a través del puerto COM1.

Posteriormente introduciremos los parámetros requeridos por el software que nos permitirán establecer una comunicación óptima; estos parámetros son: 9600 bps, 8 bits de datos, sin paridad, 1 bit de parada y sin control de flujo en hardware, ya que el puerto de consola no lo permite; todo lo anterior se puede observar en la figura 5.15.

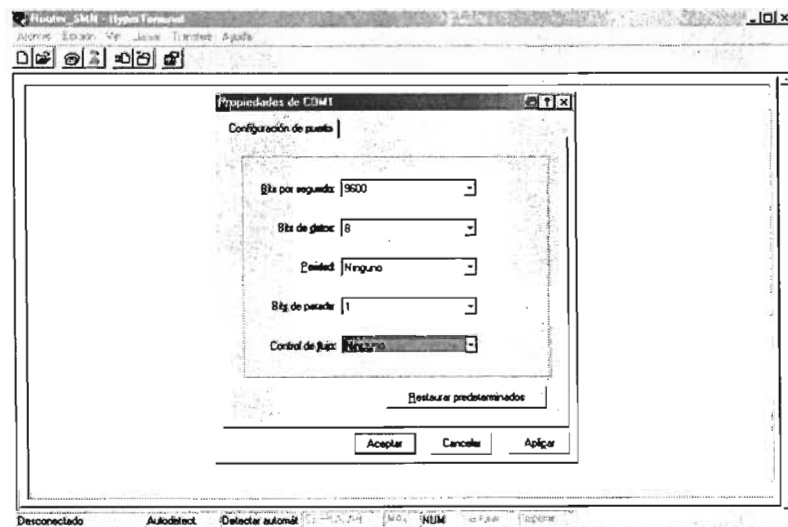


Figura 5.15. Parámetros correctos para la emulación de terminal.

Una vez que los parámetros estén correctos, y ya encendido el dispositivo, visualizaremos un rótulo en la pantalla del emulador; el cual es emitido por el *ruteador* y mostrado en la figura 5.16.

En dado caso de que no se vea nada en la pantalla del emulador, se tendrá que verificar la conexión y asegurarse de que la configuración de la terminal sea correcta.

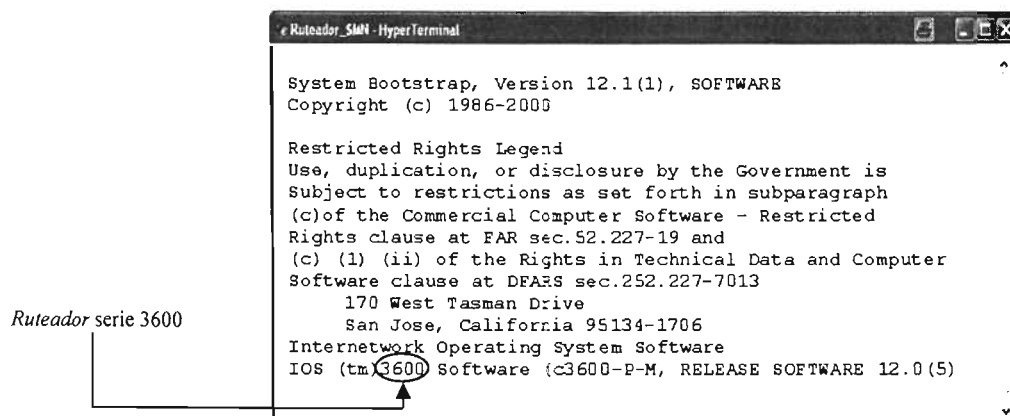


Figura 5.16. Rótulo de inicio mostrado por el ruteador serie 3600.

El rótulo emitido por el dispositivo, únicamente muestra datos de fábrica del *ruteador*, en el cual nos podemos percatar de que se trata de un equipo de la serie 3600.

Durante el encendido inicial, todos los *routers* entran en el modo de diálogo de configuración del sistema. Este modo interactivo aparece en la pantalla de consola y realiza preguntas que facilitan la configuración de los elementos básicos del equipo. El diálogo de configuración del sistema pide información primero sobre los parámetros globales del sistema y después sobre los específicos de las interfaces.

Por lo anterior, inmediatamente después del rótulo de la figura anterior, se visualizará el código de la figura 5.17, el cual, como se mencionó anteriormente, nos permitirá entrar al modo de diálogo de configuración del sistema.

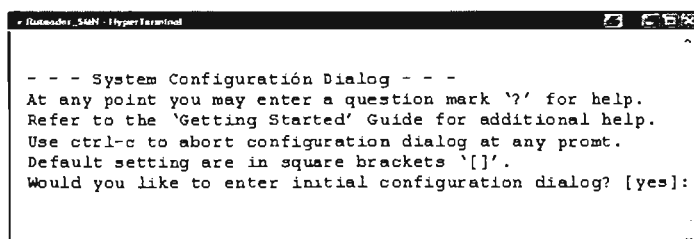
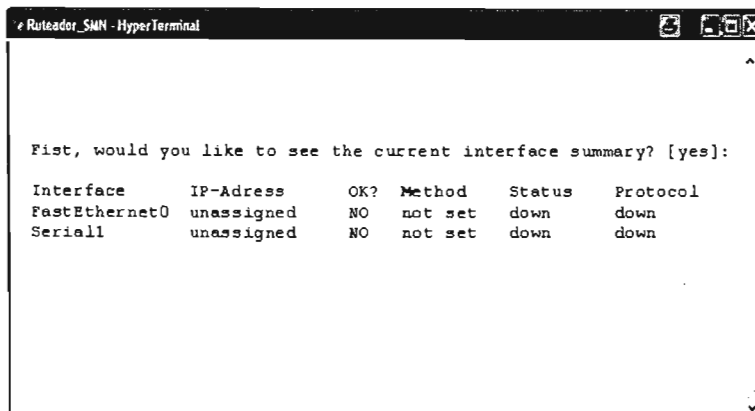


Figura 5.17. Diálogo de configuración del sistema.

Una vez que llegamos a este punto, presionamos la tecla entrar (*enter*) en nuestra computadora para aceptar entrar a este diálogo. En primera instancia se nos pregunta si queremos ver el resumen de nuestras interfaces, a lo que contestaremos que si y visualizaremos lo que nos muestra la figura 5.18.



```
Ruteador_SMN - HyperTerminal

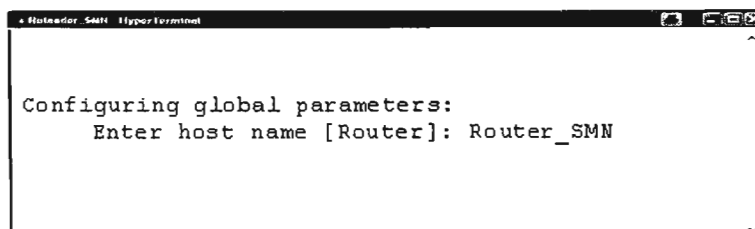
First, would you like to see the current interface summary? [yes]:

Interface      IP-Address      OK?  Method      Status      Protocol
FastEthernet0  unassigned      NO   not set     down        down
Serial1        unassigned      NO   not set     down        down
```

Figura 5.18. Resumen del estado de las interfaces del equipo.

Las interfaces aparecen como no configuradas (indicado con NO en la columna *OK?*), las interfaces no tienen direcciones IP asignadas, por lo que esta columna muestra el valor *unassigned* para cada una de ellas. La columna *Method* se refiere a la configuración de la interfaz, ya sea de manera manual a automáticamente desde la red. Aún no se han configurado las interfaces (*no set*). Las últimas dos columnas indican el estado de la interfaz y el protocolo de enlace de datos que se ejecuta en la interfaz. Por defecto todas las interfaces comienzan con un estado y un protocolo de capa de enlace de datos *down*.

Los siguientes pasos están relacionados con al configuración del nombre del dispositivo, un nombre lógico para asociarlo al hardware y las contraseñas del mismo. Una vez mostrado el resumen de las interfaces del *router*, el dispositivo muestra la pantalla de la figura 5.19, en la cual escribiremos el nombre que el equipo tendrá dentro de la red; en nuestro caso escribiremos *Router\_SMN*.



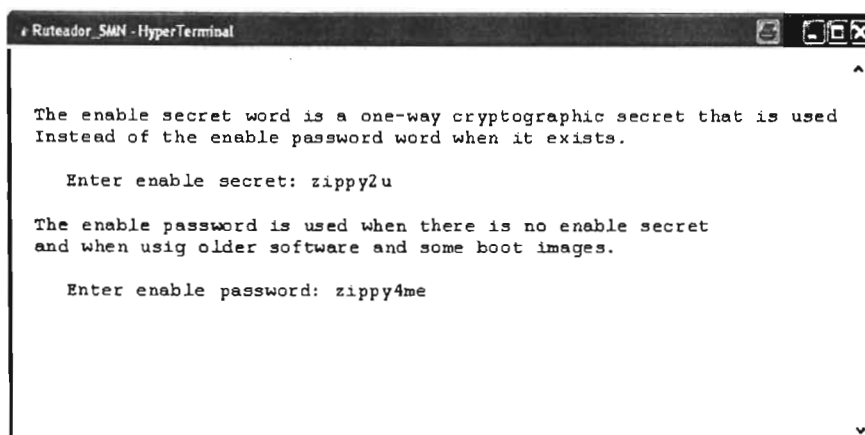
```
Ruteador_SMN - HyperTerminal

Configuring global parameters:
Enter host name [Router]: Router_SMN
```

Figura 5.19. Asignación del nombre del router.



Una vez establecido el nombre del dispositivo, el siguiente paso es la asignación de la contraseña del mismo. El *router* tiene dos niveles de comandos, el privilegiado ó *enable secret* y el no privilegiado ó *enable password*. El nivel privilegiado corresponde al administrador del equipo o superusuario quien tiene el permiso para poder modificar la configuración del dispositivo; el nivel no privilegiado corresponde a cualquier usuario quien únicamente tiene permiso para consultar los parámetros del dispositivo sin poder modificar su configuración. Por tal motivo se configurará una contraseña para cada nivel, cabe destacar que el método mas aconsejable para usar es el de *enable secret*, ya que utiliza un algoritmo criptográfico unidireccional y no el de *enable password*, el cual es considerado como el método más obsoleto, actualmente; sin embargo, como nos encontramos dentro del diálogo de configuración del sistema ambas contraseñas son requeridas. Debido a la confidencialidad que se debe de tener con las contraseñas del equipo, a partir de aquí y en adelante proporcionaremos contraseñas que únicamente servirán para ejemplificar lo que se requiera. La contraseña que se introducirá para *enable secret* será **zippy2u** y para *enable password* **zippy4me**, tal y como se muestra en la figura 5.20.



```
Ruteador_SMN - HyperTerminal

The enable secret word is a one-way cryptographic secret that is used
Instead of the enable password word when it exists.

Enter enable secret: zippy2u

The enable password is used when there is no enable secret
and when usig older software and some boot images.

Enter enable password: zippy4me
```

Figura 5.20. Contraseña *enable secret* y *enable password*.

Una vez establecidas las contraseñas anteriores, en el siguiente pasó realizaremos la configuración de las terminales virtuales, las cuales sirven como terminales lógicas para la conexión a nuestro dispositivo. Por defecto todos los dispositivos de este tipo permiten cinco sesiones *Telnet* de terminal virtual simultáneas (numeradas del 0 al 4). Cuando el dispositivo está activo en una red, se puede usar el programa de *Telnet* para acceder a él desde la terminal virtual, de la misma manera que si se accediera al dispositivo desde el puerto de consola como es nuestro caso. La contraseña que se introducirá, como ejemplo, será **Zipmein**, tal y como se muestra en la figura 5.21.

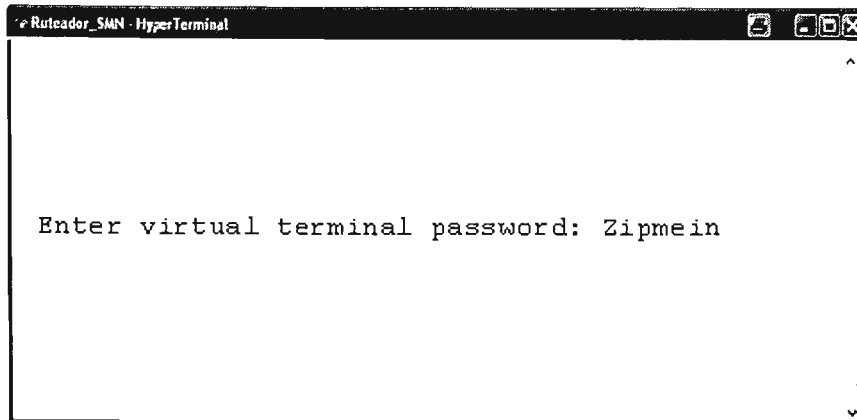


Figura 5.21. Contraseña de terminales virtuales.

La contraseña proporcionada es la misma para todas las terminales virtuales por que cuando los usuarios se conectan a un *router* no suelen especificar la terminal virtual a la que se quieren conectar, sino que suelen hacerlo a la primera disponible.

El siguiente paso del diálogo de configuración del sistema implica la configuración de los protocolos que utilizará el *router* para su comunicación en la red. El protocolo IP es el principal protocolo que se utiliza en la red, por lo que se activará presionando la tecla *enter* en nuestra computadora. Inmediatamente después se nos pedirá elegir un protocolo de enrutamiento IP utilizado por el *router* para pasar la información de enrutamiento. En este punto se nos preguntará si queremos activar el protocolo IGRP (*Interior Gateway Routing Protocol*, Protocolo de Enrutamiento de *Gateway* Interior), a lo que contestaremos que no, puesto que éste no es el protocolo óptimo para nuestra red; el protocolo óptimo se configurará más adelante. Lo anterior se puede observar en la figura 5.22.

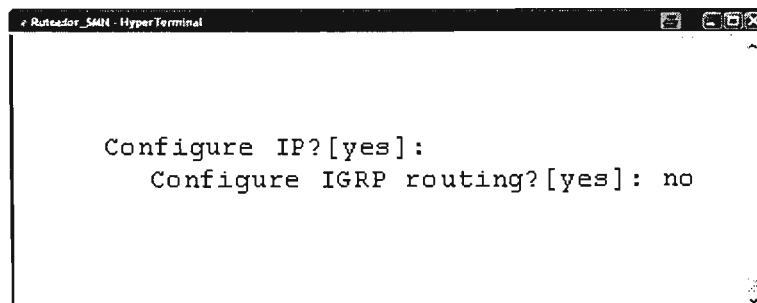
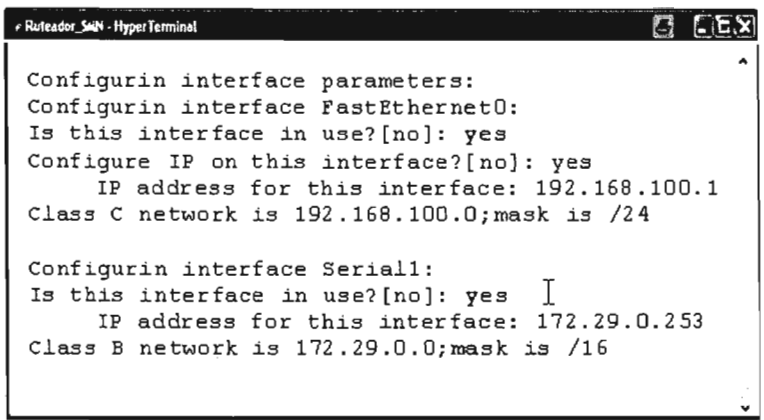


Figura 5.22. Activación del protocolo de red IP.

La siguiente pregunta del diálogo de configuración se refiere al uso de las interfaces que se utilizarán, es decir, que interfaces se desean activar y no dejar en estado de baja administrativa. En nuestro caso activaremos las interfaces *FastEthernet0* y *Serial1* para nuestro *router*, así como la ejecución del protocolo IP en cada una de ellas. A la primera de estas interfaces le asignaremos la dirección IP 192.168.100.1, con la máscara de subred 255.255.255.0, la cual corresponde a la red privada establecida para el segmento de red del SMN; y a la segunda interfaz le asignaremos la dirección IP 172.29.0.253, con la máscara de subred 255.255.255.0, la cual corresponde al enlace dedicado que brinda actualmente NeTCell. Lo anterior se puede observar en la figura 5.23.

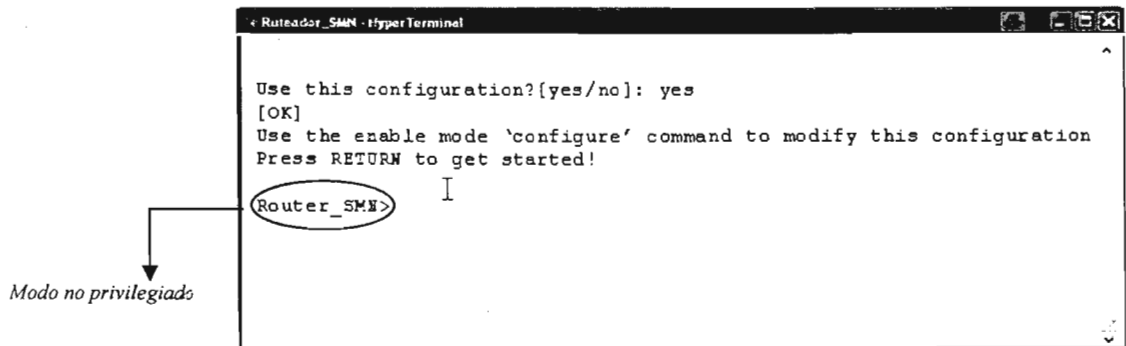


```
Ruteador_SMN - HyperTerminal
Configurin interface parameters:
Configurin interface FastEthernet0:
Is this interface in use?[no]: yes
Configure IP on this interface?[no]: yes
    IP address for this interface: 192.168.100.1
Class C network is 192.168.100.0;mask is /24

Configurin interface Serial1:
Is this interface in use?[no]: yes
    IP address for this interface: 172.29.0.253
Class B network is 172.29.0.0;mask is /16
```

Figura 5.23. Configuración de las interfaces del router.

Una vez configuradas las interfaces del *router*, se mostrará la última pantalla del diálogo de configuración del sistema, la cual nos preguntará si realmente queremos utilizar los parámetros introducidos, a lo cual contestaremos que sí, de esta forma quedarán grabados los parámetros y saldremos del diálogo de configuración del sistema para quedar en el modo no privilegiado del *router* y continuar con su configuración. Lo anterior se puede observar en la figura 5.24.

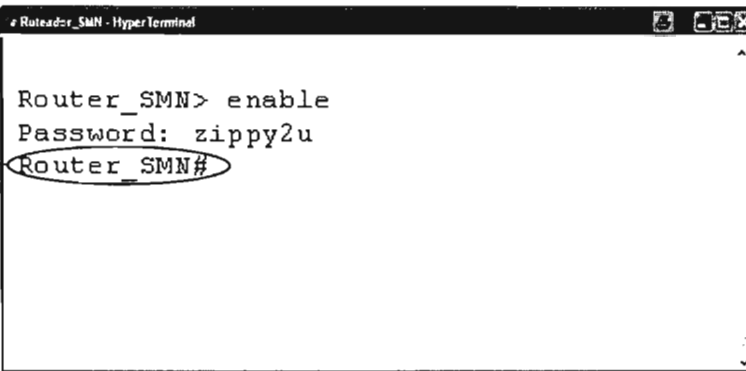


```
Ruteador_SMN - HyperTerminal
Use this configuration?[yes/no]: yes
[OK]
Use the enable mode 'configure' command to modify this configuration
Press RETURN to get started!
Router_SMN>
```

Modo no privilegiado

Figura 5.24. Finalización del diálogo de configuración del router.

Como se puede observar en la figura 5.24, el modo no privilegiado se caracteriza por el símbolo “>” que presenta al final del nombre del *router*. A continuación, escribimos el comando ejecutable “*enable*” para pasar de éste modo al modo privilegiado y proseguir con nuestra configuración. Una vez ejecutado el comando se nos pedirá que proporcionemos la contraseña respectiva para poder ingresar. Como se mencionó anteriormente, debemos de estar en el modo privilegiado para poder modificar los parámetros de configuración del *router* tal y como se observa en la figura 5.25.



```
Router_SMN> enable
Password: zippy2u
Router_SMN#
```

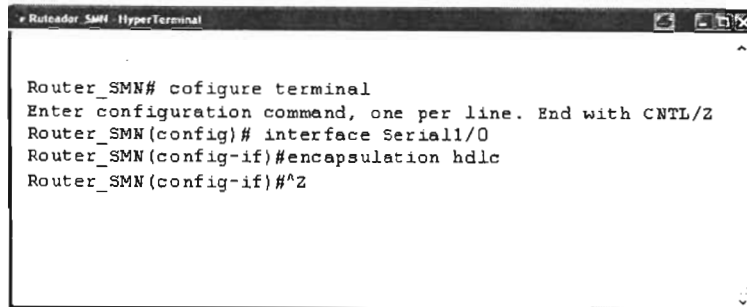
Modo privilegiado

Figura 5.25. Ingresando al modo privilegiado del router.

Una vez que ingresamos al modo privilegiado, podemos darnos cuenta que se caracteriza por el símbolo “#” que presenta al final del nombre del *router*. Hasta este punto lo único que resta por configurar es el tipo de encapsulación de la interfaz Serial1/0, que será HDLC, por tratarse de un enlace punto a punto con el *router* de NeTCell, configurar la interfaz *FastEthernet0/0* como *Full-Duplex*, para que trabaje en modo completo; configurar el protocolo de *enrutamiento* IP, óptimo para la red que será EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol, Protocolo de Enrutamiento de *Gateway* Interior Mejorado) y seleccionado por su eficaz equilibrio entre las funciones de los protocolos (además de que es bastante sencillo de configurar, no requiere una topología física específica y ofrece una convergencia rápida); agregar las dos redes que se encuentran directamente conectadas al *router* para crear la tabla de *enrutamiento* y finalmente agregar las direcciones IP de las estaciones hidrológicas, las cuales serán para este caso únicamente cinco puesto que son con las que ejemplificaremos el proceso.

Para configurar el protocolo de encapsulamiento HDLC en la interfaz Serial1/0 primeramente utilizaremos el comando “*configure terminal*”, el cual nos permitirá tener acceso a las interfaces para su configuración. Inmediatamente después utilizaremos el comando “*interface Serial1/0*”, en el cual indicaremos la interfaz que queremos configurar, una vez seleccionada la interfaz únicamente escribiremos “*encapsulation*

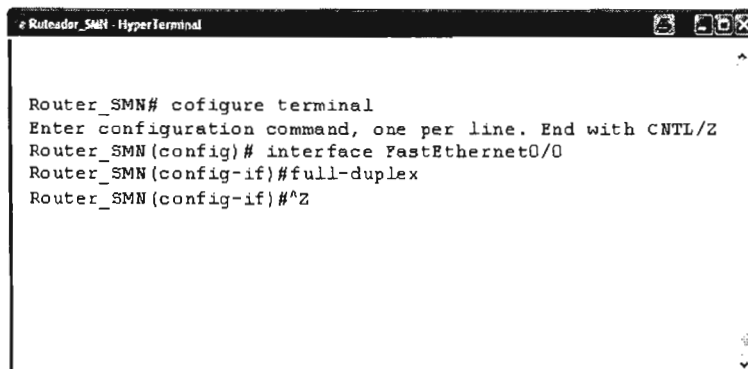
*HDLC*”, con lo cual indicaremos el encapsulamiento deseado. Lo anterior se puede observar en la figura 5.26.



```
Router_SMN# configure terminal
Enter configuration command, one per line. End with CNTL/Z
Router_SMN(config)# interface Serial1/0
Router_SMN(config-if)# encapsulation hdlc
Router_SMN(config-if)#^Z
```

Figura 5.26. Configuración del protocolo de encapsulamiento de la interfaz Serial1/0.

En la figura anterior se puede apreciar que al presionar las teclas “CNTL+Z” aparecen los caracteres “^Z”, los cuales indican que abandonamos la configuración de la interfaz para volver al modo privilegiado. Esto es con la finalidad de proceder a la configuración del modo *Full-Duplex* de la interfaz *FastEthernet0/0*. Al igual que en la interfaz anterior escribiremos el comando “*configure terminal*”, posteriormente “*interface FastEthernet0/0*” y finalmente “*full-duplex*”, como se muestra en la figura 5.27.



```
Router_SMN# configure terminal
Enter configuration command, one per line. End with CNTL/Z
Router_SMN(config)# interface FastEthernet0/0
Router_SMN(config-if)# full-duplex
Router_SMN(config-if)#^Z
```

Figura 5.27. Configuración del modo full-duplex en la interfaz FastEthernet0/0.

Una vez configuradas nuestras dos interfaces correctamente, estableceremos el protocolo de enrutamiento EIGRP, mediante el comando “*router eigrp 25000*” e inmediatamente agregaremos las dos redes conectadas al *router*, es decir, la 192.168.100.0 y la 172.29.0.250, utilizando el comando “*network*”. Estas dos redes conformarán la tabla de *enrutamiento* de nuestro *router*. Lo anterior se puede observar en la figura 5.28.

```

Router_SMN# configure terminal
Enter configuration command, one per line. End with CNTL/Z
Router_SMN(config)# router eigrp 25000
Router_SMN(config-router)# network 192.168.100.0
Router_SMN(config-router)# network 172.29.0.250
Router_SMN(config-if)# ^Z

```

Figura 5.28. Configuración del protocolo de enrutamiento IP y tabla de enrutamiento

Agregadas las dos redes que conformarán la tabla de enrutamiento, el último paso que nos resta para completar la configuración del *router*, es agregar las direcciones IP de las estaciones hidrológicas instaladas, para que de esta forma los datos enviados por ellas y procesados por NeTCell puedan ser recibidos en el servidor correspondiente. Para este caso y retomando el diagrama de conexión del apartado 5.2, en el cual se presentan las 5 estaciones hidrológicas a instalar (correspondientes a la Región 1), las direcciones que agregaremos utilizando el comando “*ip host*” serán las que se presentan en la tabla 5.8.

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	DIRECCIÓN IP
COLORINES	146.221.10.17
ANZALDO	146.221.10.18
TACUBAYA	146.221.10.19
VALLE DE BRAVO	146.221.10.20
SANTO TOMAS	146.221.10.21

Tabla 5.8. Nombres y direcciones IP de las Estaciones Hidrológicas de la Región 1.

De acuerdo a la tabla anterior la pantalla de configuración se muestra a continuación en la figura 5.29.

```

Router_SMN# configure terminal
Enter configuration command, one per line. End with CNTL/Z
Router_SMN(config)# ip host Estacion_Colorines 146.221.10.17
Router_SMN(config)# ip host Estacion_Anzaldo 146.221.10.18
Router_SMN(config)# ip host Estacion_Tacubaya 146.221.10.19
Router_SMN(config)# ip host Estacion_Valle_de_Bravo 146.221.10.20
Router_SMN(config)# ip host Estacion_Santo_Tomas 146.221.10.21
Router_SMN(config)# ^Z

```

Figura 5.29. Asignación de IP para cada estación hidrológica de la Región 1.

El proceso mostrado en la figura 5.26. será el mismo para cada estación hidrológica que se instale, la dirección IP dependerá de la región a la que pertenezca.

## 5.5. Memoria técnica

En este apartado se presentará la información técnica de los equipos de interconexión a utilizar para el desarrollo de nuestro proyecto, tales como la estación hidrológica, el módem GPRS y el *ruteador*.

### 5.5.1. Relación de hardware en dispositivos a utilizar

#### *Ruteador SMN*

El *ruteador* serie 3600 de la marca Cisco, cuenta con las especificaciones de descritas en el apéndice E:

#### *Módem GPRS*

El módem GPRS modelo GM100 marca Sony Ericsson cuenta con las características presentadas en el apéndice D.

#### *Estación Hidrológica*

La estación hidrológica es marca Forest Technology Systems LTD.

### 5.5.2. Instalación y configuración del *ruteador*

#### *Instalación y Alimentación*

El *ruteador* serie 3600 es instalado en un bastidor de 19", los cables de alimentación son de calibre 18 AWG, y se canalizan por el lado izquierdo del bastidor, los cables de señal se canalizan por el lado derecho a fin de evitar interferencias por el paso corriente alterna. La alimentación de C.A. con 120 V y una corriente de 2 A es tomada de un tomacorrientes tipo americano (neutro, tierra física y fase) protegido (polarizado por UPS e inversores). El enlace dedicado entregado por DigiNet es conectado al puerto serial y el puerto *FastEthernet* es utilizado para conectar el servidor del SMN.

#### *Configuración*

La configuración correspondiente al *router*, incluyendo las 13 regiones comprendidas en el SMN, es la siguiente:

```
Router>
Router>enable
Router#config t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

```

Router(config)#hostname Router_SMN
Router_SMN(config)#enable secret zippy2u
Router_SMN(config)#enable password zippy4me
Router_SMN(config)#line vty 0 4
Router_SMN(config-line)#login
Router_SMN(config-line)#password Zipmein
Router_SMN(config-line)#exit
Router_SMN(config)#line console 0
Router_SMN(config-line)#login
login disabled on line 0 until password is set.
Router_SMN(config-line)#password Zipmein
Router_SMN(config-line)#exit
Router_SMN(config)#ip routing
Router_SMN(config)#interface FastEthernet0/0
Router_SMN(config-if)#ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
Router_SMN(config-if)#exit
Router_SMN(config)#interface Serial1/0
Router_SMN(config-if)#ip address 172.29.0.253 255.255.255.0
Router_SMN(config-if)#encapsulation hdlc
Router_SMN(config-if)#no shutdown
%LINK-3-UPDOWN:Interface Serial1/0, changed state to up
Router_SMN(config-if)#exit
%LINK-3-UPDOWN:Interface Serial1/0, changed state to down
%LINEPROTO-5-UPDOWN:Line protocol on Interface Serial1/0, changed
state to down
Router_SMN(config)#interface FastEthernet 0/0
Router_SMN(config-if)#no shutdown
%LINK-3-UPDOWN:Interface FastEthernet0/0, changed state to up
Router_SMN(config-if)#exit
Router_SMN(config)#router eigrp 25000
Router_SMN(config-router)#network 192.168.100.0
Router_SMN(config-router)#network 172.29.0.250
Router_SMN(config-router)#exit
Router_SMN(config)#ip host Estacion_Colorines 146.221.10.17
Router_SMN(config)#ip host Estacion_Analdo 146.221.10.18
Router_SMN(config)#ip host Estacion_Tacubaya 146.221.10.19
Router_SMN(config)#ip host Estacion_Valle_de_Bravo 146.221.10.20
Router_SMN(config)#ip host Estacion_Santo_Tomas 146.221.10.21
Router_SMN(config)#ip host Region02_estacion1 146.221.10.33
Router_SMN(config)#ip host Region02_estacion2 146.221.10.34
Router_SMN(config)#ip host Region02_estacion3 146.221.10.35
Router_SMN(config)#ip host Region02_estacion4 146.221.10.36
Router_SMN(config)#ip host Region02_estacion5 146.221.10.37
Router_SMN(config)#ip host Region03_estacion1 146.221.10.49
Router_SMN(config)#ip host Region03_estacion2 146.221.10.50
Router_SMN(config)#ip host Region03_estacion3 146.221.10.51
Router_SMN(config)#ip host Region03_estacion4 146.221.10.52
Router_SMN(config)#ip host Region03_estacion5 146.221.10.53
Router_SMN(config)#ip host Region04_estacion1 146.221.10.65
Router_SMN(config)#ip host Region04_estacion2 146.221.10.66
Router_SMN(config)#ip host Region04_estacion3 146.221.10.67
Router_SMN(config)#ip host Region04_estacion4 146.221.10.68
Router_SMN(config)#ip host Region04_estacion5 146.221.10.69
Router_SMN(config)#ip host Region05_estacion1 146.221.10.81

```



```

Router_SMN(config)#ip host Region05_estacion2 146.221.10.82
Router_SMN(config)#ip host Region05_estacion3 146.221.10.83
Router_SMN(config)#ip host Region05_estacion4 146.221.10.84
Router_SMN(config)#ip host Region05_estacion5 146.221.10.85
Router_SMN(config)#ip host Region06_estacion1 146.221.10.97
Router_SMN(config)#ip host Region06_estacion2 146.221.10.98
Router_SMN(config)#ip host Region06_estacion3 146.221.10.99
Router_SMN(config)#ip host Region06_estacion4 146.221.10.100
Router_SMN(config)#ip host Region06_estacion5 146.221.10.101
Router_SMN(config)#ip host Region07_estacion1 146.221.10.113
Router_SMN(config)#ip host Region07_estacion2 146.221.10.114
Router_SMN(config)#ip host Region07_estacion3 146.221.10.115
Router_SMN(config)#ip host Region07_estacion4 146.221.10.116
Router_SMN(config)#ip host Region07_estacion5 146.221.10.117
Router_SMN(config)#ip host Region08_estacion1 146.221.10.129
Router_SMN(config)#ip host Region08_estacion2 146.221.10.130
Router_SMN(config)#ip host Region08_estacion3 146.221.10.131
Router_SMN(config)#ip host Region08_estacion4 146.221.10.132
Router_SMN(config)#ip host Region08_estacion5 146.221.10.133
Router_SMN(config)#ip host Region09_estacion1 146.221.10.145
Router_SMN(config)#ip host Region09_estacion2 146.221.10.146
Router_SMN(config)#ip host Region09_estacion3 146.221.10.147
Router_SMN(config)#ip host Region09_estacion4 146.221.10.148
Router_SMN(config)#ip host Region09_estacion5 146.221.10.149
Router_SMN(config)#ip host Region10_estacion1 146.221.10.161
Router_SMN(config)#ip host Region10_estacion2 146.221.10.162
Router_SMN(config)#ip host Region10_estacion3 146.221.10.163
Router_SMN(config)#ip host Region10_estacion4 146.221.10.164
Router_SMN(config)#ip host Region10_estacion5 146.221.10.165
Router_SMN(config)#ip host Region11_estacion1 146.221.10.177
Router_SMN(config)#ip host Region11_estacion2 146.221.10.178
Router_SMN(config)#ip host Region11_estacion3 146.221.10.179
Router_SMN(config)#ip host Region11_estacion4 146.221.10.180
Router_SMN(config)#ip host Region11_estacion5 146.221.10.181
Router_SMN(config)#ip host Region12_estacion1 146.221.10.193
Router_SMN(config)#ip host Region12_estacion2 146.221.10.194
Router_SMN(config)#ip host Region12_estacion3 146.221.10.195
Router_SMN(config)#ip host Region12_estacion4 146.221.10.196
Router_SMN(config)#ip host Region12_estacion5 146.221.10.197
Router_SMN(config)#ip host Region13_estacion1 146.221.10.209
Router_SMN(config)#ip host Region13_estacion2 146.221.10.210
Router_SMN(config)#ip host Region13_estacion3 146.221.10.211
Router_SMN(config)#ip host Region13_estacion4 146.221.10.212
Router_SMN(config)#ip host Region13_estacion5 146.221.10.213
Router_SMN(config)#exit

```

### 5.5.3. Configuración de los módems

Las cinco estaciones piloto a instalar son: Colorines, Anzaldo, Tacubaya, Valle de Bravo y Santo Tomás, toda pertenecientes a la región 1. En la tabla 5.9 se encuentran las

direcciones IP asignadas a cada uno de los módem. La configuración por comandos AT de cada uno de los módems se muestra a continuación:

ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES IP				
REGION	SUBRED ASIGNADA	ESTACIÓN	DIRECCIÓN IP	NOMBRE
1	146.221.10.16 (GGSN1)	1	146.221.10.17	Colorines
		2	146.221.10.18	Anzaldo
		3	146.221.10.19	Tacubaya
		4	146.221.10.20	Valle de Bavo
		5	146.221.10.21	Santo Tomás

Tabla 5.9. Asignación de direcciones IP.

### **ESTACIÓN COLORINES**

*Módem región 1, estación hidrológica 1*

```
>AT+CGDCONT=1,146.221.10.17,INTERNET=smn.com !Asignación de IP y APN!
>AT+CGATT=1 !Registro del módem a la red de GPRS!
Ok
>AT+CSQ !Verificar que el módem tenga señal suficiente!
+CSQ:20,0 !Respuesta del módem, 20 indica el nivel de señal!
>ATD*99*1# !Conexión del módem a la red de GPRS!
>AT+CREG? !Verificar que el módem esté registrado en la red!
!Respuesta del módem !
CREG=<mode>,1 !Módem registrado en la red, ok !
CREG=<mode>,2 !Se perdió el registro, verificar comando CGATT !
CREG=<mode>,0 !El módem no se ha registrado, verificar CGATT !
>ATS0=1 !Se deja configurado para que el módem conteste
Ok automáticamente después de un timbrado!
>AT+IPR=9600 !Definiremos la velocidad de conexión!
Ok
>ATE0 !Comando para evitar eco o ruido en la llamada!
Ok
>AT+CPIN=1234 !Asignaremos finalmente un código de acceso y
Ok seguridad, "1234"!
```

### **ESTACIÓN ANZALDO**

*Módem región 1, estación hidrológica 2*

```
>AT+CGDCONT=1,146.221.10.18,INTERNET=smn.com !Asignación de IP y APN!
>AT+CGATT=1 !Registro del módem a la red de GPRS!
Ok
```

>AT+CSQ	!Verificar que el módem tenga señal suficiente!
+CSQ:20,0	!Respuesta del módem, 20 indica el nivel de señal!
> ATD*99*1#	!Conexión del módem a la red de GPRS!
Ok	
> AT+CREG?	!Verificar que el módem esté registrado en la red!
CREG=<mode>,1	!Respuesta del módem !
CREG=<mode>,2	!Módem registrado en la red, ok !
CREG=<mode>,0	!Se perdió el registro, verificar comando CGATT !
> AT+IPR=9600	!El módem no se ha registrado, verificar CGATT !
Ok	!Se deja configurado para que el módem conteste automáticamente después de un timbrado!
> ATE0	!Definiremos la velocidad de conexión!
Ok	
> AT+CPIN=1234	!Comando para evitar eco o ruido en la llamada!
Ok	
> AT+CPIN=1234	!Asignaremos finalmente un código de acceso y seguridad, "1234"!
Ok	

## **ESTACIÓN TACUBAYA**

### ***Módem región 1, estación hidrológica 4***

>AT+CGDCONT=1, 146.221.10.19,INTERNET=smn.com	!Asignación de IP y APN!
>AT+CGATT= 1	!Registro del módem a la red de GPRS!
Ok	
>AT+CSQ	!Verificar que el módem tenga señal suficiente!
+CSQ:20,0	!Respuesta del módem, 20 indica el nivel de señal!
> ATD*99*1#	!Conexión del módem a la red de GPRS!
Ok	
> AT+CREG?	!Verificar que el módem esté registrado en la red!
CREG=<mode>,1	!Respuesta del módem !
CREG=<mode>,2	!Módem registrado en la red, ok !
CREG=<mode>,0	!Se perdió el registro, verificar comando CGATT !
> AT+IPR=9600	!El módem no se ha registrado, verificar CGATT !
Ok	!Se deja configurado para que el módem conteste automáticamente después de un timbrado!
> ATE0	!Definiremos la velocidad de conexión!
Ok	
> AT+CPIN=1234	!Comando para evitar eco o ruido en la llamada!
Ok	
> AT+CPIN=1234	!Asignaremos finalmente un código de acceso y seguridad, "1234"!
Ok	

**ESTACIÓN VALLE DE BRAVO**  
**Módem región 1, estación hidrológica 4**

>AT+CGDCONT=1, 146.221.10.20,INTERNET=smn.com !Asignación de IP y APN!  
>AT+CGATT= 1 !Registro del módem a la red de GPRS!  
Ok  
>AT+CSQ !Verificar que el módem tenga señal suficiente!  
+CSQ:20,0 !Respuesta del módem, 20 indica el nivel de señal!  
> ATD\*99\*1# !Conexión del módem a la red de GPRS!  
Ok  
> AT+CREG? !Verificar que el módem esté registrado en la red!  
!Respuesta del módem !  
CREG=<mode>,1 !Módem registrado en la red, ok !  
CREG=<mode>,2 !Se perdió el registro, verificar comando CGATT !  
CREG=<mode>,0 !El módem no se ha registrado, verificar CGATT !  
> AT+ATS0=1 !Se deja configurado para que el módem conteste  
Ok automáticamente después de un timbrado!  
> AT+IPR=9600 !Definiremos la velocidad de conexión!  
Ok  
> ATE0 !Comando para evitar eco o ruido en la llamada!  
Ok  
> AT+CPIN=1234 !Asignaremos finalmente un código de acceso y  
Ok seguridad, "1234"!

**ESTACIÓN SANTO TOMÁS**  
**Módem región 1, estación hidrológica 5**

>AT+CGDCONT=1, 146.221.10.21,INTERNET=smn.com !Asignación de IP y APN!  
>AT+CGATT= 1 !Registro del módem a la red de GPRS!  
Ok  
>AT+CSQ !Verificar que el módem tenga señal suficiente!  
+CSQ:20,0 !Respuesta del módem, 20 indica el nivel de señal!  
> ATD\*99\*1# !Conexión del módem a la red de GPRS!  
Ok  
> AT+CREG? !Verificar que el módem esté registrado en la red!  
!Respuesta del módem !  
CREG=<mode>,1 !Módem registrado en la red, ok !  
CREG=<mode>,2 !Se perdió el registro, verificar comando CGATT !  
CREG=<mode>,0 !El módem no se ha registrado, verificar CGATT !  
> AT+ATS0=1 !Se deja configurado para que el módem conteste  
Ok automáticamente después de un timbrado!  
> AT+IPR=9600 !Definiremos la velocidad de conexión!  
Ok  
> ATE0 !Comando para evitar eco o ruido en la llamada!  
> AT+CPIN=1234 !Asignaremos finalmente un código de acceso y  
Ok seguridad, "1234"!

## 5.5.4. Instalación de las estaciones hidrológicas

### *Estación hidrológica Colorines*

La estación hidrológica Colorines se debe instalar en una construcción tipo plataforma al piso, sobre ésta mediante tornillería es fijado el mástil en acero de 4 pulgadas de diámetro. En el mástil es empotrado mediante tornillos y herrajes (abrazaderas tipo “U”) el gabinete de la estación, los sensores, sus cableados y accesorios. Los cableados deben de sujetarse mediante abrazaderas metálicas de modo que el viento y el intemperismo no afecten con el movimiento y desgaste los materiales. El sistema de tierras debe de instalarse correctamente a fin de evitar daños por descargas atmosféricas, en la tabla 5.10 se describen los detalles.

<b>ESTACIÓN HIDROLÓGICA COLORINES</b>	
Estacion Hidrológica.	Forest Technology Systems Ltd. Tipo de estructura de montaje: plataforma a nivel de piso con armazón de acero y pisos de madera.
Sistema de tierras a instalar.	Dos electrodos tipo químico de una cara unidos por cable calibre 2 AWG, a éste se aterriza el pararrayos, las estructuras y gabinetes, formando tres mallas, separadas entre sí y unidas sólo en los electrodos: pararrayos, estructuras metálicas y equipos o gabinetes que lo requieran.
Sensores.	Anemómetro, temperatura y humedad relativa, radiación solar, nivel de agua, sensor de calidad de agua, sensor de turbidez, sensor de nivel de agua y pluviómetro.
Longitud de Cables para interconexión.	Para sensores analógico: pluviómetro / 3 metros y para medidor de nivel / 15 metros. Para sensores digitales: termómetro e higrómetro / 3 metros, medidor de calidad de agua / 15 metros, el medidor de turbidez / 15 metros y el anemómetro / 5 metros, radiación solar / 3 metros.
Módem.	Módem GM100 Sony Ericsson.
	Alimentación de 12V, fusible de 0.5 Amperes y cable de alimentación calibre 18 AWG.
	Tipo de antena a utilizar: Yagui (mayor información en el apéndice F).
	La conexión del módem al <i>datalogger</i> es mediante un conector RS232, con un cable UTP blindado categoría 5 y de 1.0 metro de longitud.

*Tabla 5.10. Componentes de la estación Colorines.*

*Estación Hidrológica Anzaldo, Tacubaya, Valle de Bravo y Santo Tomás*

Las estaciones hidrológicas Anzaldo, Tacubaya, Valle de Bravo y Santo Tomás se deben instalar en una construcción tipo plataforma al piso, sobre ésta mediante tornillería es fijado el mástil en acero de 4 pulgadas de diámetro. En el mástil es empotrado mediante tornillos y herrajes (abrazaderas tipo “U”) el gabinete de la estación, los sensores, sus cableados y accesorios. Los cableados deben de sujetarse mediante abrazaderas metálicas de modo que el viento y el intemperismo no afecten con el movimiento y desgaste los materiales. El sistema de tierras debe de instalarse correctamente a fin de evitar daños por descargas atmosféricas, en la tabla 5.11 se describen los detalles.

<b>ESTACIONES ANZALDO, TACUBAYA, VALLE DE BRAVO Y STO. TOMAS</b>	
Estacion Hidrológica.	Forest Technology Systems Ltd. Tipo de estructura de montaje: plataforma a nivel de piso con armazón de acero y pisos de madera.
Sistema de tierras a instalar.	Dos electrodos tipo químico de una cara unidos por cable calibre 2 AWG, a éste se aterriza el pararrayos, las estructuras y gabinetes, formando tres mallas, separadas entre sí y unidas sólo en los electrodos: pararrayos, estructuras metálicas y equipos o gabinetes que lo requieran.
Sensores.	Anemómetro, temperatura y humedad relativa, radiación solar, nivel de agua, sensor de calidad de agua, sensor de turbidez, sensor de nivel de agua y pluviómetro.
Longitud de Cables para interconexión.	Para sensores analógico: pluviómetro / 3 metros y para medidor de nivel / 15 metros. Para sensores digitales: termómetro e higrómetro / 3 metros, medidor de calidad de agua / 15 metros, el medidor de turbidez / 15 metros y el anemómetro / 5 metros, radiación solar / 3 metros.
Módem.	Módem GM100 Sony Ericsson. Alimentación de 12V, fusible de 0.5 Amperes y cable de alimentación calibre 18 AWG. Tipo de antena a utilizar: Yagui (mayor información en el Apéndice F). La conexión del módem al <i>datalogger</i> es mediante un conector RS232, con un cable UTP blindado categoría 5 y de 1.0 metro de longitud.

*Tabla 5.11. Componentes de las estaciones Anzaldo, Tacubaya, Valle de Bravo y Santo Tomás.*

### 5.5.5. Diagrama del proyecto

En la figura 5.30 se observa el diagrama de interconexión a implementar para las 5 estaciones piloto que se plantearon en esta tesis. El desarrollo de este trabajo se realizó pensando a futuro, en un número de 5 estaciones por cada una de las 13 regiones que cubre el SMN.

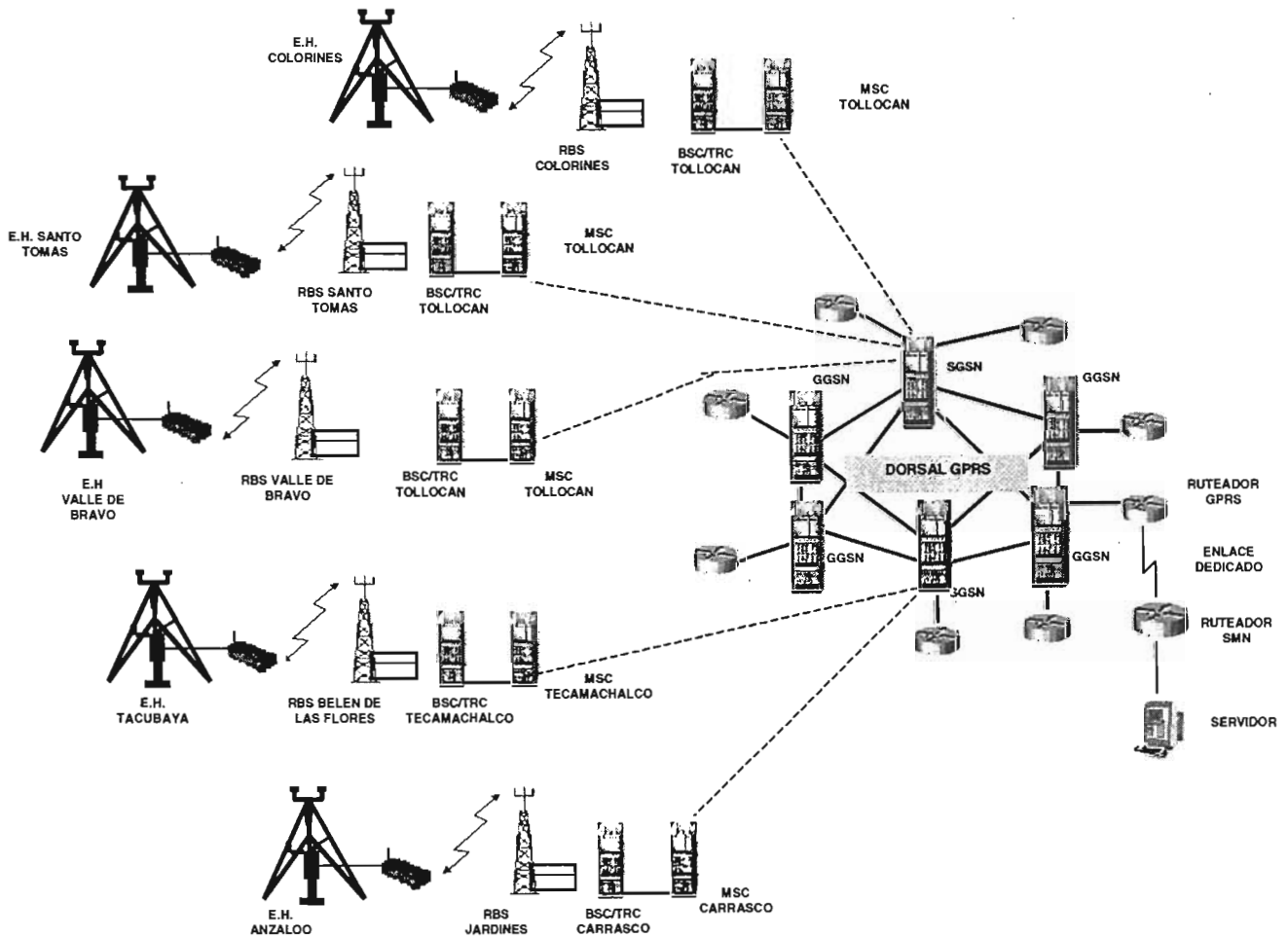


Figura 5.30. Diagrama de interconexión.

En el siguiente capítulo se abordarán los resultados y conclusiones que se obtuvieron durante el desarrollo de este proyecto.

## **6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

En el presente capítulo comentaremos las diferentes actividades realizadas en el desarrollo del trabajo de tesis, así mismo, expondremos las conclusiones obtenidas del mismo.

### **6.1. Resultados**

Diseñamos el sistema de comunicación de datos para una red de estaciones hidrológicas, mediante el empleo de la tecnología GSM. En su primera fase en este sistema se consideran 5 estaciones hidrológicas piloto, estas estaciones abarcan todas las posibilidades que puedan presentarse en la implementación práctica en las otras 12 regiones restantes del SMN.

Para complementar los fundamentos teóricos de esta tesis se contacto a personal del operador NeTCell y del SMN. En visitas al SMN nos orientaron acerca del propósito de la red de estaciones meteorológicas y del tipo de equipo utilizado. Para la recopilación de la



información de meteorología, se tuvo que investigar mayormente en la internet, ya que debido a la confidencialidad que se maneja al interior del SMN y en las empresas, no fue posible obtener la documentación correspondiente (manuales). En las páginas web de los fabricantes encontramos que las estaciones hidrológicas automáticas se solicitan bajo pedido, en éste se incluye el tipo de software (programación de los disparos de transmisión de datos y sensores) y hardware requeridos (sensores a utilizar, longitud de cableados, etcétera). Para el caso de GSM y redes de datos, no se nos presentaron tantas complicaciones, la información teórica y práctica estuvo disponible a través de libros y manuales técnicos, así mismo, el personal que labora en NeTCell, tuvo a bien proporcionarnos datos técnicos de equipos, zonas de cobertura dentro de el área metropolitana y características básicas de su red.

Con los fundamentos técnicos (normas, topología de red, manuales, etcétera) y académicos respecto a la tecnología GSM y estaciones hidrológicas, se procedió a analizar, dentro del estándar GSM, la tecnología más conveniente para la transmisión de los paquetes de datos de la estación hidrológica. Después de un análisis de costo beneficio se eligió el servicio de datos GPRS, ya que de acuerdo a sus características, se adapta mejor al tipo de transmisión de una estación hidrológica y ofrece la posibilidad de eficientar costos, alimentación de energía e instalación. El módem GPRS permite el acoplamiento con la estación hidrológica mediante el puerto serial de comunicación RS232 y proporciona una conexión permanente a red mediante un protocolo TCP/IP. El módem GPRS elegido es comercial y configurable en modo manual (vía comando AT ó por emulador de ventanas). Para ser activado (previa contratación del servicio GSM) una dirección IP es asignada por NeTCell, con ésta tenemos acceso a la red GPRS. Para el diseño de las direcciones IP de todos los módems de las 13 regiones del SMN, se planteó el uso de un *router* 3600 marca Cisco, en el cual se configura una tabla de *ruteo*, conteniendo todas las direcciones IP's asignadas por NeTCell a los módem localizados en las estaciones hidrológicas, implementadas bajo este sistema a nivel nacional.

Por razones económicas (costo de las inspecciones y levantamientos en sitio), se desarrolló el diseño completo para 5 estaciones hidrológicas dentro de la zona 1 del SMN (Edo. México y D.F.), abarcando todas las posibilidades de comunicación que pudieran presentarse en el resto de las regiones.

Para realizar las inspecciones y levantamientos de los sitios elegidos, se hicieron varios recorridos. Se presentaron 4 casos en los cuales la señal recibida por nuestra terminal móvil fue de buena a excelente y uno donde la señal fue regular, para este caso se plantea el uso de una antena Yagui, debidamente orientada a fin de mejorar el nivel de señal. En el caso de las estaciones hidrológicas, se seleccionó un tipo de estación patrón

debido a que de este modo se reduce el costo y las posibles complicaciones al momento de la instalación de la misma.

La entrega de datos concentrados desde la red GPRS de NeTCell al SMN será realizada mediante un enlace dedicado, este enlace es de 2,048 Mbps (un E1) y se eligió al operador DigiNet, rentando mensualmente el servicio a un costo de aproximadamente \$10,600 pesos. En comparación con una segunda opción, que sería un enlace de microondas punto a punto de 4E1 comprado (comercialmente el de menor capacidad) a un costo inicial alto (40,000 USD más instalación), DigiNet representa una mejor opción.

La tecnología GSM ofrece a través de GPRS la posibilidad de conexión permanente a red, con activaciones del transmisor del módem sólo cuando detecta paquetes de datos, esta característica permite el acoplamiento con la estación hidrológica y el buen aprovechamiento de la fuente de alimentación de la estación. Siendo el módem de bajo consumo (con transmisor encendido 250 mA<sub>rms</sub>), puede ser fácilmente alimentado por la batería de 12V que viene en la estación, con el simple uso de un regulador de voltaje común, a fin de obtener un rango de voltaje de alimentación adecuado.

La implementación de la red de estaciones hidrológicas mediante GPRS ofrece movilidad y rapidez de instalación, estas dos características permitirán al SMN atender en forma oportuna puntos potenciales de desastre. Además, con el sistema GPRS, se puede establecer comunicación a la estación hidrológica utilizando el comando *Telnet* y la IP asignada al módem GPRS por NeTCell, esta característica permitirá al usuario final, con el software adecuado, manipular ciertos parámetros de la estación, como son: velocidad de transmisión de datos, frecuencia de las transmisiones y cantidad de lecturas por hora de ciertos sensores.

## 6.2. Conclusiones

El sistema de estaciones meteorológicas e hidrológicas, instaladas por el SMN, cuentan con el apoyo de la red satelital GOES del Servicio Meteorológico Mundial, sin embargo, aún cuando este servicio de comunicación no tiene más costo que compartir la información obtenida, hemos desarrollado la alternativa de comunicación mediante el uso de la tecnología GPRS, a un costo de comunicación de datos por estación hidrológica de aproximadamente 100 pesos por mes( paquete 5000 kbps), este costo nos permite introducir cada una de las estaciones a una red LAN, asistida por el operador celular NeTCell. El simple hecho de ofrecer accesos de red remotos e inalámbricos en espera (*stand by*) a cada estación hidrológica, ofrece en sí mejoras al sistema de transmisión, ya

que la comunicación puede ser en dos direcciones mediante el protocolo TCP/IP, así como permitir conexiones M2M (Machine to Machine, máquina a máquina).

La implementación de la arquitectura del sistema para comunicación de datos de las estaciones hidrológicas requiere la adquisición del siguiente equipo: un *router* 3600, un módem GPRS por cada estación hidrológica y un enlace dedicado del dorsal de la red GPRS hacia la red corporativa del SMN. Esto es debido a que utilizamos la red GSM de NetCell, cuya infraestructura nos permite conectarnos de forma inalámbrica en cualquier punto (disponible a cobertura). El módem GPRS configurado y con el servicio GPRS previamente contratado, permite la comunicación instantánea entre las estaciones hidrológicas y el servidor del SMN. Mediante una tabla de ruteo, un *router* 3600 Cisco puede realizar un barrido de las IP's configuradas en los módems de las estaciones, recopilando la información de cada una de ellas y entregándola por medio de un puerto FastEthernet al servidor del SMN.

En relación con el transmisor de la estación hidrológica, el consumo de potencia también se ve mejorado, ya que mientras el módem llega a consumir hasta 2W(en las peores situaciones de recepción), el transmisor satelital podría llegar a consumir hasta 10W. Ésta mejora permite al operador programar periodos de transmisión de datos de la estación hidrológica más cortos, pudiendo llegar a ser de hasta cada 10 minutos y no de cada 3 horas, como se llega a configurar con un transmisor satelital. En la parte de radiofrecuencia, la antena de transmisión de la estación hidrológica está limitada a la señal recibida entre el módem GPRS y la radio base, la antena utilizada puede ser una antena omnidireccional de 5 centímetros de largo o una antena Yagui para 1900MHz. En este trabajo de tesis se nos presentó un caso de difícil cobertura, el uso de la antena Yagui ofrece una solución, ya que por su característica de directividad, permite orientar el transmisor del módem hacia la radio base más cercana (caso de la estación Colorines).

Finalmente el empleo de un *router* en el SMN, permitirá la adquisición de la información proveniente de las estaciones hidrológicas, las cuales son para nuestra red sólo direcciones IP y de las cuales se recibirán paquetes de datos periódicamente, sin embargo, con la diferencia que el operador ó usuario final podrá contactar en todo momento a la estación vía protocolo TCP/IP.

La red de estaciones hidrológicas planteada en esta tesis tiene la opción de crecer hasta 15 estaciones por región, en el caso particular de que esta capacidad fuera rebasada, se tendría que migrar a otra red más robusta (clase C).

## 7. Bibliografía

### *Libros*

1. Huidobro M. José, *Manual de Telecomunicaciones*, AlfaOmega, 1ª Edición, Madrid España, 2004.
2. Huidoro José M., *Tecnologías Avanzadas de Telecomunicaciones*, Paraninfo, Madrid España, 2ª Edición, 2003.
3. Steven Mc Querry, *Interconexión de Dispositivos de Red Cisco*, Cisco Press, 2ª Edición, México, 2004.
4. Kahabka Marc, *Pocket guide for and fundamentals and GSM testing*, Wandel and Gotermann, Germany, 1998.
5. William C. Lee, *Mobile Cellular Communications Analog and Digital Systems*, Segunda edición, Prentice Hall, 2000.
6. Huidobro M. José, *Comunicaciones Móviles*, Paraninfo, Madrid España, 2000.
7. Comer Douglas, *Redes Globales de información con internet y TCP/IP*, Prentice Hall, 1999.
8. Rábanos Hernando, *Comunicaciones móviles GSM*, Fundación Airtel, 2002.
9. Dood Annabel, *The Essentials Guide to Telecommunications*, Prentice Hall, 2002.

10. Mehrotra Asha, *Cellular Radio Analog and Digital System mobile communications series*, Prentice Hall, 2001
11. Stallings Williams, *Networking Essentials*, Editorial Pearson Education, 2002.
12. Gómez y Veloso, *Redes de Ordenadores e Internet*, Editorial Ra-Ma, Madrid España, 2003.
13. Clayton Jade, *Redes de Computadoras*, Internet e Interredes, Prentice Hall, E.U.A., 1997.
14. Bates Regis, Broadband, *Telecommunications, Handbook*, Mc Graw Hill, E.U.A., 2002.
15. Rad, *Guía completa de protocolos de Telecomunicaciones*, Mc Graw Hill, Madrid España, 2002.

### *Manuales*

1. Redes de datos, DGSCA, México, 2003.
2. GPRS System Survey, Student Text “EN/LZT 123 5374 R2A”, Ericsson Radio Systems AB, México, 2003.
3. Curso Ericsson, GSM System Model Ericsson Telecom, Ericsson Radio Systems AB, México, 2003.
4. GSM System Survey, Ericsson Radio Systems AB, México, 2004.
5. Cell Planning Principles, Ericsson Radio Systems AB, México, 2003.
6. Radio Bases 2000 Básico, , Ericsson Radio Systems AB, México, 2003.
7. BSC Operation and Maintenance, Ericsson Radio Systems AB, México, 2002.

### *Direcciones en Internet*

<http://www.gsmword.com>  
<http://www.gsm.wg.com>  
<http://www.wg.com>  
<http://www.cisco.com/>  
<http://www.telcel.com>  
<http://www.telefonica.com.mx>  
<http://www.smn2.cna.gob.mx>  
<http://www.cna.gob.mx>  
<http://www.itu.int/newarchive/press/pp48/document.es>  
<http://www.qualcom.com>  
<http://3gpp.org>  
[http://radio.meteor.free.fr/us/yagi\\_fm.html](http://radio.meteor.free.fr/us/yagi_fm.html)

<http://www.iat.es/simce/html/noticias.asp>  
<http://www.ftsinc.com>  
<http://www.allweatherinc.com>  
<http://www.campbellftsci.com>

<http://www.coleparmer.com>  
[http://www.globalw.com/products/u\\_10.html](http://www.globalw.com/products/u_10.html)  
<http://www.economia-noms.gob.mx/>

# APÉNDICES

**A: GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**B: MODULACIÓN DIGITAL EN GSM (MSK Y GMSK)**

**C: NORMAS DE RED RFC950**

**D: HOJAS DE DATOS TÉCNICOS MÓDEM GM100**

**E: HOJAS DE DATOS TÉCNICOS ROUTER CISCO 3600**

**F: HOJA DE DATOS TÉCNICOS ANTENA YAGUI HG1910Y**

**G: NORMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS NOM 001-SEDE-1999 (ARTÍCULO 250)**

# A: GLOSARIO DE TÉRMINOS

AM	Ampitud Modulada.
AMPS	Advanced Mobile Phone Systems, Sistemas Avanzados de Telefonía Móvil.
BSC	Base Station Controler, Controlador para radio bases.
BTS	Base Transceiver Station, Radio base.
CDMA	Code Division Multiple Access, Acceso Múltiple por División de Código.
CDPD	Cellular Digital Packet Data, Datos en Paquetes en Celular Digital.
CNA	Comisión Nacional de Aguas.
COFETEL	Comisión Federal de Telecomunicaciones.
D-AMPS	Digital Advanced Mobile Phone Systems, Sistemas Avanzados de Telefonía Móvil Digital.
ETSI	European Telecommunications Standars Institute, Instituto Europeo de Estándares para Telecomunicaicones
FCC	Federal Commission Communications, La Comisión Federal de Comunicaciones.
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying, Modulación en frecuencia Gaussiana.
GPRS	General Packet Radio Service, Servicio General de Radio por Paquetes.
GSM	Global System for Mobile, Sistema Global para Móviles.
HCS D	High Circuit Switching Data, Datos por Circuitos Conmutados.
ISDN	Integrated Services Digital Network, Red Digital de Servicios Integrados.
MSK	Minimum Shift Keying, Modulación en frecuencia Mínima.
NMT	Nordic Mobile Telephony, Telefonía Móvil Nórdica.



PCS	Personal Communication System, Sistemas de Comunicación Personal.
PSTN	Public Switched Telephone Network, Red de Telefonía Pública Conmutada.
RADAR	RADio Detection And Ranging, Radio de Detección y Rastreo.
RCC	Radio Common Carrier, Radio de Portadora Común.
SEMARNAT	Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SMN	Servicio Meteorológico Nacional.
Uplink	Enlace ascendente.
APN	Acces Point Name, Nombre de Punto de Acceso.
AUC	Autentication Center, Centro de Autenticación.
BGw	Billing Gateway, Compuerta de Tarifación.
SA	Stand Alone, Controlador para radio bases simple.
SIM	Suscriber Identity Module, Módulo de Identidad del Suscriptor
TRC	Transcoder Control, Control de Transcoder.
CCITT	Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique, Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico.
CIR	Committed Information Rate, Tasa de información asegurada.
CSMA/CD	Carrier-Sense Multiple Access with Collision Detection, Acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisiones.
DEC	Digital Equipment Corporation, corporación de equipamiento digital.
DNS	Domain Name Server, Servidor de Usuarios del Dominio.
DoD	Department of Defense of United States, Departamento de Defensa de los Estados Unidos.
DTE	Data Terminal Equipment , Equipamiento Terminal de Datos.
EIR	Equipment Identity Register, Registro de Identidad del Equipo.
FTP	File Transfer Protocol, Protocolo de Transferencia de Archivos.

GPS	Global Position System, Sistema de Posición Global.
GSN	Gateway Support Node , Módulo de Soporte y Acceso.
HLR	Home Local Register, Base de Datos de Registro local.
IEEE	Institute of Electrical & Electronics Engineers, Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos.
IH's	Internet Service Hosts, Servicio de Internet Hospedado.
IMSI	International Mobile Subscriber Identity, Número Internacional de Identidad.
IPX/SPX	Internet Packet eXchange/Sequenced Packet eXchange, intercambio de paquetes Internet/ intercambio de paquetes secuenciados.
ITU-T	International Telecommunications Union, Unión Internacional de Telecomunicaciones.
LLC	Logical Link Control, control de enlace lógico.
MAC	Media Access Control, Contro de acceso multimedia.
MAN	Metropolitan Area Network, Red de Área Metropolitana .
MSC	Mobile Services Switching Center, Conmutador Central de Servicios Móviles.
NOAA	Nacional Oceanic and Atmospheric Administration, Administración Nacional Oceánica y Atmosférica.
OSI	Open System Interconnection, Sistema abiertode interconexión.
OSPF	Open Shortest Path First, Protocolo Primero la Ruta Libre más Corta.
OSS	Operation Support System, Sistema de Operación y Soporte.
PCU	Packet Control Unit, Unidad de Control de Paquetes.
PDCH	Packet Dedicated Channel, Canal de Paquetes Dedicado.
PLMN	Public Land Mobile Network, Red pública móvil de superficie.
PXM	Packet Exchange Manager, Manejador de Intercambio de Paquetes.
RNC	Radio Network Control, Controlador de la red de radio.

SGSN	Service Gateway Support Node , Módulo de Acceso Nodo de Soporte y Servicio GPRS.
STM	Synchronous Transmisión Module, Módulo de Transmisión Síncrono.
SMS	Short Messaging System, Sistema de Mensajes Cortos.
TCP/IP	Transmisión Control Protocol/Internet Protocol, Protocolo de Control de Transporte/Protocolo de Internet.
VIP	Virtual Internet Protocol, Protocolo Virtual de Internet.
VLR	Visitor Location Register, Registro local para visitante.
WLAN	Wireles Local Area Network, redes de área local sin cable.
WPAN	Wireles Personal Area Networks, redes de área personal sin cable.

# B: MODULACIÓN DIGITAL EN GSM (MSK Y GMSK)

## Modulación Digital en GSM

El sistema de modulación usado en GSM tiene una alta eficiencia espectral y presentar una fuerte resistencia frente a los efectos nocivos que introduce el canal de radio. El grupo de esquemas de modulación con fase continua y envolvente constante se usa mucho en sistemas con atenuación variable debido a su robustez frente a las interferencias y la atenuación, mientras mantiene una buena eficiencia espectral. Cuanto más lentos y suaves sean los cambios en la fase, mejor es la eficiencia espectral. Un miembro de esta familia es "Gaussian Minimum Shift Keying" (GMSK). Se deriva del "Minimum Shift Keying" (MSK), en el que los cambios de fase entre bits contiguos son lineales por trozos, por lo que se tienen cambios instantáneos en la frecuencia. Esto ensancha el espectro, por lo que se usa GMSK en el que se suaviza la fase con un filtro Gaussiano.

El parámetro de GMSK que controla el ancho de banda y la resistencia a las interferencias es el producto del ancho de banda de 3 dB (B) por la duración de un bit (T). El mejor rendimiento se obtiene para  $BT=0.3$ , aunque éste produce un solapamiento no despreciable entre canales de frecuencias adyacentes. Esto introduce interferencias que se pueden minimizar separando geográficamente el uso de frecuencias adyacentes.

### Modulación MSK ("Minimum Shift Keying")

MSK es un tipo especial de esquema de modulación FSK ("Frequency Shift Keying"), con fase continua y un índice de modulación de 0.5. El índice de modulación de una señal FSK es similar al de FM, y se define por  $k_{FSK} = (2\Delta F)/R_b$ , donde  $2\Delta F$  es el desplazamiento en frecuencia de pico a pico y  $R_b$  es el bit rate. Un índice de modulación de 0.5 se corresponde con el mínimo espacio en frecuencia que permite que dos señales FSK sean ortogonales coherentes, y el nombre MSK significa la mínima separación en frecuencia que permite una detección ortogonal.

MSK es una modulación espectralmente eficiente. Posee propiedades como envolvente constante, eficiencia espectral, buena respuesta ante los errores de bits y capacidad de autosincronización. Una señal MSK genérica se puede expresar como:

$$S_{MSK}(t) = m_I(t) \cos\left(\frac{\pi t}{2T_b}\right) \cos(2\pi f_c t) + m_Q(t) \sin\left(\frac{\pi t}{2T_b}\right) \sin(2\pi f_c t) \quad \text{Ecuación B1}$$

donde  $m_I(t)$  y  $m_Q(t)$  son los bits pares e impares de la cadena de datos bipolares que tienen valores de +1 o de -1 y que alimentan los bloques en fase y en cuadratura del modulador.

La forma de onda MSK se puede ver como un tipo especial de FSK de fase continua y por tanto la ecuación anterior se puede reescribir usando las propiedades trigonométricas como:

$$s_{MSK} = \cos \left[ 2\pi f_c t - m_I(t)m_Q(t) \frac{\pi t}{2T_b} + \phi_k \right] \quad \text{Ecuación B2}$$

donde  $\phi_k$  es 0 ó  $\pi$  dependiendo de si  $m_I(t)$  es 1 ó -1. De la ecuación anterior se puede deducir que MSK tiene amplitud constante. La continuidad de fase en los periodos de transición de bits se asegura escogiendo la frecuencia de la portadora como un múltiplo entero de un cuarto del bit rate. La fase de la señal MSK varía linealmente durante el transcurso de cada período de bit.

La figura muestra un modulador y demodulador típico MSK (Figura B.1 y B.2). Multiplicando una señal portadora por  $\cos[\pi t/2T]$ , se producen dos señales coherentes en fase a las frecuencias  $f_c+1/4T$  y  $f_c-1/4T$ . Estas dos señales FSK se separan usando dos filtros paso banda estrechos y se combinan apropiadamente para formar las dos señales en fase y en cuadratura,  $x(t)$  e  $y(t)$  respectivamente. Estas portadoras se multiplican por las cadenas de bits impares y pares,  $m_I(t)$  y  $m_Q(t)$  para producir la señal modulada MSK  $s_{MSK}(t)$ .

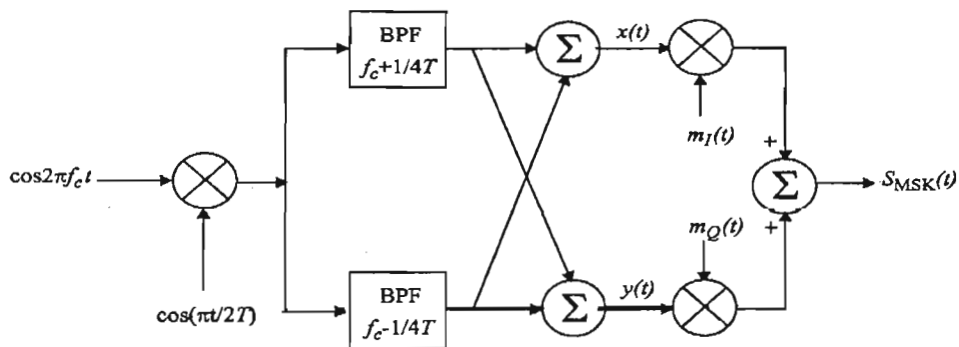


Figura B.1. Diagrama de bloques de un modulador MSK.

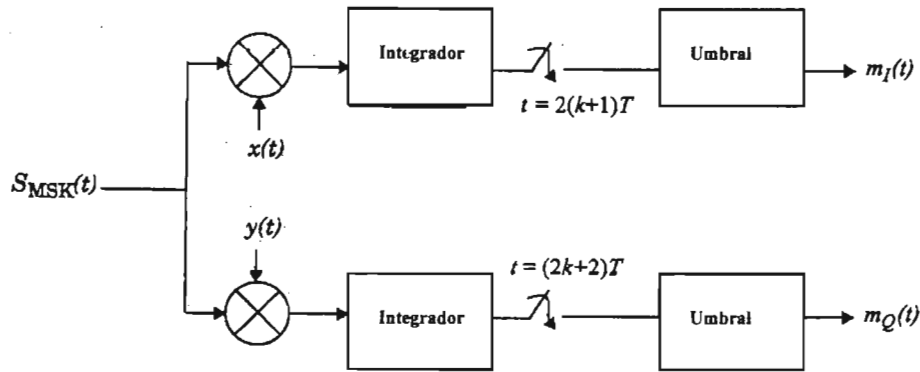


Figura B.2. Diagrama de bloques de un demodulador MSK.

En el receptor (demodulador) de la figuras B.2, la señal recibida  $s_{MSK}(t)$  (en ausencia de ruido e interferencias) se multiplica por las portadoras respectivas en fase y en cuadratura. La salida de los multiplicadores se integra durante dos periodos de bit y se introduce en un circuito de decisión al final de estos dos períodos. Basado en el nivel de la señal a la salida del integrador, el dispositivo de decisión decide si la señal es 1 ó 0. Las cadenas de datos de salida se corresponden con las señales  $m_I(t)$  y  $m_Q(t)$ , que se combinan para obtener la señal demodulada.

### Modulación GMSK ("Gaussian Minimum Shift Keying")

GMSK es un esquema de modulación binaria simple que se puede ver como derivado de MSK. En GMSK, los lóbulos laterales del espectro de una señal MSK se reducen pasando los datos modulantes a través de un filtro Gaussiano de premodulación. El filtro gaussiano aplana la trayectoria de fase de la señal MSK y por lo tanto, estabiliza las variaciones de la frecuencia instantánea a través del tiempo. Esto tiene el efecto de reducir considerablemente los niveles de los lóbulos laterales en el espectro transmitido.

El filtrado convierte cada dato modulante que ocupa en banda base un período de tiempo  $T$ , en una respuesta donde cada símbolo ocupa varios períodos. Sin embargo, dado que esta conformación de pulsos no cambia el modelo de la trayectoria de la fase, GMSK se puede detectar coherentemente como una señal MSK, o no coherentemente como una señal simple FSK. En la práctica, GMSK es muy atractiva por su excelente eficiencia de potencia y espectral. El filtro de premodulación introduce interferencia intersimbólica ISI ("Inter-Symbol Interference") en la señal transmitida, pero esta degradación no es grave si el parámetro BT del filtro es mayor de 0.5. Debido que en GSM se tiene que BT es 0.3, se tienen algunos problemas de ISI y es por ello la señal no es totalmente de envolvente constante.

El filtro gaussiano de premodulación tiene una respuesta impulsiva dada por la ecuación siguiente:

$$h_G(t) = \frac{\sqrt{\pi}}{\alpha} \exp\left(-\frac{\pi^2}{\alpha^2} t^2\right) \quad \text{Ecuación B3}$$

y su respuesta en frecuencia viene dada por

$$H_G(f) = \exp(-\alpha^2 f^2) \quad \text{Ecuación B4}$$

El parámetro  $\alpha$  está relacionado con el ancho de banda del filtro B, por la siguiente expresión

$$\alpha = \frac{\sqrt{2 \ln 2}}{B} \quad \text{Ecuación B5}$$

y el filtro GMSK se puede definir completamente por B y por la duración de un símbolo en banda base T o equivalentemente por su producto BT. La figura B.3 muestra la PSD de una señal GMSK para varios valores de BT. Se muestra también la PSD ("Power Spectral Density") de una señal MSK, que es equivalente a GMSK con BT infinito. En la figura se observa como conforme se reduce el parámetro BT, los niveles de los lóbulos laterales se atenúan rápidamente. Por ejemplo, para BT=0.5, el pico del segundo lóbulo está más de 30 dB por debajo del principal, mientras que para MSK el segundo lóbulo está sólo 20 dB por debajo del principal. Sin embargo, la reducción de BT incrementa la ISI, y por lo tanto se incrementa el número de errores ("bit-error rate"), pero a pesar de este efecto el rendimiento global del sistema mejora.

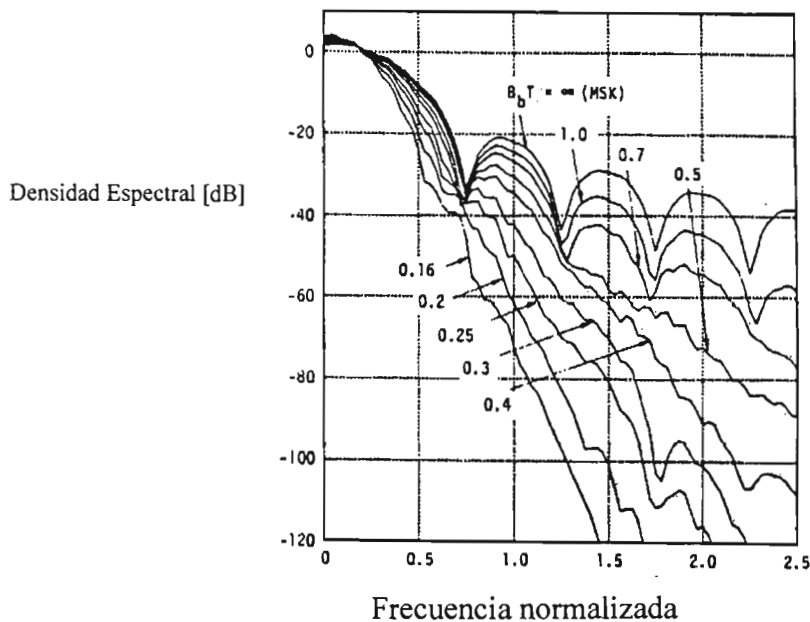


Figura B.3 . Densidad de potencia espectral de una señal.

La manera más simple de generar una señal GMSK es pasar una cadena de mensajes a través de un filtro gaussiano paso baja, como los descritos anteriormente, seguido de un modulador de FM. Esta técnica de modulación se muestra en la figura B.3 y se usa actualmente en una gran cantidad de implementaciones analógicas y digitales, entre ellas en GSM.

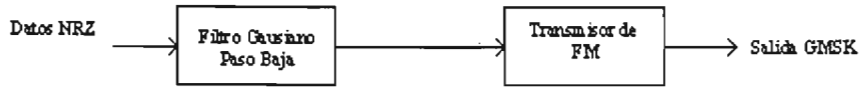
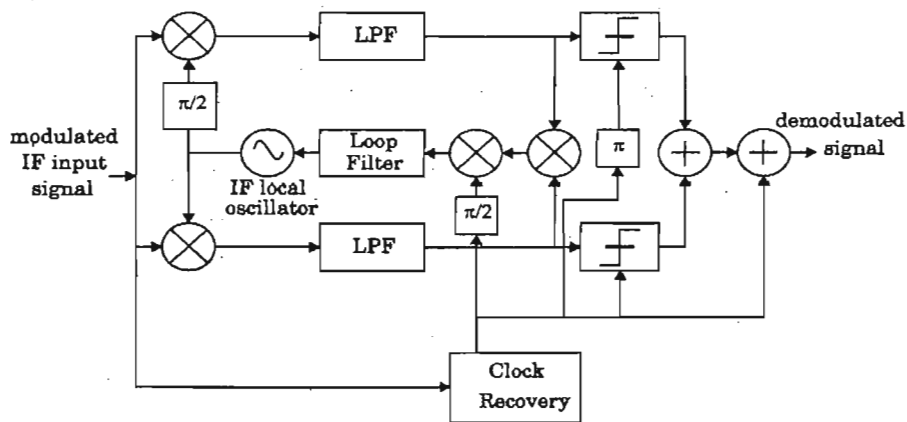


Figura B.3. Diagrama de bloques de un transmisor GMSK usando generación directa de FM.

Las señales GMSK se pueden detectar usando detectores ortogonales coherentes, como se muestran en la figura B.3 o con detectores no coherentes como los discriminadores normales de FM. La recuperación de la portadora se puede realizar usando el método propuesto por de Buda donde la suma de las dos componentes en frecuencia a la salida del doblador de frecuencia se divide por cuatro. El método de de Buda es equivalente al de un PLL con un doblador de frecuencia. Este tipo de demodulador se puede implementar fácilmente usando lógica digital como se muestra en la figura B.4 (a) y (b). Los dos elementos de retardo tipo D actúan como un demodulador multiplicativo en cuadratura y las puertas XOR actúan como multiplicadores en banda base. Las portadoras de referencia mutuamente ortogonales se generan usando dos elementos de retardo, y la frecuencia central del VCO (Oscilador controlado por tensión) se elige como cuatro veces la frecuencia central de la portadora.

Un método no óptimo pero efectivo de detectar señales GMSK es simplemente muestrear la salida de un demodulador de FM.



(a)



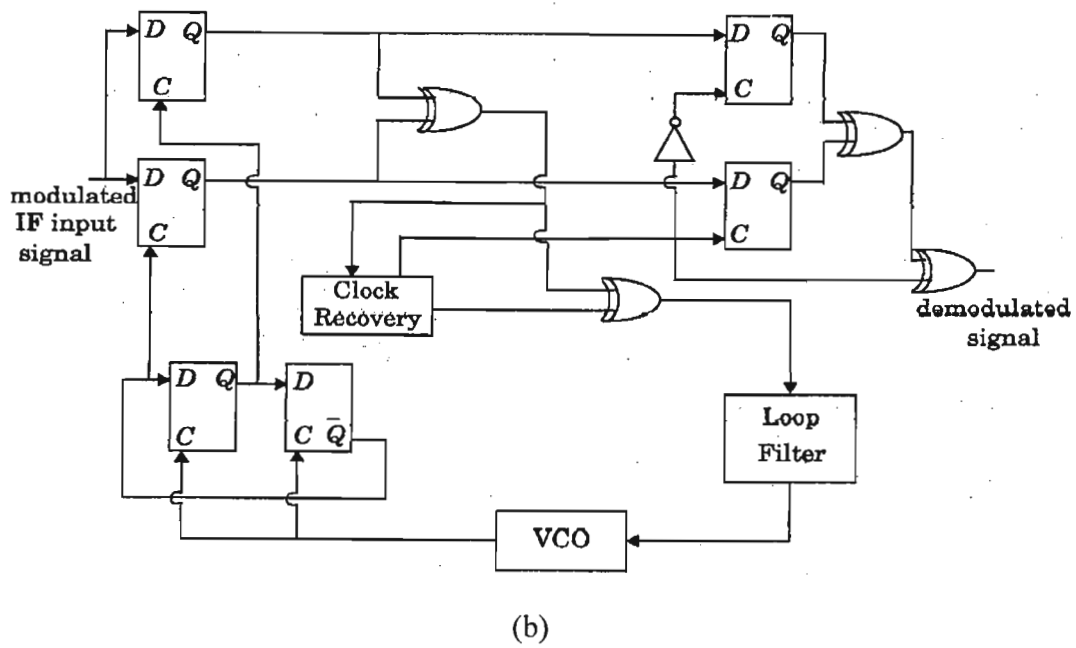


Figura B.4. Diagrama de bloques de un receptor GSMK (a) y de un circuito digital para la demodulación de señales GSMK (b)

# C: NORMAS DE RED RFC950

## **Procedimiento Estándar para División en Subredes en Internet**

Este RFC especifica un protocolo para la comunidad ARPA-Internet. Si se implementa la división en subredes, se recomienda encarecidamente el cumplimiento de estos procedimientos. La distribución de este memorándum es ilimitada.

Este memorándum discute la utilidad de "subredes" en redes de Internet, que son subsecciones lógicamente visibles de una única red de Internet. Por razones administrativas o técnicas, muchas organizaciones han elegido dividir una red de Internet en varias subredes, en lugar de obtener un conjunto de números de red de Internet. Este memorándum proporciona procedimientos para el uso de subredes. Estos procedimientos son para máquinas (por ejemplo, estaciones de trabajo). Los procedimientos usados por las pasarelas de subred y entre ellas no están completamente descritos.

El modelo de tres niveles es útil en redes pertenecientes a organizaciones moderadamente grandes (por ejemplo, Universidades o compañías con más de un edificio), donde a menudo es necesario utilizar más de un cable de 'Red de Área Local' (LAN) (Local Area Network) para cubrir un "área local". Cada LAN puede entonces ser tratada como una subred.

### **Hay varias razones por las que una organización podría usar más de un cable para cubrir un campus:**

- Tecnologías diferentes: Especialmente en entornos de investigación, puede haber en uso más de una clase de LAN; por ejemplo, una organización puede tener cierto equipamiento que soporte Ethernet, y otro que soporte una red en anillo.
- Límites de las tecnologías: La mayoría de las tecnologías de LAN imponen límites, basados en parámetros eléctricos, en el número de máquinas conectadas, y en la longitud total del cable. Es fácil exceder estos límites, especialmente los relacionados con la longitud del cable.
- Congestión de la red: Es posible que un pequeño subconjunto de máquinas en una LAN monopolicen la mayoría del ancho de banda. Una solución común a este problema es dividir las máquinas en grupos donde las comunicaciones internas sean elevadas, y luego poner estos grupos en cables separados.
- Enlaces punto a punto: A veces una "área local", como por ejemplo el campus de una Universidad, está dividida en dos localizaciones demasiado distantes como para conectarlas usando la tecnología de LAN preferida. En este caso, enlaces punto a punto de alta velocidad podían conectar varias LAN.

Una organización que se haya visto forzada a utilizar más de una LAN tiene tres opciones para asignar direcciones de Internet:

1. Obtener un número de red de Internet distinto para cada cable; no se usan subredes.
2. Usar un único número de red para toda la organización, pero asignar los números de máquina sin importar en qué LAN se encuentra la máquina ("subredes transparentes").
3. Usar un único número de red, y particionar el espacio de direcciones de las máquinas asignando números de subred a las LAN ("subredes explícitas").

## **Estándares para el direccionamiento de subredes**

Lo primero que describe esta sección es una propuesta para la interpretación de las direcciones de Internet, con el fin de soportar subredes. A continuación, discute los cambios en el software de las máquinas para soportar subredes. Finalmente, presenta un procedimiento para descubrir qué interpretación de las direcciones se usa en una red dada (es decir, qué máscara de dirección se usa).

## **Interpretación de las direcciones de Internet**

Suponga que se le ha asignado un número de red de Internet a una organización, que más tarde ha dividido esa red en un conjunto de subredes, y que desea asignar direcciones a las máquinas: ¿ cómo debería hacerse esto ?. Puesto que hay mínimas restricciones en la asignación de la parte de "dirección local" de las direcciones de Internet, han sido propuestas varias aproximaciones para la representación del número de subred:

1. Campo de longitud variable: se puede usar cualquier número de bits de la parte de la dirección local para el número de subred; el tamaño de este campo, aunque constante para una red dada, varía de una red a otra. Si la longitud del campo es cero, entonces no se están usando subredes.
2. Campo de longitud fija: se usa un número específico de bits (por ejemplo, ocho) para el número de subred, si es que se usan subredes.
3. Campo de longitud variable auto-codificada: de la misma forma en que la longitud (es decir, la clase) del número de red esta codificada en los bits altos, la longitud del campo de subred se codificará de manera parecida.
4. Campo de longitud fija auto-codificada: se usa un número de bits específico para el número de subred.
5. Bits enmascarados: se usa una máscara de bits ("máscara de red") para identificar qué bits del campo de dirección local indican el número de subred.

¿ Qué criterio se puede usar para elegir uno de estos cinco esquemas ?. Primero, ¿ podríamos usar un esquema de auto-codificación ?. Y, ¿ debería ser posible decir, con sólo examinar una dirección de Internet, si ésta se refiere a una red con subredes ?.

Una característica importante de la auto-codificación es que permite que el espacio de direccionamiento de una red sea dividido en subredes de diferentes tamaños, típicamente una subred con la mitad del espacio de direccionamiento y un conjunto de pequeñas subredes.

Por ejemplo, considere una red de clase C que use un esquema de auto-codificación con un bit para indicar si se trata de la subred grande o no, y otros tres bits adicionales para identificar la subred pequeña. Si el primer bit es cero, entonces se trata de la subred grande, si el primer bit es uno entonces los siguientes bits (3 en este ejemplo) dan el número de subred. Existe una subred con 128 direcciones de máquina, y ocho subredes con 16 máquinas cada una.

Para establecer un estándar de división en subredes, los parámetros y la interpretación del esquema de auto-codificación deben estar fijados y ser consistentes en todo Internet.

Se podría asumir que todas las redes están divididas en subredes. Esto permitiría interpretar las direcciones sin necesidad de ninguna otra información.

Es una ventaja significativa que dada una dirección de Internet no sea necesaria información adicional para que la implementación determine si dos direcciones se encuentran en la misma subred. Sin embargo, esto también puede verse como una desventaja: podría causar problemas en redes donde existen números de máquina que usan bits arbitrarios en la parte de la dirección local. En otras palabras, es útil ser capaz de controlar si una red está subdividida independientemente de la asignación de las direcciones de máquina.

La alternativa es mantener separado de la dirección el hecho de que una red esté subdividida. Si de algún modo alguien encuentra que la red está subdividida, entonces se seguirán las reglas estándares para las direcciones de redes subdivididas mediante auto-codificación, de lo contrario se seguirán las reglas para las direcciones de redes no subdivididas.

Si no se usa un esquema auto-codificado, no hay razón alguna para usar un esquema con campo de longitud fija: puesto que en cualquier caso tiene que haber algún "indicador" en cada red que indique si se están usando subredes, el coste adicional de usar un entero (anchura del campo de subred, o máscara de subred) en lugar de un booleano es despreciable. La ventaja de usar el esquema con máscara de subred es que permite que cada organización elija la mejor manera de asignar los relativamente pocos bits de la dirección local a los números de subred y de máquina. Por lo tanto, elegimos el esquema con máscara de dirección: es el esquema más flexible, y aún así no es más costoso de implementar que cualquiera de los otros.

Por ejemplo, la dirección de Internet podría interpretarse como:

**<número\_de\_red><número\_de\_subred><número\_de\_máquina>**

donde el campo **<número\_de\_red>** es el definido por IP, el campo **<número\_de\_máquina>** ocupa, al menos, 1 bit, y la longitud del campo **<número\_de\_subred>** es constante para una red dada. No se requiere una estructura adicional para los campos **<número\_de\_subred>** y **<número\_de\_máquina>**. Si la longitud del campo **<número\_de\_subred>** es cero, entonces la red no está subdividida.

Por ejemplo, en una red de clase B con un campo de subred de 6 bits, una dirección se dividiría de esta manera:



# D: HOJAS DE DATOS TÉCNICOS

## MÓDEM GM100

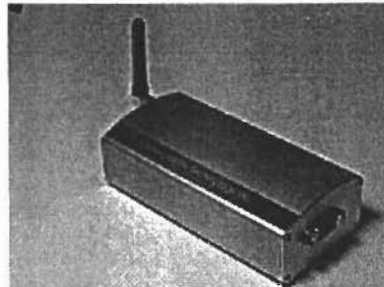
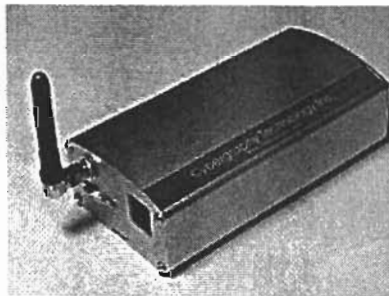


### GM100 GSM/GPRS Modem User Manual

GM100 is a ready-to-use GSM/GPRS embedded modem for Voice, Data, Fax and SMS services. It also supports GPRS for hi-speed data transfer. GM100 operations are easily controlled by using AT commands. With standard 15-pin RS232 port and telephone-like audio plug the GM100 can be set up with minimal effort.

**About GPRS:** GPRS stands for General Packet Radio Services. The user can remain "ON" all the time and the data Communication speed rivals that of a cable modem.

#### 1.0 Specification & Engine Pictures



#### General Features

- z GSM and GPRS class B
- z Voice / Fax / SMS and Data
- z Tri Band 900/1800M/1900 MHz GSM Transmission
- z Full voice call, SMS support
- z Accepts Standard SIM Card
- z Size 120 x 60 x 36mm
- z Build in relay for complete power shutdown or for power saving
- z Can Be Used On Standard GSM Network
- z Provide both TTL and RS232 Serial Interface
- z AT command set
- z Integral SIM Card Holder



- Data/Fax features:
- Data circuit asynchronous, transparent and non transparent up to 14,400 bits/s
- Automatic fax group 3 (Class 1 and Class 2)MNP2, V.42bis

**Voice features:**

- Telephony
- Emergency calls
- Full Rate, Enhanced and Half Rate
- DTMF Function

**Data/Fax features:**

- Data circuit asynchronous, transparent
- non transparent up to 14,400 bps
- Automatic fax group 3 (Class 1 and Class 2)
- MNP2, V.42bis

**Short Messages Services features:**

- Text and PDU
- Point to point (MT/MO)
- Cell Broadcast

**Technical Specifications**

- z Max Storage Temperature -10°C to +70°C,
- z Max Operating Temperature 0°C to +55°C z
- Dimensions 120mm x 60mm x 36mm

Electrical Characteristics	Min	Typical	Max	Units
Supply Voltage	5		32	V
Supply Current :				
In Communication		450		mA
peak in communication		2.5		A
idle mode		25		mA
idle mode with RS232 power saving		13		mA

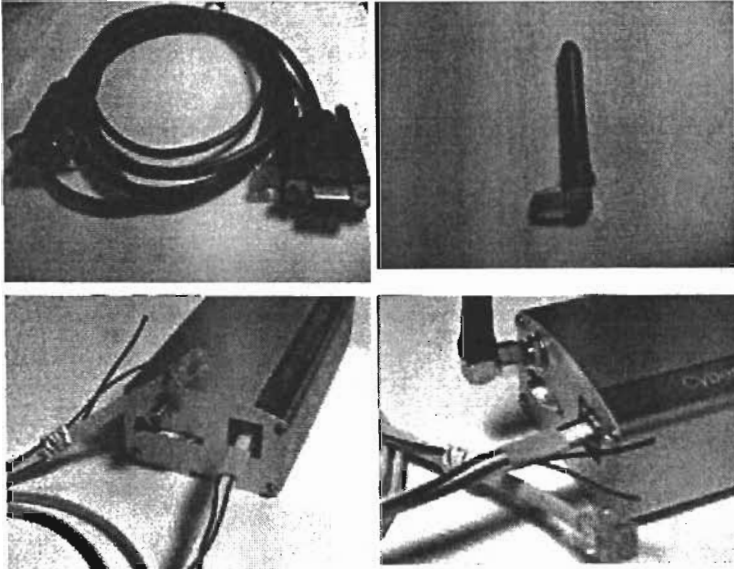
**Interfaces :**

- z SIM holder (integrated Drawer, accepts standard SIM card)
- z 15 pin Sub-D type connector (for serial and audio connection)
- z 6-pin power supply connector
- z SMA antenna connector (50 ohm)

**1.1. Package & Accessories**

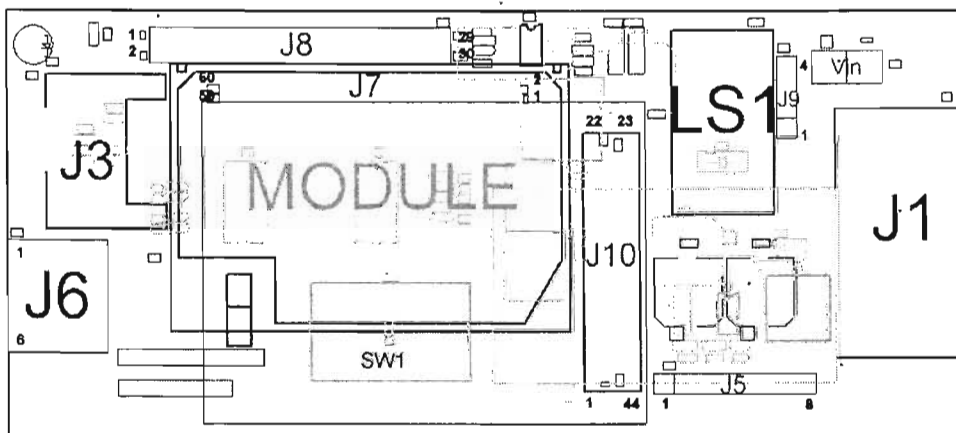
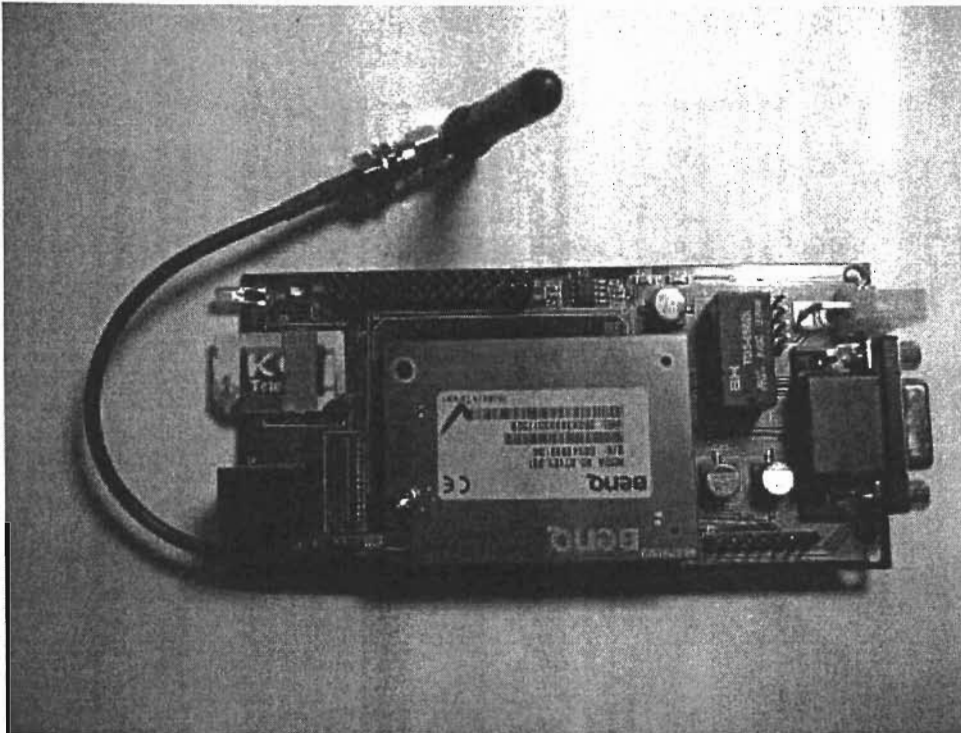
The GM100 series include the following component

- z GM100
- z Power cord and 4p4c phone jack (J6)
- z Small Dual Band Antenna
- z Aluminum Metal Case
- z RS232 and Phone cable





## 1.2. Board Interface and Pictures



# E: HOJAS DE DATOS TÉCNICOS

## ROUTER CISCO 3600

### EOL: Cisco 3600 Series Multiservice Platforms

The Cisco 3600 series is a multifunction platform that combines dial access, routing, and LAN-to-LAN services and multiservice integration of voice, video and data in the same device. The Cisco 3600 series includes the Cisco 3660, the Cisco 3640A, and Cisco 3620 multiservice platforms. As modular solutions the Cisco 3660, the Cisco 3640A, and Cisco 3620 have the flexibility to meet both current and future connectivity requirements. The Cisco 3600 series is fully supported by Cisco IOS software, which includes analog and digital voice capability, ATM access, dial-up connectivity, LAN-to-LAN routing, Ethernet switching, data and access security, WAN optimization, content networking, and multimedia features.

The Cisco 3660 has six network module slots; The Cisco 3640A has four network module slots; the Cisco 3620 has two slots. Each network module slot accepts a variety of network module interface cards, including LAN and WAN mixed media cards supporting Ethernet, Fast Ethernet, Token Ring, and a variety of WAN technologies. These cards provide the foundation of LAN and WAN connectivity on a single, modular, network module. Additional applications are supported with a series of network module cards offering digital modems, asynchronous and synchronous serial, ISDN PRI, and ISDN BRI interfaces. In addition to the 6 network module slots the Cisco 3660 has 2 internal Advanced Integration Module (AIM) slots for applications such as hardware accelerated compression and the chassis incorporates 1 or optionally 2 integrated 10/100 (Ethernet/Fast Ethernet) ports.

The Cisco 3600 series shares network modules, WAN Interface Cards, and Voice Interface Cards with the Cisco 2600 series. The Cisco 3600 series shares WAN Interface Cards with the Cisco 1600 and Cisco 1700 series.

**Figure 27-35: Cisco 3660 Router Rear View**

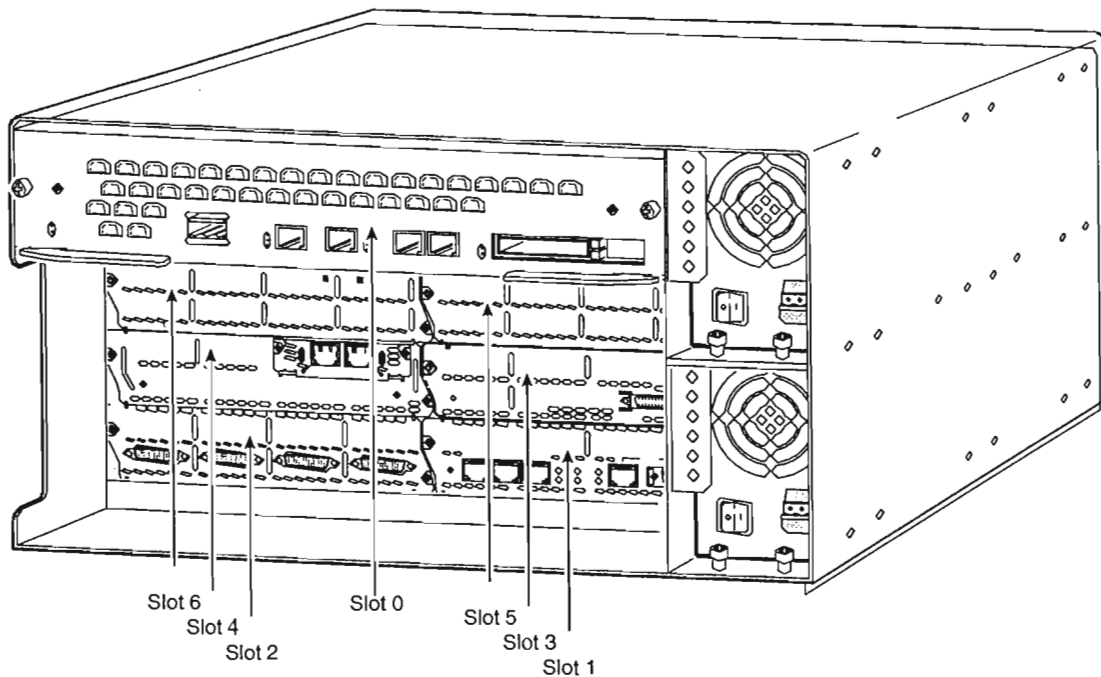


Figure 27-36: Cisco 3640A Router Rear View

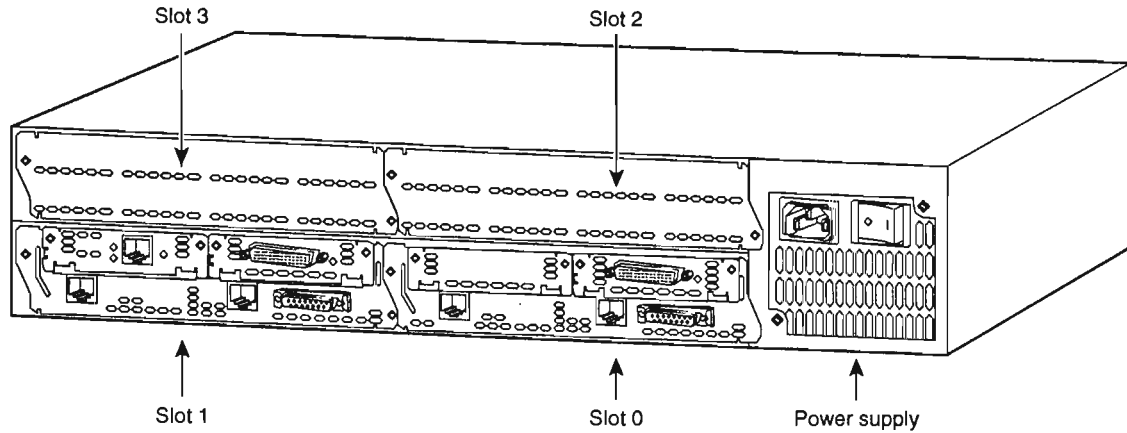
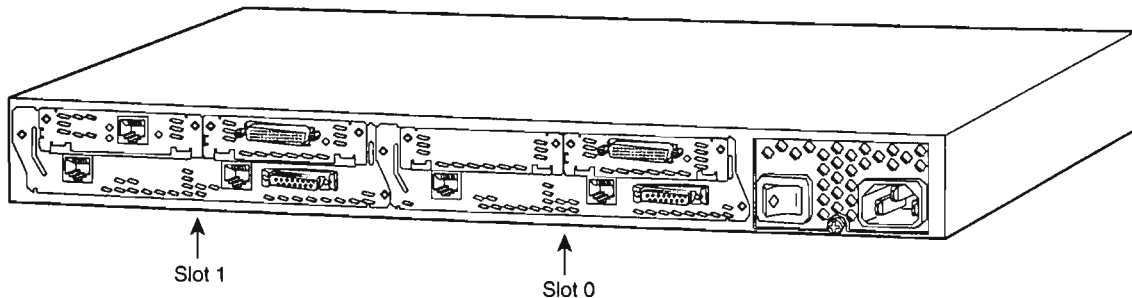


Figure 27-37: Cisco 3620 Router Rear View



## Options for Cisco 3600 Series

## Key Features and Benefits

The Cisco 3660, Cisco 3640A, and Cisco 3620 routers support the following network applications and services:

- Analog and digital voice services

The voice/fax network modules for the Cisco 2600 and Cisco 3600 series multiservice access routers enable packet voice technologies including VoIP and VoFR. Cisco's voice solutions provide the means for integrating both voice and data within a single network and allow users to take advantage of services, such as toll-bypass, without sacrificing voice quality. The digital T1/E1 Packet Voice Trunk Network Module provides a flexible and scalable T1/E1 voice solution and supports up to 60 voice channels in a single network module. The analog voice/fax network modules slide into Cisco 2600 and 3600 chassis slots and contain either one or two voice interface card (VIC) slots. The VICs currently available are two-port foreign exchange station (FXS), foreign exchange office (FXO), E&M 2-wire and 4-wire interfaces and a basic rate interface (BRI). The voice modules support all major industry codecs including G.711, G.723, G.726, G.728, G.729 and G.729a/b for customized solutions and to meet the need for high voice quality and bandwidth efficiency

- ATM networking services

Four new multiport T1/E1 ATM network modules with Inverse Multiplexing over ATM (IMA) and 3 ATM OC-3 network module are now available for the 3600 series multiservice access platforms. These new multiport ATM modules allow service provider and enterprise customers to cost-effectively increase bandwidth, extending multiservice capabilities to remote-branch-office locations through ATM. These network modules support a robust set of ATM features including UBR, VBR-rt, VBR-nrt, and ABR ATM class of services, ATM Forum User Network Interface (UNI) 3.0, UNI 3.1, and UNI 4.0 signaling, Permanent Virtual Circuits (PVCs) and Switched Virtual Circuits (SVCs), and ATM Adaptation Layer 5 (AAL5) to name a few.

---

- Dial-up services

The Cisco 3600 is a mid-range dial-up platform that fits between Cisco's AccessPath and AS5300 products at the high end and the Cisco 2500 series access servers at the low end. Mixed-mode and high density ISDN and asynchronous configurations offer substantial flexibility in dial-up applications. Integrated digital modems (with support for PRI, BRI, CTI and R2) and new integrated analog modems further enhance the dial access flexibility and scalability of the Cisco 3600.

- ISDN PRI networks

The Cisco 3600 series offers high levels of cost effective ISDN PRI concentration. A Cisco 3640A configured with a Mixed Media LAN/ISDN PRI network module and three 2-port ISDN PRI network modules supports up to 186 (T1) or 240 (E1) B channels. This is a powerful and cost effective way to aggregate many branch offices and telecommuters onto one corporate network.

- ISDN BRI networks

For areas of the world where ISDN BRI services are more widely available or cost effective, the Cisco 3600 series supports many BRI interfaces. Configured with a LAN network module and three 8-port network modules, a Cisco 3640A connects up to 48 B channels. In this way, one system provides high-density BRI interface dial-up support and local LAN and WAN routing connectivity.

- Serial networks

With support for up to 96 synchronous serial interfaces on the Cisco 3660, the Cisco 3600 series and its RISC processor are the perfect complement to the Cisco 2600, 2500, 1700, and 1600 series. The Cisco 3600's higher performance and modular design are appropriate for locations needing support for multiple T1/E1 links or the ability to change configurations in the future.

- Mixed WAN services

Many corporate environments require support for a mixture of ISDN PRI, ISDN BRI, asynchronous serial, and synchronous serial connections. The Cisco 3600 series is ideal for this scenario. It allows migration between interfaces or simultaneous support of several technologies.

- Multiservice access solutions and applications

The three Cisco 3600 models allow new levels of connectivity and performance for branch offices with their scalable size, slot density, and cost. Combinations of network modules provide new opportunities for branch offices needing more than a fixed-configuration solution. The Cisco 3620, for example, provides multiple LAN access server support for asynchronous, ISDN, analog modem and digital modem environments, which complements the Cisco 2500 series access servers. Alternatively, a Cisco 3620 adds multiple LAN capabilities to branch bank environments needing to assimilate legacy serial devices, connecting them all to a high-speed Frame Relay network.

- LAN-to-LAN services

Consistent with its other capabilities, the Cisco 3600 series offers midrange LAN-to-LAN connectivity for branch offices needing a flexible modular platform. The Cisco 2600 series, with a multitude of fixed configurations, offers cost effective branch office solutions including integrated routers and hubs, single and dual LAN routers, and multiple serial routers.

- Ethernet Switching

The Cisco 3640A and Cisco 3660 offer integrated Ethernet switching on a network module. Integrated Ethernet switching combines the benefits of local LAN access with branch office routing. Ethernet switching is available with 16 ports (Cisco 3640A and Cisco 3660) or 36 ports (Cisco 3600 only) of 10/100 Ethernet with optional in-line phone power and optional gigabit Ethernet uplink.

- Content Networking

Content Acceleration and Delivery enhance user productivity while optimizing WAN bandwidth. The Content Engine Network Modules combine the advanced content acceleration features of the Content Engine 500 Series with the 2600, 3600, and 3700 Series into one easy to manage content networking solution.

---

## Network Module Options for the Cisco 3600 Series

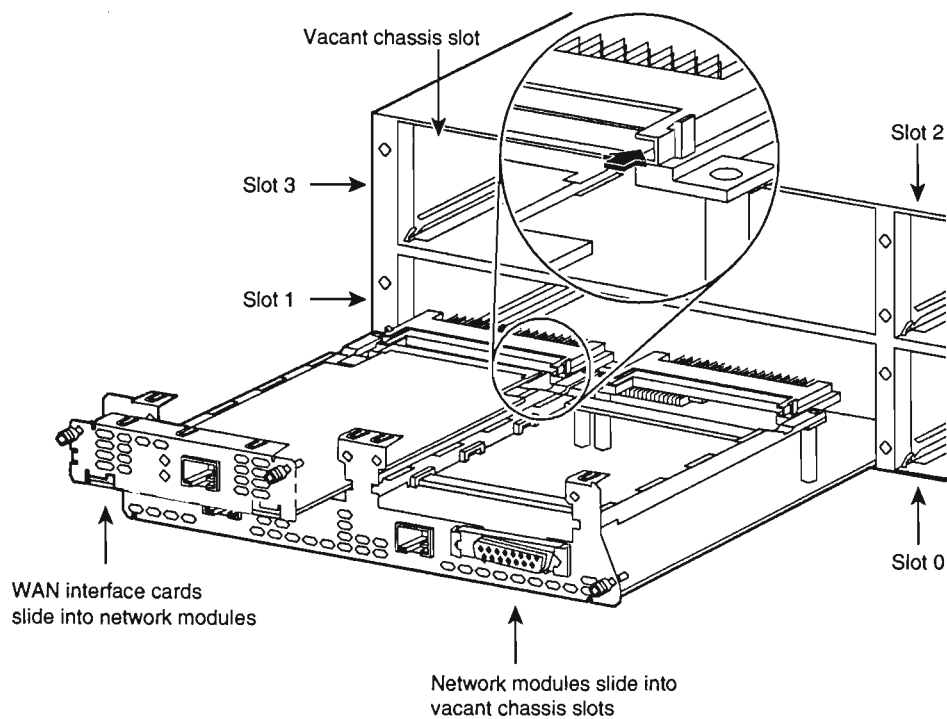
The Cisco 3660, Cisco 3640A, and Cisco 3620 routers are 6-, 4- and 2-slot multiservice access routers, respectively, whose LAN and WAN connections are configured by means of interchangeable network modules and WAN interface cards. The Cisco 3660 also incorporates 1 or optionally 2 integrated 10/100 (Ethernet/Fast Ethernet) ports. The following network modules are available for the Cisco 3660, Cisco 3640A, and Cisco 3620 routers:

- Analog and Digital (T1) Voice Network Modules
- Single-Port High-Speed Serial Interface (HSSI)
- ATM 25 Mbps Network Module
- ATM OC3 155 Mbps Network Module
- 6, 12, 18, 24 and 30 digital modem network modules
- LAN with modular WAN (WAN Interface Cards)
- 8 and 16 analog modem network modules
- Channelized T1, ISDN PRI and E1 ISDN PRI network modules
- Combined FastEthernet and PRI network modules
- 4- and 8-port ISDN BRI network modules
- 16- and 32-port asynchronous network modules
- 4- and 8-port synchronous/asynchronous network modules (16-port Cisco 3660 only)
- 1- and 4-port Ethernet network modules
- 1-port Fast Ethernet (10/100) network modules (100Base-T - "TX" and Fiber - "FX")
- 8- and 16-port analog modem modules
- 4-port serial network module
- Compression network module (Cisco 3620 and Cisco 3640A, AIM for the Cisco 3660)
- Encryption network module (Cisco 3620 and Cisco 3640A, AIM for Cisco 3660)
- 16 port Ethernet switch (Cisco 3640A and Cisco 3660 only)
- 36 port Ethernet switch (Cisco 3660 only)
- 1 port clear channel T3/E3 (Cisco 3660 only)
- 1 port gigabit Ethernet (Cisco 3660 only)
- Content Engine network module (Cisco 3640A and Cisco 3660 only)

In addition the Cisco 3660 supports 2 internal AIM slots. The Data Compression Advanced Integration Module (AIM) for the Cisco 3660 Series delivers a cost-effective option for reducing recurring wide-area network (WAN) costs and maximizing the benefit of the advanced bandwidth management features of Cisco IOS. The Data Compression AIM takes advantage of either of the two available Cisco 3660 internal AIM slots, ensuring that external slots remain available for components such as integrated analog voice/fax, digital voice/fax, ATM, channel service unit/digital service units (CSU/DSUs), analog and digital modems.

The figure below shows how a vacant chassis slot on the Cisco 3640A accepts a mixed media network module, which in turn accepts a WAN interface card.

**Figure 27-38: Relationship Between Cisco 3600 Series Hardware Devices**



---

**Note** For detailed information about network modules (NMs), WAN interface cards (WICs), and Voice interface cards, (VICs), see the “NMs, WICs, and VICs for the Cisco 3600 Series, 2600 Series, and I600 Series” section in this chapter.

---

### Cisco Multiservice over Virtual Private Network Reference Architecture

The Cisco Multiservice over Virtual Private Network (VPN) Reference Architecture is the industry’s first, fully-tested H.323-based Class-4 PBX interconnect solution which enables service providers to offer their multi-site enterprise customers a managed, packet-based integrated voice and data service over a VPN infrastructure. Built on an open architecture, this standards-based VPN solution supports either MPLS or IPsec-based infrastructures.

# Specifications

## Hardware

**Table 27-83: Technical Specifications for Cisco 3600 Series**

Description	Cisco 3620	Cisco 3640A	Cisco 3660
Supported network interfaces	Ethernet Fast Ethernet Token Ring Asynchronous Synchronous serial High Speed Serial Interface ISDN BRI (ST and U interfaces) Channelized T1/ISDN PRI (with and without CSU) Channelized E1/ISDN PRI (balanced and unbalanced) Digital Modems Analog Modems Voice ATM 25 Mbps ATM OC3 Multiport T1/E1 ATM with IMA (Inverse Multiplexing over ATM)	Same as Cisco 3620 plus: 16 port Ethernet Switch High Density Analog Voice Content Engine	Same as Cisco 3640A plus: 36 port Ethernet switch Clear channel T3/E3 Gigabit Ethernet 16-port Async/Sync
Supported Cisco IOS software	Release 11.1 AA, Release 11.2 P, 11.3, and 11.3T, 12.0, 12.0T, 12.1, 12.1T, 12.2, 12.2T, 12.3	Release 12.0(24), 12.1(17), 12.2(12), 12.2(11)T1, 12.3	Release 12.0(5)T, 12.1, 12.1T, 12.2, 12.2T, 12.3
Flash Memory	8 MB of Flash memory (SIMM), expandable to 32 MB. PCMCIA Flash memory cards are also supported by each model, available in 4 to 20 MB sizes.	Same as Cisco 3620	8 MB of Flash in the enterprise models (3661-AC, 3661-DC, 3662-AC, 3662-DC) and 16 MB in the telco models (3662-AC-CO, 3662-DC-CO) upgradable to 64 MB
DRAM memory (system and packet)	32 MB of DRAM memory expandable to 64 MB.	32 MB of DRAM memory, expandable to 128 MB.	32 MB of SDRAM for enterprise and 64 MB for telco models, upgradable to 256 MB
Network module slots	2	4	6
Standard components	2 PCMCIA slots High-speed console and auxiliary ports Rack- and wall-mount kit Power supply and cord Console Cable	Same as Cisco 3620	Same as Cisco 3620

**Table 27-84: Power Requirements for Cisco 3600 Series**

Description	Cisco 3620	Cisco 3640A	Cisco 3660
Input Voltage, AC	100–240 VAC, autoranging	Same as Cisco 3620	Same as Cisco 3620
Input Voltage, DC	38–72 VDC	Same as Cisco 3620	Same as Cisco 3620
Current, AC	1.0A	2.0A	2.0A
Current, DC	2.5A	5.0A	8.0A
Frequency	50–60 Hz	Same as Cisco 3620	Same as Cisco 3620
Max. power dissipation	60W	140W	250W

**Table 27-85: Physical and Environmental Specifications for Cisco 3600 Series**

Description	Cisco 3620	Cisco 3640A	Cisco 3660
Dimensions (H x W x D)	1.75 x 17.5 x 13.5 in. (4.4 x 44.5 x 34.2 cm)	3.44 x 17.5 x 15.7 in. (8.7 x 44.5 x 40.01 cm)	8.7 x 17.5 x 11.8 in. (22.1 x 44.5 x 30 cm)
Weight (average shipping)	25 lb (13.6 kg), includes chassis and 4 network modules	Same as Cisco 3620	43 lb (19.55 kg) includes chassis and 6 network modules
Operating humidity, noncondensing	5 to 95%	Same as Cisco 3620	Same as Cisco 3620
Operating temperature	32 to 104°F (0 to 40°C)	Same as Cisco 3620	Same as Cisco 3620

**Table 27-86: Regulatory Approvals for Cisco 3600 Series**

Description	Cisco 3620	Cisco 3640A	Cisco 3660
Regulatory compliance	FCC Part 15 Class B. For additional compliance information, refer to the 3600 Series Public Network Certification document.	Same as Cisco 3620	Same as Cisco 3620

**Note** For detailed information about network modules (NMs), WAN interface cards (WICs), and Voice interface cards, (VICs), see the “NMs, WICs, and VICs for the Cisco 3600 Series, 2600 Series, and 1600 Series” section in this chapter.

## Memory, Power Supply, and Cable Options

The Cisco 3620/40A uses two types of replaceable or upgradeable memory: DRAM memory and Flash memory. Both types of memory are implemented with SIMMs. Each router has two Flash SIMM sockets and four DRAM SIMM sockets. The standard Flash memory configuration is 16 MB, both sockets contain an 8 MB Flash SIMM. You can upgrade the Flash memory to 32 MB on both routers. Each Cisco 3600 router ships standard with 32 MB of DRAM. The Cisco 3640A is expandable to 128 MB of DRAM. The Cisco 3620 is expandable to 64 MB of DRAM.

The Cisco 3660 series uses two types of replaceable or upgradeable memory: SDRAM memory and Flash memory. Flash memory is implemented with SIMMs whereas SDRAM memory uses DIMMS. The 3660 has two Flash SIMM sockets and two SDRAM DIMM sockets. The standard Flash memory configuration is 16 MB, both sockets contain an 8 MB Flash SIMM. You can upgrade the Flash memory to 64 MB on a 3660 router. Each Cisco 3600 router ships standard with 32 MB of SDRAM and is upgradable to 256 MB of SDRAM.

The Cisco 3600 allows you to load new system images using a PCMCIA Flash memory card. You can also load images from a local or remote PC through the console or auxiliary ports using the Xmodem or Ymodem protocols.

**Note** For guidelines on how to order the proper amount of memory to support different network module configurations, refer to product bulletin 544, 3600 Series Memory Options and Configuration Guide. This document is accessible from Cisco Connection On-line (CCO). The URL is

[http://www.cisco.com/warp/public/cc/cisco/mkt/access/3600/prodlit/544\\_pp.htm](http://www.cisco.com/warp/public/cc/cisco/mkt/access/3600/prodlit/544_pp.htm)

## Software

**Table 27-87: Software Specifications for Cisco 3600 Series**

Description	Specification
Supported Cisco IOS software	Cisco 3620: Release 11.1 AA, Release 11.2 P, 11.3, and 11.3T, 12.0, 12.0T, 12.1, 12.1T, 12.2, 12.2T, 12.3 Cisco 3640A: Release 12.0(24), 12.1(17), 12.2(12), 12.2(11)T1, 12.3 Cisco 3660: Release 12.0(5)T, 12.1, 12.1T, 12.2, 12.2T, 12.3



---

## Ordering Information

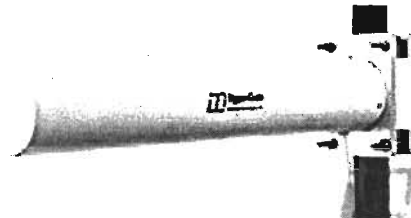
### Product Part Numbers

All part descriptions and part numbers for Cisco products can be accessed using the online Cisco Pricing Tool at <http://www.cisco.com/cgi-bin/front.x/pricing>

The Cisco Pricing Tool requires a user name and password. If you are not already registered, go to <http://www.cisco.com/register>

# F: HOJA DE DATOS TÉCNICOS

## ANTENA YAGUI HG1910Y



### HyperGain<sup>®</sup> HG1910Y

High Performance 1850-1970 MHz 10 dBi Radome Enclosed Yagi Antenna

#### Superior Performance

The HyperGain<sup>®</sup> HG1910Y Radome Enclosed Yagi Antenna combines high gain with a wide 30° beam-width. It is ideally suited for directional and multipoint wireless applications in the 1.8-1.9 GHz PCS band.

#### Rugged and Weatherproof

This antenna features a heavy-duty 1/2" aluminum boom and solid 1/4" aluminum elements, enclosed within a UV protected radome for all-weather operation. The mounting system includes an extruded aluminum frame and stainless steel V-bolts.

#### Electrical Specifications

Frequency	1850-1970 MHz
Gain	10 dBi
-3 dB Beam Width	30 degrees
Impedance	50 Ohm
Max. Input Power	100 Watts
VSWR	< 1.5:1 avg.

#### Mechanical Specifications

Weight	2 lbs.
Length	19" length x 3" diameter
Radome Material	UV-inhibited Polymer
Mounting	2 3/8" dia. mast max.
Polarization	Vertical
Wind Survival	>150 MPH

## Available Connectors

This antenna is supplied with a 24" pigtail with any of the connectors listed in the tables below. Specify the desired connector by choosing the appropriate part number.

## Standard Connectors

The following standard connectors are available from stock:

Connector Type	Part Number
N Female	HG1910Y-NF
N Male	HG1910Y-NM

## Special Order Connectors

This antenna is also available with the any of the following connectors by special order at a nominal additional charge. If you do not see your connector listed please contact our sales department.

Connector Type	Part Number
TNC Female	HG1910Y-TF
TNC Male	HG1910Y-TM
Reverse Polarity TNC Female	HG1910Y-RTF
Reverse Polarity TNC Male	HG1910Y-RTM
Reverse Polarity N Female	HG1910Y-RNF
Reverse Polarity N Male	HG1910Y-RNM
SMA Male	HG1910Y-SM
Reverse Polarity SMA Female	HG1910Y-RSF

## Guaranteed Quality

This product is backed by Hyperlink's Limited Warranty.

e-mail: [sales@hyperlinktech.com](mailto:sales@hyperlinktech.com) • tel: 561-995-2256 • fax: 561-995-2432  
web: [www.hyperlinktech.com](http://www.hyperlinktech.com) • 1201 Clint Moore Road • Boca Raton  
FL 33487

# G: NORMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS NOM 001-SEDE-1999 (EXTRACTO DEL ARTÍCULO 250)

## ARTÍCULO 250 - PUESTA A TIERRA

### A. Disposiciones generales

- 250-1. Alcance.** Este Artículo cubre los requisitos generales para la puesta a tierra y sus puentes de unión en las instalaciones eléctricas y, además, los requisitos específicos que se indican a continuación:
- En sistemas, circuitos y equipos en los que se exige, se permite o donde no se permite que estén puestos a tierra.
  - El conductor del circuito que es puesto a tierra en sistemas puestos a tierra.
  - Ubicación de las conexiones a tierra.
  - Tipos y tamaños nominales de los conductores, puentes de unión y electrodos de conexión para puesta a tierra.
  - Métodos de puesta a tierra y puentes de unión.
  - Condiciones en las que se puede sustituir a los resguardos, separaciones o aislamiento por la puesta a tierra.

**NOTA 1:** Los sistemas se conectan a tierra para limitar las sobretensiones eléctricas debidas a descargas atmosféricas, transitorios en la red o contacto accidental con líneas de alta tensión, y para estabilizar la tensión eléctrica a tierra durante su funcionamiento normal. Los equipos se conectan a tierra de modo que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla, y que faciliten el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra.

**NOTA 2:** Los materiales conductores que rodean a conductores o equipo eléctricos o que forman parte de dicho equipo, se conectan a tierra para limitar la tensión a tierra de esos materiales y para facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra. Véase 110-10.

### E. Puesta a tierra de los equipos

- 250-42. Equipo fijo o conectados de forma permanente.** Las partes metálicas expuestas y no-conductoras de corriente eléctrica del equipo fijo que no estén destinadas a transportar corriente, deben ponerse a tierra si se presenta cualquiera de las circunstancias mencionadas en los siguientes incisos:
- Distancias horizontales y verticales.** Si están a menos de 2,5 m en vertical o de 1,50 m en horizontal de tierra u objetos metálicos puestos a tierra y que puedan entrar en contacto con personas.
  - Lugares mojados o húmedos.** Cuando estén instaladas en lugares mojados o húmedos y no estén aisladas.
  - Contacto eléctrico.** Cuando estén en contacto eléctrico con metales.
  - Locales peligrosos (clasificados).** Cuando estén en un local peligroso (clasificado) de los cubiertos en los Artículos 500 a 517.
  - Método de alambrado.** Cuando estén alimentados por medio de cables con forro metálico, recubiertos de metal, en canalizaciones metálicas u otro método de instalación que pueda servir de puesta a tierra del equipo, excepto lo que se permita en 250-33 para tramos cortos de envolventes metálicos.
  - De más de 150 V a tierra.** Cuando el equipo funcione con cualquier terminal a más de 150 V a tierra.
- Excepción 1:** Las cubiertas de desconectores o interruptores automáticos de circuitos que se utilicen para medios que no sean de equipo de acometida y sólo sean accesibles a personal calificado.
- Excepción 2:** Carcasas metálicas de aparatos eléctricos de calefacción exentas por permiso especial, en cuyo caso las carcasas deben estar permanente y eficazmente aisladas de tierra.
- Excepción 3:** Equipo de distribución, como por ejemplo tanques de transformadores y de capacitores, montados en postes de madera y a una altura superior a 2,5 m sobre el nivel del suelo.
- Excepción 4:** No es necesario poner a tierra equipo aprobado y listado como protegido por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente marcado.
- 250-43. Equipo fijo o conectado de forma permanente.** Se deben poner a tierra, independientemente de su tensión eléctrica nominal, las partes metálicas expuestas y no-conductoras de corriente eléctrica del equipo descrito a continuación ((a) a (j)), y las partes metálicas no destinadas a conducir corriente eléctrica del equipo y de envolventes descritas en (k) y (l):
- Armazones y estructuras de tableros de distribución.** Los armazones y estructuras de tableros de distribución en los que esté instalado equipo de interrupción.
- Excepción:** Los armazones de tableros de distribución de c.c. a dos conductores que estén eficazmente aislados de tierra.
- 250-44. Equipo no-eléctrico.** Se deben poner a tierra las partes no-metálicas del equipo no-eléctrico descrito en los siguientes incisos:

d) **Separaciones metálicas.** Las separaciones metálicas, rejillas y otros elementos metálicos similares alrededor de equipo de 1 kV y más entre conductores, excepto en subestaciones o bóvedas que sean únicamente accesibles a la compañía suministradora.

**NOTA:** Cuando haya partes metálicas en edificios que puedan quedar electrificadas y entrar en contacto con las personas, una adecuada conexión y puesta a tierra ofrecerán protección adicional.

#### F. Métodos de puesta a tierra

**250-50. Conexiones de los conductores de puesta a tierra de equipo.** Las conexiones de los conductores de puesta a tierra del equipo en la fuente de suministro de los sistemas derivados independientes, se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 250-26(a). Las conexiones de los conductores de puesta a tierra del equipo de la acometida, se deben hacer según los siguientes incisos:

a) **En sistemas puestos a tierra.** La conexión se debe hacer conectando el conductor de puesta a tierra de equipo, al conductor de la acometida puesto a tierra y al conductor del electrodo de puesta a tierra.

b) **En sistemas no-puestos a tierra.** La conexión se debe hacer conectando el conductor de puesta a tierra de equipo, al conductor del electrodo de puesta a tierra.

**Excepción a (a) y (b):** Para cambiar los receptáculos sin terminal de puesta a tierra por receptáculos con terminal de puesta a tierra y para ampliaciones de circuitos derivados sólo de instalaciones ya existentes que no tengan conductor de puesta a tierra de equipo en el circuito derivado, se permite que el conductor de puesta a tierra de los receptáculos con toma de tierra se conecte a un punto accesible de la instalación del electrodo de puesta a tierra, como se indica en 250-81 o a cualquier punto accesible del conductor del electrodo de puesta a tierra.

**NOTA:** Para el uso de receptáculos con interruptor de circuitos con protección por falla a tierra, véase 210-7(d).

**250-51. Trayectoria efectiva de puesta a tierra.** La trayectoria a tierra desde los circuitos, equipo y cubiertas metálicas de conductores debe ser: (1) permanente y eléctricamente continua; (2) de capacidad suficiente para conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica de falla que pueda producirse, y (3) de una impedancia suficientemente baja como para limitar la tensión eléctrica a tierra y facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección del circuito. El terreno natural no se debe utilizar como el único conductor de puesta a tierra de equipo.

**250-53. Trayectoria de puesta a tierra hasta el electrodo de puesta a tierra en la acometida**

a) **Conductor al electrodo de puesta a tierra.** Se debe usar un conductor para conectar al electrodo de puesta a tierra, los conductores de puesta a tierra de equipo, los envolventes de equipo de acometida y, si el sistema está puesto a tierra, el conductor de puesta a tierra de la acometida.

**Excepción:** Lo que establece 250-27 para conexiones a instalaciones con neutro a tierra de alta impedancia.

**NOTA:** Para la puesta a tierra de los sistemas de corriente eléctrica alterna, véase 250-23(a).

b) **Puente de unión principal.** Para sistemas puestos a tierra se debe usar un puente de unión principal, sin empalmes, para conectar el conductor de puesta a tierra de equipo y el envolvente de desconexión de la acometida al conductor de puesta a tierra del sistema en cada punto de desconexión de la acometida.

**Excepción 1:** Cuando haya más de un medio de desconexión de la acometida en un conjunto aprobado y listado para usarse como equipo de acometida, es necesario tender un conductor puesto a tierra hasta el equipo y conectarlo al envolvente.

**Excepción 2:** Lo que se establece en 250-27 y 250-123 para sistemas con neutro puesto a tierra a través de una impedancia.

**250-54. Electrodo común de puesta a tierra.** Cuando se conecta un sistema de c.a. a un electrodo de puesta a tierra en, o a un edificio, tal como lo especifican 250-23 y 250-24, ese mismo electrodo se debe usar para poner a tierra los envolventes y el equipo en o a ese edificio. Cuando al mismo edificio lleguen dos acometidas independientes y haya que conectarlas a un electrodo de puesta a tierra, se debe usar el mismo electrodo.

Dos o más electrodos de tierra eléctricamente unidos entre sí se deben considerar a este respecto, un solo electrodo.

**250-55. Cable subterráneo de acometida.** Cuando la acometida a un inmueble se realiza desde un sistema subterráneo basado en cables con cubierta metálica continua, la cubierta o armadura del cable de acometida conectada al sistema subterráneo o al tubo de acometida debe ser puesta a tierra en el inmueble, al igual que la tubería interior.

**250-56. Tramos cortos de una canalización.** Cuando se requiera poner a tierra tramos aislados de una canalización metálica o del blindaje de un cable, se deberá hacer según 250-57.

**250-57. Equipo fijo o conectado por un método de alambrado permanente (fijo): puesta a tierra.** Cuando se requiera poner a tierra las partes metálicas no-conductoras de equipo, canalizaciones u otros envolventes, se debe hacer por uno de los siguientes métodos:

**Excepción:** Cuando el equipo, las canalizaciones y envolventes estén puestos a tierra a través del conductor del circuito puesto a tierra, tal como lo permiten 250-24, 250-60 y 250-61.

- a) Tipos de conductores de puesta a tierra de equipo. Todos los permitidos por 250-91(b).
- b) Con los conductores del circuito. Mediante el conductor de puesta a tierra de equipo instalado dentro de la misma canalización, cable o cordón o tendido de cualquier otro modo con los conductores del circuito. Se permiten conductores de puesta a tierra de equipo desnudos, cubiertos o aislados. Los conductores de puesta a tierra cubiertos o aislados individualmente deben tener un acabado exterior continuo, verde liso o verde con una o más franjas amarillas.

**Excepción 1:** Se permite que, durante la instalación, un conductor aislado o cubierto de tamaño nominal superior a 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG), de cobre o de aluminio, se identifique permanentemente como conductor de puesta a tierra en sus dos extremos y en todos los puntos en los que el conductor esté accesible. Esta identificación se debe hacer por uno de los siguientes medios:

- a. Quitando el aislamiento o el recubrimiento en toda la parte expuesta.
- b. Pintando de verde el aislamiento o el recubrimiento expuesto, o
- c. Marcando el aislamiento o el recubrimiento expuesto con una cinta o etiquetas adhesivas de color verde.

**Excepción 2:** Se permite que, en los circuitos de c.c., el conductor de puesta a tierra de equipo se instale independiente de los conductores del circuito.

**Excepción 3:** Como se requiere en la Excepción de 250-50(a) y (b), se permite que el conductor de puesta a tierra de equipo se instale independiente de los conductores del circuito.

**Excepción 4:** Cuando las condiciones de mantenimiento y de supervisión aseguren que la instalación está atendida sólo por personal calificado, se permite identificar permanentemente durante la instalación uno o más conductores aislados en un cable multipolar como conductores de puesta a tierra de equipo, en cada extremo y en todos los puntos en los que el conductor esté accesible, por los siguientes medios:

- a. Quitando el aislamiento o el recubrimiento en toda la parte expuesta.
- b. Pintando de verde el aislamiento o el recubrimiento expuesto.
- c. Marcando el aislamiento o el recubrimiento expuesto con una cinta o etiquetas adhesivas de color verde.

**NOTA 1:** Para los puentes de unión de equipo, véase 250-79.

**NOTA 2:** Para el uso de cordones con equipo fijo, véase 400-7.

**250-58. Equipo considerado eficazmente puesto a tierra.** En las condiciones especificadas en los siguientes incisos, se considera que las partes metálicas no-conductoras de equipo están eficazmente puestas a tierra.

a) **Equipos sujetos a soportes metálicos puestos a tierra.** Los equipos eléctricos sujetos y en contacto eléctrico con bastidores o con estructuras metálicas diseñados para su soporte y puestos a tierra por uno de los medios indicados en 250-57. No se debe usar la estructura metálica de un edificio como conductor de puesta a tierra de equipo de c.a.

b) **Estructura de ascensores metálicos.** Las estructuras de ascensores metálicos sujetos a cables metálicos que los elevan, unidos o que circulan sobre carretes o tambores metálicos de las máquinas de los ascensores puestos a tierra por alguno de los métodos indicados en 250-57.

**250-59. Equipos conectados con cordón y clavija.** Cuando haya que conectarlas a tierra, las partes metálicas no-conductoras de equipo conectado con cordón y clavija se deben poner a tierra por alguno de los métodos indicados a continuación:

a) **A través de la envolvente metálica.** A través de la envolvente metálica de los conductores que suministran energía a dicho equipo, si se usa una clavija con terminal de puesta a tierra y tiene un contacto fijo para puesta a tierra, para poner a tierra la envolvente y si la envolvente metálica de los conductores se sujeta al contacto de la clavija y al equipo mediante conectadores aprobados.

**Excepción:** Se permite un contacto de tierra auto-armable en receptáculos con toma de tierra utilizados en el extremo del cordón de aparatos eléctricos portátiles, accionados a mano o en herramientas manuales.

b) **A través del conductor de puesta a tierra de equipo.** A través del conductor de puesta a tierra de equipo instalado junto con los conductores de alimentación en un cable o cordón flexible debidamente terminado en una clavija terminal de puesta a tierra, y un contacto de tierra fijo. Se permite que haya un conductor de puesta a tierra sin aislar, pero, si se aísla, el forro debe ser de acabado exterior continuo y color verde, o verde con una o más tiras amarillas.

**Excepción:** Se permite un contacto de tierra auto-armable en clavijas con terminal de puesta a tierra utilizada en el extremo del cordón de aparatos eléctricos portátiles, accionados a mano o aparatos eléctricos y herramientas manuales.

c) **A través de un cable o alambre independiente.** A través de un cable flexible o alambre independiente, desnudo o aislado, protegido en la medida de lo posible contra daño físico, cuando forme parte del equipo.

**250-60. Carcasas de estufas y secadoras de ropa.** Esta Sección se debe aplicar sólo a los circuitos derivados ya instalados. Los circuitos de nueva instalación deben cumplir lo establecido en 250-57 y 250-59. Las carcasas de estufas eléctricas, hornos montados en la pared, secadoras de ropa y salidas o cajas

de empalmes que formen parte del circuito de esos aparatos, se deben poner a tierra según se especifica en 250-57 o 250-59 o se pueden poner a tierra en el conductor de un circuito puesto a tierra (excepto en las casas móviles y vehículos recreativos), si se cumplen además todas las condiciones establecidas a continuación:

- a) El circuito de suministro es monofásico a tres conductores, 120/240 V; o 220Y/127 V, 208Y/120 V, tres fases cuatro conductores en estrella.
- b) El conductor puesto a tierra no es inferior a 5,26 mm<sup>2</sup> (10 AWG) en cobre o a 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) en aluminio.
- c) El conductor puesto a tierra está aislado; o el conductor puesto a tierra sin aislar forma parte de un cable de acometida Tipo SE y el circuito derivado se origina en el equipo de acometida.
- d) Los contactos de puesta a tierra de receptáculos con terminal de puesta a tierra suministrados como parte del equipo están puenteados con el equipo.

#### **250-61. Uso del conductor puesto a tierra para poner a tierra equipo**

a) **Lado de suministro de equipo.** Se permite que el conductor puesto a tierra sirva para poner a tierra las partes metálicas y no-conductoras de equipo, canalizaciones y otras envolventes en cualquiera de los siguientes lugares:

- 1) En el lado de alimentación del medio de desconexión de la acometida.
- 2) En el lado de alimentación del medio de desconexión de la acometida para distintos edificios, como se establece en 250-24.
- 3) En el lado de alimentación del medio de desconexión o del dispositivo de sobrecorriente de la acometida de un sistema derivado separadamente.

b) **Lado de la carga de equipo.** No se debe usar un conductor puesto a tierra para poner a tierra las partes metálicas no-conductoras de equipo que haya en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida o en el lado de la carga del medio de desconexión o del dispositivo de sobrecorriente de un sistema derivado separadamente que no tenga un medio de desconexión principal de la red.

*Excepción 1: Las carcasas de estufas, hornos montados en la pared, estufas montadas en barras y secadoras de ropa en las condiciones permitidas por 250-60 para instalaciones ya existentes.*

*Excepción 2: Lo que permite 250-54 para edificios independientes.*

*Excepción 3: Se permite poner a tierra los envolventes para medidores conectándolos al conductor puesto a tierra del circuito en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida, si:*

- a. *No hay instalado un dispositivo de protección contra fallas a tierra, y*
- b. *Todos los medidores están situados cerca del medio de desconexión de la acometida.*
- c. *El tamaño nominal del conductor puesto a tierra del circuito no es inferior a lo especificado en la Tabla 250-95 para los conductores de puesta a tierra de equipo.*

*Excepción 4: Lo que exigen 710-72(e)(1) y 710-74.*

*Excepción 5: Se permite poner a tierra los sistemas de c.c. del lado de la carga del medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente, según Excepción de 250-22.*

**250-62. Conexiones para circuitos múltiples.** Cuando se requiera poner a tierra un equipo que esté alimentado mediante conexiones independientes a más de un circuito o en sistemas puestos a tierra de sistemas de alambrado de usuarios, debe haber un medio de puesta a tierra en cada una de esas conexiones, como se especifica en 250-57 y 250-59.

#### **G. Puentes de unión**

**250-70. Disposiciones generales.** Cuando sea necesario para asegurar la continuidad eléctrica y la capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica que pudiera producirse por falla a tierra, se deben hacer los puentes de unión pertinentes.

#### **250-71. Equipo de la acometida**

a) **Puente de unión del equipo de la acometida.** Las partes metálicas no-conductoras de equipo que se indican en los siguientes incisos, se deben conectar entre sí:

- 1) Excepto lo que se permita en 250-55, las canalizaciones de acometida, charolas, estructuras de electroductos, armadura o blindaje de los cables.
- 2) Todos los envolventes de equipo de acometida que contengan conductores, conexión de medidores, cajas o similares, interpuestos en la canalización o blindaje.
- 3) Cualquier canalización metálica o envoltorio por los que se lleve un conductor al electrodo de puesta a tierra, tal como se permite en 250-92(a). Las conexiones se deben hacer en cada extremo y en todas las canalizaciones, cajas y envolventes que existan entre el equipo de acometida y el electrodo de puesta a tierra.

#### **H. Sistema de electrodos de puesta a tierra**

**250-81. Sistema de electrodos de puesta a tierra.** Si existen en la propiedad, en cada edificio o estructura perteneciente a la misma, los elementos (a) a (d) que se indican a continuación y cualquier electrodo prefabricado instalado de acuerdo con lo indicado en 250-83(c) y (d), se deben conectar entre sí para formar el sistema de electrodos de puesta a tierra. Los puentes de unión se deben instalar de acuerdo con

lo indicado en 250-92(a) y (b), deben dimensionarse según lo establecido en 250-94 y deben conectarse como se indica en 250-115.

Se permite que el conductor del electrodo de puesta a tierra sin empalmes llegue hasta cualquier electrodo de puesta a tierra disponible en el sistema de electrodos de puesta a tierra. Debe dimensionarse de acuerdo con el conductor para electrodo de puesta a tierra exigido entre todos los electrodos disponibles.

**Excepción 1:** *Se permite empalmar el conductor del electrodo de puesta a tierra mediante conectadores a presión aprobados y listados para este fin o mediante el proceso de soldadura exotérmica.*

La tubería metálica interior para agua situada a más de 1,5 m del punto de entrada en el edificio, no se debe utilizar como parte de la instalación del electrodo de puesta a tierra o como conductor para conectar electrodos que formen parte de dicha instalación.

**Excepción 2:** *En las construcciones industriales y comerciales, cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que sólo personal calificado atiende la instalación y la tubería metálica interior para agua que se vaya a utilizar como conductor esté expuesta en toda su longitud.*

**NOTA:** Para los requisitos especiales de conexión y puesta a tierra en edificios agrícolas, véase 547-8.

**a) Tubería metálica subterránea para agua.** Una tubería metálica subterránea para agua en contacto directo con la tierra a lo largo de 3 m o más (incluidos los ademes metálicos de pozos efectivamente conectados a la tubería) y con continuidad eléctrica (o continua eléctricamente mediante puenteo de las conexiones alrededor de juntas aislantes, o secciones aislantes de tubos) hasta los puntos de conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra y de los puentes de unión. La continuidad de la tierra o de la conexión del puente de unión al interior de la tubería no se debe hacer a través de medidores de consumo de agua, filtros o equipo similares. Una tubería metálica subterránea para agua se debe complementar mediante un electrodo adicional del tipo especificado en 250-81 o 250-83. Se permite que este electrodo suplementario vaya conectado al conductor del electrodo de puesta a tierra, el conductor de la acometida puesto a tierra, la canalización de la acometida conectada a tierra o cualquier envolvente de la acometida puesto a tierra.

Cuando este electrodo suplementario sea prefabricado como se establece en 250-83(c) o (d), se permite que la parte del puente de unión que constituya la única conexión con dicho electrodo suplementario no sea mayor que un cable de cobre de 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) o un cable de aluminio de 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG).

**Excepción:** *Se permite que el electrodo suplementario vaya conectado al interior de la tubería metálica para agua en cualquier punto que resulte conveniente, como se explica en la Excepción 2 de 250-81*

**b) Estructura metálica del edificio.** La estructura metálica del edificio, cuando esté puesta a tierra eficazmente.

**c) Electrodo empotrado en concreto.** Un electrodo empotrado como mínimo 50 mm en concreto, localizado en y cerca del fondo de un cimiento o zapata que esté en contacto directo con la tierra y que conste como mínimo de 6 m de una o más varillas de acero desnudo o galvanizado o revestido de cualquier otro recubrimiento eléctricamente conductor, de no-menos de 13 mm de diámetro o como mínimo 6,1 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no-inferior a 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG)

**d) Anillo de tierra.** Un anillo de tierra que rodee el edificio o estructura, en contacto directo con la tierra y a una profundidad bajo la superficie no-inferior a 800 mm que conste como mínimo en 6 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no-inferior a 33,62 mm<sup>2</sup> (2 AWG).

**250-83. Electrodos especialmente contruidos.** Cuando no se disponga de ninguno de los electrodos especificados en 250-81, se debe usar uno o más de los electrodos especificados en los incisos a continuación. Cuando sea posible, los electrodos contruidos especialmente se deben enterrar por debajo del nivel de humedad permanente. Los electrodos especialmente contruidos deben estar libres de recubrimientos no-conductores, como pintura o esmalte. Cuando se use más de un electrodo para el sistema de puesta a tierra, todos ellos (incluidos los que se utilicen como varillas de pararrayos) no deben estar a menos de 1,8 m de cualquier otro electrodo o sistema de puesta a tierra. Dos o más electrodos de puesta a tierra que estén efectivamente conectados entre sí, se deben considerar como un solo sistema de electrodos de puesta a tierra.

### I. Conductores del electrodo de puesta a tierra

**250-91. Materiales.** Los materiales del conductor del electrodo de puesta a tierra se especifican en los siguientes incisos:

**a) Conductor del electrodo de puesta a tierra.** El conductor del electrodo de puesta a tierra debe ser de cobre o aluminio. El material elegido debe ser resistente a la corrosión que se pueda producir en la instalación, y debe estar adecuadamente protegido contra la corrosión. El conductor debe ser macizo o cableado, aislado, forrado o desnudo y debe ser de un solo tramo continuo, sin empalmes ni uniones.

**Excepción 1:** *Se permiten empalmes en barras conductoras.*

**Excepción 2:** *Cuando haya una acometida con más de un envolvente, como se permite en la Excepción 2 de 230-40, está permitido conectar derivaciones al conductor del electrodo de puesta a tierra. Cada una de estas derivaciones debe llegar hasta el interior del envolvente. El tamaño nominal del conductor del*



electrodo de puesta a tierra debe estar de acuerdo con lo indicado en 250-94, pero los conductores de la derivación pueden tener un tamaño nominal de acuerdo con los conductores del electrodo de puesta a tierra especificados en 250-94, según el conductor de mayor tamaño nominal que entre en los respectivos envolventes. Los conductores de la derivación se deben conectar al conductor del electrodo de puesta a tierra de modo que este conductor no contenga ningún empalme o unión.

**Excepción 3:** Se permite empalmar el conductor del electrodo de puesta a tierra por medio de conectadores de presión del tipo irreversible aprobados y listados para ese fin o mediante un proceso de soldadura exotérmica.

**b) Tipos de conductores para la puesta a tierra de equipo.** El conductor de puesta a tierra de equipo tendido con los conductores del circuito o canalizado con ellos, debe ser de uno de los siguientes tipos o una combinación de varios de ellos: (1) un conductor de cobre u otro material resistente a la corrosión. Este conductor debe ser macizo o cableado, aislado, cubierto o desnudo y formar un cable o barra de cualquier forma; (2) un tubo (*conduit*) metálico tipo pesado; (3) un tubo (*conduit*) metálico tipo semipesado; (4) un tubo (*conduit*) metálico tipo ligero; (5) un tubo (*conduit*) metálico flexible, si tanto el tubo (*conduit*) como sus accesorios están aprobados y listados para puesta a tierra; (6) la armadura de un cable de tipo AC; (7) el blindaje de cobre de un cable con blindaje metálico y aislamiento mineral; (8) el blindaje metálico de los conductores con blindaje metálico y los conductores de puesta a tierra que sean cables de tipo MC; (9) los soportes para cables tipo charola, tal como se permite en 318-3(c) y 318-7; (10) cableductos, tal como se permite en 365-2(a); (11) otras canalizaciones metálicas con continuidad eléctrica, aprobadas para usarse para puesta a tierra.

**Excepción 1:** Cuando los conductores de un circuito, como los contenidos en este Artículo, estén protegidos por dispositivos de sobrecorriente de 20 A nominales o menos, se permiten como medios de puesta a tierra de esos circuitos a tubo (*conduit*) metálico flexible y tubo (*conduit*) metálico flexible hermético a los líquidos de tamaños nominales de 10 a 35 mm, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

a. Que la longitud sumada del tubo (*conduit*) metálico flexible y del tubo (*conduit*) metálico flexible hermético a los líquidos en el mismo tramo de retorno de tierra, no sea superior a 1,8 m.

b. Que el tubo (*conduit*) termine en accesorios aprobados y listados para puesta a tierra.

**Excepción 2:** Cuando los conductores de un circuito contenidos en ellos estén protegidos por dispositivos de sobrecorriente de más de 20 A nominales, pero que no excedan de 60 A, se permite utilizar como medios de puesta a tierra de esos circuitos al tubo (*conduit*) metálico flexible y hermético a los líquidos aprobado y listado en diámetros nominales 19 a 32 mm, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

a. Que la longitud total del tubo (*conduit*) metálico flexible del tramo de retorno de tierra, no sea superior a 1,8 m.

b. Que no haya otro tubo (*conduit*) metálico flexible o tubo (*conduit*) metálico flexible hermético a los líquidos de tamaños nominales de 10 a 35 mm que sirva como conductor de puesta a tierra de equipo en el mismo tramo de retorno de tierra.

c. Que el tubo (*conduit*) termine en accesorios aprobados y listados para puesta a tierra.

**c) Puesta a tierra suplementaria.** Se permiten electrodos suplementarios de puesta a tierra para aumentar los conductores de puesta a tierra de equipo especificados en 250-91(b), pero el terreno natural no se debe utilizar como el único conductor de puesta a tierra de equipo.

**250-92. Instalación.** Los conductores de puesta a tierra se deben instalar como se especifica en los siguientes incisos:

**a) Conductor del electrodo de puesta a tierra.** Un conductor del electrodo de puesta a tierra o su envolvente debe sujetarse firmemente a la superficie sobre la que va instalado. Un conductor de cobre o aluminio de 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG) o superior se debe proteger si está expuesto a daño físico severo. Se puede llevar un conductor de puesta a tierra de 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) que no esté expuesto a daño físico, a lo largo de la superficie del edificio sin tubería o protección metálica, cuando esté sujeto firmemente al edificio; si no, debe ir en tubo (*conduit*) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo (*conduit*) no-metálico tipo pesado o un cable armado. Los conductores de puesta a tierra de tamaño nominal inferior a 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) deben alojarse en tubo (*conduit*) metálico tipo pesado, semipesado, ligero, en tubo (*conduit*) no-metálico tipo pesado o en cable armado

No se deben usar como conductores de puesta a tierra, conductores aislados o desnudos de aluminio que estén en contacto directo con materiales de albañilería o terreno natural o si están sometidos a condiciones corrosivas. Cuando se utilicen a la intemperie, los conductores de puesta a tierra de aluminio no se deben instalar a menos de 45 cm del terreno natural.

**b) Envolventes para conductores del electrodo de puesta a tierra.** Las envolventes metálicas del conductor del electrodo de puesta a tierra deben ser eléctricamente continuas desde el punto de conexión a los envolventes o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, y deben estar sujetas firmemente a las abrazaderas o herrajes de tierra. Las envolventes metálicas que no sean continuas físicamente desde el envolvente o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra, se deben hacer eléctricamente continuas

mediante un puente de unión de sus dos extremos al conductor de puesta a tierra. Cuando se utilice una canalización como protección del conductor de puesta a tierra, su instalación debe cumplir los requisitos del Artículo correspondiente a las canalizaciones.

**c) Conductor de puesta a tierra de equipo.** Un conductor de puesta a tierra de equipo se debe instalar como sigue:

1) Cuando consista en una canalización, un soporte para cables tipo charola, armadura o forro de cables o cuando sea un conductor dentro de una canalización o cable, se debe instalar cumpliendo las disposiciones aplicables de esta NOM usando accesorios para uniones y terminales que estén aprobados para usarlos con el tipo de canalización o cable utilizados. Todas las conexiones, uniones y accesorios se deben fijar firmemente con los medios adecuados.

2) Cuando haya un conductor independiente de tierra de equipo, como establece la Excepción de 250-50(a) y (b) y la Excepción 2 de 250-57(b) se debe instalar de acuerdo con lo indicado en el inciso (a) anterior en lo que respecta a las limitaciones del aluminio y a la posibilidad de daño físico.

**Excepción:** No es necesario que los cables inferiores a 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) se alojen dentro de una canalización o armadura cuando se instalen por los espacios huecos de una pared o cuando vayan instalados de modo que no sufran daño físico.

**250-93. Tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra para c.c.** En los siguientes incisos se fijan los tamaños nominales de los conductores del electrodo de puesta a tierra de una instalación de c.c.

**a) No debe ser de tamaño nominal inferior al del neutro.** Cuando un sistema eléctrico de c.c. consista en un circuito balanceado de tres conductores o un devanado de equilibrio con protección contra sobrecorriente, como se establece en 445-4(d), el conductor del electrodo de puesta a tierra no debe ser de tamaño nominal inferior al del neutro.

**b) No debe ser de tamaño nominal inferior al del conductor más grande.** En instalaciones de c.c. distintas a las del anterior inciso (a), el conductor del electrodo de puesta a tierra no debe ser de tamaño nominal inferior al del conductor de mayor tamaño nominal del suministro de energía.

**c) No debe ser inferior a 8,367 mm<sup>2</sup> (8 AWG).** En ningún caso el conductor del electrodo de puesta a tierra debe ser inferior a 8,367 mm<sup>2</sup> (8 AWG) de cobre o de 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) de aluminio.

**Excepciones a los anteriores (a) a (c):**

**a.** Cuando esté conectado a electrodos fabricados como se indica en 250-83(c) o (d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo sea superior a 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) de cobre o 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG) de aluminio.

**b.** Cuando esté conectado a un electrodo empotrado en concreto, como se indica en 250-81(c), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo sea superior a 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) de cobre o 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG) de aluminio.

**c.** Cuando esté conectado a un anillo de tierra como se indica en 250-81(d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo sea de mayor tamaño nominal que el conductor utilizado en el anillo de tierra.

**250-94. Tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra en instalaciones de c.a.** El tamaño nominal del conductor del electrodo de puesta a tierra de una instalación de c.a. puesta o no puesta a tierra, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-94.

**Excepción:**

**a.** Cuando esté conectado a electrodos fabricados como se indica en la sección 250-83(c) o (d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituye la única conexión con dicho electrodo, sea superior a 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) de cobre o 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG) de aluminio.

**b.** Cuando esté conectado a un electrodo empotrado en concreto, como se indica en 250-81(c), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituye la única conexión con dicho electrodo sea superior a 13,3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) de cobre o 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG) de aluminio.

**c.** Cuando esté conectado a un anillo de tierra como se indica en 250-81(d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituye la única conexión con dicho electrodo sea de mayor tamaño nominal que el conductor utilizado en el anillo de tierra.

**Tabla 250- 94. Conductor del electrodo de tierra de instalaciones de c.a.**

Tamaño nominal del mayor conductor de entrada a la acometida o sección equivalente de conductores en paralelo mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)		Tamaño nominal del conductor al electrodo de tierra mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
33,62 (2) o menor	53,48 (1/0) o menor	8,367 (8)	13,3 (6)
42,41 o 53,48 (1 o 1/0)	67,43 o 85,01 (2/0 o 3/0)	13,3 (6)	21,15 (4)

67,43 o 85,01 (2/0 o 3/0)	4/0 o 250 kcmil	21,15 (4)	33,62 (2)
Más de 85,01 a 177,3 (3/0 a 350)	Más de 126,7 a 253,4 (250 a 500)	33,62 (2)	53,48 (1/0)
Más de 177,3 a 304,0 (350 a 600)	Más de 253,4 a 456,04 (500 a 900)l	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
Más de 304 a 557,38 (600 a 1100)	Más de 456,04 a 886,74 (900 a 1750)	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
Más de 557,38 (1100)	Más de 886,74 (1750)	85,01 (3/0)	126,7 (250)

**250-95. Tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo.** El tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

Cuando haya conductores en paralelo en varias canalizaciones o cables, como se permite en 310-4, el conductor de puesta a tierra de equipo, cuando exista, debe estar instalado en paralelo. Cada conductor de puesta a tierra de equipo instalado en paralelo debe tener un tamaño nominal seleccionado sobre la base de la corriente eléctrica nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente que proteja los conductores del circuito en la canalización o cable, según la Tabla 250-95.

Cuando se usen varios grupos de conductores de entrada a la acometida, como permite la Sección 230-40 Excepción 2, la sección transversal equivalente del mayor conductor de entrada a la acometida se debe calcular por la mayor suma de las secciones transversales de los conductores de cada grupo.

Cuando no haya conductores de entrada a la acometida, la sección transversal del conductor al electrodo de puesta a tierra se debe calcular por la sección transversal equivalente del mayor conductor de entrada a la acometida de acuerdo con la corriente eléctrica de carga calculada.

Véanse las restricciones de instalación en 250-92(a).

**NOTA:** Para el tamaño nominal del conductor de puesta a tierra de una instalación de c.a. conectado con el equipo de la acometida, véase 250-23(b).

Cuando el tamaño nominal de los conductores se ajuste para compensar caídas de tensión eléctrica, los conductores de puesta a tierra de equipo, cuando deban instalarse, se deberán ajustar proporcionalmente según el área en mm<sup>2</sup> de su sección transversal.

Cuando sólo haya un conductor de puesta a tierra de equipo con varios circuitos en el mismo tubo (*conduit*) o cable, su tamaño nominal debe seleccionarse de acuerdo con el dispositivo de sobrecorriente de mayor corriente eléctrica nominal de protección de los conductores en el mismo tubo (*conduit*) o cable.

Si el dispositivo de sobrecorriente consiste en un interruptor automático de disparo instantáneo o un protector de motor contra cortocircuitos, como se permite en 430-52, el tamaño nominal del conductor de puesta a tierra de equipo se puede seleccionar de acuerdo con la capacidad nominal del dispositivo de protección del motor contra sobrecorriente, pero no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

**Excepción 1:** Un conductor de puesta a tierra de equipo no inferior a 0,8235 mm<sup>2</sup> (18 AWG) de cobre y no menor al tamaño nominal de los conductores del circuito y que forme parte de cables de aparatos eléctricos, según se establece en 240-4.

**Excepción 2:** No es necesario que el conductor de puesta a tierra de equipo sea de mayor tamaño nominal que el de los conductores de los alimentadores de equipo.

**Excepción 3:** Cuando se use como conductor de puesta a tierra de equipo un tubo (*conduit*) o armadura o blindaje de cable, como se establece en 250-51, 250-57(a) y 250-91(b).

**Tabla 250-95. Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos**

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. (A)	Tamaño nominal mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio

15	2,082 (14)	---
20	3,307 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15 (4)
300	21,15 (4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	42,41 (1)	67,43 (2/0)
800	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
1000	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
1200	85,01 (3/0)	126,7 (250)
1600	107,2 (4/0)	177,3 (350)
2000	126,7 (250)	202,7 (400)
2500	177,3 (350)	304 (600)
3000	202,7 (400)	304 (600)
4000	253,4 (500)	405,37 (800)
5000	354,7 (700)	608 (1200)
6000	405,37 (800)	608 (1200)

Véase limitaciones a la instalación en 250-92(a)

**Nota:** Para cumplir lo establecido en 250-51, los conductores de tierra de los equipos podrían ser de mayor tamaño que lo especificado en este Tabla.

#### 250-99. Continuidad del conductor de puesta a tierra de equipo

**a) Conexiones removibles.** Cuando se usen conexiones removibles, como las que se usan en equipo removible o en clavijas y sus respectivos receptáculos, el conductor de puesta a tierra de equipo debe ser diseñado, para que sea la primera que conecta y la última que desconecta a este conductor.

**Excepción:** *Equipo, receptáculos, bases y conectadores interconectados que impiden el paso de corriente eléctrica sin continuidad de la puesta a tierra del equipo.*

**b) Desconectores.** En el conductor de puesta a tierra de equipo de la instalación de un sistema de alambrado de usuarios, no se debe instalar ningún medio de desconexión o de interrupción, manual o automático.

**Excepción:** *Cuando la apertura del desconector o cortacircuitos desconecte todas las fuentes de alimentación.*

#### J. Conexiones de los conductores de puesta a tierra

**250-112. Al electrodo de puesta a tierra.** La conexión de un conductor del electrodo de puesta a tierra con el electrodo correspondiente, debe ser accesible y estar hecha de tal manera que asegure una puesta a tierra eficaz y permanente. Cuando sea necesario asegurar esta conexión a una instalación de tubería metálica utilizada como electrodo de puesta a tierra, se debe hacer un puente de unión efectivo alrededor de las juntas y secciones aisladas y alrededor de cualquier equipo que se pueda desconectar para su reparación y sustitución. Los conductores del puente de unión deben ser lo suficientemente largos como para permitir el desmontaje de dichos equipos, manteniendo la integridad de la conexión.

**Excepción:** *No es necesario que sea accesible una conexión en un envolvente o enterrada con un electrodo de puesta a tierra empotrado en concreto, hundido o enterrado.*

**250-113. A los conductores y equipo.** Los conductores de puesta a tierra y los cables de puentes de unión se deben conectar mediante soldadura exotérmica, conectadores a presión aprobados y listados, abrazaderas u otros medios también aprobados y listados. No se deben usar medios o herrajes de conexión que sólo dependan de soldadura. Para conectar los conductores de puesta a tierra a los envolventes no se deben usar pijas.

**250-114. Continuidad y conexión de los conductores de puesta a tierra de equipo a cajas.** Cuando entren en una caja o tablero dos o más conductores de puesta a tierra de equipo, todos esos conductores se deben empalmar o unir dentro de la caja o a la caja, con accesorios adecuados a ese uso. No se deben hacer conexiones que dependan únicamente de soldadura. Los empalmes se deben hacer según se indica en 110-14(b), excepto el aislamiento, que no es necesario. La instalación de las conexiones de tierra se debe hacer de forma tal que la desconexión o desmontaje de una conexión, aparato eléctrico u otro dispositivo que reciba energía desde la caja, no impida ni interrumpa la continuidad a tierra.

**Excepción:** *No es necesario que el conductor de puesta a tierra de equipo, tal como se permite en la Excepción 4 de 250-74, esté conectado a los otros conductores de puesta a tierra de equipo ni a la caja.*