

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA  
HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS TERMINALES DE ESPECTRO  
ENSANCHADO”**

**REALIZADO POR:  
RAMIRO LEMA ORDÓÑEZ**

**SANGOLQUI – ECUADOR**

**2005**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente proyecto de grado titulado: “Diseño de Procedimientos Técnicos para la Homologación de Equipos Terminales de Espectro Ensanchado” ha sido desarrollado en su totalidad por el Sr. Ramiro Lema Ordóñez con C.I. 171404609-9, bajo nuestra dirección.

---

Ing. Carlos Usbeck  
DIRECTOR

---

Ing. Rodrigo Silva  
CODIRECTOR

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi familia, quienes con su esfuerzo y sacrificio  
me ayudaron a llegar al final de este largo  
camino lleno de obstáculos, en los cuales,  
su apoyo y aliento fueron mi mejor soporte.*

*A mis amigos, con quienes me unen  
incontables e inolvidables recuerdos.*

*Y a los Ingenieros Carlos Usbeck y Rodrigo Silva  
que con sus conocimientos dieron luz y guía al presente proyecto*

*Ramiro.*

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto de tesis está dedicado a mi madre  
quien con su cariño y apoyo incondicional  
ha sido siempre mi razón para seguir adelante.*

*A mi padre que con su ejemplo me inculcó  
la importancia de tratar siempre de ser mejor.*

*Y a mi hermana cuya ausencia temporal me hizo valorar su amistad.*

*Ramiro.*

## **PRÓLOGO**

El presente proyecto muestra la necesidad de que el proceso de homologación de equipos de espectro ensanchado se realice de forma técnica, y propone, la conformación de un laboratorio con el fin de realizar dicho proceso cumpliendo con la definición estricta de homologar.

Además, se realiza un análisis de los aspectos legales que envuelven a un proceso de homologación, se explican tanto los requisitos como los pasos que sigue dicho proceso, se establecen las características correspondientes a los equipos que formarán parte del laboratorio propuesto, y se estudian algunos modelos que cumplen con dichas características.

Dentro de los aspectos negativos correspondientes al presente proyecto, el problema más relevante es que para llevarlo a la práctica es necesaria la realización de una resolución por parte del Consejo Nacional de Telecomunicaciones, en la cual se establezca la reorientación del proceso de homologación.

Por otro lado, entre los aspectos positivos, citamos el hecho de que el laboratorio propuesto puede dar lugar al establecimiento de empresas dedicadas a realizar las pruebas de homologación, previa certificación de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones, estableciendo de esta forma un nuevo campo de acción en el negocio de las telecomunicaciones en nuestro país.

Finalmente, el desarrollo de este estudio ha resaltado y sustentado la importancia que tiene un proceso de homologación en el desarrollo tanto de servicios como de sistemas de telecomunicaciones.

## ÍNDICE

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II TECNOLOGÍAS DE ESPECTRO ENSANCHADO .....	3
CONCEPTOS BÁSICOS DE ESPECTRO ENSANCHADO .....	3
Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DS-SS) .....	3
Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia .....	5
WIRELESS LAN.....	5
Estándares de Redes Inalámbricas .....	7
WiFi (Wireless Fidelity) .....	7
BLUETOOTH .....	10
Lineamientos y Fundamentos de Bluetooth .....	11
WiMAX .....	15
ESPECTRO ENSANCHADO COMO ACCESO MÚLTIPLE .....	17
CDMA por Salto de Frecuencia (FH/CDMA).....	18
CDMA por Secuencia Directa (DS/CDMA) .....	18
Estándares Celulares CDMA.....	20
CAPÍTULO III SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN.....	25
BASE JURÍDICA.....	25
PROCESO DE HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS TERMINALES DE ESPECTRO ENSANCHADO .....	27
Requisitos para la Obtención del Certificado de Homologación.....	27
Modelo de Solicitud para Homologación de Equipos que Utilizan Tecnología de Espectro Ensanchado .....	28
Requisitos para la Obtención de las Etiquetas de Homologación .....	30
Proceso de Homologación Interno en la SENATEL .....	31
CAPÍTULO IV REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y PARÁMETROS DE CALIDAD... 33	
PARÁMETROS TÉCNICOS .....	33
Frecuencia de operación .....	33
Potencia Máxima de Salida .....	34
Ganancia de Antena .....	34

Intensidad de Campo Eléctrico .....	35
Ganancia de Procesamiento .....	35
VALORES ESTIPULADOS PARA LOS PARÁMETROS TÉCNICOS .....	35
Equipos de Reducido Alcance .....	36
Equipos de Gran Alcance .....	36
CAPÍTULO V DISEÑO DE UN LABORATORIO DE HOMOLOGACIÓN .....	39
EQUIPOS PROPUESTOS .....	40
Analizador de Espectros .....	40
Medidor de Potencia .....	44
Medidor de Intensidad de Campo Eléctrico .....	45
Comprobador de CDMA .....	45
Analizador de Bluetooth y WLAN .....	52
CAPÍTULO VI COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS DE MEDICIÓN .....	55
ANÁLISIS DE EQUIPOS DE MEDICIÓN.....	55
Analizador de espectros .....	55
Medidor de Potencia .....	58
Medidor de intensidad de Campo Eléctrico.....	60
Analizador de Bluetooth y WLAN .....	61
Analizador de CDMA.....	64
CAPÍTULO VII PRESUPUESTO REFERENCIAL .....	66
CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
Conclusiones .....	68
Recomendaciones .....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71
ANEXOS .....	73
ANEXO 1: MODELOS DE CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN Y ETIQUETA DE HOMOLOGACIÓN.....	73
ANEXO 2: MODELO DE FORMULARIO DE HOMOLOGACIÓN.....	76
ÍNDICE DE FIGURAS .....	80
ÍNDICE DE TABLAS .....	81
GLOSARIO .....	82
ÍNDICE DE DATA SHEETS .....	85

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

Dentro de la legislación de nuestro país, específicamente en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, se establece como obligación que se realice un proceso de homologación para los equipos de telecomunicaciones. Es así que hoy en día en el ámbito de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, es obligación de la Dirección General de Gestión de los Servicios de Telecomunicaciones el llevar a cabo el proceso de homologación de los equipos basados en la tecnología de espectro ensanchado, a lo largo de la presente investigación realizaremos una descripción tanto de reglamentos como de normas técnicas bajo las cuales debe realizarse dicho proceso y los requisitos para el mismo.

Actualmente el proceso de homologación que se realiza en nuestro país constituye únicamente un registro de marca, modelo y número de serie de los equipos, sin realizar una verificación de especificaciones y su influencia en otros sistemas de telecomunicaciones. Es de esta forma que se vuelve indispensable que la homologación se realice de manera técnica en pos de permitir una comprobación y verificación técnica basada en la medición de los parámetros de mayor importancia e influencia.

La presente investigación establece también las características técnicas que deberán ser evaluadas en un proceso de homologación técnica de equipos de espectro ensanchado, además se proponen las clases de equipos que deberán conformar un laboratorio con dicho fin y las características de los mismos. Todo esto para finalmente realizar un análisis comparativo entre algunos equipos de fabricantes diferentes que, al cumplir con las características estipuladas están en posibilidad de formar parte del laboratorio de homologación, acompañado todo esto de una propuesta económica de referencia.



Buscamos a través de esta propuesta dar la importancia real que, en el ámbito de las telecomunicaciones, tiene un proceso de homologación realizado técnicamente, además de enunciar una guía para el desarrollo de dicho proceso a través de la determinación de los parámetros de mayor importancia para los equipos de espectro ensanchado a ser evaluados.

Finalmente, basamos la importancia de este proyecto en el hecho de que, un detallado conocimiento de las características de los equipos que están funcionando en nuestro país, facilitará el cumplimiento y mejoramiento de las políticas tanto de control como de regulación de los sistemas de telecomunicaciones basados en las técnicas de espectro ensanchado.

## CAPÍTULO II

### TECNOLOGÍAS DE ESPECTRO ENSANCHADO

#### CONCEPTOS BÁSICOS DE ESPECTRO ENSANCHADO

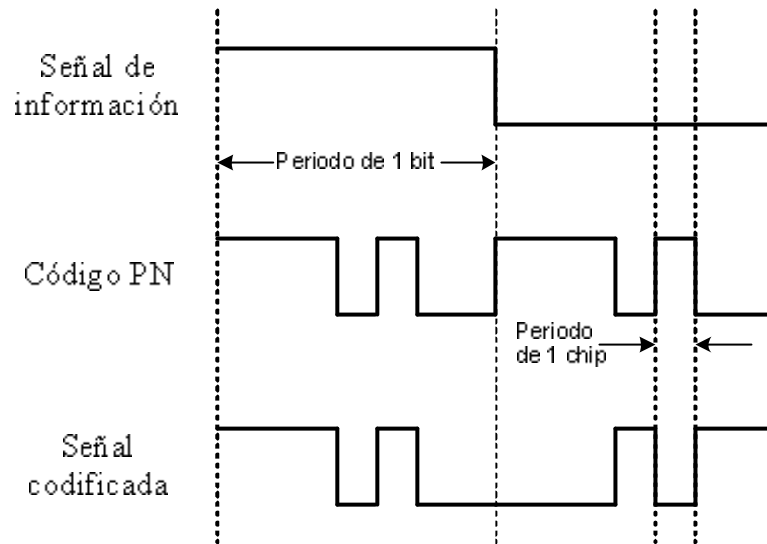
Inicialmente las técnicas de Espectro Ensanchado fueron desarrolladas con el objetivo de implementar sistemas de guía y de comunicaciones militares, para el final de la segunda guerra mundial el ensanchamiento espectral para resistencia de interferencias intencionales era un concepto familiar para la ingeniería de radares, y durante los años subsiguientes, la investigación de espectro ensanchado fue motivada principalmente con la intención de obtener un sistema de comunicaciones resistente a interferencias intencionales. Como resultado de estas investigaciones surgieron una gran variedad de aplicaciones en áreas tales como reducción de la densidad de energía, escalabilidad de alta resolución y acceso múltiple. Esta técnica es conocida como espectro ensanchado por que el ancho de banda empleado para la transmisión es mucho mayor que el mínimo ancho de banda requerido para transmitir la información.

Las técnicas de espectro ensanchado comprenden principalmente dos tipos, mismos estos que están brevemente explicados a continuación.

#### **Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DS-SS)**

Los sistemas de secuencia directa son los más ampliamente conocidos sistemas de espectro ensanchado. Este proceso se desarrolla al multiplicar una portadora de radio frecuencia por un código de pseudo ruido randómico (PN). El pseudo ruido es una señal binaria que es producida a una frecuencia mucho mayor que la de la información a ser transmitida. Dado que el PN tiene una frecuencia mayor, tiene también mayor ancho de banda, esta señal ensancha la información en el plano de la frecuencia.

Los códigos de pseudo ruido tienen propiedades similares a las del ruido dando como resultado valores de correlación cruzada bajos entre códigos además de la dificultad de interferencias intencionales o detección de mensajes. Por otro lado el amplio ancho de banda que los códigos de pseudo ruido brindan, permite que la potencia de la señal caiga por debajo del umbral del ruido sin pérdida de información.



**Figura. II.1.** Codificación de una señal mediante DS-SS

En los sistemas de secuencia directa la longitud de los códigos está determinada por el factor de ensanchamiento. En la **Figura. II.1** se muestra como una señal de información es combinada con el código PN. El ancho de banda de la señal de información es multiplicado por el factor de ensanchamiento, la potencia contenida sin embargo permanece constante, con el resultado de una densidad espectral de potencia menor.

En el receptor, la señal recibida es multiplicada nuevamente por el mismo código PN sincronizado. Esta operación remueve completamente el código de la señal recibida quedando únicamente la señal de información original. Otra consideración importante es que al ser el proceso de ensanchamiento el mismo que el proceso de des-ensanchamiento, una posible señal de interferencia intencional que se encuentre en el canal será ensanchada, reduciendo de esta forma el efecto de dicha interferencia.

### Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia

A diferencia de los sistemas de secuencia directa, los sistemas de salto de frecuencia no ensanchan la señal a lo largo del espectro, en su lugar un amplio ancho de banda del espectro es dividido en muchas frecuencias posibles de transmisión a través de las cuales será transmitida la información.

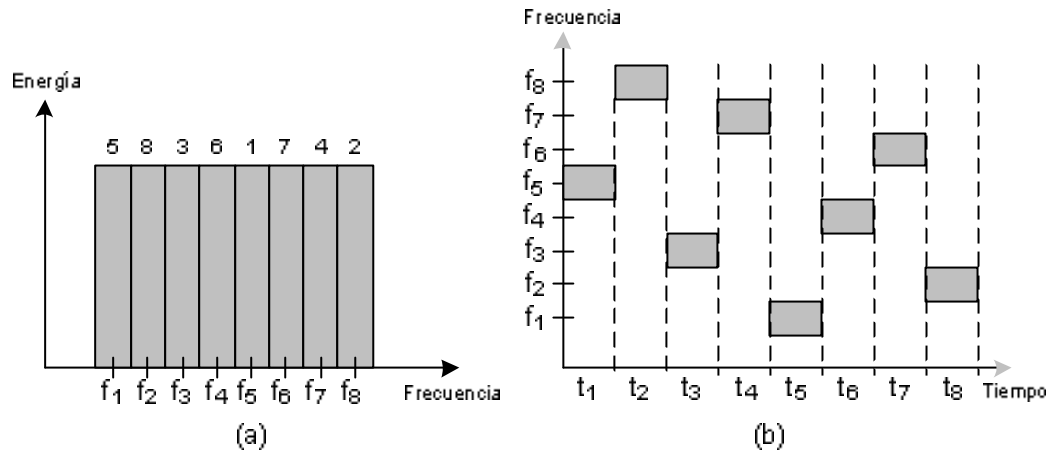


Figura. II.2. Contexto gráfico de FH-SS (a) asignación de canal (b) uso de canal

En los sistemas de salto de frecuencia existe un código que determina en un momento en particular que frecuencia será usada para transmitir, saltando de esta forma de frecuencia en frecuencia. Por esto la única forma de estar en la capacidad de transmitir es tener un código identificador que determine cual será la frecuencia siguiente a la cual se saltará.

La tasa de saltos es muy alta, la señal en cualquier frecuencia por menos de 10 ms, por esto los efectos sobre señales de banda angosta son mínimos, así como debido al gran número de frecuencias usadas el desciframiento de los códigos es prácticamente imposible.

### WIRELESS LAN

En los últimos años las redes inalámbricas (WLAN, Wireless Local Area Network) han ganado muchos adeptos y popularidad en mercados verticales tales como hospitales, fabricas, bodegas, tiendas de autoservicio, tiendas departamentales, pequeños negocios y áreas académicas. Las redes inalámbricas permiten a los usuarios acceder información y recursos en tiempo real sin necesidad de estar físicamente en un sólo lugar. Con las redes

inalámbricas la red por sí misma es móvil y elimina la necesidad de usar cables y establece nuevas aplicaciones añadiendo flexibilidad a la red y lo más importante incrementa la productividad y eficiencia en las actividades diarias de la empresa. Un usuario dentro de una red inalámbrica puede transmitir y recibir voz, datos y video dentro de edificios, entre edificios o campus universitarios e inclusive sobre áreas metropolitanas a velocidades diversas.

Muchos de los fabricantes de computadoras y equipos de comunicaciones como los asistentes digitales personales (PDA), módems, microprocesadores inalámbricos, lectores de punto de venta y otros dispositivos están introduciendo aplicaciones en soporte comunicaciones inalámbricas. Las nuevas posibilidades que ofrecen las redes inalámbricas son permitir una fácil incorporación de nuevos usuarios a la red, ofrecen una alternativa de bajo costo a los sistemas cableados, además de la posibilidad para acceder desde cualquier ubicación dentro de las instalaciones a cualquier aplicación localizada dentro de la red. A continuación se resumen algunas de estas ventajas de las redes inalámbricas, concernientes a productividad, conveniencia y costo, en comparación con las redes alámbricas.

- **Movilidad:** Las redes inalámbricas pueden proveer a los usuarios de una LAN acceso a la información en tiempo real en cualquier lugar dentro de la organización. Esta movilidad incluye oportunidades de productividad y servicio que no es posible con una red alámbrica.
- **Simplicidad y rapidez en la instalación:** La instalación de una red inalámbrica puede ser tan rápida y fácil y además que puede eliminar la posibilidad de tirar cable a través de paredes y techos.
- **Flexibilidad en la instalación:** La tecnología inalámbrica permite a la red ir donde el cableado no puede ir.
- **Costo de propiedad reducido:** Mientras que la inversión inicial requerida para una red inalámbrica puede ser más alta que el costo en *hardware* de una LAN alámbrica, la inversión de toda la instalación y el costo del ciclo de vida puede ser significativamente inferior. Los beneficios y costos a largo plazo son superiores en ambientes dinámicos que requieren acciones y movimientos frecuentes.
- **Escalabilidad:** Los sistemas de redes inalámbricas pueden ser configurados en una variedad de topologías para satisfacer las necesidades de las instalaciones y

aplicaciones específicas. Las configuraciones son muy fáciles de cambiar y además es muy fácil la incorporación de nuevos usuarios a la red.

Otra atracción importante de los productos destinados a trabajar en redes inalámbricas es la interoperabilidad. Esto quiere decir que, gracias al desarrollo de estándares, pueden mezclarse dispositivos inalámbricos de diversos fabricantes haciendo un acceso más directo y transparente con la tecnología.

### Estándares de Redes Inalámbricas

Los estándares son desarrollados por organismos reconocidos internacionalmente, tal es el caso de la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y la ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Una vez desarrollados se convierten en la base de los fabricantes para desarrollar sus productos.

Existen un gran número de estándares que se han publicado por los organismos antes mencionados de los cuales solamente algunos se encuentran siendo usados, y de ellos muy pocos son compatibles entre sí.

Estándar	Velocidad Máxima	Interfase Aérea	Frecuencia	Organización
802.11b	11 Mbps	DSSS	2.4 GHz	IEEE
802.11a	54 Mbps	OFDM	5.0 GHz	IEEE
802.11g	54 Mbps	OFDM/DSSS	2.4 GHz	IEEE
HomeRF2	10 Mbps	FHSS	2.4 GHz	ETSI
HiperLAN2	54 Mbps	OFDM	5.0 GHz	ETSI

Tabla. II.1. Estándares para redes inalámbricas

### WiFi (Wireless Fidelity)

La expresión Wi-Fi *Wireless Fidelity* se utiliza como denominación genérica para los productos que incorporan cualquier variante de la tecnología inalámbrica 802.11, que permite la creación de redes de trabajo sin cables o redes inalámbricas.

En un principio, la expresión Wi-Fi era utilizada únicamente para los aparatos con tecnología 802.11b, el estándar dominante en el desarrollo de las redes inalámbricas, de aceptación prácticamente universal. Con el fin de evitar confusiones en la compatibilidad de los aparatos y la interoperabilidad de las redes, el término Wi-Fi se extendió a todos los aparatos provistos con tecnología 802.11 de entre los cuales los más conocidos son:

- **802.11b:** Hoy en día este es el estándar más común dentro de los estándares WiFi y ha encontrado un amplio rango de aplicaciones con una gran gama de equipos disponibles en el mercado. Operando en la banda de frecuencias de 2.4 GHz, a este estándar le corresponde una máxima tasa de transmisión de 11 Mbps. Este estándar es también compatible con el nuevo 802.11g. Debido a que se encuentra compartiendo la banda de frecuencias con Bluetooth y teléfonos inalámbricos se han reportado interferencias ocasionales.
  
- **802.11a:** Este estándar ofrece una transmisión de mayor potencia a tasas mayores a 54 Mbps, lo cual es excepcionalmente rápido y permite además que el mayor ancho de banda pueda ser compartido por más gente mientras se mantiene una conexión rápida. La capacidad de transmisión correspondiente a 802.11a puede ser afectada algunas veces al no tener disponible una línea de vista libre de obstáculos entre el punto de acceso y el computador. Además debido a que 802.11a utiliza una banda de frecuencias diferente, 5 GHz, los equipos 802.11a no son compatibles con los equipos 802.11b o con los equipos 802.11g.
  
- **802.11g:** Este estándar tiene la misma tasa de transmisión que 802.11a, 54 Mbps, pero con una menor cantidad de reportes de problemas de línea de vista. Otra característica importante de 802.11g es que opera en la misma banda de frecuencias que 802.11b, 2.4 GHz, lo cual significa que los equipos 802.11g son compatibles con los equipos fabricados bajo dicho estándar, claro, manteniendo su menor tasa de transmisión (11 Mbps).

<b>Estándar</b>	<b>802.11b</b>	<b>802.11a</b>	<b>802.11g</b>
<b>Aprobado IEEE</b>	Julio 1999	Julio 1999	Junio del 2003
<b>Popularidad</b>	Adoptado masivamente	Nueva tecnología, crecimiento bajo	Nueva tecnología, crecimiento rápido
<b>Velocidad</b>	Hasta 11 Mbps	Hasta 54 Mbps	
<b>Coste</b>	Barato	Relativamente caro	Relativamente barato
<b>Frecuencia</b>	2.4 - 2.497 Ghz	5.15 - 5.35 Ghz 5.425 - 5.675 Ghz 5.725 - 5.875 Ghz	2.4 - 2.497 Ghz
<b>Cobertura</b>	300/400m buena conectividad con determinados obstáculos	150 m, mala conectividad con obstáculos	300/400m buena conectividad con determinados obstáculos
<b>Compatibilidad</b>	Compatible con 802.11g, no lo es con 802.11a	Incompatible con 802.11b y con 802.11g	Compatible con 802.11b, no lo es con 802.11a
<b>Modos de datos</b>	1, 2, 5.5, 11 Mbps	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	1, 2, 5.5, 11 Mbps 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
<b>Modulación</b>	CCK	OFDM	OFDM y CCK

**Tabla. II.2. Principales características de los estándares 802.11a, 802.11b y 802.11g**

Existen además un conjunto de estándares pertenecientes a la familia de 802.11 que están destinados a implementar y mejorar ciertas características de las redes inalámbricas diseñadas bajo las especificaciones de los estándares que se reseñan en la **Tabla. II.2.** Estos estándares son:

- **802.11c:** Estándar que define las características que necesitan los puntos de acceso para actuar como puentes. Ya está aprobado y se implementa en algunos productos.
- **802.11d:** Estándar de redes de comunicaciones que se aplica en países en los cuales alguno de los otros estándares 802.11 no puede ser aplicado por



cuestiones regulatorias. Este estándar es muy similar al 802.11b, siendo su principal diferencia que el 802.11d brinda la posibilidad de modificar las configuraciones correspondientes a la capa de acceso al medio (MAC) a fin de cumplir con las características requeridas en la ley del país en el cual el equipo será usado.

- **802.11h:** Este estándar fue desarrollado con el fin de resolver problemas de interferencias introducidos por el uso del estándar 802.11a en ciertos sistemas, particularmente sistemas de radares militares y algunos aparatos médicos.
- **802.11i:** Este estándar fue desarrollado para mejorar las características de seguridad que ofrecen las redes inalámbricas, todo esto mediante el uso de un nuevo protocolo de encriptación.
- **802.11j:** Este estándar incorpora algunas extensiones para el estándar 802.11a con el fin de cumplir con la regulación del mercado japonés.
- **802.11k:** Presenta la forma en que una red inalámbrica debe desarrollar la selección de canal, roaming y el control de la potencia transmitida con el fin de optimizar el desempeño de la red.
- **802.11m:** Este estándar tiene como objetivo el mantenimiento, corrección, adiciones, aclaraciones e interpretaciones correspondientes a la familia de estándares 802.11.

Este conjunto de estándares facilita una coexistencia de elementos de diferentes fabricantes, además de permitir un mejoramiento de las prestaciones de redes inalámbricas diseñadas bajo los estándares previos.

## BLUETOOTH

Bluetooth es la norma que define un estándar global de comunicación inalámbrica, que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia. Bluetooth fue desarrollado para la industria de la Informática y Telecomunicaciones que describe como se pueden interconectar dispositivos como teléfonos celulares, Asistentes Personales Digitales, ordenadores y muchos otros dispositivos ya sea en el hogar, en la oficina, en el automóvil, etc, utilizando una conexión inalámbrica de corto alcance, que no necesita de visión directa entre los dispositivos que se conectan.

Frente a otras tecnologías en uso, como es la de infrarrojos promovida por la IrDA (Infrared Data Association) o DECT, Bluetooth cuenta con el apoyo de la industria de Informática y de Telecomunicaciones, lo que en cierta medida garantiza su éxito. Aunque hay un alto número de fabricantes que incorporan el interface IrDA en sus teléfonos, incluidos Ericsson, Motorola y Nokia, su uso resulta frustrante para muchos usuarios que tratan sin éxito descargar información desde sus PC o PDAs hasta sus teléfonos móviles, o viceversa.

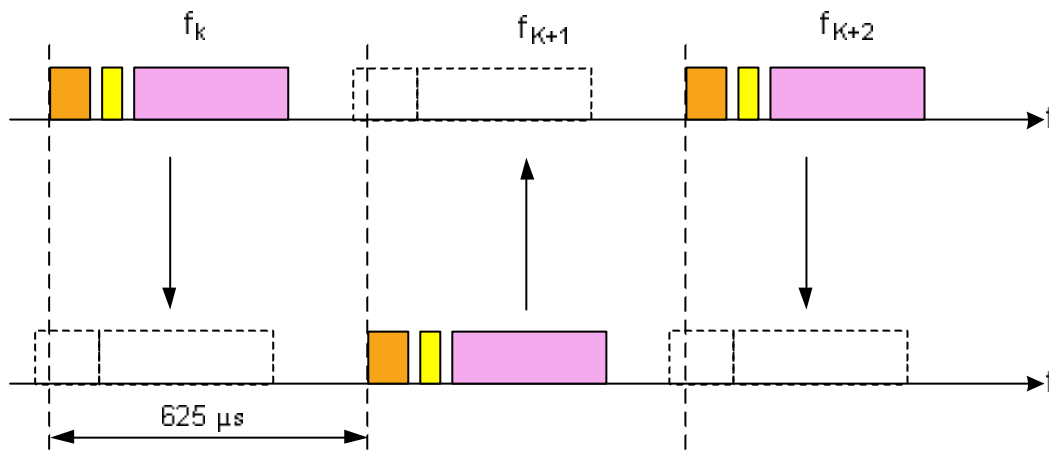
Los dispositivos que incorporan Bluetooth se reconocen y se hablan de la misma forma que lo hace un ordenador con su impresora; el canal permanece abierto y no requiere la intervención directa y constante del usuario cada vez que se quiere enviar algo.

Esta tecnología debe su nombre a que en el siglo X el rey Harald II de Dinamarca, apodado "diente azul" (Bluetooth) a causa de una enfermedad que le daba esta coloración a su dentadura, reunificó bajo su reinado numerosos pequeños reinos que existían en Dinamarca y Noruega y que funcionaban con reglas distintas, lo mismo que hace la tecnología Bluetooth, promovida por Ericsson (Suecia) y Nokia (Finlandia), dos países escandinavos.

### **Lineamientos y Fundamentos de Bluetooth**

**Salto de frecuencia.** Debido a que la banda ISM está abierta a cualquiera, el sistema de radio Bluetooth deberá estar preparado para evitar las múltiples interferencias que se pudieran producir. Éstas pueden ser evitadas utilizando un sistema que busque una parte no utilizada del espectro o un sistema de salto de frecuencia. En los sistemas de radio Bluetooth se utiliza FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum, se utiliza el método de salto de frecuencia debido a que ésta tecnología puede ser integrada en equipos de baja potencia y bajo costo. Éste sistema divide la banda de frecuencia en varios canales de salto, donde, los transceptores, durante la conexión van cambiando de uno a otro canal de salto de manera pseudo-aleatoria. Con esto se consigue que el ancho de banda instantáneo sea muy pequeño y también una propagación efectiva sobre el total de ancho de banda. En conclusión, con el sistema FH (Salto de frecuencia), se pueden conseguir transceptores de banda estrecha con una gran inmunidad a las interferencias. Utiliza una modulación GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying).

**Definición de canal.** Bluetooth utiliza un sistema FH/TDD (salto de frecuencia/división de tiempo duplex), en el que el canal queda dividido en intervalos de  $625 \mu\text{s}$ , llamados slots, donde cada salto de frecuencia es ocupado por un slot. Esto da lugar a una frecuencia de salto de 1600 veces por segundo, en la que un paquete de datos ocupa un slot para la emisión y otro para la recepción y que pueden ser usados alternativamente, dando lugar a un esquema de tipo TDD.



**Figura. II.3. Definición de canal el Bluetooth**

Dos o más unidades Bluetooth pueden compartir el mismo canal dentro de una piconet, donde una unidad actúa como maestra, controlando el tráfico de datos en la piconet que se genera entre las demás unidades, donde estas actúan como esclavas, enviando y recibiendo señales hacia el maestro. El salto de frecuencia del canal está determinado por la secuencia de la señal, es decir, el orden en que llegan los saltos y por la fase de ésta secuencia. En Bluetooth, la secuencia queda fijada por la identidad de la unidad maestra de la piconet, un código único para cada equipo, y por su frecuencia de reloj. Por lo que, para que una unidad esclava pueda sincronizarse con una unidad maestra, ésta primera debe añadir un ajuste a su propio reloj nativo y así poder compartir la misma portadora de salto.

**Funcionamiento del Estándar.** A diferencia de otros estándares inalámbricos, la especificación Bluetooth incluye dos capas, la capa de enlace y la de aplicación para los desarrolladores de productos que soportan datos, voz, y aplicaciones de contenido centralizado.

Cada dispositivo Bluetooth está equipado con un microchip que transmite y recibe en la frecuencia de 2.45 GHz (2,402 hasta 2,480 en saltos de 1 MHz) que esta disponible en todo el mundo, con algunas variaciones de ancho de banda en diferentes países, como pasa en España, Francia y Japón, y que no necesita licencia. Además de los canales de datos, están disponibles tres canales de voz a 64 kbit/s. Cada dispositivo tiene una dirección única de 48 bits, basada en el estándar IEEE 802.11 para LAN inalámbricas, que le permite formar, temporalmente, parte de una piconet. Las conexiones son uno a uno con un rango máximo de 10 metros, aunque utilizando amplificadores se puede llegar hasta los 100 metros, aunque se introduce alguna distorsión.

Los datos se pueden intercambiar a velocidades de hasta 1 Mbit/s. Un esquema de saltos de frecuencia aleatorios permite a los dispositivos comunicarse inclusive en áreas donde existe una gran interferencia electromagnética; además de que se provee de mecanismos de encriptación (con longitud de la clave de hasta 64 bits) y autenticación, para controlar la conexión y evitar que cualquier dispositivo, no autorizado, pueda acceder a los datos o modificarlos. El manejo de la clave se hace a nivel de la capa de aplicación.

Bluetooth se ha diseñado para operar en un ambiente multiusuario. Los dispositivos pueden habilitarse para comunicarse entre sí e intercambiar datos de una forma transparente al usuario. Hasta ocho usuarios o dispositivos pueden formar una piconet y hasta diez piconets pueden coexistir en la misma área de cobertura. Dado que cada enlace es codificado y protegido contra interferencia y pérdida de enlace, Bluetooth puede considerarse como una red inalámbrica de corto alcance muy segura.

En cuanto a interferencias con otros dispositivos, hay que tener cuidado con los que operan en la misma banda. Por ejemplo, lo mismo que está prohibido el uso de teléfonos móviles en los aviones, se puede prohibir el uso de cualquier otro dispositivo que incorpore un chip Bluetooth, ya que podría interferir con los elementos de navegación, pero esto es más complicado puesto que ha sido diseñado para mantener una comunicación continua, incluso en movimiento, y dentro de maletines, no percibiéndose el usuario (por descuido) ni la tripulación de la nave, de que se está utilizando.

<b>Especificación</b>	<b>Descripción</b>
Banda de Frecuencia	2.4 GHz (Banda ISM)
Potencia del transmisor	1 mW para un alcance de 10 m, 100 mW para un alcance de hasta 100 m
Tecnología	Espectro Expandido con Saltos en Frecuencia (FHSS)
Canales máximos de voz	3 por piconet
Canales máximos de datos	7 por piconet
Velocidad de datos	hasta 721 kbit/s por piconet
Rango esperado del sistema	10 metros (40 pies)
Número de dispositivos	8 por piconet y hasta 10 piconets
Alimentación	2,7 voltios
Consumo de potencia	desde 30 uA a 30 mA transmitiendo
Tamaño del Módulo	0.5 pulgadas cuadradas (9x9 mm)
Interferencia	Interferencia mínima al emplear saltos rápidos en frecuencia 1600 veces por segundo

**Tabla. II.3. Características técnicas de Bluetooth**

El protocolo banda base que utiliza Bluetooth combina las técnicas de conmutación de circuitos y de paquetes y para asegurar que los paquetes lleguen en orden. La velocidad para un canal asimétrico de datos puede llegar a 721 kbit/s en un sentido y 57,6 kbit/s en el otro, o 432,6 kbit/s en ambos sentidos si el enlace es simétrico.

Un aspecto muy importante, dado lo reducido chip, ya que va a ir incorporado en dispositivos portátiles y alimentado con baterías, es que tenga un consumo de potencia muy reducido, hasta un 97% menos que un teléfono móvil). Si los dispositivos Bluetooth no intercambian datos, entonces establecen el modo de espera para ahorrar energía, quedando a la escucha de mensajes.

## WIMAX

WiMax<sup>1</sup> es un estándar que define una red metropolitana de banda ancha inalámbrica (WMAN), una especie de gigantesco “Hot Spot” que permite la conexión sin línea vista, presentándose así como una alternativa de conexión fija al cable y al ADSL para los usuarios residenciales, como una posible red de transporte para los “Hot Spot” Wi-Fi y una solución para implementar plataformas empresariales de banda ancha. La tecnología WiMax, que integrará dos estándares del mercado: IEEE 802.16a y el europeo ETSI HyperMan, promete satisfacer la creciente demanda de banda ancha e integrar servicios de datos, tanto comerciales como residenciales, asegurando calidad de servicio.

Pero esta nueva tecnología no es solo un avance en cuanto calidad de conexión en el mundo inalámbrico, sino que también se espera que pueda proveer de banda ancha a cualquier lugar sin posibilidad de acceso por cables. Gracias a una capacidad de cobertura de aproximadamente 50 Km y con un costo relativamente bajo, podría ser especialmente útil para empresas como las salmoneras que deben funcionar en lugares alejados, explica el ejecutivo.

<b>Parámetros</b>	<b>802.16a (WiMAX)</b>	<b>802.11 (WLAN)</b>	<b>802.15 (Bluetooth)</b>
Banda de Frecuencia	2 – 11 GHz	2.4 GHz	Varias
Alcance	50 km	100 m	10 m
Tasa de transmisión	70 Mbps	11 – 55 Mbps	20 kbps – 55Mbps
Número de usuarios	Miles	Docenas	Docenas

**Tabla. II.4 Cuadro Comparativo entre WiMAX, WLAN y Bluetooth**

Este sistema funciona de manera similar a las actuales redes inalámbricas de tecnología Wi-Fi, en donde una estación base con una antena controla el acceso inalámbrico de los equipos a la red. De esa manera, en el caso de Wi-Fi, los empleados de una compañía puede utilizar desde su portátil o computador de mano todos los recursos de la red, sin

---

<sup>1</sup> Worldwide Interoperability for Microwave Access

necesidad de una conexión por medio de un cable: navegar por Internet, leer el correo interno, usar la intranet, imprimir documentos, acceder a las bases de datos, etc.

Finalmente en pos de la eliminación de los cables se han establecido diversos frentes, en primera instancia se encuentran las redes de área personal (PAN), que habilitan la comunicación entre dispositivos personales como el computador, la impresora, un video proyector, el celular, el computador de mano, etc. La tecnología usada es Bluetooth, que ofrece una velocidad de menos de 1 Mbps y un alcance de 9 metros.

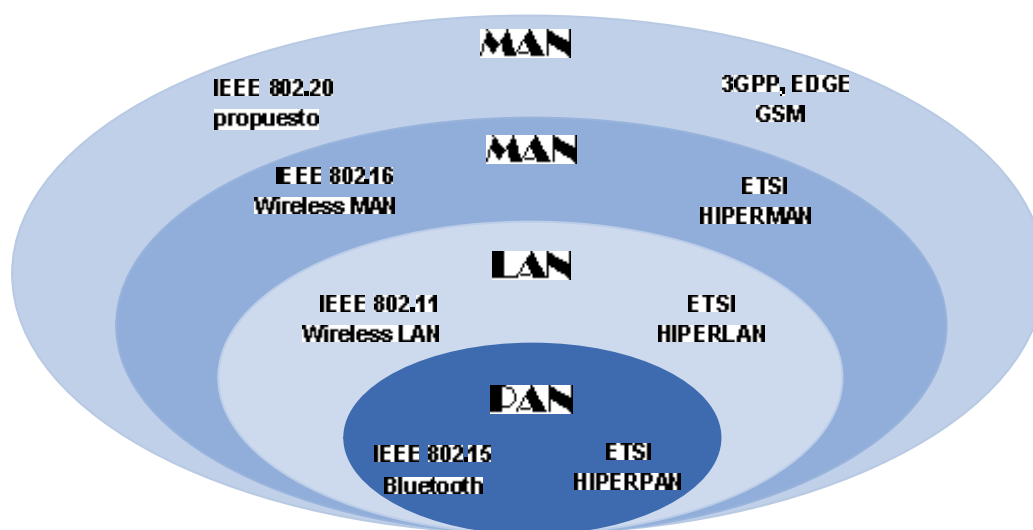


Figura. II.4 Estándares Inalámbricos Globales

Otra tecnología es Wi-Fi, cuya versión más reciente es 802.11g. Esta transmite datos a máximo 54 Mbps y con un alcance de aproximadamente 100 metros. Se encuentra en pleno crecimiento en empresas y hogares. Permite que los empleados puedan tener acceso a los recursos de la red corporativa (Internet, correo, bases de datos, etc.) desde sus portátiles o computadores de mano sin necesidad de cables. También se usa en lugares públicos y hogares.

Finalmente está WiMax, que transmite a una velocidad máxima de 75 Mbps por segundo, en un área de hasta 50 kilómetros. Eso permitirá ofrecer servicio de Internet a alta

velocidad en toda una ciudad, de manera inalámbrica posibilitando la competencia con los servicios basados en cables, como los de ADSL.

### ESPECTRO ENSANCHADO COMO ACCESO MÚLTIPLE

El Acceso Múltiple por Espectro Ensanchado (SSMA) utiliza señales que tienen un ancho de banda de transmisión, mismo que es mayor que el mínimo ancho de banda requerido. Una secuencia de pseudos ruido (PN) convierte una señal de banda angosta en una señal de banda ancha similar al ruido antes de la transmisión. SSMA no es un sistema eficiente en ancho de banda cuando se trata de atender a un solo usuario, sin embargo, en el momento en que muchos usuarios están en la capacidad de compartir el mismo ancho de banda de espectro ensanchado sin interferir con los demás usuarios, los sistemas de espectro ensanchado se convierten en eficientes en ancho de banda. Otra de las ventajas de este tipo de acceso múltiple es la habilidad de proveer privacidad entre usuarios con diferentes señales de ensanchamiento, un usuario no autorizado, es decir un usuario que no tiene acceso a una señal de ensanchamiento, no puede monitorear fácilmente las comunicaciones de los usuarios autorizados.

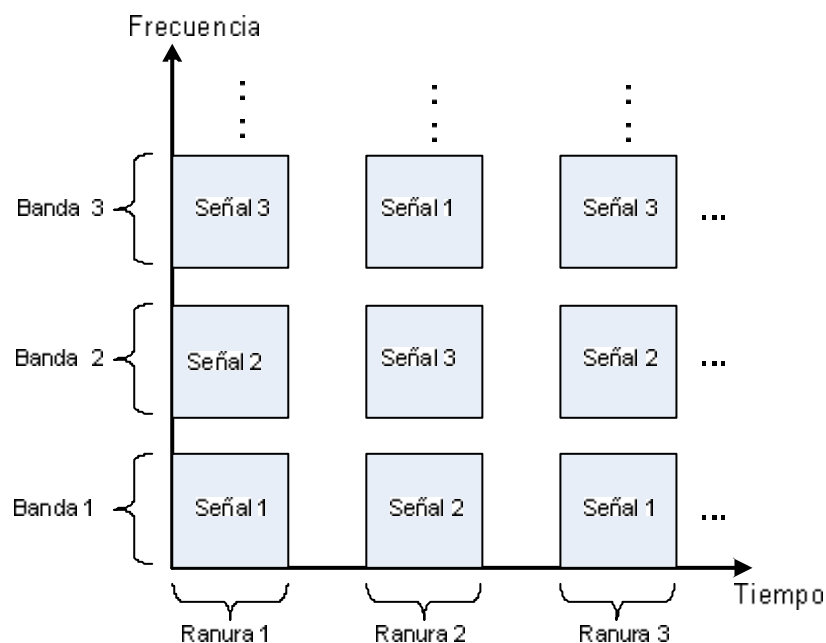


Figura. II.5. Multiplexación por división de Código



Una aplicación de las técnicas de espectro ensanchado como acceso múltiple se muestra en la **Figura. II.5**, el plano muestra una partición por medio del uso de una combinación de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) y de acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA), conocida como acceso múltiple por división de código (CDMA).

### **CDMA por Salto de Frecuencia (FH/CDMA)**

Se puede visualizar FH/CDMA como una asignación de corto plazo de una banda de frecuencias a varias señales. En cada ranura sucesiva de tiempo, cuya duración es usualmente corta, las asignaciones de la banda de frecuencias son reordenadas. En la **Figura. II.5** durante la ranura de tiempo 1 la señal 1 ocupa la banda 1, la señal 2 ocupa la banda 2 y la señal 3 ocupa la banda 3. En la ranura de tiempo 2 la señal 1 salta a la banda 3, la señal 2 salta a la banda 1 y la señal 3 salta a la banda 2 y así sucesivamente. Cada usuario utiliza su propio código de pseudo ruido (PN), mismo que es ortogonal, o prácticamente ortogonal, con respecto a los códigos del resto de usuarios, siendo estos códigos los que determinan la asignación de las bandas por salto de frecuencias. Se puede decir también que la **Figura. II.5** es una visión simplificada de la forma en que el espectro es compartido en un sistema FH/CDMA donde la simetría implica que cada señal esta sincronizada con cada una de las otras señales. Este no es el caso, de hecho es uno de los atractivos de CDMA en comparación con TDMA ya que no es necesaria una sincronización entre un grupo de usuarios sino únicamente entre el transmisor y el receptor que se encuentran dentro del grupo.

### **CDMA por Secuencia Directa (DS/CDMA)**

La técnica de acceso múltiple por espectro ensanchado permite que múltiples señales ocupen el mismo ancho de banda de radio frecuencia para ser transmitidas de forma simultánea y sin interferencia. En el esquema de DS/CDMA, cada uno de los  $N$  grupos de usuarios reciben un código propio,  $g(t)$ , donde  $i = 1, 2, 3, \dots, N$ . Los códigos de usuario son aproximadamente ortogonales, de esta forma la correlación cruzada de dos códigos diferentes es aproximadamente cero. La principal ventaja de un sistema CDMA es que todos los participantes pueden compartir el recurso completo del espectro de forma asincrónica, esto quiere decir que los tiempos de transmisión de símbolo de cada usuario no están en la obligación de coincidir con los de los demás usuarios.

En un diagrama de bloques típico para un sistema DS/CDMA el primer bloque ilustrado sería la modulación de datos de una portadora. Luego, la información modulada es multiplicada por una señal de ensanchamiento  $g_1(t)$  perteneciente al grupo de usuarios 1, la señal resultante es transmitida a través del canal. Simultáneamente los usuarios del resto de grupos multiplican sus señales por sus respectivos códigos. Frecuentemente, cada palabra de código es mantenida en secreto, y su uso es restringido a la comunidad de usuarios autorizados. La señal presente en el receptor es la combinación lineal de las señales emitidas por cada uno de los usuarios.

Como se mencionó antes, la multiplicación de la señal 1 por el código de usuario 1 produce una señal cuyo espectro es la convolución de sus respectivos espectros, así si se asume que la señal 1  $S_1(t)$  es de banda angosta comparada con la señal de ensanchamiento, el producto tendrá aproximadamente el ancho de banda de la señal de ensanchamiento.

Para el caso en el que un receptor está configurado para recibir mensajes provenientes de un usuario del grupo 1 y asumiendo también que el código  $g_1(t)$  generado en el receptor está perfectamente sincronizado con la señal recibida desde el usuario del grupo 1. En el primer paso el receptor multiplica la señal recibida por  $g_1(t)$ . Si la señal  $g_1(t)$  es escogida ortogonal con respecto de códigos, la señal deseada puede ser extraída perfectamente en ausencia de ruido mientras que las señales no deseadas serán prácticamente eliminadas, todo esto debido a las propiedades de ortogonalidad. En la práctica los códigos no son perfectamente ortogonales por lo que la correlación cruzada entre los códigos de usuario introduce una degradación de desempeño con lo cual también se limita el número máximo de usuarios simultáneos.

Considerando el receptor DS/CDMA desde un punto de vista del dominio de la frecuencia tenemos que la señal recibida por el mismo, **Figura. II.6**, esta conformada por la señal deseada, además de un conjunto de señales que no son de interés, cada señal con su propia palabra de código y su propia tasa de transmisión ( $R_{ch}$ ), teniendo cada señal la misma densidad espectral de potencia. El ruido térmico recibido se muestra como una línea a lo largo de la banda.

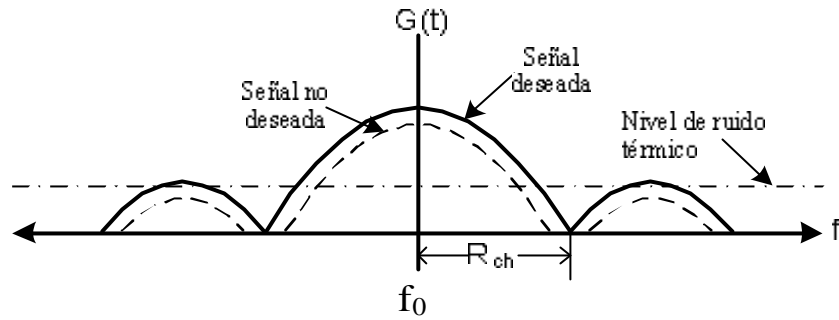


Figura. II.6. Señal a la entrada de un receptor DS/CDMA

Ahora la **Figura. II.7** a continuación ilustra la forma en se vería el espectro después del proceso de des-ensanchamiento, la señal deseada ocupa el ancho de banda correspondiente a la información centrada en una frecuencia intermedia (IF), luego a esta información se le aplicará un proceso convencional de demodulación. Las señales no deseadas permanecen esparcidas y únicamente la porción de estas señales que termina dentro del ancho de banda de la información será la que cause interferencia con la señal deseada.

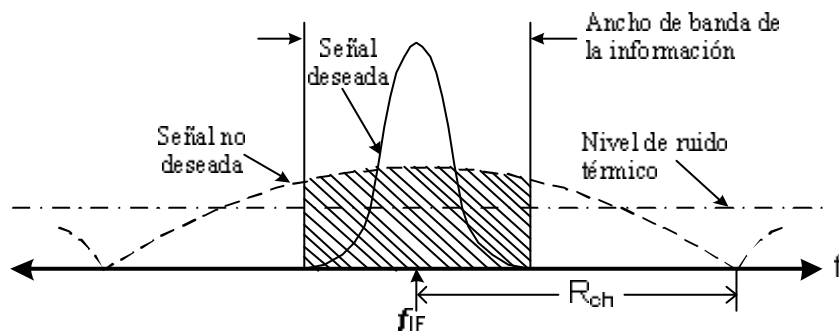


Figura. II.7. Señal recibida después de la correlación

### Estándares Celulares CDMA

**IS-95.** El Estándar Provisional 95 (IS-95), cuya marca comercial es cdmaOne, es un sistema digital celular basado en CDMA este estándar fue desarrollado con el fin de incrementar la capacidad y fue concebido por la Asociación Industrial de Telecomunicaciones (TIA). Los sistemas IS-95 fueron diseñados para ser compatibles con las bandas de frecuencias destinadas para los sistemas análogos celulares existentes (AMPS), generando de esta forma la facilidad de que tanto radio bases como terminales

móviles puedan ser producidos para un funcionamiento dual, siendo de esta forma más económicos.

IS-95 permite usar el mismo canal de radio tanto a cada usuario dentro de una celda como a usuarios de celdas adyacentes, todo esto es posible a través de la utilización de sistemas CDMA de espectro ensanchado por secuencia directa. CDMA elimina completamente la necesidad de planeamiento de frecuencias dentro de un mercado. Para facilitar una transición sutil de AMPS a CDMA, cada canal IS-95 ocupa 1.25 MHz del espectro en cada uno de los enlaces de una dirección, o en su defecto 10% del espectro celular asignado para un proveedor celular. En la práctica, las portadoras de AMPS deben tener una banda de protección de 270 KHz a cada lado de la porción de espectro destinada a IS-95.

A diferencia de otros estándares celulares, la tasa de datos de usuario cambia en tiempo real, dependiendo de la actividad de voz y los requerimientos de la red. Además, IS-95 utiliza técnicas diferentes de modulación y de ensanchamiento para los enlaces directo e inverso. En el canal directo, la radio base transmite simultáneamente la información de usuario para todos los terminales dentro de la celda utilizando diferentes secuencias de ensanchamiento para cada terminal. Un código piloto es también transmitido simultáneamente y con un nivel de potencia mayor, permitiendo a los terminales utilizar una detección de portadora coherente mientras se estiman las condiciones del canal. En el canal inverso, todos los terminales responden de forma asíncrona y tienen, idealmente, un nivel constante de potencia para las señales debido al control de potencia aplicado por la radio base.

La ganancia en capacidad provista por la tecnología cdmaOne resulta en redes rentables para los operadores de red inalámbrica. Los sistemas cdmaOne requieren un número pequeño de sitios para cubrir un área en particular, mientras dan servicio a un gran número de usuarios. Además, la baja potencia de transmisión requerida por los teléfonos CDMA se traduce en una mayor vida de la batería para los suscriptores y en más minutos de uso para los operadores.

<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>
Ancho de Banda del Canal	1,25 MHz
Banda de Enlace Directo	869 – 894 MHz
Banda de Enlace Inverso	824 – 849 MHz
Separación entre canal directo e inverso	45 MHz
Tasa de transmisión máxima	9.6 kbps
Tasa de chip	1.2288 Mchip/s
Factor de ensanchamiento	128

**Tabla. II.5. Características técnicas de IS-95**

La tecnología cdmaOne mejora la calidad del servicio por medio del uso de trasposos de una célula a otra (handoffs) suaves, lo cual reduce considerablemente el número de llamadas caídas y asegura una transición suave entre llamadas. En un handoff suave se hace una conexión a la nueva célula mientras se mantiene la conexión con la célula original. Esta transición entre células es indetectable para el suscriptor.

La tecnología cdmaOne también toma ventaja del desvanecimiento multi-trayectoria para mejorar las comunicaciones y la calidad de voz. Utilizando un receptor rastrillo y otras técnicas de procesamiento de señales mejoradas, cada estación móvil selecciona las tres señales multi-trayectoria más fuertes y coherentemente las combina para producir una mejor señal.

**CDMA 2000.** CDMA2000 es una tecnología de Tercera Generación basada en IS-95, que a diferencia de otros estándares de 3G, constituye una evolución de un estándar inalámbrico existente. CDMA2000 provee servicios de tercera generación como está definido por la ITU (International Telecommunications Union) en la IMT-2000, todo esto con el mejor desempeño, gran rentabilidad y más contenido. La meta es acceder a cualquier servicio, en cualquier lugar, a cualquier hora desde un terminal.

CDMA2000 está diseñado para disminuir los riesgos, proteger la inversión y proporcionar desempeño significativo a los operadores conforme sus redes evolucionan para ofrecer servicios 3G. Las redes CDMA2000 son compatibles con las redes cdmaOne, lo cual protege las inversiones de los operadores cdmaOne y provee una migración simple y económica a la siguiente generación, además, las redes CDMA2000 ofrecen mejoras en la calidad de voz y soporte para servicios de datos multimedia

CDMA2000 o CDMA2000 1X puede duplicar la capacidad de voz de las redes cdmaOne y suministra velocidades de transmisión de datos por paquetes de 153 kbps (versión 0) y de 307 kbps (versión 1) en contextos móviles. No obstante ello, CDMA2000 continúa evolucionando para seguir satisfaciendo las futuras demandas del mercado inalámbrico. CDMA2000 1xEV-DO y CDMA2000 1xEV-DV proporcionan canales optimizados para transmisión de datos, ofreciendo de este modo velocidades sensiblemente superiores a los 2 Mbps.

El estándar IS-2000 (CDMA2000 1X) se refiere a la implementación de CDMA2000 dentro del espectro existente para las portadoras de 1.25MHz de cdmaOne. El termino técnico se deriva de  $N = 1$  (es decir, el uso de la misma portadora de 1.25MHz de cdmaOne) y el 1x significa una vez 1.25MHz.

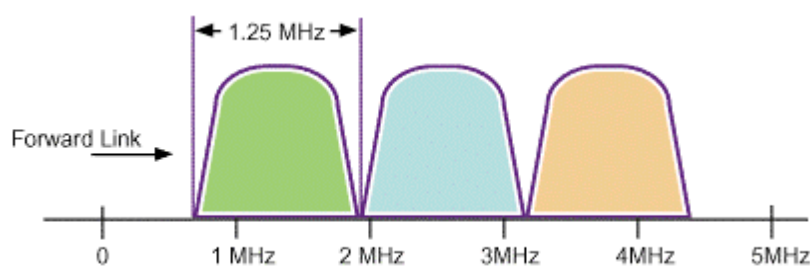


Figura. II.8. Asignación de canales en IS -95 e IS -2000

CDMA2000 está diseñado para operar en todas las bandas de espectro atribuidas para los servicios de telecomunicaciones inalámbricos, incluyendo las bandas analógicas, celulares, de PCS y las de IMT-2000, más aún, CDMA2000 posibilita la prestación de

servicios 3G haciendo uso de una cantidad muy pequeña de espectro (1.25 MHz por portadora), protegiendo de esta forma este recurso precioso para los operadores. Entre las bandas bajo las cuales CDMA200 trabaja están:

- 450 MHz
- 1700 MHz
- 700 MHz
- 1800 MHz
- 800 MHz
- 1900 MHz
- 900 MHz
- 2100 MHz

**CDMA2000 1xEV.** La evolución de CDMA2000 más allá de 1X es ahora llamada CDMA2000 1xEV, esta evolución ha sido dividida en dos pasos para, mediante un desarrollo secuencial, llegar a brindar los servicios de tercera generación. Estos pasos son los siguientes:

- CDMA2000 1xEV-DO que significa 1X Evolution Data Only y es capaz de brindar servicios multimedia de datos tales como transferencia de archivos MP3 y video conferencias con velocidades pico de 2.4 Mbps por suscriptor en un ambiente móvil.

CDMA2000 1xEV-DV que significa 1X Evolution Data and Voice y brinda servicios multimedia de datos y voz de forma simultánea con velocidades pico de 3.09 Mbps por suscriptor.

## CAPÍTULO III

### SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN

#### BASE JURÍDICA

El Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada establece en su artículo 146 que *“Los equipos terminales de telecomunicaciones usados dentro del país, deberán estar homologados y normalizados, para promover el desarrollo armónico de los servicios de telecomunicaciones”*. Artículo este que señala claramente la obligatoriedad de desarrollar un proceso de homologación para los equipos terminales de telecomunicaciones.

Por otro lado en la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada artículo quinto se define que *“El Estado formulará, dictará y promulgará reglamentos de normalización de uso de frecuencias, explotación de servicios, industrialización de equipos y comercialización de servicios, en el área de telecomunicaciones, así como normas de homologación de equipos terminales y otros equipos que se considere conveniente acordes con los avances tecnológicos, que aseguren la interconexión entre las redes y el desarrollo armónico de los servicios de telecomunicaciones”*. Con esto se establece la responsabilidad del estado de determinar las reglas bajo las cuales se enmarcará el proceso de homologación.

Basado en las leyes y artículos antes mencionados el Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL, en calidad de ente regulador y controlador de las telecomunicaciones, ha desarrollado un conjunto de reglamentos y normas para la implementación de procesos de homologación de los diferentes equipos de telecomunicaciones que lo requirieran.



La resolución 418-26-CONATEL-98 corresponde al Reglamento para Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones, con el cual se busca asegurar el adecuado funcionamiento de los equipos terminales, previniendo de esta forma daños a las redes a las cuales estos van a conectarse, interferencias a otros servicios de telecomunicaciones y garantizando además seguridad al usuario. Todo esto dentro de un marco de especificaciones técnicas aprobadas, para lo cual se verificará que los equipos terminales cumplan con los parámetros establecidos en los diferentes reglamentos, normas y contratos de autorización.

Dentro del Reglamento para Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones se encuentran las características de los procesos de homologación, se determinan los diferentes tipos de equipos sujetos a dichos procesos, se establecen como documentos habilitantes para el funcionamiento de equipos terminales de telecomunicaciones dentro del país, tanto al **Certificado de Homologación** como a las **Etiquetas de Homologación**, definiendo también los requisitos para su obtención, las privativas de los mismos, sus costos y las razones para su cancelación. Además en este reglamento se estipulan las exigencias para la elaboración de normas técnicas a las cuales deben someterse los equipos terminales, se prescriben también las responsabilidades de todos los sectores e instituciones interesados en este reglamento y finalmente, se establecen las infracciones y sus respectivas sanciones.

Una vez establecidos los parámetros bajo los cuales debían desarrollarse los procesos de homologación, el CONATEL en su resolución 538-20-CONATEL-2000 presentó una Norma para la Implantación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado, en la cual además de definir dichos sistemas de telecomunicaciones, se estableció a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones SENATEL como responsable y se determinaron las características bajo las cuales debía desarrollarse la homologación de los equipos destinados a trabajar en estos sistemas.

Una vez conferida la autoridad sobre el proceso de homologación de equipos terminales de espectro ensanchado a la SENATEL, esta desarrolló una resolución interna con el fin de determinar la forma en que se efectuará este proceso dentro de dicha Secretaría y las direcciones responsables del mismo, encargando la parte técnica del proceso a la Dirección

General de Servicios al Público, hoy en día Dirección General de Gestión de los Servicios de Telecomunicaciones.

## **PROCESO DE HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS TERMINALES DE ESPECTRO ENSANCHADO**

El proceso de homologación que se realiza por parte de la SENATEL, ha sido estructurado de tal forma que se realiza en dos pasos. Primeramente es necesario se tramite el **Certificado de Homologación**<sup>2</sup>, una vez obtenido dicho documento se procede a la realización del trámite para la obtención de las **Etiquetas de Homologación** cuya posterior obtención dará como resultado que el equipo estará listo para ser utilizado.

### **Requisitos para la Obtención del Certificado de Homologación**

Para la obtención del Certificado de Homologación se han establecido dos conglomerados diferentes de requisitos, basando esta diferencia en las características de la persona solicitante de dicha homologación, pudiendo ser estas personas naturales o personas jurídicas.

Para el caso en el que el trámite de obtención del certificado de homologación va a ser realizado por una persona natural se establecen los siguientes requisitos:

- Copias simples de:
  - ◆ Cedula de identidad.
  - ◆ Papeleta de votación del último proceso electoral.
  - ◆ Registro Único de Contribuyentes (RUC).
  - ◆ Manuales técnicos de los equipos.
- Solicitud de homologación que proporciona la SENATEL en su página web.

Cuando por el contrario el trámite de homologación corresponde a una persona jurídica, la SENATEL establece como requisitos para el normal desenvolvimiento del proceso los siguientes:

- Originales o copias certificadas por el Registro Mercantil de:

---

<sup>2</sup> Modelos de Certificado de Homologación y Etiqueta de Homologación se muestran en el Anexo 1

- ◆ El Acta de Constitución de la Compañía, misma que certificará la vigencia de dicha compañía.
- ◆ Nombramiento de Representante Legal, el cual debe estar vigente.
- Copias simples de :
  - ◆ Cédula de identidad del representante legal de la compañía.
  - ◆ Registro Único de Contribuyentes (RUC).
  - ◆ Papeleta de votación del último proceso electoral del representante legal de la compañía.
  - ◆ Manuales técnicos de los equipos.
- Solicitud de homologación que proporciona la SENATEL en su página web.

El Centro de Atención al Usuario de la SENATEL verifica que todos los requisitos antes mencionados estén completos, además de comprobar la vigencia y validez de los mismos, todo esto con el fin de que el proceso de homologación siga un trámite normal sin demora o interrupción por problemas relacionados con dichos requisitos.

El certificado de homologación, por si solo, no constituye un título habilitante para la operación de dichos equipos, ni para brindar servicios de telecomunicaciones mediante su uso, es siempre necesario completar el proceso obteniendo las etiquetas de homologación.

### **Modelo de Solicitud para Homologación de Equipos que Utilizan Tecnología de Espectro Ensanchado**

El modelo de **solicitud de homologación**<sup>3</sup> se encuentra disponible en la página web de la SENATEL<sup>4</sup>. Esta solicitud es prácticamente una lista de los diferentes documentos que pueden ser entregados en calidad de requisitos para el desenvolvimiento del proceso de homologación. Los campos de dicha lista se especificarán y describirán, de ser necesario, a continuación.

La Primera parte del documento puesto a disposición de los usuarios por parte de la SENATEL constituye una carta dirigida al Director General de Gestión de los Servicios de

---

<sup>3</sup> Anexo 2.

<sup>4</sup> [www.conatel.gov.ec](http://www.conatel.gov.ec) apartado de radiocomunicaciones.

Telecomunicaciones. En dicha carta el representante legal de la compañía o la persona natural solicita se extienda un certificado de homologación para un determinado equipo, además se especifican dentro de la carta las características más representativas del mismo como son:

- Marca del equipo.
- Modelo del equipo.
- FCC-ID<sup>5</sup>.
- Tipo de trámite, ya sea importación o individual. Este apartado determina entre otras cosas los valores a ser cancelados para la obtención del certificado, para el caso de importación se establece un costo de 50 UVC, mientras que para un trámite individual el costo es de 5 UVC<sup>6</sup> pero en este caso aplican también restricciones como que el costo de los equipos no podrá superar el máximo permitido por la ley, ni un número mayor a cuatro equipos.
- Dirección, teléfono, fax y dirección electrónica del solicitante con el fin de tener la posibilidad de comunicarse en caso de ser necesario.

La segunda parte de la solicitud de homologación es un formulario que tiene como objetivo recolectar información más detallada tanto del equipo como del proceso que se está realizando:

- Referencia de países donde se encuentren operando equipos similares.
- Los objetos de la solicitud entre los cuales se tiene:
  - ◆ Homologar equipo nuevo.
  - ◆ Homologar equipo vuelto a presentar.
  - ◆ Homologar identificación del equipo.
  - ◆ Homologar cambio de identificación.
  - ◆ Cambios en el certificado de homologación.
  - ◆ Renovación del certificado de homologación.
- La documentación que se encuentra adjunta, entre las que se detallan los tipos de manuales (descriptivo, de instalación, de operación o de mantenimiento), especificaciones técnicas, resultados de pruebas y documentos de importación.

---

<sup>5</sup> Identificación única proporcionada por la Federal Communications Commission a todos los equipos certificados.

<sup>6</sup> El UVC se fijará al 1 de enero de cada año, redondeado a la centena inmediata superior.

- Muestras disponibles, su marca, modelo, tipo, la cantidad, además de información correspondiente a la garantía y los centros de manteniendo existentes.
- Los datos de la empresa que tramita la homologación; y,
- Una identificación del equipo, nombre comercial, marca modelo, país de ensamblaje y una descripción de la aplicación y uso del equipo.

Queda muy claro que el objetivo de este modelo de solicitud es hacer que el proceso de homologación de equipos sea lo menos complicado posible, facilitando todas las directrices necesarias para que se adjunten los requisitos establecidos por la norma bajo la cual se rige este proceso.

### **Requisitos para la Obtención de las Etiquetas de Homologación**

Para el caso de la obtención de etiquetas de homologación no se produce la diferenciación entre personas naturales y jurídicas, misma que se realizó en el apartado correspondiente al certificado de homologación, razón por la cual los requisitos son únicos:

- Carta dirigida al Secretario Nacional de Telecomunicaciones solicitando se le otorguen las etiquetas correspondientes a los equipos.
- Documentos de importación<sup>7</sup>:
  - ◆ Documento Único de Importación (DUI); o,
  - ◆ Documento Aduanero Simplificado (DAS).
- Facturas.
- Número de serie de los equipos para los cuales se emitirán las etiquetas, cada equipo tendrá su etiqueta respectiva.
- Copia simple del certificado de homologación.

Una vez obtenidas las etiquetas de homologación, según lo dispuesto en el Reglamento para Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones, estas deberán ser adheridas al equipo con lo cual el equipo estará en capacidad de ser vendido o de ser conectado a la red para la cual fue adquirido.

---

<sup>7</sup> En caso de que el usuario final hubiera adquirido los equipos en el exterior no requerirá los documento de importación pero el costo no podrá superar el máximo permitido por la ley, ni un número mayor a cuatro equipos.

Finalmente, se ha establecido que el costo de cada una de las etiquetas sea de 0.3 UVC. Es muy importante aclarar que el certificado de homologación es el documento habilitante que señala a un modelo de equipo como apto para funcionar en nuestro país, mientras que las etiquetas señalan que un equipo en particular puede ser usado.

### **Proceso de Homologación Interno en la SENATEL**

**Emisión del certificado de Homologación** Una vez recolectados los requisitos y presentado el trámite por parte del solicitante en el centro de atención al usuario, dicho trámite es remitido a la Dirección General de Gestión de los Servicios de Telecomunicaciones donde se realizará el proceso de homologación propiamente dicho.

Entre los ingenieros que conforman dicha dirección existe uno cuya responsabilidad es dar trámite a los procesos de homologación. El primer paso en este proceso es verificar que los documentos requeridos estén completos, es decir que se haya cumplido con los requerimientos establecidos para dicho trámite. Posteriormente se verifica que los documentos de carácter legal estén vigentes y en orden.

Una vez concluida la revisión de los documentos legales, se procede con la revisión de los documentos correspondientes al equipo. De los manuales técnicos se extraen las características del mismo como: la banda de frecuencias en que trabaja, la potencia máxima de salida, la ganancia de la antena y la ganancia de procesamiento. También, en base al FCC-ID, se obtienen las mismas características de la base de datos de la FCC para contar con las especificaciones bajo las cuales estos equipos fueron certificados por dicho organismo. Una vez obtenidas estas características se las compara con las establecidas en la Norma Técnica para la Implantación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado, y en caso de que el equipo cumpla con lo impuesto por dicha norma estará en capacidad de ser homologado.

Habiendo finalizado la comprobación de las características de los equipos se procede al registro de la marca y modelo del mismo en una base de datos, con el fin de tener constancia de los equipos han sido homologados, luego se emite el certificado de homologación y se comunica al usuario para que este proceda al pago del valor

---

correspondiente. Este trámite tendrá una duración máxima de 5 días a partir de su llegada a la Dirección General de Gestión de los Servicios de Telecomunicaciones.

**Emisión de las Etiquetas de Homologación.** Al igual que en el caso del certificado de homologación este trámite será receptado en el centro de atención al usuario y remitido posteriormente a la DGGST. El encargado de los procesos de homologación verificará que los documentos adjuntos a la solicitud estén acorde a lo requerido.

Posteriormente, en base a la lista de números de serie suministrada por el solicitante se procede a elaborar las etiquetas mediante el uso de un programa de propiedad y autoría de la SENATEL. Nuevamente se comunica al usuario para que este proceda al pago de los valores correspondientes.

## CAPÍTULO IV

### REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y PARÁMETROS DE CALIDAD

Dentro del Reglamento para la Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones se define como **homologación** a la “*verificación del cumplimiento de las normas técnicas en un modelo de equipo*”, para este efecto la Norma para la Implantación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado en sus artículos 10, 11, 12, 13 y 14, se define las características técnicas permitidas para el funcionamiento de equipos de espectro ensanchado, mismas que en el proceso de homologación deben ser verificadas y certificadas como cumplidas por dichos equipos.

Los parámetros a ser verificados son el objeto directo de análisis correspondiente a este capítulo, ya que buscamos desarrollar el procedimiento técnico para la verificación de dichos parámetros y de esta forma la posterior autorización para el funcionamiento de los equipos.

#### PARÁMETROS TÉCNICOS

##### Frecuencia de operación

Todos los sistemas de telecomunicaciones deben estar enmarcados en el Plan Nacional de Frecuencias, lo cual quiere decir que los equipos que busquen operar en el territorio nacional deben cumplir con la asignación de frecuencias realizada en el documento antes mencionado.

Se ha dispuesto en la Norma para la Implantación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado, que los equipos que funcionan bajo esta tecnología lo hagan en las bandas destinadas para las **Aplicaciones Industriales Científicas y Médicas**, por lo que los servicios de radiocomunicaciones de espectro ensanchado que funcionan en estas bandas aceptan la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones. Siendo estas bandas:



- 902 – 928 MHz
- 2400 – 2483.5 MHz
- 5725 – 5850 MHz

### **Potencia Máxima de Salida**

Es de vital importancia el establecer límites para la potencia que será emitida por parte de los equipos de telecomunicaciones, ya que de esta forma se posibilita el uso del canal por un mayor número de equipos que utilicen espectro ensanchado y esto se debe a las características correspondientes a las señales codificadas bajo esta técnica, mismas que fueron reseñadas en el Capítulo I.

Dentro de la Norma para la Implantación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado se establece a la potencia máxima de salida como *“La potencia máxima en vatios que se entrega al transmisor en el conector de la antena, en cualquier condición de modulación.”* Definición de la cual se deduce que se hace referencia a una característica intrínseca del equipo sin la participación de la antena.

### **Ganancia de Antena**

Las antenas constituyen elementos diseñados para radiar o recibir ondas electromagnéticas permitiendo una transferencia eficiente de energía entre una línea de transmisión y espacio libre, siendo bloque indispensable para el tipo de sistemas que estamos estudiando ya que el medio de transmisión es el aire.

La ganancia de la antena se define como la relación de la potencia total radiada con respecto a la potencia de entrada total a la entrada de la antena. Es muy común que la ganancia de una antena esté dada en decibelios (dB) tomando como referencia la ganancia de un radiador isotrópico<sup>8</sup> cuya unidad es el dB<sub>i</sub>.

---

<sup>8</sup> Radiador ficticio sin pérdidas que irradia energía uniformemente en todas las direcciones.

### **Intensidad de Campo Eléctrico**

Muchas veces se han desarrollado estudios sobre la influencia de las ondas electromagnéticas en la salud de los seres humanos, a esto se debe que muchos de los organismos internacionales de telecomunicaciones hayan establecido límites en cuanto a la intensidad de los campos tanto eléctrico como magnético.

### **Ganancia de Procesamiento**

Dentro de los sistemas de espectro ensanchado una de las características más importantes es la ventaja que estos presentan en cuanto al procesamiento de las señales con relación a los sistemas convencionales de banda angosta. Cualquiera sea la aplicación de espectro ensanchado que se desarrollo se conoce a la ganancia de procesamiento como el parámetro que expresa la ventaja de procesamiento de los sistemas de espectro ensanchado sobre los sistemas de banda angosta.

Desde el punto de vista del funcionamiento de los diferentes tipos de sistemas de espectro ensanchado se presenta una expresión única para el cálculo de la ganancia de procesamiento, misma que dadas las características diferentes de los sistemas de secuencia directa y de salto de frecuencia toma valores diferentes en cada caso:

$$G_p = \frac{W_{ss}}{R}$$

donde  $W_{ss}$  representa el ancho de banda de espectro ensanchado y  $R$ . Para el caso de sistemas de secuencia directa  $W_{ss}$  es aproximadamente igual a la tasa de chip ( $R_{ch}$ ), mientras que para los sistemas de salto de frecuencia  $W_{ss}$  se toma igual a la banda de frecuencias sobre las cuales el sistema puede saltar conocida como **banda de salto** ( $W_{salto}$ ).

La Norma para la Implantación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado en su anexo 1 define a la ganancia de procesamiento como la relación de la banda de radio frecuencia dividido por el ancho de banda de la información expresada en dB.

## **VALORES ESTIPULADOS PARA LOS PARÁMETROS TÉCNICOS**

Con la elaboración de la Norma para la Implantación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado se estableció una clasificación entre los equipos, todo esto para fines de homologación, basados principalmente en las características de dichos equipos.

### Equipos de Reducido Alcance

Definense a los **sistemas de reducido alcance** a aquellos que *‘utilizan la técnica de espectro ensanchado para aplicaciones de transmisión de datos en redes de área local, telemetría, lectura remota, PBX y teléfonos inalámbricos, cuya potencia de salida del transmisor sea menor o igual a 100 milivatios. La antena deberá ser omnidireccional con una ganancia máxima de 1dBi y encontrarse adherida al equipo’*<sup>9</sup>.

Partiendo de la definición de los sistemas de reducido alcance es muy claro que se refieren a equipos destinados a trabajar en interiores y con muy poca interferencia fuera de la oficina en la cual cumplirán su función. Esta aclaración permite entender la razón por la cual está regulado únicamente el control de **potencia máxima de salida** y de **ganancia de antena**.

### Equipos de Gran Alcance

Se establecen como equipos de gran alcance a *“todos aquellos equipos de espectro ensanchado que tengan una potencia máxima de salida de 100 mW o superior y que no tengan la antena adherida al equipo o que la ganancia de la antena sea superior a 1dBi”*<sup>8</sup>. Debemos observar que en esta definición no se pone objeción alguna al tipo de antena que podrá ser usada. Estos equipos en su proceso de homologación deben cumplir con ciertos valores estipulados en la para los parámetros técnicos, valores estos en los cuales se basará el proceso.

**Potencia de Salida.** La potencia máxima de salida del transmisor para equipos que trabajan en las bandas 2400 – 2483.5 MHz o 5725 – 5850 MHz y que funcionen ya sea con secuencia directa o con salto de frecuencia es de 1 vatio. Se establece además que para los equipos que funcionan en la banda 2400 – 2483.5 MHz, en el caso que la ganancia de la antena empleada sea superior a 6 dBi, la potencia máxima de salida del transmisor deberá reducirse 1 dB por cada 3 dBi de ganancia de la antena por encima del valor antes mencionado, restricción esta que no se aplica a la banda de 5725 – 5850 MHz.

---

<sup>9</sup> Norma para la Implantación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado.

Para el caso de los equipos de salto de frecuencia que operen en la banda de 902 – 928 MHz la potencia máxima de salida tendrá los siguientes valores:

- Si el equipo emplea por lo menos 50 saltos de frecuencia la potencia máxima de salida será de 1 Vatio.
- Si el equipo emplea entre 25 y 50 saltos de frecuencia la potencia máxima de salida será de 0.25 vatios.

**Intensidad de Campo Eléctrico.** La intensidad de campo eléctrico máxima estipulada en la Norma para la Implantación y Operación de equipos de Espectro Ensanchado se encuentra reseñada en la Tabla. IV.1, la medición de este parámetro debe realizarse a 3 metros de distancia de la antena y corresponde al valor medio.

<b>Frecuencia (MHz)</b>	<b>Intensidad de campo de la frecuencia fundamental (mV/m)</b>	<b>Intensidad de campo de las armónicas (mV/m)</b>
902 - 928	50	500
2400 – 2483.5	50	500
5725 – 5850	50	500

**Tabla. IV.1 Límites de intensidad de campo eléctrico**

**Ganancia de Procesamiento.** Para obtener la autorización de funcionamiento de un equipo de espectro ensanchado este debe cumplir, en lo que se refiere a ganancia de procesamiento, que en el caso de equipos de secuencia directa deben tener al menos 10 dB de ganancia de procesamiento, mientras que para el caso de los sistemas de salto de frecuencia la ganancia de procesamiento debe ser de al menos 75 dB.

**Anchos de Banda de Emisión y Condiciones de Uso del Canal.** Bajo este nombre se encuentran especificaciones sobre el uso permitido de las frecuencias por parte de los equipos. Así para los equipos que utilizan secuencia directa tenemos que estos deberán tener un ancho de banda a 6 dB de al menos 500 kHz, además deberán presentar una densidad espectral pico de potencia de salida a la antena menor a 8 dBm en un ancho de banda de 3 kHz durante cualquier intervalo de tiempo de transmisión continua.

---

Para el caso de los equipos que trabajan con salto de frecuencia se establece que sus canales deberán estar separados como mínimo 25 kHz o el ancho de banda a 20 dB del canal de salto, el que sea mayor. *“Para los sistemas de salto de frecuencia que operan en la banda 902 – 928 MHz, si el ancho de banda a 20 dB del canal de salto de frecuencia es menor a 250 kHz, el sistema usará a lo menos 50 saltos de frecuencias y el promedio de tiempo de ocupación en cualquier frecuencia no podrá ser superior a 0,4 segundos dentro de un período de 20 segundos. Si el ancho de banda a 20 dB del canal de salto de frecuencia es mayor o igual a 250 kHz, el sistema deberá utilizar a lo menos 25 saltos de frecuencias y el promedio de tiempo de ocupación en cualquier frecuencia no deberá ser mayor que 0,4 segundos en un período de 10 segundos. El máximo ancho de banda a 20 dB permitido en un canal de salto es de 500 kHz”<sup>9</sup>.*

## CAPÍTULO V

### DISEÑO DE UN LABORATORIO DE HOMOLOGACIÓN

Una vez establecidos los parámetros, además de sus respectivos límites, bajo los cuales serán evaluados los equipos a ser homologados y previa la descripción de los instrumentos de medición que servirán para verificar dichos parámetros, es necesario que realicemos un análisis desde el punto de vista legal para aclarar ciertas incongruencias existentes en el proceso actual de homologación.

El Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada establece en el artículo 103 las actividades que competen a la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones. En lo que se refiere al tema específico que nos ocupa determina que este organismo deberá encargarse de la proposición de las normas necesarias para la homologación de los equipos de telecomunicaciones, además de ser los encargados de la emisión de los certificados de **homologación técnica** de los equipos. Tomando ahora como referencia en artículo 110 del mismo reglamento daremos un vistazo a las obligaciones correspondientes a la Superintendencia de Telecomunicaciones, nuevamente centrándonos en lo que se refiere al proceso de homologación tenemos que la SUPTEL debe revisar el cumplimiento de las normas de homologación y normalización aprobadas por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones y realizar la homologación de los equipos terminales de telecomunicaciones.

Una vez citados dichos artículos quedan muy claros ciertos aspectos que contradicen la forma en que se realiza el proceso de homologación de equipos de espectro ensanchado hoy en día, mismo que fue expuesto en el **Capítulo III**. Primeramente vemos que en el ámbito del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada se habla específicamente de una homologación técnica dejando de esta forma implícito el hecho de que deben llevarse a cabo mediciones en laboratorios de homologación previa la

emisión de los documentos habilitantes para la operación de los equipos; también, se determina claramente que el ente encargado de realizar dicho proceso es la Superintendencia de Telecomunicaciones y no la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

Habiendo puntualizado estas correcciones de carácter legal que deben realizarse al proceso de homologación, vemos que el **laboratorio de homologación** a ser propuesto en las páginas subsiguientes está destinado a la Superintendencia de Telecomunicaciones para por medio de este realizar un proceso de homologación técnico.

Finalmente merece ser aclarado que dentro del Reglamento para la Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones se deja abierta la posibilidad de que existan laboratorios independientes que se dediquen a realizar las pruebas de homologación a los equipos terminales. Esta posibilidad abre las puertas a que el laboratorio de homologación que estamos proponiendo tenga una posibilidad adicional al poder ser adoptado por empresas interesadas en ser las encargadas de dichos procesos.

## EQUIPOS PROPUESTOS

El diseño de un laboratorio con propósito específico constituye el establecimiento de los equipos que serán necesarios para cumplir con sus funciones, y las especificaciones técnicas de los mismos, es por esto que en el presente apartado estableceremos los equipos que conformarán el **laboratorio de homologación** además de las características técnicas que se establecerán en base a la naturaleza de los equipos a ser probados. Cabe recalcar que las características de los equipos de espectro ensanchado fueron determinadas en el **Capítulo IV** mismas que serán la base para la selección de los equipos de medición.

### Analizador de Espectros

El analizador de espectros es un instrumento electrónico que permite visualizar las componentes espectrales de las señales presentes en las entradas. En el eje de ordenadas suele presentarse en una escala logarítmica el nivel en dB del contenido espectral de la señal. En el eje de abscisas se representa la frecuencia, en una escala que es función de la separación temporal y el número de muestras capturadas.

Los parámetros más importantes en un analizador de espectros y que pueden ser variados por el usuario, son el **SPAN** o rango de frecuencias a representar en pantalla y la Amplitud de Referencia, que permite variar el rango de tensiones de la señal de entrada y el margen dinámico de visualización de las mismas.

Dentro de nuestro interés, en cuanto a las características correspondientes a un analizador de espectros que funcione de manera eficaz en nuestro laboratorio y basados en las características permitidas en la legislación para equipos de espectro ensanchado, vemos que uno de los más importantes aspectos lo constituye el rango de frecuencias que esté en capacidad de analizar, siendo en nuestro caso conveniente un rango entre 0 y 6GHz debido a que dentro del mismo se encuentran las frecuencias asignadas a este tipo de sistemas.

Otro de los aspectos que deben ser tomados en cuenta al momento de la elección de un analizador de espectros es la máxima entrada que soporta el equipo, y dado que en la Norma para la Implantación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado establece que la potencia máxima de salida de un transmisor será de 1 vatio, es este mismo límite el que adoptamos como valor máximo al momento de escoger un analizador de espectros.

Una vez citadas las características más generales correspondientes a un analizador de espectros, es momento de analizar ciertas aplicaciones destinadas a estos equipos conocidas como personalizaciones de medición, mismas que permiten al analizador de espectros expandir sus posibilidades y su funcionalidad. Dentro de dichas personalizaciones existe gran variedad de aplicaciones de propósitos específicos entre las cuales se encuentran: mediciones de análisis de modulación digital, mediciones para GSM y EDGE, mediciones de CDMA 2000, 1x EV-DO y 1x EV-DV, mediciones para Bluetooth, entre otras.

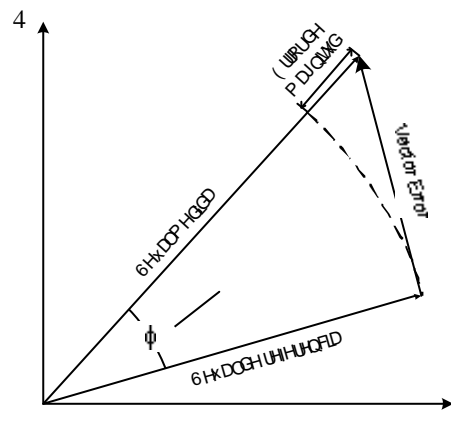
**Mediciones de Análisis de Modulación Digital.** Esta personalización establece un análisis de los esquemas de modulación digital más comúnmente utilizados en sistemas digitales de comunicaciones. Entre los esquemas abarcados se encuentran: MSK, BPSK, QPSK, OQPSK, DQPSK,  $\pi/4$  DQPSK, 8PSK, D8PSK,  $3\pi/8$  8PSK, FSK y QAM usados en



sistemas de comunicaciones tales como GSM, EDGE, W-CDMA, CDMA2000, Bluetooth, TETRA, entre otros.

Las mediciones realizadas a los esquemas de modulación antes mencionados generan una gran variedad de parámetros y gráficas de análisis como: magnitud del vector de error (EVM), magnitud del error, error de fase, error de frecuencia, calidad de forma de onda (rho), potencia media, diagramas de ojo, magnitud de error en función del tiempo, magnitud del vector error en función de tiempo, error de fase en función del tiempo y constelaciones de I/Q.

De todos los parámetros antes mencionados el más ampliamente usado para determinar la calidad de modulación es el EVM, mismo que basa la cuantificación de la precisión de la modulación en la comparación de la señal medida con una señal ideal de referencia, constituyendo el EVM una medida de las diferencias de fase y amplitud existentes entre las señales comparadas. La **Figura. V.1** muestra gráficamente la definición del EVM.



Existen ciertos aspectos tomados en cuenta al momento de analizar equipos que trabajan bajo GSM entre los cuales se encuentra la potencia GMSK en función del tiempo. GSM es un esquema de multiplexación TDMA con ocho ranuras de tiempo o ráfagas por canal de frecuencia, si es que la ráfaga no ocurre en el momento de tiempo exacto o si la ráfaga es irregular, entonces, los canales adyacentes experimentarán interferencia. Esta medición provee una visualización de la potencia en función del tiempo con lo que se puede encontrar cualquier irregularidad en la ráfaga y permitiendo además, realizar un análisis detallado de los momentos de subida y bajada de la ráfaga.

Por otro lado, se miden también errores de fase y frecuencia, los cuales constituyen los parámetros de calidad de modulación para sistemas GSM. Debido a que dichos sistemas utilizan una fase relativa para transmitir información, la precisión en fase y frecuencia es crítica para su desempeño. En sistemas reales, un error en fase reduce la capacidad del receptor de demodular correctamente. Este tipo de mediciones presenta gráficas de error de fase en función del tiempo y de error de fase en función del número de bits demodulados. También realizan mediciones de potencia transmitida, control de potencias, interferencias en bandas adyacentes y administración del espectro asignado.

En el caso de las mediciones que deben realizarse a los equipos que funcionen bajo la tecnología EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), estas son similares a las que se realizan para GSM, dado que EDGE tiene las mismas características espectrales, la misma tasa de símbolo y la misma estructura de trama que GSM. La única medición significativamente diferente entre los dos formatos de señal es la precisión de modulación, ya que para EDGE, a diferencia de en GSM, el parámetro que determina la calidad de modulación es el EVM.

**Mediciones para CDMA 2000, 1x EV-DO y 1x EV-DV.** Otra de las personalizaciones comúnmente disponibles para analizadores de espectros es aquella en la que se presentan mediciones para sistemas de comunicaciones CDMA.

Dentro de los aspectos tomados en cuenta al momento de analizar equipos que trabajan con CDMA existen mediciones destinadas a determinar parámetros como la potencia de

canal, misma que determina la potencia rms total en un determinado ancho de banda, permitiendo también la visualización de la densidad espectral de potencia. Por otro lado, permite realizar un análisis de la relación de potencia de canal adyacente con lo cual se establece un control de la invasión de la potencia transmitida hacia los canales adyacentes, facilitando de esta forma que más canales sean transmitidos de forma simultánea.

Un aspecto único en el contexto de los sistemas de CDMA lo constituye el análisis en el dominio de código, el cual provee una gran variedad de resultados. El análisis de potencia en el dominio de código determina la distribución de la potencia de la señal a través del conjunto de canales de código, normalizada con respecto a la potencia total de la señal. Esta medición permite verificar que cada canal de código se encuentre operando a su nivel óptimo. Además, presenta mediciones para los canales de código como errores de fase y magnitud, EVM, potencia de símbolo en función del tiempo, vector polar de símbolo, entre otras.

Para el caso de CDMA 2000, 1x EV-DO y 1X EV-DV además del EVM existe un parámetro muy importante al momento de determinar la precisión de modulación que es conocido como **Rho**. Debido a que CDMA utiliza receptores correlativos la calidad de la onda está basada en dividir la potencia total de la señal transmitida en componentes correlacionadas y no correlacionadas. Se define a rho como la potencia correlacionada normalizada, y corresponde a la potencia correlacionada, removiendo de la misma los offsets de fase, frecuencia y tiempo, y realizando una correlación cruzada entre la señal previamente corregida y una señal de referencia. Rho es una medida de la calidad de onda indicando que tan buena es la señal medida a partir de la señal piloto que es transmitida por la estación base y cuyo valor perfecto es 1. La medición de precisión de modulación arroja como resultado el EVM, el Rho y el error pico en el dominio del tiempo.

### **Medidor de Potencia**

El medidor de potencia, como su nombre lo indica, es el instrumento de medición que nos permitirá verificar las características de potencia tanto de los equipos de gran alcance como las de los equipos de reducido alcance.

Al igual que en el caso del analizador de espectros para el medidor de potencia tenemos que es muy importante determinar, tanto el rango de frecuencia dentro del cual se encontrarán las señales a ser conmensuradas, así como el rango de potencia que estará en capacidad de medir nuestro equipo.

Basados nuevamente en las características previamente expuestas correspondientes a los equipos y sistemas de espectro ensanchado vemos la necesidad de establecer como parámetros relevantes un rango de frecuencias en el que esté inmersa la banda de frecuencias 0 – 6 GHz. Para el caso de rango de potencia es necesario que el medidor de potencia tenga un rango entre 1  $\mu$ W y 2 W, dando un margen de protección superior en caso de tener necesidad de analizar equipos de características desconocidas.

### **Medidor de Intensidad de Campo Eléctrico**

Para el caso de medidor de intensidad de campo eléctrico, al igual que en los equipos anteriores, se tiene que es de vital importancia el rango de frecuencias que el equipo esté en capacidad de rastrear, además del rango de intensidades que sea capaz de detectar. Es de esta forma que el rango de frecuencias queda nuevamente establecido entre 0 y 6 GHz mientras que el rango de intensidad de campo eléctrico estará entre 0.01 y 1 V/m.

### **Comprobador de CDMA**

Como se especificó en el **Capítulo I** CDMA corresponde a la aplicación de las técnicas de espectro ensanchado como acceso múltiple, es por esta razón que hemos considerado conveniente que en nuestro laboratorio de homologación exista un equipo encargado de realizar pruebas de verificación a dichos sistemas.

Al establecer como necesario un comprobador de CDMA volvemos a enunciar la necesidad de que el proceso de homologación se realice por parte de la Superintendencia de Telecomunicaciones, ya que esta es la responsable del proceso de homologación de los terminales celulares. Y dentro de este campo también es válido determinar que la mayoría de los equipos de prueba para terminales de telefonía móvil pueden también realizar evaluaciones de las tecnologías más populares existentes, todo esto bajo un sistema de software específico para cada una de ellas. Siendo muy importantes estos aspectos al

momento de elegir un comprobador de CDMA ya que deberá tenerse en cuenta la facilidad de contar en un mismo equipo de prueba con la posibilidad de analizar todas las tecnologías.

Dentro de las aplicaciones para este equipo se encontrarán una gran variedad de ellas, destinadas a realizar pruebas específicas para ciertas tecnologías, principalmente las de mayor difusión en el mercado. Es así se presenta a continuación algunas de las características más importantes de esas pruebas.

**Aplicación para tecnología CDMA.** Esta aplicación presenta un conjunto de pruebas tanto para transmisión como para recepción, a las cuales debemos añadir un análisis de la forma en que el equipo realiza el procesamiento de llamadas.

Se realiza una emulación del enlace directo, que es la comunicación que se establece desde la estación base en dirección a la estación móvil, en este proceso se incluye una simulación de las señales de todos los canales de CDMA con sus respectivas características de modulación y también se añaden señales de ruido blanco gaussiano (AWGN). En este análisis del procesamiento de llamada se presentan cuatro situaciones en las cuales se determina el comportamiento del móvil: cuando la llamada es originada desde la estación base, cuando la llamada es desconectada desde la estación base, cuando la llamada es originada desde la estación móvil y cuando la llamada es desconectada desde la estación móvil.

Otra característica muy importante a ser analizada constituye el comportamiento del móvil al momento de realizar el proceso de handoff, para este fin se realizan simulaciones de dichos procesos produciendo mediciones como calidad de modulación de handoff, potencias, entre otras. La medición de la calidad de modulación de handoff desarrolla dos procesos uno para mover a un offset de pseudo ruido y otro para regresar al pseudo ruido original.

En lo que se refiere a mediciones de calidad de modulación se establecen características como EVM, Rho, error de fase y frecuencia entre otros, la característica de mayor

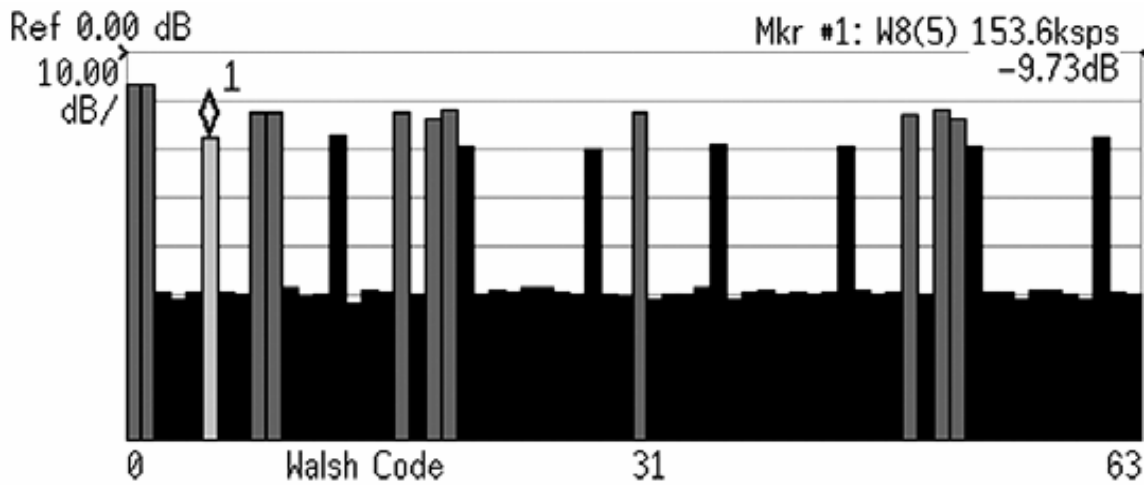
relevancia es el hecho de que también pueden establecerse dichos parámetros en presencia de ruido blanco gaussiano, con lo cual esta medición arroja resultados más veraces.

Medición	Parámetros resultantes
Control de Potencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Potencia del canal.</li> <li>➤ Emisiones espúreas.</li> <li>➤ Potencias Máxima y mínima.</li> </ul>
Calidad de Modulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Rho máximo, mínimo y promedio.</li> <li>➤ errores de frecuencia, tiempo, fase y amplitud.</li> <li>➤ EVM.</li> </ul>
Análisis en el dominio de código.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gráfico: Potencia en los canales codificados con código de Walsh para los canales I y Q.</li> <li>➤ Numérico: Código de Walsh usado, factor de ensanchamiento, potencia total en el dominio de código y potencia de código para cada canal inverso activo relativa a la potencia del canal piloto.</li> </ul>
Tasa de Error de trama (FER)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ FER medido.</li> <li>➤ Número de errores.</li> <li>➤ Número de tramas probadas.</li> <li>➤ Tramas buenas enviadas.</li> <li>➤ Tramas en banco enviadas.</li> <li>➤ Tramas en banco recibidas.</li> <li>➤ Tramas buenas recibidas.</li> <li>➤ Confiabilidad.</li> </ul>

**Tabla. V.1 Mediciones para CDMA y parámetros obtenidos.**

Los sistemas CDMA tienen dos características únicas como son la calidad de forma de onda (rho) y el análisis del dominio de código. Las mediciones de potencia en el dominio de código permiten verificar que cada uno de los canales de Walsh esté operando a un nivel apropiado, además, a través de dichas mediciones sobre los canales inactivos se logra determinar ciertos daños en los transmisores. La proyección de la señal de error sobre el dominio de código, conocido como error en el dominio de código, representa mucho interés ya que se desea que la potencia de error esté preferentemente distribuida sobre todo el dominio de código en lugar de sobre unos pocos canales de código, para de esta forma evitar variaciones en la calidad de los canales de código. Existen un sin número de deterioros en el transmisor que causan distribución desigual del error a lo largo del

dominio de código, en estos casos la energía se pierde de los canales activos y aparece en los canales inactivos.



**Figura. V.2** en el dominio de código en orden de código de Hadamard

Dentro de los estándares de CDMA se establecen algunas diferencias, para el caso de CDMA2000 se utilizan códigos de Walsh de diferentes longitudes lo cual causa que los canales con un código de menor longitud tengan tasas de transmisiones superiores y ocupen mayor espacio de código, para citar un ejemplo, un canal con un código de Walsh de 8 bits ocupará ocho veces más espacio de código que un canal con un código de Walsh de 64 bits. Sin embargo, los espacios de código usados para los canales con longitudes de código menores no son contiguos. Existen dos formas de generación de los códigos de Walsh, la primera que se basa en la matriz de Hadamard, y la generación inversa de bits, la **Figura. V.2** muestra la visualización por orden de Hadamard en la cual se aparecen los códigos de Walsh en secuencia con lo cual los espacios ocupados por el mismo canal aparecerán separados y la **Figura. V.3** muestra como al usar la generación por inversa de bits se visualizan los canales que usan menores longitudes con espacios de códigos mayores.

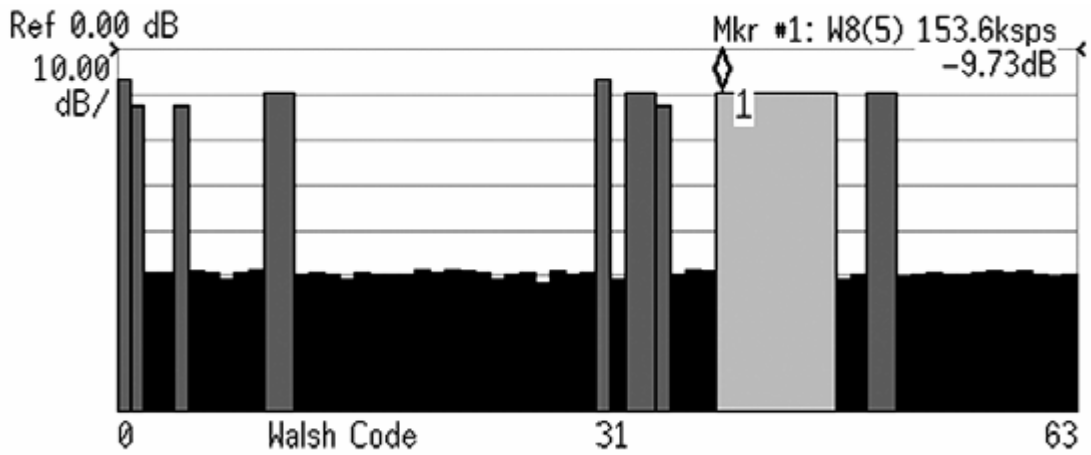


Figura. V.3 Potencia en el dominio de código en orden de código de bit inverso

En el dominio de código la potencia para cada canal es calculada desensanchando la señal usando funciones de Walsh de 128 bits, la fig muestra una señal proveniente de una radio base compuesta por 10 canales multiplexados, el canal de más hacia la izquierda referido como canal 0 corresponde a un canal piloto mientras que el resto son canales directos fundamentales.

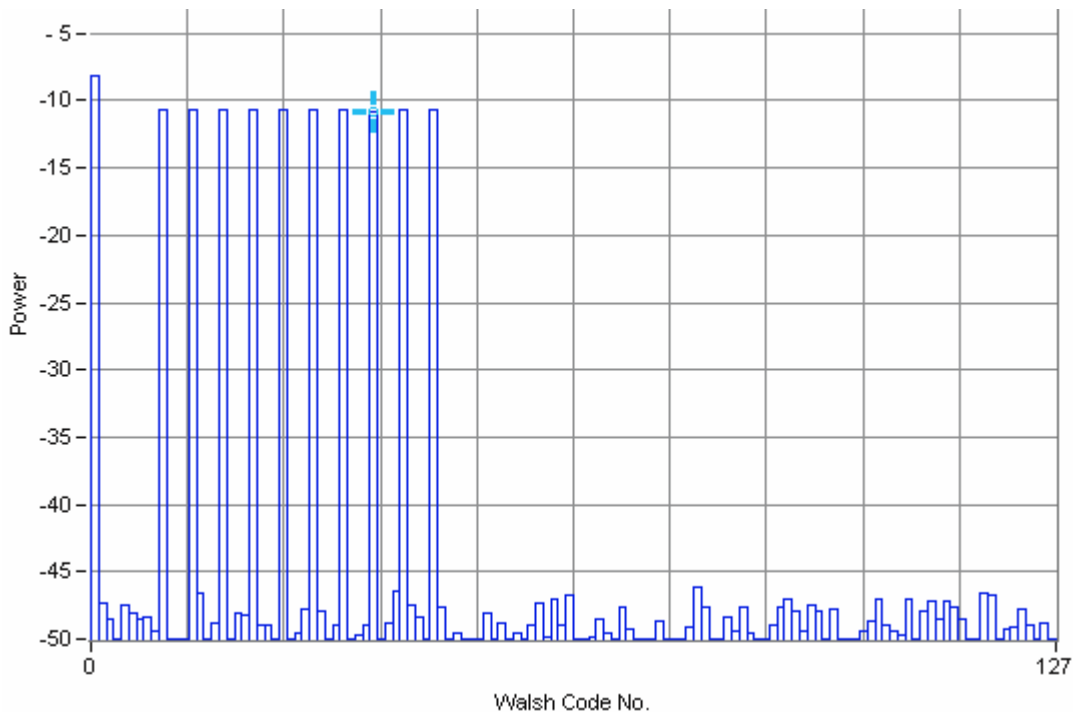


Figura. V.4 Señal Proveniente de una Redio base en el dominio de código



**Aplicación para tecnología GSM.** Al igual que en el caso anterior, esta aplicación determina pruebas para un equipo que trabaje con GSM en los aspectos de transmisión, recepción y procesamiento de llamada.

En el caso de procesamiento de llamada el equipo de medición hará las veces de una estación base, estableciendo una comunicación entre este y el móvil presentándose las mismas cuatro situaciones que en el caso de CDMA: llamada originada en la estación base, llamada originada en el móvil, llamada terminada en la estación base y llamada terminada en el móvil.

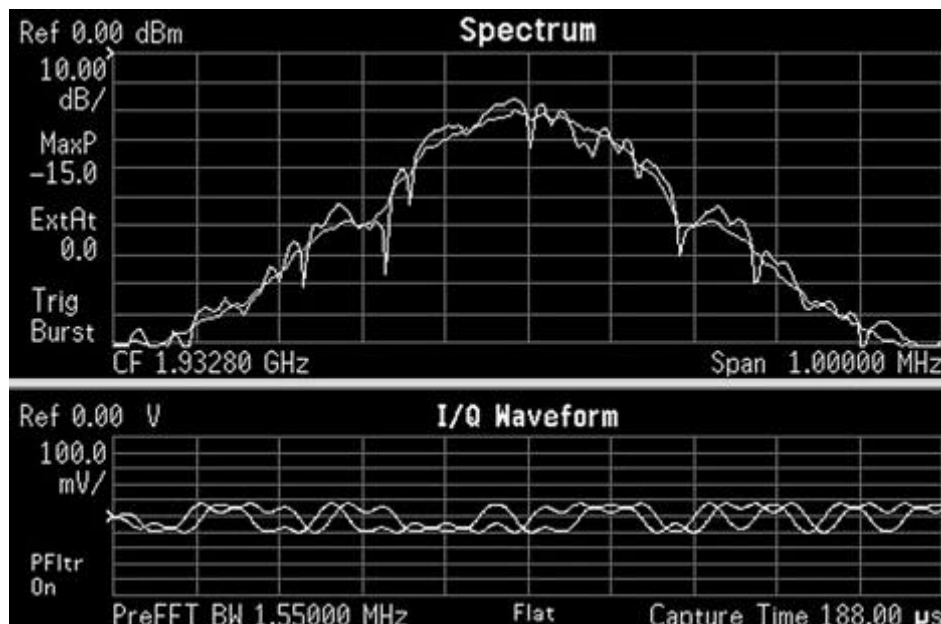


Figura. V.5 Señal GSM en el dominio de la frecuencia y formas de onda I/Q.

Cuando se hace referencia a pruebas de recepción lo más importante es determinar la sensibilidad de recepción, para lo cual se utilizan ciertas razones o relaciones que determinan dicha sensibilidad:

- **Frame Erasure Rate, FER,** Se define como la cantidad de tramas de voz borradas divididas por la cantidad de tramas de voz transmitidas, entendiendo a

las tramas de voz barridas como a aquellas tramas en las cuales aunque sea uno de los 50 bits más importantes (clase Ia) aparece como si no fuera correcto.

- **Bit Error Rate**, BER, Es la razón de los bits erróneamente recibidos con respecto a todos los bits recibidos. Es importante mencionar que el BER se evalúa antes de la decodificación y justo después de la ecualización de la señal. El valor del BER es usado en la determinación del valor de la calidad de recepción (Rx qual).
  
- **Residual Bit Error Rate**, RBER, Es la razón de los bits errados con respecto a todos los bits realizada después del borrado de tramas, y se estima de forma separada para los bits clase Ib y clase II.

Las mediciones de los parámetros antes mencionados se realizan partiendo de la potencia máxima de transmisión permitida por los estándares desarrollados para GSM, disminuyendo paulatinamente dicha potencia hasta llegar al mínimo valor de recepción permitido por dichos estándares, obteniendo de esta forma valores correspondientes al peor de los casos.

Desde el punto de vista de las pruebas de transmisión tenemos que, en lo que se refiere a la calidad de modulación debemos recordar de un apartado anterior que se indicó que en el caso específico de GSM, los parámetros de mayor importancia son los errores de fase y frecuencia. El control de potencia proporcionado debe realizarse tanto para señales completas como para cada ráfaga que se produce dentro de esta señal. En la **Tabla. V.2** podemos observar los resultados que arrojan estas mediciones así como también las que se mencionaron antes.

Medición	Parámetros Resultantes
Sensibilidad de Recepción	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ BER.</li> <li>➤ Número de bits analizados.</li> <li>➤ Número de bits dañados.</li> <li>➤ Retraso de tramas de voz.</li> <li>➤ Calidad de recepción (Rx qual)</li> <li>➤ FER.</li> <li>➤ CRC.</li> <li>➤ RBER.</li> <li>➤ Nivel de recepción.</li> </ul>
Calidad de Modulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Error de fase rms y pico.</li> <li>➤ Error de frecuencia.</li> <li>➤ Gráfico del error de fase pico en función de los bits transmitidos y en función de los bits demodulados.</li> <li>➤ Incertidumbre en grados en función del error actual de transmisión en grados.</li> </ul>
Control de Potencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Para señal completa: Partes activas, bordes de caída, periodo de seguridad y potencia total.</li> <li>➤ Para cada ráfaga: Potencia transmitida GMSK, margen y tiempo del límite superior de la máscara en el peor caso, margen y tiempo del límite inferior de la máscara en el peor de los casos.</li> <li>➤ Gráficamente se muestra la máscara usada.</li> </ul>
Temporización	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Error de temporización de ráfaga.</li> </ul>

**Tabla. V.2 Mediciones para GSM y parámetros obtenidos.**

### **Analizador de Bluetooth y WLAN**

Tanto Bluetooth como las diversas tecnologías de conectividad inalámbrica han tenido durante los últimos años una gran acogida dentro del mercado, es por esto que consideramos que es muy importante contar dentro de nuestro laboratorio con un equipo con el cual se puedan realizar pruebas específicamente diseñadas para estas tecnologías. Los parámetros principales que este tipo de equipos toman en cuenta son niveles de potencia, control de potencia, uso de frecuencias, características de modulación, entre otras.

Dentro de los equipos encargados de este tipo de pruebas existen, dada la popularidad de dichas tecnologías, un sin número de ellos destinados a realizar el control y certificación de los equipos que trabajan bajo esta tecnología, mas es muy recomendable que se busque un equipo que abarque, de ser posible, las tecnologías más comunes para de esta forma alcanzar una especie de estándar dentro de las pruebas a ser realizadas.

### Otros Equipos

Existen además otros equipos que pueden ser tomados en cuenta al momento de montar un laboratorio de homologación pero, en el contexto de este proyecto serán únicamente mencionados y explicada su utilidad.

**Vector Network Analyzer (VNA).** Los analizadores vectoriales de red son equipos destinados a realizar pruebas a redes eléctricas, para de esta forma determinar las características tanto elementos activos como elementos pasivos y sus componentes. Este tipo de equipos cumplen con su labor midiendo con precisión las razones de las señales reflejadas con respecto a las señales incidentes, y de las señales transmitidas con respecto a la señales incidentes. A manera de explicación de los conceptos relacionados con las ondas incidentes, reflejadas y transmitidas se puede realizar una analogía con las ondas de luz: la luz incidente golpea un elemento óptico como un pedazo de cristal, una cierta parte de la luz es reflejada por la superficie del lente pero la mayoría de la luz atraviesa el cristal, también puede darse el caso en que se trate de un cristal opaco entonces, una porción de la luz sería absorbida por el cristal. Finalmente puede tratarse también de un espejo y la mayoría de la luz sería reflejada atravesando el cristal una pequeña o ninguna parte de la luz, concepto este que es valido también para las señales de RF.

Los analizadores de redes pueden medir tanto comportamientos lineales como comportamientos no lineales de equipos a pesar de que las técnicas de medición son completamente diferentes. Adicionalmente, los analizadores vectoriales de red pueden funcionar como herramientas para diagnosticar problemas de las redes, realizando gráficos históricos y estadísticos para visualizar información en tiempo real permitiendo de esta forma alertar a los usuarios sobre problemas en desempeño o sobre cuellos de botella. Otros tipos de VNA tienen la capacidad de capturar cadenas de paquetes y permitir al sistema ver e incluso cambiar dichas cadenas de paquetes.

**Vector Signal Analyzer (VSA).** El analizador vectorial de señales es un equipo que está reemplazando al analizador de espectros al momento de elegir un equipo para realizar pruebas en equipos de RF. El VSA basa su utilidad en el hecho de que, además de realizar muchas de las mismas mediciones y tareas de caracterización que está en capacidad de realizar un analizador de espectros, se añaden funciones de desmodulación digital con lo cual estos equipos están en capacidad de analizar una amplia gama de esquemas de modulación digital entre los que se encuentran los que son usados en estándares de comunicaciones y los que no lo son.

## **CAPÍTULO VI**

### **COMPARACIÓN DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS DE MEDICIÓN**

Una vez establecidos los equipos que consideramos necesarios para un laboratorio de homologación que tenga la capacidad de cumplir con un proceso de homologación técnica, es momento de realizar un análisis de algunos modelos y marcas de equipos que cumplen con nuestros requerimientos. El presente capítulo establece un análisis comparativo de varios equipos que están en capacidad de formar parte de nuestro laboratorio, basados en las características expuestas en el capítulo anterior.

Es bien conocido que existe un gran número de empresas destinadas a la fabricación de equipos de prueba en las diferentes ramas de las telecomunicaciones, razón por la cual realizar un análisis de los equipos correspondientes a todas estas empresas resulta prácticamente imposible además de inoficioso. Es por esto que presentaremos algunas opciones pertenecientes a un limitado número de marcas, mas es muy importante recalcar que cualquier equipo de mediciones que esté en capacidad de cumplir con los requerimientos previamente establecidos, podrá ser parte de nuestro laboratorio de homologación, no constituyendo bajo ningún concepto los equipos que aquí presentaremos las únicas opciones.

#### **ANÁLISIS DE EQUIPOS DE MEDICIÓN**

##### **Analizador de espectros**

En lo que respecta a analizadores de espectros presentaremos cuatro equipos que cumplen con nuestros requerimientos, para este fin hemos recurrido a dos fabricantes muy conocidos en el ámbito de los equipos de medición y pruebas como son Agilent Technologies y Rohde & Schwarz.

**Analizador de Espectros E443A.** Este analizador de espectros marca Agilent Technologies, pertenece a la serie PSA y tiene las siguientes características:

- Rango de frecuencias: 3 Hz a 6.7 GHz.
- Anchos de banda de resolución: de 1HZ a 3 MHz
- Rango dinámico: 185 dB.
- Nivel promedio de ruido mostrado (DANL<sup>10</sup>): -155 dBm.
- Aproximadamente 50 mediciones por segundo.
- Potencia máxima de entrada: 1W.

Presenta las siguientes personalizaciones disponibles:

- Mediciones para análisis de modulación.
- Personalización para mediciones de tecnologías GSM/EDGE/GPRS.
- Personalización para análisis de CDMA2000.
- Personalización para CDMA2000 1x EV-DO.
- Personalización para CDMA2000 1x EV-DV.
- Personalización para WCDMA.
- Personalización para CDMAone.

**Analizador de Espectros E4404B.** También de marca Agilent Technologies, pertenece a la serie de analizadores de espectros ESA-E con las siguientes prestaciones:

- Rango de frecuencias: 100 Hz a 6.7 GHz.
- Anchos de banda de resolución: de 1HZ a 5 MHz.
- Rango dinámico: 108 dB.
- Nivel promedio de ruido mostrado (DANL): -150 dBm.
- Aproximadamente 40 mediciones por segundo.
- Potencia máxima de entrada: 1W.

Ofrece personalizaciones destinadas al análisis de:

- Mediciones para análisis de modulación.
- Personalización para mediciones de tecnologías GSM/EDGE/GPRS.

---

<sup>10</sup> DANL por las siglas en ingles de Display Average Noise Level, corresponde al promedio de valores RMS de un espectro de frecuencia.

- Personalización para análisis de CDMAone.
- Personalización para el análisis de Bluetooth.

**Analizador de Espectros FSH6.** Analizador marca Rohde & Schwarz, correspondiente a la serie FSH y cuyas principales características son las siguientes:

- Rango de frecuencias: 100 kHz a 6 GHz.
- Anchos de banda de resolución: de 100 HZ a 1 MHz.
- Rango dinámico: 66 dB.
- Nivel promedio de ruido mostrado (DANL): -135 dBm.
- Aproximadamente 30 mediciones por segundo.
- Potencia máxima de entrada: 1W.

**Analizador de Espectros FSP7.** Este analizador de espectros de marca Rohde & Schwarz pertenece a los analizadores de propósito general de la serie FSP, y tiene las siguientes características:

- Rango de frecuencias: 100 kHz a 7 GHz.
- Anchos de banda de resolución: de 1 HZ a 10 MHz.
- Rango dinámico: 120 dB.
- Nivel promedio de ruido mostrado (DANL): -155 dBm.
- Aproximadamente 80 mediciones por segundo.
- Potencia máxima de entrada: 1W.

Presenta además personalizaciones que lo habilitan para analizar aspectos tales como:

- Mediciones para GSM/EDGE.
- CDMA 2000 para estaciones bases.
- CDMA 2000 para estaciones móviles.
- CDMA 2000 1x EV-DO para estaciones bases.
- CDMA 2000 1x EV-DO para estaciones móviles.
- Bluetooth.
- Mediciones de Ruido.
- Transmisiones de WLAN 802.11a .



Características	Equipos			
	E4443A	E4404B	FSP7	FSH6
Rango de frecuencias	3Hz – 6.7GHz	100Hz – 6.7GHz	9KHz – 7GHz	100KHz – 6GHz
Anchos de banda de resolución	1Hz a 3MHz	1Hz a 5MHz	1Hz a 10MHz	100Hz a 1MHz
Rango dinámico	185 dB	108 dB	120 dB	66 dB
DANL	-155 dBm	-150 dBm	-155 dBm	-135 dBm

Tabla. VI.1 Principales características de los analizadores de espectros en comparación

### Medidor de Potencia

Al igual que en caso de los analizadores de espectros, presentaremos cuatro posibilidades en cuanto a medidores de potencia se refiere, pertenecientes estos equipos a las marcas Agilent Technologies y Rohde& Schwarz.

**Medidor de Potencia E4418A.** De fabricación Agilent Technologies, pertenece a la serie de medidores de potencia EMP y tiene las siguientes características:

- Rango de frecuencias: 9 kHz – 110 GHz.
- Rango de Potencias: -70 dBm a 44 dBm.
- Unidades:
  - ◆ Absolutas: W o dBm.
  - ◆ Relativas: % o dB.
- Visualización: numérica.

**Medidor de Potencia E4416A.** Medidor de potencia marca Agilent Technologies correspondiente a la serie de equipos EMP-P cuyas características principales son:

- Rango de frecuencias: 9 kHz – 110 GHz.
- Rango de Potencias: -70 dBm a 44 dBm.
- Unidades:
  - ◆ Absolutas: W o dBm.
  - ◆ Relativas: % o dB.

- Visualización: numérica y gráfica.

**Medidor de Potencia NRP.** Medidor de potencia marca Rohde & Schwarz, tiene las siguientes características principales:

- Rango de frecuencias: 10 MHz – 8 GHz.
- Rango de Potencias: -67 dBm a 45 dBm.
- Unidades:
  - ◆ Absolutas: W, dBm o dB $\mu$ V.
  - ◆ Relativas: %o dB.
- Visualización: numérica.

**Medidor de Potencia NRVS.** Medidor marca Rohde & Schwarz con las siguientes características:

- Rango de frecuencias: 0Hz – 40 GHz.
- Rango de Potencias: -70 dBm a 45 dBm.
- Unidades:
  - ◆ Absolutas: W, dBm, V o dB $\mu$ V.
  - ◆ Relativas: dB, % W, % V .
- Visualización: numérica.

Características	Equipos			
	E4418A	E4416A	NRP	NRVS
Rango de frecuencias	9KHz – 110GHz	9KHz – 110GHz	10MHz – 8GHz	0Hz – 40GHz
Rango de Potencias	-70 a 44 dBm	-70 a 44 dBm	-67 a 45 dBm	-70 a 45 dBm

**Tabla. VL2 Características relevantes de los equipos medidores de potencia**

### **Medidor de intensidad de Campo Eléctrico**

Los medidores de intensidad de campo eléctrico constituyen instrumentos que, además de relacionarse con equipos de telecomunicaciones cumplen un papel muy importante en lo que a mediciones de emanaciones electromagnéticas en el ambiente se refiere, producidas estas por una gama muy amplia de artefactos que nada tienen que ver con las telecomunicaciones. Para nuestro efecto hemos escogido dos fabricantes dedicados específicamente a instrumentos de medición de campos electromagnéticos siendo estos, PMM y Holiday Industries, con un equipo cada una.

**Medidor de Intensidad de Campo Eléctrico PMM 8053A.** Instrumento de reducidas dimensiones capaz de medir tanto campos eléctricos como magnéticos, destinado a la medición de contaminación electromagnética producida por fuentes artificiales. Este equipo cuenta con las siguientes características:

- Rango de frecuencias: 5 Hz – 40 GHz.
- Rango operativo: 0.03 V/m- 100 kV/m.
- Resolución: 0.01 a 100 V/m.
- Unidades: V/m, kV/m,  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $\text{mW}/\text{cm}^2$ ,  $\text{W}/\text{m}^2$ , A/m, nT,  $\mu\text{T}$ , mT.
- Visualización numérica y gráfica por coordenadas.

**Medidor de Intensidad de Campo Eléctrico HI-4460.** Al igual que el instrumento anterior, entre las aplicaciones de este medidor de intensidad de campo eléctrico se cuentan, además de las relacionadas con las telecomunicaciones, mediciones de ambientes industriales seguros, emisiones por parte de las líneas de alta tensión, entre otras. El HI-4460 tiene las siguientes características:

- Rango de frecuencias: 5 Hz – 40 GHz.
- Rango operativo: 0.03 V/m- 100 kV/m.
- Unidades: V/m,  $\text{V}^2/\text{m}^2$ , A/m,  $\text{A}^2/\text{m}^2$ .
- Visualización numérica y gráfica por coordenadas.

Características	Equipos	
	E4418A	E4416A
<b>Rango de frecuencias</b>	5 Hz – 40 GHz	5KHz – 40 GHz
<b>Rango Operativo</b>	0.03 V/m – 100 Kv/m	0.03 V/m – 1000 V/m

Tabla. VL3 Principales Características de los MICE

### Analizador de Bluetooth y WLAN

Dentro del ámbito de las compañías dedicadas a la fabricación de equipos de medición, existe una amplia gama de modelos destinados a la comprobación de las características correspondientes a las tecnologías inalámbricas. Al igual que en los casos anteriores presentaremos algunas opciones de equipos que podrían estar en capacidad de incluirse en nuestro laboratorio de homologación.

**Probador de Bluetooth R4870.** Este equipo pertenece a la gama de productos de Rohde & Schwarz, es un equipo diseñado específicamente para la calificación de módulos y equipos que trabajen con Bluetooth exclusivamente. El proceso de verificación que este equipo realiza establece tanto pruebas de transmisión como de recepción permitiendo de esta forma analizar aspectos tales como:

- Para el caso de transmisión:
  - ◆ Potencia de salida.
  - ◆ Características de modulación.
  - ◆ Saltos de la frecuencia de portadora.
  - ◆ Señalización.
- Para el caso de recepción:
  - ◆ Sensibilidad.
  - ◆ Nivel máximo de entrada
  - ◆ Señalización.

Desde el punto de vista de las especificaciones técnicas de este equipo veremos que este cumple con lo siguiente:

- Rango de frecuencias: 2402 – 2480 MHz tanto para pruebas de recepción como de transmisión.
- Rango de potencia: -15 a 23 dBm para pruebas de transmisión; -85 a -13 dBm para pruebas de recepción.
- Precisión:  $\pm 1.2$  dBm tanto para pruebas de transmisión como de recepción.

**Analizador de WLAN MT8860A.** Este equipo pertenece a la empresa Anritsu y es un instrumento dedicado de pruebas dedicado al análisis de los equipos WLAN que trabajan en las bandas de frecuencias ISM. Este equipo debe trabajar en conjunto con un computador al cual será conectado el MT860A. Dentro del proceso que realiza este analizador de WLAN existen pruebas tanto de transmisión como de recepción entre las cuales se cuentan:

- Mediciones de transmisión:
  - ◆ Frecuencia de portadora.
  - ◆ Potencia de transmisión.
  - ◆ Control de potencia.
- Mediciones de recepción:
  - ◆ Sensibilidad.
  - ◆ Saturación de receptor (máxima potencia de entrada).
  - ◆ Rechazo de canal adyacente y no adyacente.

Además, debemos ahora analizar las especificaciones técnicas de este equipo las cuales son las siguientes:

- Rango de frecuencias: Bandas ISM.
- Rango de potencia de salida: -100 dBm a 0 dBm.
- Máxima potencia de entrada: 30 dBm.
- Precisión:  $\pm 1$  dB.
- Resolución: 0.5 dB.

**Analizador de Bluetooth y WLAN N4010A.** Este equipo corresponde a Agilent Technologies, inicialmente constituye un comprobador y analizador de equipos que trabajan bajo la tecnología Bluetooth mas cuenta con una opción bajo la cual al adquirir un programa con el mismo equipo se estará en capacidad de analizar las tecnologías de WLAN.

Dentro de las pruebas que a la tecnología Bluetooth se refiere, este equipo establece un conjunto de mediciones tanto desde el punto de vista de recepción como de transmisión entre las cuales se cuentan las siguientes:

- Potencia de salida.
- Control de potencia.
- Características de modulación.
- Saltos de frecuencia de portadora.
- Sensibilidad.
- Nivel máximo de entrada.
- Señalización.

Ahora, al incluir la opción correspondiente a tecnologías de WLAN vemos que este equipo estará en capacidad de realizar pruebas de transmisión principalmente orientadas a determinar el comportamiento a nivel de capa física de los dispositivos. Para este fin se llevan a cabo pruebas tales como:

- Potencia transmitida.
- Tolerancia de frecuencia central transmitida.
- Precisión de modulación transmitida.
- Mascara espectral transmitida.

Además, debemos analizar las especificaciones técnicas correspondientes al N4010A, las cuales son:

- Rango de frecuencias: Bandas ISM.
- Rango de potencia: potencia de salida de 0 a  $-90\text{dBm}$ ; potencia de entrada de 23 a  $-70\text{ dBm}$ .
- Precisión:  $\pm 0.6\text{ dB}$

### **Analizador de CDMA**

Dentro de la gama de equipos destinados a la verificación de las características de equipos celulares y específicamente dentro de los equipos correspondientes a Agilent Technologies, existe un equipo en particular que presenta un conjunto de prestaciones que lo hacen ideal para los objetivos que perseguimos con el diseño del laboratorio de homologación.

**Analizador de CDMA E5515C.** Este equipo constituye la base de hardware para los conjuntos de pruebas para comunicaciones inalámbricas 8960. Estos conjuntos de pruebas constituyen un grupo de aplicaciones de prueba y aplicaciones de laboratorio. Las aplicaciones de prueba proveen la capacidad de pruebas paramétricas mientras que las aplicaciones de laboratorio añaden funcionalidad de señalización.

Los equipos destinados a realizar mediciones basan sus características en un conjunto de opciones que se determinan al momento de realizar la compra del equipo, es de esta forma que en el caso del E5515C dichas opciones especifican tanto las aplicaciones de prueba como las aplicaciones de laboratorio disponibles, además de las características de soporte, documentación entre otras.

El conjunto de pruebas 8960 presenta un conjunto de programas administradores de pruebas inalámbricas, mismos que trabajan bajo plataforma de Windows. Cada tecnología que el sistema de pruebas 8960 está en capacidad de verificar tiene su propio administrador de pruebas, facilitando de esta forma un manejo más fácil del E5515C.

Como ya se dijo, cada una de las opciones del E5515C determina las aplicaciones de prueba y las aplicaciones de laboratorio que estarán disponibles en nuestro equipo, y dichas aplicaciones son las que determinan las tecnologías que nuestro equipo estará en capacidad de analizar, es por esto que en la **Tabla. VI.4** se muestran las tecnologías con las que el equipo puede trabajar acompañado de las opciones que se requieren para habilitar dichas características.

<b>FORMATOS DE TECNOLOGIAS INALÁMBRICAS</b>		<b>OPCIÓN</b>
<b>Formatos para aplicaciones de prueba</b>	AMPS/136 (TDMA)	E1961A
	CDMA2000/IS-95/AMPS	E1962B
	W-CDMA	E1963A
	1xEV-DO	E1966A
	GSM	E1968A-101
	GPRS	E1968A-102
	EGPRS	E1968A-103
	GSM and GPRS	E1968A-201
	GSM, GPRS, and EGPRS	E1968A-202
	Aplicación de prueba de conmutación rápida GSM/GPRS/AMPS/136_W-CDMA; GSM/GPRS CDMA2000/95/AMPS; y cdma2000/AMPS 1xEV-DO	E1985D con -E1985B -E1985C -E1985E
	Juego de Aplicaciones de prueba	E1991B
<b>Formatos para aplicaciones de laboratorio</b>	GSM/GPRS	E6701C
	CDMA2000	E6702B
	W-CDMA	E6703B
	EGPRS	E6704A
	Aplicación de laboratorio de conmutación rápida GSM/GPRS_W-CDMA	E6785B
	Juego de aplicaciones de laboratorio	E6719A

**Tabla. VI.4** Tecnologías con las que trabaja el E5515C

Dentro de la **Tabla. VI.4** se especifican tanto juegos de aplicaciones de prueba como de aplicaciones de laboratorio en ambos casos constituyen aplicaciones que están destinadas a varias tecnologías, así en el caso de las aplicaciones de prueba se refieren a CDMA2000, 1xEV-DO, IS-95, W-CDMA, GSM, GPRS, EGPRS, 136 (TDMA), and AMPS; mientras que el juego de aplicaciones de laboratorio se refiere a: CDMA2000, W-CDMA, GSM, and GPRS.



## CAPÍTULO VII

### PRESUPUESTO REFERENCIAL

Una vez analizados los diversos modelos de equipos de mediciones que hemos considerado apropiados para integrar nuestro laboratorio, consideramos conveniente el establecer un presupuesto referencial por medio del cual pretendemos tener una idea aproximada del monto que debería invertirse en caso de ser llevado a la práctica el laboratorio que estamos planteando. Con este objetivo hemos realizado una cotización en base a los equipos a los cuales consideramos que están en mejores condiciones para conformar nuestro laboratorio.

En el caso del analizador de espectros hemos escogido al equipo marca Agilent modelo E4443A, ya que constituye el equipo que además de cumplir con las especificaciones más básicas que se planteó, presenta una variedad muy amplia de personalizaciones con lo que se vuelve un equipo muy funcional. Cabe recalcar que el equipo marca Rohde & Schwarz modelo FSP7 es también una opción válida.

Por otro lado, en lo que se refiere al medidor de potencia hemos considerado apropiado escoger el equipo Agilent E4418B, ya que este equipo presenta una amplia gama de sensores con los cuales es compatible dándole gran versatilidad a este equipo.

En lo que se refiere al medidor de intensidad de campo eléctrico dentro de la referencia económica que se presentará más adelante hemos escogido al equipo PMM 8053A ya que este, al igual que el equipo medidor de potencia escogido, presenta entre sus especificaciones gran cantidad de sensores con los cuales es compatible facilitando de esta manera un desempeño más eficaz del equipo de acuerdo a nuestras necesidades.

En cuanto al equipo destinado a verificar las tecnologías inalámbricas Bluetooth y WLAN, consideramos muy importante el hecho de que el equipo N4010A de Agilent presenta la ventaja de concentrar en un mismo equipo las características necesarias para hacer una evaluación apropiada de dichas tecnologías.

Finalmente, en la **Tabla. VII.1** se presenta el presupuesto referencia correspondiente a un laboratorio de homologación, cabe recalcar que los precios presentados están sujetos a cambios pero presentan una aceptable aproximación a los valores reales.

Item	Marca	Modelo	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
Analizador de Espectros	Agilent	E4443A	46.456	1	46.456
Medidor de Potencia	Agilent	E4418B	3.330	1	3.330
Medidor de Intensidad de campo Eléctrico	PMM	8053A	3.000	1	3.000
Analizador de CDMA	Agilent	E5515C	44.123	1	44.123
Analizador de WLAN y Bluetooth	Agilent	N4010A	40.000 <sup>11</sup>	1	40.000
<b>Total</b>					<b>136.909</b>

**Tabla. VII.1 Presupuesto referencial para un laboratorio de homologación**

<sup>11</sup> Precio estimado por reciente salida al mercado.

## CAPÍTULO VIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- Mediante la elaboración de este documento se ha logrado resaltar la importancia de un proceso de homologación técnica para los equipos terminales de espectro ensanchado, todo esto basado en el estudio de las leyes, reglamentos y normas de nuestro país, los cuales ponderan la necesidad de dicho proceso y establecen tanto las características del mismo como los responsables de llevarlo a cabo.
- Se ha logrado, además, establecer en este documento una guía de los parámetros a ser verificados en un proceso de homologación de equipos que trabajan bajo las técnicas de espectro ensanchado, así como también de los equipos que se consideran indispensables para este fin. Constituyendo este documento una guía para la realización de un proceso de homologación técnica de equipos terminales de espectro ensanchado, cumpliendo de esta forma su objetivo original.
- Se ha desarrollado un análisis de la forma en la que se realiza el proceso de homologación de equipos de espectro ensanchado hoy en día, lo cual permitió determinar que dicho proceso falta en algunos aspectos a las características determinadas para este en las leyes, reglamentos y normas competentes.
- Del estudio de los diferentes reglamentos que rigen los procesos de homologación se ha logrado establecer que, dicha normativa deja abierta la posibilidad de formar empresas cuyo ámbito de acción sea la realización de las pruebas que componen la parte técnica de la homologación de equipos de telecomunicaciones. Esto quiere decir que la realización de un proceso técnico de homologación puede dar lugar a un nuevo negocio en el sector de las telecomunicaciones, cuyo único requisito es la obtención de

una certificación por parte de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones con la cual se estará en capacidad de cumplir con dicha labor.

- Con el fin de llevar a la práctica la presente propuesta se ha visto la necesidad de que el Consejo Nacional de Telecomunicaciones extienda una resolución, por medio de la cual se realice una reestructuración del proceso de homologación de equipos terminales de espectro ensanchado. Todo esto con el fin de que las entidades abarquen sus respectivas obligaciones facilitando de esta forma la implementación del laboratorio de homologación y una posible expansión del mismo.
- A lo largo del estudio de los modelos y marcas de equipos que se encuentran en capacidad de conformar el laboratorio de homologación, se encontraron una gran cantidad y variedad de los mismos, razón esta por la cual se concluyó que ninguno de los equipos que planteamos constituye ni la mejor, ni la única opción.

### **Recomendaciones**

- Salta a la vista la necesidad de que las características del laboratorio de homologación sean extendidas a otras tecnologías, de tal forma que abarque a todos los equipos de telecomunicaciones que tengan que ser homologados. Buscando así que todos los procesos de homologación que se realicen en nuestro país sean técnicamente realizados y también que se realicen en un mismo laboratorio haciendo a nuestro laboratorio económicamente más factible y realizable.
- Considero importante que se actualicen y complementen las normas técnicas existentes para las tecnologías basadas en espectro ensanchado, ya que algunas de estas normas abarcan versiones anteriores de dichas tecnologías dificultando en algunos casos el proceso de homologación de los equipos más modernos.
- Se debe realizar un proceso de capacitación de las personas que estarán a cargo de las pruebas de homologación. Capacitación esta que deberá comprender tanto las características de los equipos como las características de las diversas tecnologías que

---

podrían presentarse, puesto que el conocimiento de las características de las mismas harán mas fácil el desarrollo de dichas pruebas.

- Antes de realizar la compra o selección de cualquier equipo destinado a integrar un laboratorio de homologación, es muy recomendable realizar una investigación más extensa de los equipos existentes en el mercado, puesto que de esta forma se asegurará que los equipos escogidos sean los que más nos convengan.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SKLAR, Bernard, *Digital Communications Fundamentals and Applications*, segunda edición, Prentice Hall PTR, New Jersey octubre 2001, pp. 712 – 795.
- LEÓN – GRACÍA, Alberto, *Redes de Comunicaciones conceptos fundamentales y arquitecturas básicas*, primera edición, McGraw Hill, Madrid 2002, pp. 366 – 382.
- RAPPAPORT, Theodore, *Gíreles Communications*, primera edición, Prentice Hall PTR, New Jersey 1996, pp. 274 – 293.
- ANDRADE, David, *Antenas*, primera parte, pp.10, 11.
  
- [www.conatel.gov.ec](http://www.conatel.gov.ec), Bases jurídicas del sector de las telecomunicaciones.
- [www.supertel.gov.ec](http://www.supertel.gov.ec), Reglamento para la homologación de equipos terminales de telecomunicaciones.
- [www.ericsson.com](http://www.ericsson.com), CDMA sus características y sus diferentes estándares.
- [www.monografias.com](http://www.monografias.com) , Tecnología CDMA.
- <http://member.tripod.com>, Code Division Multiple Access 2000.
- [www.wifi.org](http://www.wifi.org), WiFi y sus características.
- [www.eveliux.com](http://www.eveliux.com), El ABC de las redes inalámbricas.
- [www.eveliux.com](http://www.eveliux.com), Estándares WLAN.
- [www.baquia.com](http://www.baquia.com), WiFi, el estándar inalámbrico.
- [www.mipcdebolsillo.com](http://www.mipcdebolsillo.com), iniciación a las redes WiFi.
- [www.michagent.org](http://www.michagent.org), Gíreles Networking.
- [www.networkdictionary.com](http://www.networkdictionary.com), IEEE 802.16: Broadband Wireless MAN Standard (WiMAX).
- [www.ieee802.org/16](http://www.ieee802.org/16), WiMAX.
- [www.mastermagazine.info](http://www.mastermagazine.info), Entrevista a Mohammed Shakouri vicepresidente de WiMAX Forum.
- [www.zonablutooth.com](http://www.zonablutooth.com), Qué es Bluetooth?.
- [www.monografias.com](http://www.monografias.com), Bluetooth: Estándar para la conexión sin cables.
- [www.eveliux.com](http://www.eveliux.com), Bluetooth afila sus dientes.

- [www.baquia.com](http://www.baquia.com), Bluetooth: la próxima revolución.
- [www.sss.mag.com](http://www.sss.mag.com), The ABCs of Spread Spectrum.
- [www.agilent.com](http://www.agilent.com), Equipos de prueba.
- [www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com), Equipos de prueba.
- [www.pmm.it](http://www.pmm.it), Medidor de intensidad de campo eléctrico.
- [www.ets-lindgren.com](http://www.ets-lindgren.com), Holaday medidores de intensidad de campo eléctrico.
- [www.auritsu.com](http://www.auritsu.com), equipos de prueba.

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1**

#### **MODELOS DE CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN Y ETIQUETA DE HOMOLOGACIÓN**



**CERTIFICADO PROVISIONAL DE HOMOLOGACIÓN  
DE EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES  
CON TECNOLOGÍA DE ESPECTRO ENSANCHADO  
(DE GRAN ALCANCE)**

**No. SNT-EE-2004-001**

La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, de conformidad con lo dispuesto en el Art. 14 de la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado, expedida por el CONATEL con Resolución 538-20-CONATEL-2000 del 31 de Octubre del 2000, publicada en el Registro Oficial No. 215 del 30 de Noviembre del 2000, otorga el siguiente CERTIFICADO PROVISIONAL DE HOMOLOGACIÓN, contando para el efecto previamente con la Solicitud No. 001 y con la copia del certificado FCC ( Federal Communications Commission ) cuyo FCC IDENTIFIER es: LFO-WR2411.

Cabe señalar que la Homologación se realizó a base de la copia del certificado de la FCC de acuerdo al literal b) del Art. 14 de la Norma para la Implementación y Operación de Sistemas de Espectro Ensanchado.

Las características y especificaciones técnicas del presente Certificado son las siguientes:

<b>PERSONA NATURAL O RAZÓN SOCIAL:</b>	<b>HUMBERTO AIMACAÑA SANGUCHO</b>
<b>IDENTIFICACIÓN FISCAL (RUC / CI):</b>	<b>1707610992001 / 170761099-2</b>
<b>NOMBRE DEL REPRESENTANTE LEGAL:</b>	<b>----</b>
<b>DIRECCIÓN:</b>	<b>AV. COLOMBIA 1175 Y TARQUI</b>
<b>CIUDAD:</b>	<b>QUITO</b>
<b>TELÉFONO:</b>	<b>593 2 2525281</b>
<b>FAX:</b>	<b>593 2 2525281</b>
<b>NOMBRE COMERCIAL:</b>	<b>WIRELESS ETHERNET BRIDGE</b>
<b>MARCA:</b>	<b>WILAN</b>
<b>MODELO:</b>	<b>VIP 110-24</b>
<b>TIPO DE TRÁMITE:</b>	<b>INDIVIDUAL</b>
<b>FABRICACIÓN:</b>	<b>CANADA</b>
<b>TECNOLOGÍA:</b>	<b>DIRECT SEQUENCE SPREAD SPECTRUM</b>
<b>MÁXIMA POTENCIA DE SALIDA:</b>	<b>200 mW</b>
<b>RANGO DE FRECUENCIA (MHz):</b>	<b>2410 – 2462</b>
<b>FCC RULE PARTS:</b>	<b>15C</b>

Este certificado no constituye un título habilitante (concesión o permiso) para operar servicios de telecomunicaciones.

Quito, a 14 de Enero de 2004

Ing. Sandino Torres Rites  
SECRETARIO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

Ing. Carlos V. Rodríguez R.  
DIRECTOR DGGST

Ing. Rómulo Guerrero  
DGGST

Ing. Francisco Negrete Terán  
DGGST

### Etiqueta original



### Modelo de etiqueta

Marcar de equipo	
Número de serie	
FCC ID	
	ESPECTRO ENSANCHADO
	Número      fecha
	De etiqueta

**ANEXO 2**  
**MODELO DE FORMULARIO DE HOMOLOGACIÓN**

**DIRECCION GENERAL DE GESTION  
DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES  
SOLICITUD PARA HOMOLOGACION DE EQUIPOS QUE UTILIZAN TECNOLOGIA  
DE ESPECTRO ENSANCHADO**

Quito, a .....de .....del.....

Señor(a) Ingeniero(a)  
**DIRECTOR(A) GENERAL DE GESTION  
DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES**  
Presente

Yo,.....por mis propios derechos y en calidad de representante legal de la firma.....solicito se me extienda el Certificado de Homologación del equipo cuyas características y especificaciones se detallan en el anexo adjunto y que básicamente son las siguientes:

MARCA: .....  
MODELO: .....  
FCC-ID: .....  
TIPO DE TRAMITE (IMPORTACION/INDIVIDUAL): .....

Para lo cual estoy adjuntando toda la documentación requerida para el efecto:

- Manuales Técnicos.
- Certificado de Características Técnicas; (solo para equipos de gran alcance).
- Constitución de la Compañía.
- RUC / CI
- Nombramiento del representante legal.
- Fotocopia de la cédula de identidad, (del representante legal para el caso de ser compañía).

Domicilio: .....  
Teléfono y Fax:.....  
Dirección electrónica:.....

Declaro que la información suministrada es fidedigna y que me someto a las disposiciones emitidas para el efecto por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones:

.....  
Firma del solicitante

## ANEXO HOMOLOGACION DE EQUIPOS CON TECNOLOGIA DE ESPECTRO ENSANCHADO

REFERENCIA DE PAISES DONDE SE ENCUENTRE OPERANDO EQUIPOS SIMILARES:

### OBJETOS DE LA SOLICITUD

- Homologar un equipo nuevo
- Homologar equipo vuelto a presentar
- Homologar identificación del equipo
- Homologar cambio de identificación
- Cambios en el Certificado de Homologación
- Renovación del Certificado de Homologación
- Otros, especificar.

### DOCUMENTACIÓN ADJUNTA

- Manual Descriptivo
- Manual de instalación
- Manual de operación y mantenimiento
- Especificaciones técnicas
- Resultados de las pruebas en fábrica o en la institución internacional en donde haya sido homologado el equipo.
- Documentos de importación.
- Otras, especificar.

### MUESTRAS DISPONIBLES

MARCA:  
MODELO:  
TIPO:  
CANTIDAD:

### ACCESORIOS:

GARANTIA TECNICA Y ANTENIMIENTO.....  
DURACIÓN DE LA GARANTIA TECNICA.....  
TIPO DE GARANTIA QUE OFRECE.....  
DURACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS.....  
DISPONE DE UN CENTRO DE MANTENIMIENTO.....  
DESCRIPCION DEL CENTRO DE MANTENIMIENTO O  
LABORATORIO.....

**DATOS DEL EQUIPO**

**DATOS DE LA EMPRESA:**

NOMBRE DE LA EMPRESA:

DIRECCIÓN:

CIUDAD:

PAIS:

APARTADO DE CORREO:

TELEFONO:

FAX:

**IDENTIFICACION DEL EQUIPO:**

NOMBRE COMERCIAL :

MARCA:

MODELO:

PAIS DE FABRICACIÓN (ENSAMBLAJE):

DESCRIPCIÓN, APLICACIÓN Y USO DEL EQUIPO:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

NORMA NACIONAL O INTERNACIONAL A LA CUAL ESTA SUJETO EL EQUIPO (DEBE ADJUNTAR UNA CERTIFICACIÓN DE UN ORGANISMO REGULADOR)

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. II.1. Codificación de una señal mediante DS-SS .....	4
Figura. II.2. Contexto gráfico de FH-SS (a) asignación de canal (b) uso de canal .....	5
Figura. II.3. Definición de canal el Bluetooth .....	12
Figura. II.4 Estándares Inalámbricos Globales .....	16
Figura. II.5. Multiplexación por división de Código .....	17
Figura. II.6. Señal a la entrada de un receptor DS/CDMA .....	20
Figura. II.7. Señal recibida después de la correlación.....	20
Figura. II.8. Asignación de canales en IS-95 e IS-2000 .....	23
Figura. V.1 Representación gráfica del vector error.....	42
Figura. V.2 en el dominio de código en orden de código de Hadamard .....	48
Figura. V.3 Potencia en el dominio de código en orden de código de bit inverso .....	49
Figura. V.4 Señal Proveniente de una Redio base en el dominio de código .....	49
Figura. V.5 Señal GSM en el dominio de la frecuencia y formas de onda I/Q. ....	50

---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. II.1. Estándares para redes inalámbricas .....	7
Tabla. II.2. Principales características de los estándares 802.11a, 802.11b y 802.11g.....	9
Tabla. II.3. Características técnicas de Bluetooth.....	14
Tabla. II.4 Cuadro Comparativo entre WiMAX, WLAN y Bluetooth.....	15
Tabla. II.5. Características técnicas de IS-95 .....	22
Tabla. IV.1 Límites de intensidad de campo eléctrico .....	37
Tabla. V.1 Mediciones para CDMA y parámetros obtenidos. ....	47
Tabla. V.2 Mediciones para GSM y parámetros obtenidos. ....	52
Tabla. VI.1 Principales características de los analizadores de espectros en comparación..	58
Tabla. VI.2 Características relevantes de los equipos medidores de potencia .....	59
Tabla. VI.3 Principales Características de los MICE.....	61
Tabla. VI.4 Tecnologías con las que trabaja el E5515C.....	65
Tabla. VII.1 Presupuesto referencial para un laboratorio de homologación.....	67



---

## GLOSARIO

- **IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- **ETSI:** European Telecommunications Standards Institute.
- **IrDA:** IrDA, son las siglas que corresponden a la asociación de datos por infrarrojos, fundada en 1993 por la industria para el desarrollo de estándares de software y hardware que permitiesen la transferencia de datos entre dos dispositivos mediante infrarrojos. En la actualidad, hay más de cien firmas en esta organización.
- **DECT:** Estándar que define una tecnología de acceso por radio para comunicaciones inalámbricas. Conceptualmente, da lugar a sistemas de comunicaciones sin hilos full-dúplex similares a los celulares que son ya ampliamente conocidos, estando la principal diferencia en que DECT está optimizado para coberturas locales o restringidas con alta densidad de tráfico.
- **Roaming:** Tecnología que permite que el usuario de un teléfono móvil pueda utilizarlo en una red celular fuera de la cobertura de la red a la que pertenece, permitiendo así hacer y recibir llamadas, por ejemplo, desde un país a otro. El término roaming significa callejeo o vagabundeo y sólo es posible si hay un acuerdo entre operadores de redes de telefonía móvil
- **ISM:** Industrial, Scientific and Medical.
- **Piconet:** Concepto perteneciente a la tecnología Bluetooth correspondiente a redes en una topología donde un dispositivo hace las veces de maestro y hasta siete más operan como esclavos.

- 
- **AMPS:** Siglas de Advance Mobile Phone System. Red analógica utilizada en Estados Unidos, América Latina, Australia y Nueva Zelanda y ciertas zonas de Rusia y del Pacífico Asiático
  - **Handoff:** Proceso de transferencia de una estación móvil o equipo terminal de un canal o estación base a otra.
  - **3G:** La UIT define una red de tercera generación como aquella que brinda, entre otras capacidades, mejoras en la capacidad del sistema y la eficiencia espectral respecto a los sistemas de segunda generación. Estas redes soportan servicios de datos a velocidades de por lo menos 144 kbps en ambientes móviles y por lo menos 2 Mbps en ambientes fijos.
  - **IMT-2000:** International Mobile Telecommunications 2000, según la UIT es un estándar que constituye un conjunto de normas de dominio público. Estas normas se refieren a la alta calidad de servicio en cuanto a voz, servicios adicionales, velocidades de datos mayores, estamos hablando de llegar hasta 2 Mb/s, y otro elemento importante es el roaming o itinerancia global. En resumen, son tres aspectos, la alta calidad, velocidad de transmisión mayor e itinerancia.
  - **Radiador Isotrópico:** Radiador ficticio sin pérdidas que irradia energía uniformemente en todas las direcciones.
  - **Antena Omnidireccional:** Antena que irradia igual cantidad de potencia en todas las direcciones.
  - **Homologación:** Homologar es medir, verificar y certificar el valor de cada parámetro de las especificaciones técnicas de un equipo o sistema y su cabal cumplimiento con las regulaciones y normas relacionadas con su comercialización, instalación, operación y mantenimiento, así como su influencia en otros equipos o sistemas y en sus usuarios.
  - **Persona Natural:** Se consideran personas naturales a todos los individuos de la especie humana, cualesquiera que sean su edad, sexo o condición y se dividen en ecuatorianos y extranjeros.

- **Persona Jurídica:** Se llama persona jurídica a una persona ficticia, capaz de ejercer derechos y contraer obligaciones civiles, y de ser representada judicial y extrajudicialmente. Existen dos especies de personas jurídicas: corporaciones y fundaciones de beneficencia pública.
  
- **FCC-ID:** Identificación única proporcionada por la Federal Communications Commission a todos los equipos certificados.
  
- **DANL:** Por las siglas en inglés de Display Average Noise Level, corresponde al promedio de valores RMS de un espectro de frecuencia.

## ÍNDICE DE DATA SHEETS

### Analizadores de espectros:

- Agilent PSA E4443A.....86
- Agilent ESA-E E4404B.....88
- Rohde & Schwartz FSH 6.....91
- Rohde & Schwartz FSP 7.....93

### Medidores de potencia:

- Agilent EPM E4418B.....95
- Agilent EPM-P E4416A.....97
- Rohde & Schwartz NRP.....99
- Rohde & Schwartz NRVS.....101

### Medidores de intensidad de campo eléctrico

- PMM 8053A.....103
- HI 4460.....105

### Analizadores de WLAN

- Rohde & Schwartz Bluetooth R4870.....107
- Anritsu WLAN MT8860A.....109
- Agilent N4010A WLAN y Bluetooth.....112

Comprobador de CDMA E5515C.....114