

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN INGENIERÍA
ELECTRÓNICA

**“Diseño de un laboratorio para la homologación de
equipos terminales móviles (celulares), manual de
procedimiento y registro de datos técnicos”**

AUTOR:

CARLOS ALBERTO PADILLA ALMEIDA

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2006

CERTIFICACIÓN

Sangolquí,

Quienes al pie de la presente firmamos, damos fe y testimonio que el proyecto de grado, previo a la obtención del título en Ingeniería Electrónica, titulado como: Diseño de un laboratorio para la homologación de equipos terminales móviles (celulares), manual de procedimiento y registro de datos técnicos, fue desarrollado íntegramente por el señor Carlos Alberto Padilla Almeida, bajo nuestra dirección y tutela.

Certificando lo antepuesto para su uso de la manera que se creyere conveniente, nos suscribimos,

Atentamente,

Ing. Rodrigo Silva

DIRECTOR

Ing. Fabián Sáenz

CODIRECTOR

¿Qué sería de la vida

Si no tuviéramos

El valor para

Intentar algo nuevo?

Vincent Van Gogh

Si conseguir uno De tus sueños

No fue terriblemente difícil,

Lo hiciste mal.

CP

Agradecimientos

A mis padres Germánico y Myriam, quienes incondicionalmente me dieron su apoyo durante toda la carrera, en innumerables ocasiones muy generosamente nos abrieron las puertas a mí y a mis compañeros y amigos para que realizáramos nuestros trabajos y a pesar de cualquier circunstancia siempre mostraron una sonrisa.

Al Ing. Milton Ludeña, quien sin pedir nada a cambio supo guiar los primeros pasos de este proyecto y darle la concepción de una oportunidad y no una carga o un simple requisito para obtener un título.

A la Ing. Aleczandra Villavicencio, quien más que una guía desinteresada se convirtió en una entrañable amiga y consejera.

Al Ing. Pablo Bauz, quien fue un soporte fundamental para tener una clara concepción del medio en el que se desarrolló este estudio y quien, con su don de gente, siempre me dio ánimos para llegar al final del proyecto.

Al Ing. Rodrigo Silva, por su entusiasmo y cooperación para llevar a cabo este proyecto de una manera organizada y bien concebida.

Al Ing. Fabián Sáenz, por toda la experiencia aportada desinteresadamente para la elaboración de este proyecto.

A toda mi familia, por su permanente preocupación y apoyo a lo largo de este proyecto.

A la Superintendencia de Telecomunicaciones, por toda la información y permanente soporte técnico brindado durante todo este proyecto.

A mis amigos, por saber entender de igual manera mis horas de preocupación como de alegría.

Dedicatoria

A mis padres, Germánico y Myriam quienes supieron inculcar en mí todos sus valores, los mismos que se convirtieron en el pilar de mis sueños y cuya dedicación, apoyo y paciencia durante toda mi vida les hacen acreedores de todo el crédito de este estudio.

PRÓLOGO

Este documento constituye el proyecto de grado para la obtención del título en Ingeniería Electrónica titulado: “Diseño de un laboratorio para la homologación de equipos terminales móviles (celulares), manual de procedimiento y registro de datos técnicos”.

En primera instancia se describe la evolución de las tecnologías celulares de forma general y se detalla su evolución actual en el país, haciendo hincapié en las emisiones de radio frecuencia y el efecto que tienen en el cuerpo humano. Luego se detalla los niveles de emisiones aceptables para los equipos terminales celulares.

El estudio continúa con un detalle de las tecnologías celulares existentes en el país: cdma One, CDMA 2000 EVDO y GSM y sus respectivos equipos terminales, también se detalla los parámetros que deberán ser probados para determinar el correcto funcionamiento de uno u otro equipo.

Luego se describe los parámetros que deben tener los equipos que van a realizar las pruebas de red, de emisiones de RF y los procedimientos que se deberán realizar con los equipos para probar los parámetros establecidos anteriormente.

Finalmente se hace un análisis económico considerando los factores del medio local para establecer la factibilidad del proyecto y se resume el marco regulatorio nacional e internacional en el que se desenvuelve el estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA	III
PRÓLOGO.....	IV
CAPÍTULO I.....	2
1. RADIACIONES NO IONIZANTES	2
1.1 HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR.....	2
1.2 QUE SON LAS RADIACIONES NO IONIZANTES (NIR).....	5
1.2.1 TASA ESPECÍFICA DE ABSORCIÓN (SAR)	6
1.2.2 EFECTOS EN EL CUERPO HUMANO.....	7
1.2.3 LÍMITES ACEPTABLES DE EXPOSICIÓN	10
CAPÍTULO II	12
2. TECNOLOGÍAS MÓVILES CELULARES Y SUS EQUIPOS.....	12
2.1 GENERACIONES DE SISTEMAS CELULARES	12
2.1.1 CELDAS Y SECTORES	13
2.1.2 SISTEMAS CELULARES DE PRIMERA GENERACIÓN (1G).....	15
2.1.3 SISTEMAS CELULARES DE SEGUNDA GENERACIÓN (2G).....	16
2.1.4 SISTEMAS CELULARES DE TERCERA GENERACIÓN (3G)	18
2.2 DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LAS TECNOLOGÍAS CELULARES.....	21
2.2.1 MÉTODOS DE ACCESO MÚLTIPLE PARA CDMA Y GSM	21
2.2.1.1 <i>Secuencia Directa</i>	22
2.2.1.1.1 Códigos Walsh.....	22
2.2.1.1.2 Generación de Códigos Ortogonales.....	23
2.2.1.1.3 Canales de Adelanto en CDMA	25
2.2.1.1.4 Códigos Walsh Variables.....	26
2.2.1.1.5 Ganancia de Procesamiento	27
2.2.1.2 <i>Salto de Frecuencia</i>	28
2.2.1.2.1 Salto de Frecuencia Lento (SFH).....	28
2.2.1.2.2 Salto de Frecuencia Rápido (FFH).....	29
2.2.1.2.3 Ganancia de Procesamiento	30

2.2.1.2.4	SFH vs. FFH	30
2.2.1.3	<i>Secuencia Directa (DS) vs. Salto de Frecuencia (FH)</i>	31
2.3	TERMINALES CELULARES.....	32
2.3.1	PARÁMETROS DE LOS TERMINALES CELULARES CDMAONE Y CDMA2000.....	33
2.3.1.1	<i>Parámetros de calidad de señal.....</i>	<i>34</i>
2.3.1.1.1	Calidad de forma de onda (Rho).....	34
2.3.1.1.2	Exactitud de frecuencia (Δf).....	36
2.3.1.1.3	Exactitud de tiempo de transmisión (τ).....	36
2.3.1.1.4	Exactitud de codificación.....	36
2.3.1.1.5	Tasa de Error de Tramas (FER).....	37
2.3.1.2	<i>Parámetros de control de potencia.....</i>	<i>37</i>
2.3.1.2.1	Clases de MS CDMA.....	38
2.3.1.2.2	CDMA Handoff.....	38
2.3.1.2.3	Rango de control de potencia en Lazo Abierto (OL).....	39
2.3.1.2.4	Rango de control de potencia en Lazo Cerrado (CL).....	40
2.3.1.2.5	Máxima potencia de salida de RF.....	41
2.3.1.2.6	Potencia de salida de la Prueba de Acceso.....	41
2.3.1.2.7	Potencia en modo de espera (stand by).....	42
2.3.1.2.8	Emisiones espurias de transmisor conducidas y radiadas.....	42
2.3.2	PARÁMETROS DE LOS TERMINALES GPRS/GSM.....	43
2.3.2.1	<i>Parámetros de calidad de señal.....</i>	<i>43</i>
2.3.2.1.1	Exactitud de modulación.....	43
2.3.2.1.2	Espectro debido a la conmutación de transitorios.....	44
2.3.2.1.3	Espectro debido a la modulación y al ruido de banda ancha.....	46
2.3.2.1.4	Señales espurias dentro de la banda de transmisión.....	46
2.3.2.1.5	Tasa de Error de Trama (FER).....	48
2.3.2.2	<i>Parámetros de control de potencia.....</i>	<i>48</i>
2.3.2.2.1	Clases de MS GSM.....	48
2.3.2.2.2	Potencia promedio de portadora.....	49
2.3.2.2.3	Control de Potencia.....	51
CAPÍTULO III.....	53	
3. DISEÑO DEL LABORATORIO DE HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS TERMINALES.53		
3.1 EQUIPOS DE EVALUACIÓN DE TERMINALES.....53		
3.1.1	EQUIPOS PARA MEDICIONES CDMA.....	53
3.1.1.1	<i>Características de los equipos para prueba de MS CDMA.....</i>	<i>53</i>
3.1.1.1.1	Simulador de canal.....	54
3.1.1.1.2	Medidor de calidad de forma de onda (Rho).....	55
3.1.1.1.3	Medidor de exactitud de codificación.....	56
3.1.1.1.4	Generador de Ruido Blanco Gaussiano Aditivo (AWGN).....	56
3.1.1.1.5	Generador de Onda Continua (CW).....	57

3.1.1.1.6	Analizador de espectro.....	57
3.1.1.1.7	Medidor de potencia promedio	57
3.1.1.2	<i>Esquema del laboratorio CDMA</i>	57
3.1.2	EQUIPOS PARA MEDICIONES GSM (SS)	60
3.1.2.1	<i>Características de los equipos para prueba de MS GSM</i>	60
3.1.2.1.1	Generador de canales físicos.....	60
BCCH	.....	60
PCH	.....	60
AGCH	.....	60
SDCCH	.....	61
SACCH	.....	61
FACCH	.....	61
3.1.2.1.2	Generador de FH.....	61
3.1.2.1.3	Desvanecimiento por multitrayecto	61
3.1.2.1.3.1	Espectro Doppler Clásico	62
3.1.2.1.3.2	Efecto Doppler Rice	62
3.1.2.1.4	Potencia de salida RF ajustable.....	63
3.1.2.1.5	Retraso ajustable	63
3.1.2.2	<i>Esquema del laboratorio GSM</i>	63
3.1.3	EQUIPOS PARA MEDICIONES DE SAR.....	65
3.1.3.1	<i>Características de los equipos para prueba de SAR</i>	65
3.1.3.1.1	Medidor de campo Eléctrico	65
3.1.3.1.2	Simulador de escenario (Fantasma)	65
3.1.3.1.2.1	Características del fantasma.....	66
3.1.3.1.2.2	Equipo para la sujeción de la MS	66
3.1.3.2	<i>Esquema del Laboratorio de SAR</i>	68
3.1.4	EQUIPOS RECOMENDADOS.....	69
3.2	CONDICIONES NECESARIAS PARA LAS PRUEBAS	70
3.2.1	AMBIENTE DE PRUEBAS	70
3.2.2	CONDICIONES ELÉCTRICAS	70
CAPÍTULO IV	.....	71
4.	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS TÉCNICOS	71
4.1	PRUEBAS DE LABORATORIO	71
4.1.1	PRUEBAS EN EQUIPOS CDMA	71
4.1.1.1	<i>Calidad de forma de onda (Rho)</i>	71
4.1.1.2	<i>Exactitud de frecuencia ($\Delta \hat{f}$)</i>	71
4.1.1.3	<i>Exactitud de tiempo de transmisión ($\hat{\tau}$)</i>	72
4.1.1.4	<i>Exactitud de codificación</i>	72
4.1.1.5	<i>Tasa de Error de Tramas (FER)</i>	74

4.1.1.6	CDMA Handoff.....	75
4.1.1.7	Rango de control de potencia en lazo abierto (OL).....	76
4.1.1.8	Rango de control de potencia en lazo cerrado (CL).....	77
4.1.1.9	Máxima potencia de salida de RF.....	78
4.1.1.10	Potencia de salida de la prueba de Acceso.....	79
4.1.1.11	Potencia en modo de espera (stand by)	80
4.1.1.12	Emisiones espurias de transmisor conducidad y radiadas	81
4.1.2	PRUEBAS EN EQUIPOS GSM.....	81
4.1.2.1	Exactitud de modulación	81
4.1.2.2	Espectro debido a la conmutación de transitorios	81
4.1.2.3	Espectro debido a la modulación y al ruido de banda ancha.....	82
4.1.2.4	Señales espurias dentro de la banda de transmisión	83
4.1.2.5	Potencia promedio de portadora	83
4.1.2.6	Control de potencia	84
4.1.3	PRUEBAS DE SAR.....	85
4.2	PRUEBAS DE CAMPO	85
4.2.1	DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA DE CAMPO	86
4.2.1.1	Identificación del Equipo.....	86
4.2.1.2	Funciones Dentro de la Red Celular	87
4.2.1.2.1	Registro en la red	87
4.2.1.2.2	Originación de Llamadas	88
4.2.1.2.3	Identificador de llamadas (CID).....	90
4.2.1.2.4	Servicio de Mensajes Cortos (SMS)	90
4.2.1.2.5	Servicio de Mensajes Multimedia (MMS).....	93
4.2.1.2.6	Web browsing.....	93
4.2.1.2.7	Tono Doble de Multi-Frecuencia (DTMF)	96
4.2.1.2.8	Buzón de voz	96
4.2.1.2.9	Llamada en espera	97
4.2.1.2.10	Llamada tripartita.....	98
4.2.1.2.11	Prueba de Manejo	98
4.2.1.2.11.1	Hard handoff.....	100
4.2.1.2.11.2	Soft handoff.....	101
4.2.1.2.11.3	Idle handoff	102
4.2.1.3	Características Adicionales	104
CAPÍTULO V	105	
5. ANÁLISIS ECONÓMICO Y MARCO REGULATORIO.....	105	
5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO	105	
5.1.1	COSTO DEL CAPITAL.....	105
5.1.2	CRECIMIENTO ANUAL DE EQUIPOS NUEVOS	106
5.1.3	COSTO DE LAS PRUEBAS	106

5.1.4	VALOR PRESENTE (VP)	107
5.1.5	VALOR PRESENTE NETO (VPN)	107
5.1.6	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	107
5.1.7	PERÍODO DE RECUPERACIÓN (PR)	107
5.1.8	IMPUESTOS Y UTILIDADES	107
5.2	MARCO REGULATORIO	109
5.2.1	ENTORNO LOCAL	109
5.2.2	ENTORNO INTERNACIONAL	111
	CONCLUSIONES	113
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	i
	ANEXOS	III
	ANEXO 1. DETALLE DE EQUIPOS CDMA Y GSM PARA LABORATORIO	
	ANEXO 2. DE EQUIPOS DE SAR PARA RADIACIONES NO IONIZANTES	
	ÍNDICE DE FIGURAS	
	ÍNDICE DE TABLAS	

CAPÍTULO I

RADIACIONES NO IONIZANTES

1.1 HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR

El siglo XXI puede ser considerado como el siglo de los avances tecnológicos y es que si bien al hombre le tomó miles de años en evolucionar de la rueda al automóvil, solo le ha tomado unas cuantas décadas pasar del automóvil al trasbordador espacial. El avance de la ciencia y tecnología es cada vez más vertiginoso.

El campo de las telecomunicaciones no es la excepción, el primer radio tuvo sus orígenes a finales del siglo XIX gracias al ingeniero italiano Marconi que buscaba una alternativa para el cable del telégrafo, a este le siguieron visionarios como Alexander Graham Bell que logró transmitir señales de voz a través de un haz de luz (Foto-teléfono) y Lars Ericsson quien junto a su esposa construyó el primer teléfono móvil en 1910.



Figura I-1: Foto-teléfono de Bell

Los inicios del siglo XX se vieron llenos de mentes brillantes, tal es el caso de Thomas Edison, Hertz y Tesla por nombrar unos pocos. No obstante el primer sistema

de radio para telefonía fue diseñado en 1919 en conjunto por tres grandes empresas ERICSSON, fabricante de teléfonos, ASEA, fabricante de maquinaria pesada y AGA, fabricante de equipos de gas. Estas tres empresas conformaron la SRA (Svenka Radio Aktiebolaget), nombre con el que hasta la actualidad se conoce a la división de radio de la empresa sueca Ericsson.

Los sistemas telefónicos inalámbricos tuvieron una gran demanda a pesar de su alto costo lo que hizo que los gobiernos regularan el uso del espectro radio eléctrico, y esto a su vez dio origen a entidades como la Comisión Federal de Radio (FRC) que luego dio lugar a la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) con el fin de solucionar el problema de la distribución del espectro radioeléctrico. Estos sistemas funcionaban independientemente de la red telefónica terrestre y eran muy abultados debido a sus componentes, principalmente tubos de vacío, por su uso se centraba en equipamiento de barcos y sistemas de seguridad, donde demostraron ser muy eficientes. En la **Figura I-2** se puede comparar el tamaño de un teléfono inalámbrico de 1937 y uno actual.



Figura I-2: Izq. Teléfono de radio para barco 1937, Der. Teléfono de radio para barco actual.

Los nuevos sistemas de radio vinieron de mano con la miniaturización de los componentes, después de la segunda guerra mundial cuando un funcionario de la FCC esbozó el primer esquema de telefonía celular para brindar servicio civil. De aquí en adelante se sucedieron una tras otra generaciones de sistemas celulares. Desde la década de los 90 los sistemas de telefonía celular se han masificado hasta el punto de que superaron en número de usuarios a los sistemas de telefonía fija, en la **Tabla I-1** se

muestran los datos de telefonía celular en el Ecuador según la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL):

Situación de la Telefonía Móvil en el Ecuador				
	<i>CONECCEL</i>	<i>OTECCEL</i>	<i>TELECSA</i>	TOTAL
<i>TDMA postpago</i>	14.934	28.193	-	43.127
<i>TDMA prepago</i>	964.978	354.522	-	1.319.500
<i>GSM postpago</i>	241.710	-	-	241.710
<i>GSM prepago</i>	1.723.365	-	-	1.723.365
<i>Cdma2000 postpago</i>	-	305.499	29.548	335.047
<i>Cdma2000 prepago</i>	-	914.795	125.173	1.039.968
TOTAL	2.944.987	1.603.009	154.721	4.702.717
%	62,62	34,09	3,29	100,00
		<i>Por Tecnología:</i>		
Población:	13.169.738		<i>TDMA</i>	29%
Celulares:	4.702.717		<i>GSM</i>	42%
%	35,71		<i>Cdma200</i>	29%

Tabla I-1: Telefonía celular en el Ecuador, actualizada a agosto de 2005¹

Los datos que se presentan en la **Tabla I-1**, indican que el 35,71% de la población del Ecuador tiene un teléfono celular esto significa que aproximadamente 1 de cada 3 ecuatorianos tiene acceso a este tipo de dispositivos. Mientras que la telefonía fija a nivel nacional solo llega al 12,69% de la población.

Al considerar que un alto porcentaje de la población tiene acceso a uno de estos dispositivos es necesario conocer cual es el impacto que estos producen en la sociedad y de esta manera asegurar que las operadoras de telefonía móvil tengan en el mercado equipos que cumplan con todas las normas técnicas así como las de seguridad para que los dispositivos terminales de telefonía móvil no sean fuente de ningún tipo de problema para los usuarios o las redes telefónicas.

¹ Fuente: <http://www.supertel.gov.ec>

El enfoque de la inspección a los terminales celulares debería tener dos ejes, el primero orientado hacia la seguridad física del usuario y el segundo hacia el desempeño de estos equipos en las redes telefónicas.

La seguridad física del usuario es una controversia que empieza con la emisión de ondas electromagnéticas las mismas que al ser absorbidas por las zonas de mayor concentración de agua del cuerpo humano pueden ocasionar efectos secundarios, los mismos que principalmente pueden afectar al cerebro y a mujeres embarazadas. Por otro lado la incursión de equipos de bajo costo, así como de equipos falsificados, que no cumplen con los estándares de cada tecnología ha ocasionado problemas en las redes celulares debido a su mal funcionamiento.

Con el fin de precautelar la seguridad física del usuario los terminales deben cumplir con las normas de emanación de radiaciones no ionizantes, las mismas que han sido recomendadas por la Comisión Internacional para la Protección de Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) y que a su vez han sido acogidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU).

1.2 QUE SON LAS RADIACIONES NO IONIZANTES (NIR)

Todo equipo que trabaja con Campos Electro-Magnéticos (EMF) puede generar dos tipos de radiaciones: Ionizantes y no ionizantes. Las radiaciones ionizantes se generan por equipos que emiten radiaciones con alta potencia tal es el caso de rayos X, rayos gama y luz ultravioleta; este tipo de equipos no es muy común y generan radiaciones que ionizan las partículas del ambiente y los cuerpos cercanos a ellos con iones residuales, electrones y átomos cargados positivamente (iones), que se generan durante el funcionamiento de dichos dispositivos.

Las radiaciones no ionizantes se generan en equipos de baja potencia que son bastante comunes como televisores, radios, fuentes de poder, sistemas de comunicación, radares, láser, teléfonos celulares, etc. y no emiten iones pero de una u otra forma pueden afectar al medio ambiente y cuerpos cercanos que se encuentren dentro de su zona de cobertura. Hace poco tiempo no se consideraba necesaria ninguna precaución para equipos de radio cuya potencia fuera menor a 7 W pero con la explosiva

masificación de la telefonía celular se empezó a considerar los efectos de los radios de baja potencia en el cuerpo humano. La medición de este tipo de radiaciones en un cuerpo se la realiza a través de la Tasa Específica de Absorción (SAR) la misma que se detalla a continuación.

1.2.1 Tasa Específica de Absorción (SAR)

El teléfono celular es un radio compacto que cuenta con un transceptor que le permite establecer una comunicación. Al ser un radio tiene una potencia de salida la misma que gracias a la antena le permite comunicarse con una Estación Base (BS) de la red celular. Mientras mayor sea la distancia entre el teléfono y la BS mayor será la potencia necesaria para mantener la comunicación, por lo que para utilizar de una buena manera la batería del teléfono o Estación Móvil (MS) se necesita de un control de potencia que le permitirá a la MS regular la potencia emitida a través de su antena.

La antena del teléfono irradia un EMF, el mismo que es conducido por un medio, este puede ser el aire, suelo o el cuerpo humano. Para medir la cantidad de EMF que fue absorbida por un cuerpo se necesita establecer una relación entre potencia radiada y la masa de un cuerpo cercano a la fuente de radiación. Las antenas más comunes empleadas en teléfonos celulares son la antena de monopolo a un cuarto de longitud de onda (λ).

La Tasa Específica de Absorción (SAR) es la unidad dosimétrica que representa la energía absorbida por unidad de tiempo (Watts = potencia) por kilogramo de tejido o cuerpo (Kilogramos), esto significa que las unidades de la SAR son [W/Kg]. Con mayor simplicidad la SAR representa la tasa con la que la energía de una onda de radio se disipa en el tejido humano expuesto a la radiación de una antena.

La SAR es proporcional a la conductividad del tejido (σ) y a la intensidad del campo eléctrico de la onda de radio (E) mientras que es inversamente proporcional a la densidad del cuerpo (ρ). La fórmula para calcular la tasa de absorción específica máxima es la siguiente:

$$SAR_{\max} = \frac{\sigma |E|^2}{\rho}$$

Ecuación I-1: Tasa de Absorción Específica (SAR)

La fórmula para calcular la SAR típica depende de los diagramas de radiación de la antena y el control de potencia que se ejerza sobre esta, la fórmula general para el cálculo de SAR es la siguiente:

$$SAR_{tip} = \frac{4\pi r^2 S}{EIRP} SAR_{\max}$$

Ecuación I-2: Tasa específica de absorción típica.

Donde, r es la distancia entre la MS y la BS y S es la densidad de potencia de la MS.

1.2.2 Efectos en el Cuerpo Humano

Típicamente el teléfono celular se usa a la altura de la cabeza durante una conversación, siendo esta zona afectada directamente por la emisión de EMF de la antena del teléfono. La cabeza es un área muy sensible debido a que su conductividad σ es alta por la acumulación de agua del tejido que forma el cerebro.

Otra zona que es comúnmente expuesta a la emisión de EMF de la antena es la zona de la cintura cuando, por ejemplo, se emplea dispositivos de manos libres. La presencia de un dispositivo adicional al teléfono suele provocar una caída en la eficiencia de la antena del teléfono, lo que a su vez ocasiona un aumento de la SAR en el cuerpo humano.

En los dos casos la SAR del cuerpo depende no solo de la conductividad de sus tejidos sino de aditamentos como piezas de metal en la vestimenta (hebillas, aretes, gafas) o en el teléfono. En los dos casos las zonas más propensas a absorber energía son las que tienen una mayor cantidad de agua acumulada.

La potencia máxima de una antena típica de celular (monopolo de $\lambda/4$) se considera dentro del rango de 2 o 3 veces λ . Donde λ es la longitud de onda de la señal de radio y es inversamente proporcional a la frecuencia de operación según la siguiente relación:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Ecuación I-3: Longitud de onda.

Donde, **c** es la velocidad de la luz (3×10^8 m/s) y **f** la frecuencia de operación.

La longitud de onda es la distancia que separa a dos puntos de igual fase de una onda de radio, la frecuencia que se considera es la de la portadora.

Para los sistemas celulares, que funcionan en las bandas de frecuencia de 900 y 1800 MHz se tienen las siguientes longitudes de onda:

Longitud de Onda de Sistemas Celulares		
<i>Frecuencia Portadora (MHz)</i>	<i>Longitud de Onda (m)</i>	<i>Operadora</i>
825	0,36	CONECCEL
850	0,35	OTECCEL
1900	0,16	TELECSA

Tabla I-2: Longitud de onda de los sistemas celulares en el Ecuador.

Observando la **Tabla I-2** se puede concluir que la antena de una MS cubre un área esférica de 0,32 a 1m de diámetro, dependiendo de su frecuencia de operación y potencia de salida. La potencia de salida promedio de una MS oscila entre los 0.35 y 2 w.

Las zonas más afectadas del cuerpo al momento de realizar una conversación con un teléfono celular pueden ser la cabeza y la cintura como se muestra en la **Figura I-3**, estas simulaciones fueron realizadas considerando un teléfono de 30x50x130 mm equipado con una antena de $\lambda/4$ de monopolo y un maniquí construido con características de conductividad similares a las de los tejidos humanos. Cuando la

conversación se realiza con el teléfono sin aditamentos a la altura de la cabeza la eficiencia de radiación es aproximadamente del 57% y la SAR se mantuvo dentro de los límites de la ICNIRP. Cuando se simuló la radiación con el dispositivo de manos libres, la eficiencia de radiación se redujo al 37.8% y la SAR llegó al 75% de los límites de la ICNIRP. Cuando se emplearon aditamentos como gafas metálicas la eficiencia de radiación se redujo al 22.9% y la SAR llegó hasta el 180% de los límites².

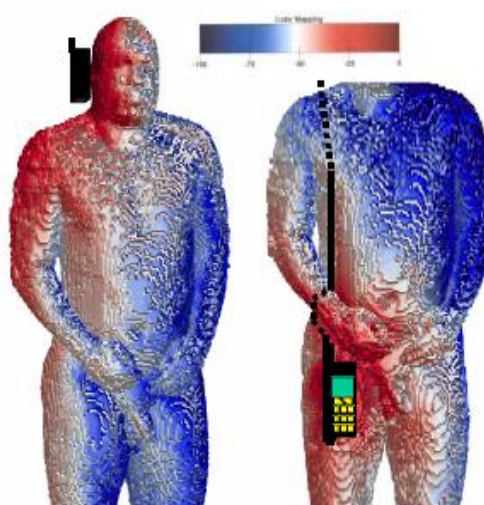


Figura I-3: SAR disipada en un modelo de cuerpo homogéneo [2].

En la figura las zonas en color rojo resaltan las partes del cuerpo donde la radiación del teléfono absorbida en mayor medida (mayor cantidad de SAR), las zonas en color azul son los lugares donde la SAR es despreciable. Como se puede ver al momento de emplear el dispositivo de manos libres el área de la cabeza se ve libre de niveles elevados de SAR.

² Fuente: S. Troulis, W. Scanlon y N. Evans; “Effect of ‘Hands-Free’ Leads and Spectacles on SAR for a 1.8 GHz Cellular Handset”, University of Ulster, Irland, 2003.



Figura I-4: SAR disipada en la cabeza humana [2].

1.2.3 Límites Aceptables de Exposición

En la actualidad existen varias entidades a nivel mundial que se encargan de realizar investigaciones y proponer estándares dentro del marco de las telecomunicaciones, tal es el caso de la Comisión Federal de Comunicación (FCC), el Instituto Nacional de Estándares Americano (ANSI), el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), la Comisión Internacional para la Protección de Radiaciones no Ionizantes (ICNIRP), por nombrar a los más importantes.

El Ecuador como miembro de la ITU se rige a las normas y recomendaciones de esta Institución. En el caso de las NIR, la ITU acoge las recomendaciones de la ICNIRP. Los límites establecidos por esta institución se muestran a continuación:

Básicamente hay dos tipos de especificaciones: Para el público en general y para exposiciones ocupacionales, es decir en zonas con ingreso restringido cerca de BS u otras fuentes de emisión de alta potencia.

Especificaciones ICNIRP				
<i>Características de Exposición</i>	<i>Rango de Frecuencia</i>	<i>SAR promedio para todo el cuerpo (W/Kg)</i>	<i>SAR definida para cabeza y tronco (W/Kg)</i>	<i>SAR definida para extremidades (W/Kg)</i>
<i>Ocupacional</i>	100 kHz –	0.4	10	20
<i>Público en General</i>	10 GHz	0.08	2	4

Tabla I-3: Límites de ICNIRP de Radiaciones no Ionizantes.

Estos límites consideran una comunicación promedio de 6 minutos y una masa de 10 gramos de tejido corporal.

Los fabricantes de teléfonos celulares o estaciones móviles deben cumplir con el estándar internacional de 2 W/Kg de SAR.

CAPÍTULO II

TECNOLOGÍAS MÓVILES CELULARES Y SUS EQUIPOS

2.1 GENERACIONES DE SISTEMAS CELULARES

La tecnología de los sistemas de comunicaciones inalámbricos es reciente, empieza a finales del siglo XIX con la necesidad de comunicar a sectores donde el cable no podía llegar, por ejemplo los barcos en alta mar. La primera comunicación inalámbrica transatlántica tuvo lugar en 1901. Desde ese entonces los sistemas de comunicaciones han tenido un gran desarrollo.

El primer sistema telefónico inalámbrico fue desarrollado por la empresa estadounidense AT&T en 1946, este sistema se denominó Servicio de Telefonía Móvil (MTS), tenía la capacidad de conectarse con la Red Pública de Conmutación Telefónica (PSTN) y podía manejar hasta 3 canales de 120 kHz. Este sistema no era troncalizado, los teléfonos eran configurados en un solo canal y si este estaba ocupado la llamada no podía concretarse.

En 1965 se Mejoró el sistema MTS dando lugar al (IMTS), la principal innovación de este sistema fue que trabajaba con dos frecuencias, una para transmisión y otra para recepción, haciendo que el sistema sea dúplex. Esto permitió reducir el ancho de banda de los canales a 30 KHz. Este sistema también introdujo la troncalización automática de llamadas lo que permitía asignar dinámicamente un canal al teléfono.

Los sistemas telefónicos inalámbricos tuvieron mucho éxito hasta el punto de congestionar las redes y saturar el espectro radioeléctrico. La demanda de teléfonos inalámbricos excedía por margen muy amplio la capacidad de los sistemas de la época. Esta situación hizo que las empresas de telefonía busquen otra solución para satisfacer la demanda y aprovechar de una mejor manera el espectro. De esta manera, en los

laboratorios AT&T Bell nació el concepto de telefonía celular a finales de la década de los 60s.

La idea del sistema celular es dividir un área de gran cobertura en áreas más pequeñas llamadas celdas o células, esta idea se tomó de los panales de abejas que se forman a partir de pequeñas celdas hexagonales. Las ventajas de este concepto son que permite emplear radios de menor potencia para cubrir un área pequeña y reutilizar las frecuencias de radio de una manera eficiente como se muestra en la **Figura II-1**.

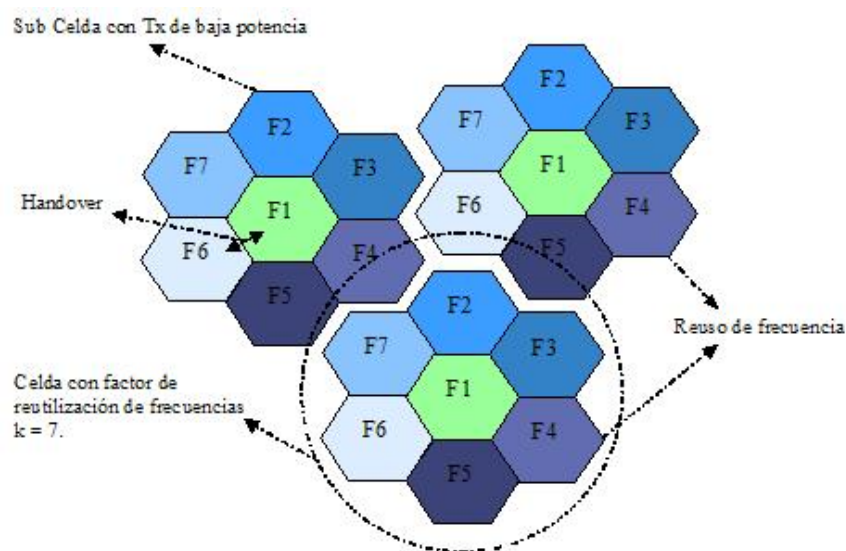


Figura II-1: Concepto de Telefonía Celular

2.1.1 Celdas y Sectores

Una celda del sistema de telefonía celular simboliza un área de cobertura con la misma frecuencia y se representa con un hexágono, por simplicidad, tomando el concepto de un panal de abejas. Este concepto es simple pero en la práctica es un poco más complicado que eso. Cada radio base (BS) tiene dividida su área de cobertura en 3 o más sectores con el fin de manejar una mayor cantidad de usuarios. Cada celda se crea por la agrupación de los sectores de varias BS como se muestra con la línea azul en la **Figura II-2**:

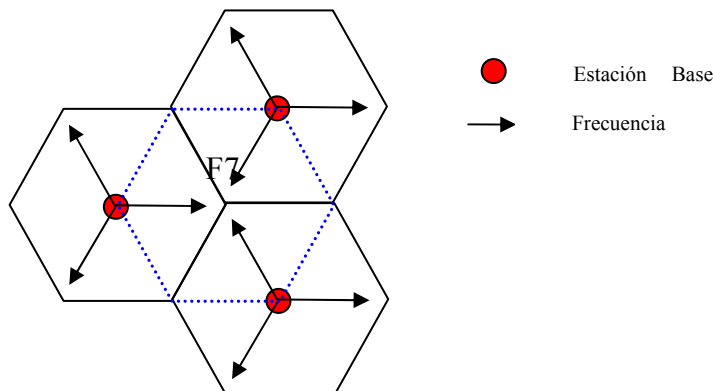


Figura II-2: Creación de una celda

La celda que se forma en la **Figura II-2** tiene su forma debido a la sectorización de la radiación de las BS. Esta sectorización depende de la cantidad de usuarios que vayan a hacer uso de la celda, debido a que mientras mayor sea el número de usuarios en la celda mayor va a ser también la cantidad de canales necesarios para que la red funcione adecuadamente; la sectorización también depende del tipo de antena ubicada en la BS. La sectorización también permite manejar de mejor manera la reutilización de frecuencias al minimizar la posibilidad de interferencias entre grandes sectores disminuyendo el tamaño de estos. Básicamente existen 3 tipos de sectorizaciones:

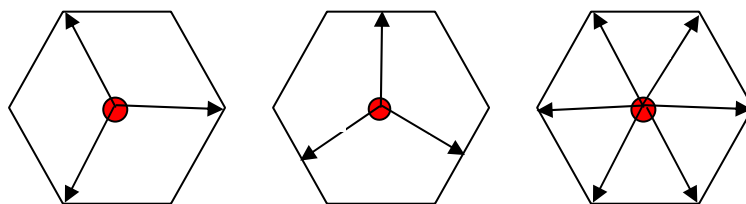


Figura II-3: Sectorización de celdas celulares: a) Romoidal, b) poligonal, c) triangular.

La cobertura de una celda puede variar de 3 a 15 Km, dependiendo de las condiciones geográficas, cantidad de usuarios y la configuración de las antenas.

Es importante señalar que la esquematización de celdas con áreas hexagonales es simplemente teórica, en realidad, el área de cobertura de una celda se asemeja más a una circunferencia. Los efectos causados por una cobertura de forma circular se detallarán en los capítulos posteriores; entre los principales efectos de este fenómeno se encuentran la interferencia y la capacidad para realizar *handoffs*.

2.1.2 Sistemas Celulares de Primera Generación (1G)

Los primeros sistemas celulares, conocidos como sistemas de primera generación, fueron analógicos y se denominaron Sistemas Telefónicos Móviles Avanzados (AMPS). Utilizaron un Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA), modulación de frecuencia modulada (FM) y en algunas redes se llegó a implementar señalización digital. Otros sistemas empleados durante esta generación fueron el NMT450 y NMT900 en Europa, NAMPS en Norteamérica, TACS en el Reino Unido y el C450 en Alemania. Las características de estos sistemas se resumen en la Tabla 1:

Sistemas de Celulares de Primera Generación						
Sistema	AMPS	NAMPS	NMT450	NMT900	C450	TACS
Frecuencia Tx (MHz)	869/894	869/894	463/468	935/960	461/466	935/960
Frecuencia Rx (MHz)	824/849	824/849	453/458	890/915	451/456	890/915
Ancho de Banda Total (MHz)	50	50	10	50	10	50
Ancho de Banda Canal (kHz)	30	10	25	12.5	10	25
Método de Acceso	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA	FDMA

Tabla II-1: Sistemas Celulares de Primera Generación

Estos sistemas de frecuencia modulada empleaban FDMA como método de acceso, donde a cada usuario se le asigna una frecuencia distinta y transmiten todos al mismo tiempo. Este sistema analógico era ineficiente con el uso de ancho de banda lo que limitaba el número de usuarios simultáneos que podían acceder al sistema.

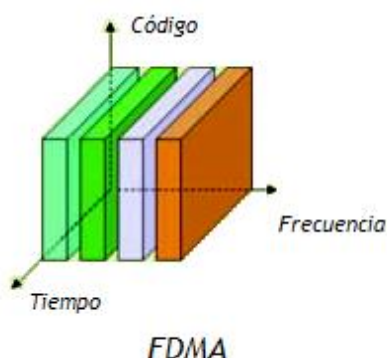


Figura II-4: Distribución del Espectro en FDMA

Otra desventaja era que para mantener una calidad de voz aceptable, los terminales necesitaban manejar un alto nivel de potencia (1 a 3 watts). La demanda de teléfonos celulares y la necesidad de optimizar el uso del espectro radioeléctrico dio paso a la siguiente generación de telefonía celular.

2.1.3 Sistemas Celulares de Segunda Generación (2G)

La segunda generación de sistemas celulares nació de la mano de los nuevos Circuitos Integrados (CI) de finales de la década de los 80s. Estos CI hicieron posible la implementación de los sistemas digitales dentro de los teléfonos a un precio inferior que los sistemas analógicos. Otras ventajas de los sistemas digitales sobre los analógicos fue su mayor inmunidad al ruido gracias a la implementación de códigos de corrección, una mayor eficiencia del uso del espectro radioeléctrico con la implementación de las técnicas de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) y Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), finalmente los sistemas digitales necesitan menor potencia que los analógicos (0.6 watts) para brindar una comunicación de mejor calidad.

En Europa surgió la idea de unificar todos los sistemas y estándares existentes de telefonía celular durante los inicios de la década de los 90s, entonces apareció el Sistema Global de comunicaciones Móviles (GSM). En Norteamérica se adoptó el estándar IS-54 para la segunda generación de celulares en esa región. Ambos sistemas emplearon la tecnología TDMA y trabajan en la banda de 900 MHz. Posteriormente se

decidió hacer uso de la banda de 1900 MHz con lo que se dio inicio a los Sistemas de Comunicación Personal (PCS), el estándar IS-136 es la evolución del IS-54 para PCS.

La tecnología de acceso múltiple TDMA es mucho más eficiente que su predecesora FDMA, debido a que el mismo canal puede ser usado por varios usuarios simultáneamente (hasta 6), a diferentes intervalos de tiempo:

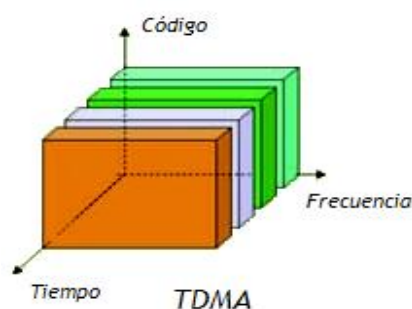


Figura II-5: Distribución del Espectro en TDMA

Un canal TDMA tiene la capacidad de comprimir la señal de voz a una tasa de transmisión de 10 Kbps, lo que equivale a 10 kHz. El sistema AMPS hace uso de FDMA con canales de 30 kHz por lo que el sistema TDMA triplica la capacidad de los sistemas analógicos.

Sistemas Celulares de Segunda Generación			
<i>Sistema</i>	<i>GSM / DCS-1900</i>	<i>IS-136 / USDC</i>	<i>IS-95</i>
Frecuencia Tx (MHz)	890-915 / 1850-1910	824-849 / 1850-1910	824-849 / 1850-1910
Frecuencia Rx (MHz)	935-960 / 1930-1990	869-894 / 1930-1990	869-894 / 1930-1990
Ancho de Banda Total (MHz)	50 / 120	50 / 120	50 / 120
Ancho de Banda Canal (kHz)	200	30	1250
Método de Acceso	TDMA	TDMA	CDMA

Tabla II-2: Sistemas Celulares de Segunda Generación

La mayor capacidad de estos sistemas y el desarrollo de procesadores más poderosos y pequeños, permitió que se desarrollaran aplicaciones de transmisión de datos a través de la red celular. Este hecho fue el eslabón entre la segunda y tercera generación, los terminales y las redes que cumplieron con estas características son conocidos como sistemas celulares de generación 2.5 (2.5G).

Un ejemplo de los estándares que se encuentran dentro de esta generación es el IS-95, enmarcado dentro de cdmaOne, que además fue el primero en emplear CDMA como método de acceso múltiple. En el caso de GSM la tecnología de 2.5G es el Servicio General de Radio Empaquetado (GPRS), la misma que implementa conexiones de circuitos conmutados de alta velocidad.

2.1.4 Sistemas Celulares de Tercera Generación (3G)

La segunda generación de sistemas celulares finalizó con la incursión de servicios de transmisión de datos sobre la red telefónica como mensajes de texto, *web browser* sobre Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas (WAP), mensajería multimedia, etc. El problema que surgió fue la incompatibilidad de estándares entre los distintos sistemas de telefonía celular alrededor del mundo. La unificación de todos estos estándares dio paso a la tercera generación de telefonía inalámbrica, con el fin de globalizar los servicios de comunicaciones celulares. Todos estos estándares quedaron enmarcados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), dentro del estándar para Telecomunicaciones Móviles Internacionales, la IMT-2000 la misma que provee que los sistemas celulares ofrezcan servicios de voz, video, correo electrónico, *web browser*, videoconferencia y comercio electrónico, desde cualquier lugar del mundo en el que exista el servicio.

La importancia de la IMT-2000 es la concertación de estándares de todo el mundo: Estados Unidos (TIA: Asociación de la Industria de Telecomunicaciones), Japón (ARIB: Asociación de la Industria y Negocios de Radio), Europa (ETSI: Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones) y Corea del Sur (TTA: Asociación de Tecnologías de Telecomunicaciones). La TIA ha desarrollado el estándar **cdma2000**, que agrupa entre otros al los estándares IS-95 e IS-2000, mientras que el resto de

entidades han desarrollado un conjunto de estándares europeos GSM enmarcados dentro de **WCDMA**.

WCDMA y cdma2000 tienen muchas características similares, la diferencia entre los dos estándares es el sistema con el cual son compatibles GSM e IS-95 respectivamente:

Sistemas Celulares de Tercera Generación		
<i>Sistema</i>	Cdma2000	WCDMA / UTRA
Frecuencia Tx (MHz)	1850-1910	1920-1980
Frecuencia Rx (MHz)	1930-1990	2110-2170
Ancho de Banda Total (MHz)	120	120
Ancho de Banda Canal (MHz)	1.25, 3.75, 7.5, 11.25, 15	5, 10, 20
Método de Acceso	CDMA	CDMA

Tabla II-3: Sistemas Celulares de Tercera Generación

El sistema de Acceso Múltiple por División de Código permite que los usuarios transmitan a la misma frecuencia y al mismo tiempo, modulando sus señales con técnicas de espectro ensanchado. La separación de canales se logra debido a la baja correlación que existe entre las señales transmitidas.

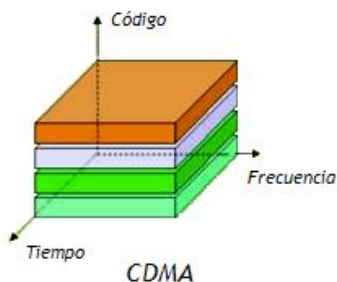


Figura II-6: Distribución de Espectro en CDMA

En la **Figura II-7³** se muestra una comparación de la evolución del uso del espectro de RF con la evolución de las diferentes generaciones celulares:

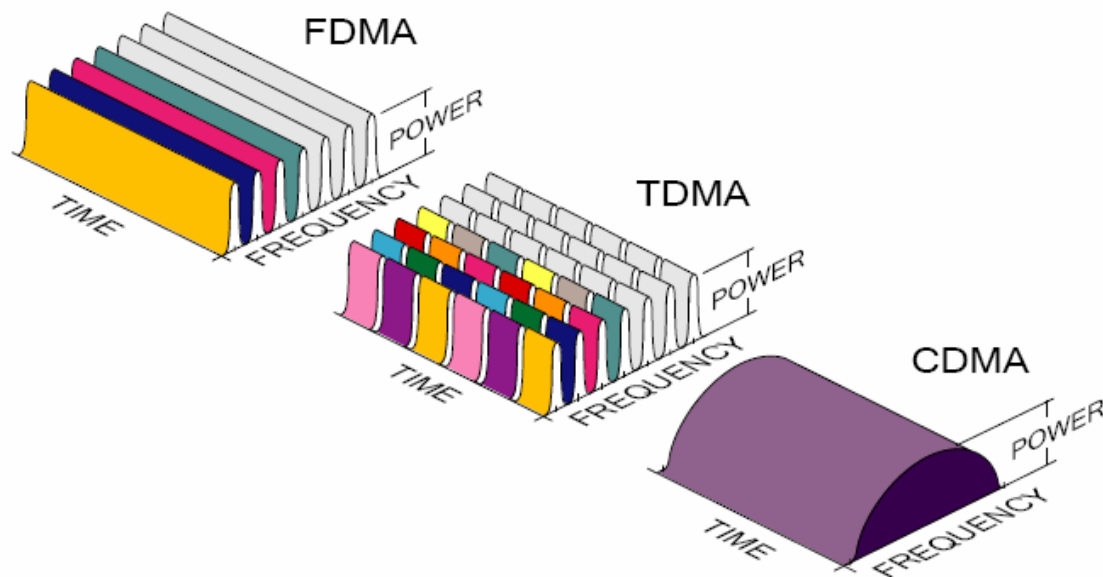


Figura II-7: Evolución del uso del espectro en los sistemas de telefonía celular.

³ Imagen tomada de: Qualcomm Incorporated, "CDMA 120 – cdmaOne and CDMA2000 Concepts and Terminology", San Diego, 2002. Pág. 17.

2.2 DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LAS TECNOLOGÍAS CELULARES

En la actualidad en el Ecuador se comercializan terminales celulares que funcionan tanto en las redes de 2.5 y 3G, esto quiere decir que cumplen con los siguientes estándares: TDMA, cdmaOne, cdma2000, GPRS, GSM. No obstante los terminales que las operadoras celulares del Ecuador (OTECEL S.A, CONECCEL S.A. Y TELECSA) comercializan en el mercado corresponden a las tecnologías GSM y cdma2000.

Las tecnologías GSM y CDMA tienen muchos parámetros en común al considerar las características de calidad de señal, control de potencia y emisión de radiaciones; por otro lado los parámetros de método de acceso múltiple, modulación, protocolos, por nombrar los aspectos más importantes son diferentes en cada tecnología y están en continuo desarrollo. El objetivo de este estudio es el de diseñar un proceso que permita probar las características generales de los terminales celulares comercializados en el país, de tal manera que estos tengan un desempeño adecuado en las redes celulares y principalmente que no generen ningún riesgo para los usuarios de telefonía celular.

La diferencia primordial de las tecnologías empleadas en Europa (GSM) y EEUU (CDMA) es el método de acceso múltiple: Saltos de frecuencia y secuencia directa respectivamente, a continuación se hace una breve comparación de los dos métodos:

2.2.1 Métodos de Acceso Múltiple para CDMA y GSM

Al describir la evolución de las generaciones celulares, se vio como junto con el desarrollo de ellas fue aumentando la capacidad de canales de los sistemas celulares. A partir de la generación 2.5G se hizo uso de la técnica de espectro ensanchado que permite el acceso de múltiples señales simultáneamente, en el mismo ancho de banda sin que se interfieran unas con otras. Esto se logra gracias a un código que se le asigna a cada señal, el número de códigos será igual al número de usuarios que pueda hacer uso del sistema de espectro ensanchado. Estos códigos se denominan códigos WALSH y secuencias de Ruido Pseudo-aleatorias (PN), la principal característica de estos es que son ortogonales entre si, los sistemas CDMA (Acceso Múltiple en el Dominio de los Códigos) deben su nombre a estos códigos. Por otro lado la tecnología GSM hace uso de una combinación de salto de frecuencia y TDMA para dar acceso múltiple a sus usuarios. A continuación se describe brevemente ambos métodos de acceso.

2.2.1.1 Secuencia Directa

La señal generada por un usuario a través de su estación móvil (MS) usa un pequeño ancho de banda, del orden de los 10 KHz. Esta señal es “ensanchada” a un mayor ancho de banda al multiplicarla por un código de ensanchamiento, estos códigos son conocidos como Códigos Walsh. Los sistemas que emplean secuencia directa como método de acceso, generalmente emplean la modulación por Codificación Binaria por Desplazamiento de Fase (BPSK) o por Cuadratura (QPSK).

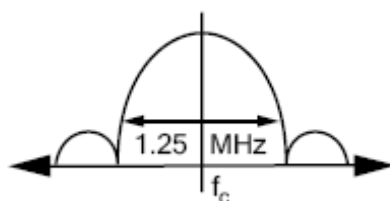


Figura II-8: Espectro Ensanchado con DS⁴

2.2.1.1.1 Códigos Walsh

Dos funciones, señales o secuencias son ortogonales si tienen correlación cero. Esto significa que el producto lógico de dos señales sumado en un intervalo de tiempo debe ser igual a cero, considerando dos niveles de voltaje de distinta polaridad, generalmente 1 y 0.

En la práctica la correlación cero se comprueba con una compuerta lógica XOR, el resultado de esta operación debe ser una secuencia binaria con el mismo número de 1s y 0s. En la **Tabla II-4** se muestra el resultado del producto de dos niveles distintos de señal según la función XOR:

⁴ Ídem 1, pág. 37.

Tabla de la Función XOR		
I_1	I_2	O
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabla II-4: Función XOR.

La función XOR con dos entradas I_1 e I_2 y salida O , produce un nivel de voltaje positivo (1) cuando ingresan dos niveles de voltaje opuestos y un nivel de voltaje negativo (0) cuando ingresan dos niveles de voltaje iguales.

2.2.1.1.2 Generación de Códigos Ortogonales

La forma más sencilla de generar códigos ortogonales es a partir de un pivote, el mismo que debe ser repetido horizontal (H) y verticalmente (V). En el espacio en diagonal (D) se debe colocar su complemento, un nivel opuesto de voltaje:

Generación de Códigos Ortogonales									
Pivot	0	0	H	Pivot	0	0	0	0	
	0	1	D		0	1	0	1	H
	V				0	0	1	1	
					0	1	1	0	D
					V				

Figura II-9: Generación de Códigos Ortogonales

Los códigos que se generan empleando este método se denominan códigos WALSH. En la **Tabla II-5**, se muestran los códigos WALSH empleados en cdmaOne.

Estos códigos tienen 64 bits de longitud y todos son ortogonales entre sí, se le asigna un código distinto a cada usuario de un mismo sector de celda. Los códigos ortogonales permiten enviar varias señales por el mismo espectro de radio (ensanchar el espectro), al codificar la información transmitida por el usuario con uno de los códigos Walsh, como se muestra en la **Tabla II-6**.

	0123	4567	8901	1111 2345	1111 6789	2222 0123	2222 4567	2233 8901	3333 2345	3333 6789	4444 0123	4444 4567	4455 8901	5555 2345	5555 6789	6666 0123
0	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000
1	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101
2	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011
3	0110	0110	0110	0110	0110	0110	0110	0110	0110	0110	0110	0110	0110	0110	0110	0110
4	0000	1111	0000	1111	0000	1111	0000	1111	0000	1111	0000	1111	0000	1111	0000	1111
5	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010
6	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100
7	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001
8	0000	0000	1111	1111	0000	0000	1111	1111	0000	0000	1111	1111	0000	0000	1111	1111
9	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010
10	0011	0011	1100	1100	0011	0011	1100	1100	0011	0011	1100	1100	0011	0011	1100	1100
11	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001
12	0000	1111	1111	0000	0000	1111	1111	0000	0000	1111	1111	0000	0000	1111	1111	0000
13	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101
14	0011	1100	1100	0011	0011	1100	1100	0011	0011	1100	1100	0011	0011	1100	1100	0011
15	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110
16	0000	0000	0000	0000	1111	1111	1111	1111	0000	0000	0000	0000	1111	1111	1111	1111
17	0101	0101	0101	0101	1010	1010	1010	1010	0101	0101	0101	0101	1010	1010	1010	1010
18	0011	0011	0011	0011	1100	1100	1100	1100	0011	0011	0011	0011	1100	1100	1100	1100
19	0110	0110	0110	0110	1001	1001	1001	1001	0110	0110	0110	0110	1001	1001	1001	1001
20	0000	1111	0000	1111	1111	0000	1111	0000	0000	1111	0000	1111	1111	0000	1111	0000
21	0101	1010	0101	1010	1010	0101	0101	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	0101
22	0011	1100	0011	1100	1100	0011	1100	0011	0011	1100	0011	1100	0011	0011	1100	0011
23	0110	1001	0110	1001	1001	0110	1001	0110	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001
24	0000	0000	1111	1111	1111	1111	0000	0000	0000	0000	1111	1111	1111	1111	0000	0000
25	0101	0101	1010	1010	1010	1010	0101	0101	0101	0101	1010	1010	1010	1010	0101	0101
26	0011	0011	1100	1100	1100	1100	0011	0011	0011	0011	1100	1100	1100	1100	0011	0011
27	0110	0110	1001	1001	1001	1001	0110	0110	0110	0110	1001	1001	1001	1001	0110	0110
28	0000	1111	1111	0000	1111	0000	0000	1111	1111	0000	1111	1111	0000	0000	1111	1111
29	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101
30	0011	1100	1100	0011	1100	0011	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	0011	1100	1100
31	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110
32	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111	1111
33	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101	0101	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
34	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011	0011	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
35	0110	0110	0110	0110	0110	0110	0110	0110	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
36	0000	1111	0000	1111	0000	1111	0000	1111	1111	0000	1111	0000	1111	0000	1111	0000
37	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010
38	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100
39	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001
40	0000	0000	1111	1111	0000	0000	1111	1111	0000	0000	1111	1111	0000	0000	1111	1111
41	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010
42	0011	0011	1100	1100	0011	0011	1100	1100	0011	0011	1100	1100	0011	0011	1100	1100
43	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001
44	0000	1111	1111	0000	0000	1111	1111	0000	0000	1111	0000	0000	1111	1111	0000	0000
45	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101
46	0011	1100	1100	0011	0011	1100	1100	0011	0011	1100	0011	0011	1100	1100	0011	0011
47	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110
48	0000	0000	0000	0000	1111	1111	1111	1111	0000	0000	1111	1111	1111	1111	0000	0000
49	0101	0101	0101	0101	1010	1010	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010
50	0011	0011	0011	0011	1100	1100	1100	1100	0011	0011	1100	1100	0011	0011	1100	1100
51	0110	0110	0110	0110	1001	1001	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001
52	0000	1111	0000	1111	1111	0000	1111	0000	0000	1111	0000	0000	1111	0000	1111	0000
53	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010	0101	1010
54	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	1100	0011	0011	1100	1100
55	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001	0110	1001
56	0000	0000	1111	1111	1111	1111	0000	0000	1111	1111	0000	0000	0000	0000	1111	1111
57	0101	0101	1010	1010	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101
58	0011	0011	1100	1100	1100	1100	0011	0011	1100	1100	0011	0011	0011	0011	1100	1100
59	0110	0110	1001	1001	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	1001
60	0000	1111	1111	0000	1111	0000	0000	1111	1111	0000	0000	1111	0000	0000	1111	1111
61	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101	0101	1010	1010	0101
62	0011	1100	1100	0011	1100	0011	0011	1100	1100	0011	0011	1100	0011	0011	1100	1100
63	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110	0110	1001	1001	0110

Tabla II-5: Códigos WALSH en cdmaOne².

⁵ Ídem 1, Pág. 65.

Generación de Señales para Espectro Ensanchado																
Datos generados por el usuario	1				0				0				1			
Secuencia Ortogonal (Código Walsh No. 1)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Secuencia Transmitida	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0

Tabla II-6: Generación de Señales Ortogonales para Espectro Ensanchado con DS.

2.2.1.1.3 Canales de Adelanto en CDMA

Los canales de adelanto de CDMA son los siguientes:

- Un canal Piloto (Pilot)
- Un canal de sincronización (Sync)
- Uno a siete canales de actualización (Paging)
- Canales de tráfico, asignados según la necesidad (Traffic Channels)

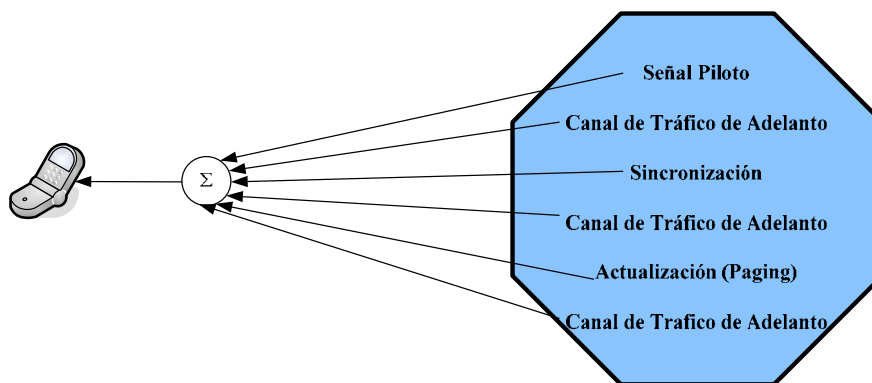


Figura II-10: Canales de CDMA.

Para cada canal de adelanto se reserva un código Walsh:

Asignación de los Códigos Walsh en CDMA	
Código Walsh	Uso
0	Señal Piloto (Pilot)
1 al 7	Canales de Actualización (Paging)
32	Canal de Sincronización (Sync Channel)

Tabla II-7: Asignación de Códigos Walsh en la tecnología CDMA.

En total quedan 55 códigos Walsh para asignarlos al tráfico de usuarios en cada sector de celda, este número puede aumentar dependiendo de la ocupación de servicios como por ejemplo el de SMS y tráfico del sistema: Mensajes de parámetros, celdas vecinas, acceso, canales CDMA y servicio global de redireccionamiento de mensajes, que se hacen a través de los canales de actualización (paging). Si uno de estos canales está libre se lo puede asignar para la comunicación de un nuevo usuario.

2.2.1.1.4 Códigos Walsh Variables

En el caso de la tecnología CDMA2000, se introduce el concepto de códigos variables, los mismos que se reducen de 256 a, 128, 64, 32, 16, 8 e incluso 4 bits por código para mantener una tasa de transmisión de chips constante, para las elevadas velocidades de transmisión de datos de esta tecnología:

Ensanchamiento con códigos Walsh Variables			
#Código	Walsh 4 bits	Walsh de 8 bits	Walsh de 16 bits
0	0000	0000 0000	0000 0000 0000 0000
1	0101	0101 0101	0101 0101 0101 0101
2	0011	0011 0011	0011 0011 0011 0011
3	0110	0110 0110	0110 0110 0110 0110
4		0000 0000	0000 1111 0000 1111
5		0101 0101	0101 1010 0101 1010
6		0011 0011	0011 1100 0011 1100
7		0110 0110	0110 1001 0110 1001
8			0000 0000 1111 1111
9			0101 0101 1010 1010
10			0011 0011 1100 1100
11			0110 0110 1001 1001
12			0000 1111 1111 0000
13			0101 1010 1010 1010
15			0011 1100 1100 0011
14			0110 1001 1001 0110

Tabla II-8: Códigos Walsh Variables.

El ensanchamiento variable con códigos Walsh, se basa en la estructura de árbol para construir códigos recursivos sucesivamente con un mayor número de bits: 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256. El uso de códigos cortos permite conseguir las velocidades de transmisión de los sistemas 3G de CDMA hasta 2 MBPS.

Los sistemas CDMA 1x pueden emplear códigos de hasta 128 bits, mientras que los sistemas CDMA 3x pueden emplear códigos de hasta 256 bits, lo que incrementa significativamente la capacidad de usuarios que pueden acceder simultáneamente al sistema. Sin embargo cuando los usuarios hacen uso de servicios que requieren de altas velocidades de transmisión de datos y se emplean códigos reducidos, el número de usuarios que pueden acceder al sistema también disminuye debido a que los códigos de mayor longitud que nacen a partir de un código reducido, siguiendo por la rama del árbol de dicho código, no pueden ser empleados.

2.2.1.1.5 Ganancia de Procesamiento

La ganancia de procesamiento expresa la ventaja en el desempeño de un sistema de espectro ensanchado, comparado a un sistema de banda angosta. En secuencia directa esta ventaja se calcula con la relación que existe entre el ancho de banda total empleado por la técnica de ensanchamiento de espectro (AB) y la tasa de transmisión de datos (R):

$$G_p = \frac{AB_{total}}{R}$$

Ecuación II-1: Ganancia de procesamiento.

En los sistemas de DS el ancho de banda total es aproximadamente igual a la tasa de codificación del chip (R_{ch}), por lo que la **Ecuación II-1**, puede quedar expresada de la siguiente manera:

$$G_p = \frac{R_{ch}}{R}$$

Ecuación II-2: Ganancia de procesamiento DS.

La **Ecuación II-2**, nos deja ver de una manera clara la ventaja de un sistema de espectro ensanchado sobre uno de banda angosta. Si un código binario puede

comprender 1000 chips (por el ensanchamiento de la señal), la ventaja con respecto a un sistema de banda angosta es de 1000 veces.

2.2.1.2 Salto de Frecuencia

El ensanchamiento del espectro también se lo puede lograr haciendo “saltar” a una señal de un ancho de banda pequeño, generada por un usuario, sobre un mayor ancho de banda al transmitirla por diferentes frecuencias. Este tipo de sistemas suele emplear la modulación por Codificación por Desplazamiento de Fase M-aria (MPSK).

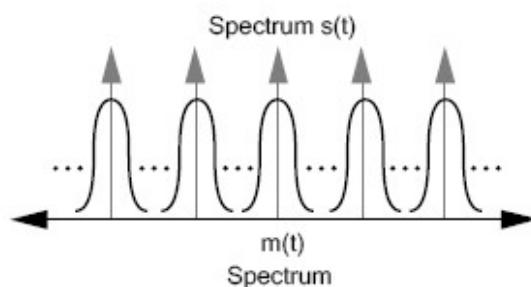


Figura II-11: Espectro Ensanchado con FH³.

La técnica de salto de frecuencia se clasifica en salto lento y salto rápido.

2.2.1.2.1 Salto de Frecuencia Lento (SFH)

Más de un bit de información se transmite en cada salto de frecuencia, esto significa que el intervalo de transmisión ininterrumpido con la misma frecuencia de transmisión equivale a la duración de un símbolo de información.

⁶ Ídem 1. Pág. 38.

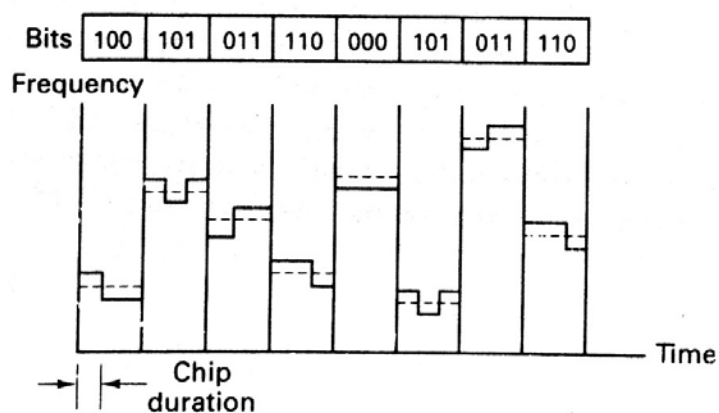


Figura II-12: Salto de frecuencia lento (SFH).⁷

En otras palabras la velocidad de transmisión de bits es mayor a la velocidad de cambio de frecuencia (saltos).

2.2.1.2.2 Salto de Frecuencia Rápido (FFH)

La velocidad de los saltos es mayor a la velocidad de transmisión de bits, esto significa que hay varios saltos de frecuencia durante la transmisión de cada símbolo de modulación. El mínimo intervalo de transmisión ininterrumpido con la misma frecuencia de transmisión equivale a la frecuencia de los saltos.

⁷ Imagen tomada de: Sklar Bernard, "Digital Communications", segunda edición, Prentice Hall, New Jersey, 2001. Pág. 744.

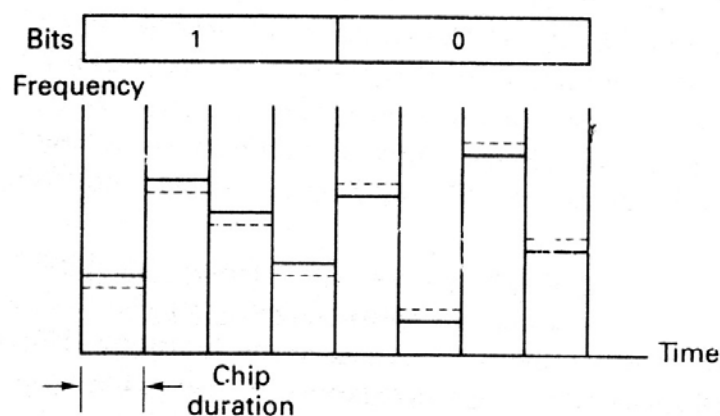


Figura II-13: Salto de frecuencia rápido (FFH).⁸

Esto significa que la velocidad de transmisión de cambio de frecuencia (saltos) es mayor a la velocidad de transmisión de bits.

2.2.1.2.3 Ganancia de Procesamiento

La ganancia de procesamiento de un sistema FH depende del ancho de banda total en el que se va a realizar los saltos (AB) y la tasa de transmisión de datos (R):

$$G_p = \frac{AB_{total}}{R}$$

Ecuación II-4: Ganancia de procesamiento FH.

2.2.1.2.4 SFH vs. FFH

En el caso de los sistemas de espectro ensanchado de secuencia directa, se emplea el término “chip” para referirse al intervalo de tiempo de menor duración de un símbolo de modulación. En el caso de los sistemas de espectro ensanchado con salto de frecuencia, el término “chip” se emplea para caracterizar la mínima forma de onda ininterrumpida

⁸ Ídem 4.

en el sistema. En el caso de SFH el mínimo intervalo de forma de onda ininterrumpido es igual al de la tasa de bits, mientras que para los sistemas FFH este intervalo equivale a la velocidad de salto. El “chip” entonces dependerá de la mayor velocidad de cambio, la de bit o la de salto, del sistema de espectro ensanchado por salto de frecuencia.

2.2.1.3 Secuencia Directa (DS) vs. Salto de Frecuencia (FH)

Sin interferencia de otros radios y en el espacio libre, los radios de espectro ensanchado de secuencia directa (DS) y salto de frecuencia (FH), en teoría tienen el mismo desempeño. Para aplicaciones móviles con retrasos grandes debidos al multi-trayecto, la DS representa un método confiable de mitigación a este problema, porque su señalización discrimina todas las copias de señal que llegan en los distintos trayectos que están retrasadas con más de un tiempo de chip con respecto a la señal directa, lo que hace que las señales de multi-trayecto sean invisibles para el receptor. Los sistemas FH pueden ofrecer la misma mitigación al problema del multi-trayecto, solo en el caso de que la frecuencia de los saltos sea mayor a la velocidad de cambio de los símbolos (FFH), y si el ancho de banda del salto de frecuencia es grande.

Implementar un radio con FFH puede ser costoso debido a la necesidad de sintetizadores de frecuencia de alta velocidad. Consecuentemente, las velocidades de salto de los radios de FH generalmente son lentas comparadas a las velocidades de transmisión de símbolos de información, por lo que estos sistemas se comportan como radios de banda angosta. La señalización de SFH y DS experimentan algún tipo de interferencia. Es típico que los radios SFH sean susceptibles a los errores cuando al transmitir ráfagas de información esporádicas, mientras que los radios DS cometen errores esporádicos de bajo nivel. Para altas velocidades de transmisión de datos, el impacto del multi-trayecto tiende a degradar en gran medida los radios SFH más que en los radios de DS. Para mitigar los errores de arranque en los radios de FH, es necesario implementar la diversidad de tiempo en períodos de transmisión de larga duración. Los sistemas SFH han sido diseñados de tal manera que provean diversidad en aplicaciones de acceso inalámbrico específicas, para sistemas de poco movimiento, o simplemente para cumplir con la Parte 15 del reglamento de la FCC. Para aplicaciones comerciales, la implementación de radios de DS, con una gran ganancia de procesamiento, usualmente limitada a menos de 20 dB, para evitar emplear circuitos de alta velocidad⁹.

⁹ Ídem 4. Pág. 774.

2.3 TERMINALES CELULARES

Los terminales celulares, o dispositivos de mano, son la parte del sistema celular que hace de interfaz con el usuario. Comprenden un equipo de radio: Antena, transceptor y fuente de poder (batería); una sistema de comunicación humana compuesto de: Micrófono, auricular, teclado, pantalla de visualización de estado del equipo, la red y aplicaciones particulares de cada fabricante. En los sistemas de 2.5 y 3G puede contener interfaces para otro tipo de equipos como computadores o módems a través de puertos seriales (RS232), infrarrojos o inalámbricos.

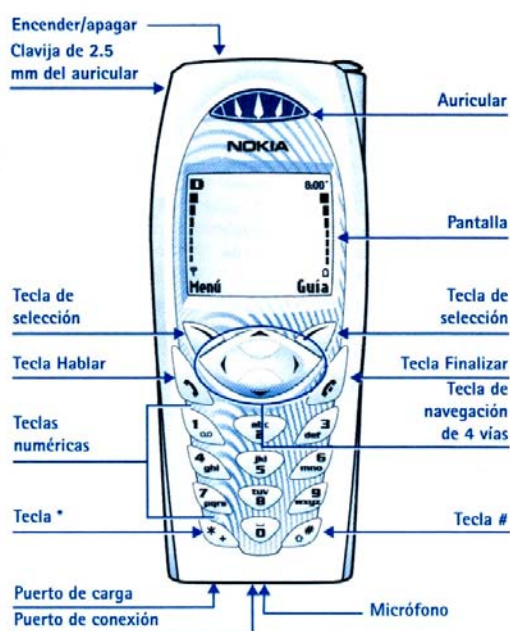


Figura II-14: Diagrama de un terminal celular*

* Imagen tomada de NOKIA 3586 manual del usuario, pag 11.

2.3.1 Parámetros de los terminales celulares cdmaOne y cdma2000

Los terminales que emplean la tecnología cdmaOne y cdma2000 se rigen los siguientes estándares: **IS-95 Rev B, IS-98 Rev B e IS-2000**. En el Ecuador este tipo de terminales funcionan en el país a través de las operadoras de telefonía celular Movistar y Alegro PCS.

El estándar IS-95 Rev B combina el TSB-74 y el J-STB-008, estándares que añadieron soporte para la transmisión de datos a 14400 bps y compatibilidad con PCS respectivamente dentro del marco de 2G y 2.5G. La evolución del IS-95 para 3G es el IS-98 que a su vez fue reemplazado por el IS-2000. Este último comprende dos fases, la primera llamada IS-2000 Release 0 y comercialmente conocida como CDMA2000 1xRTT y la segunda fase es una evolución de este estándar conocida comercialmente como CDMA2000 1xEV-DO/DV. Esta evolución se muestra en la **Figura II-15**.

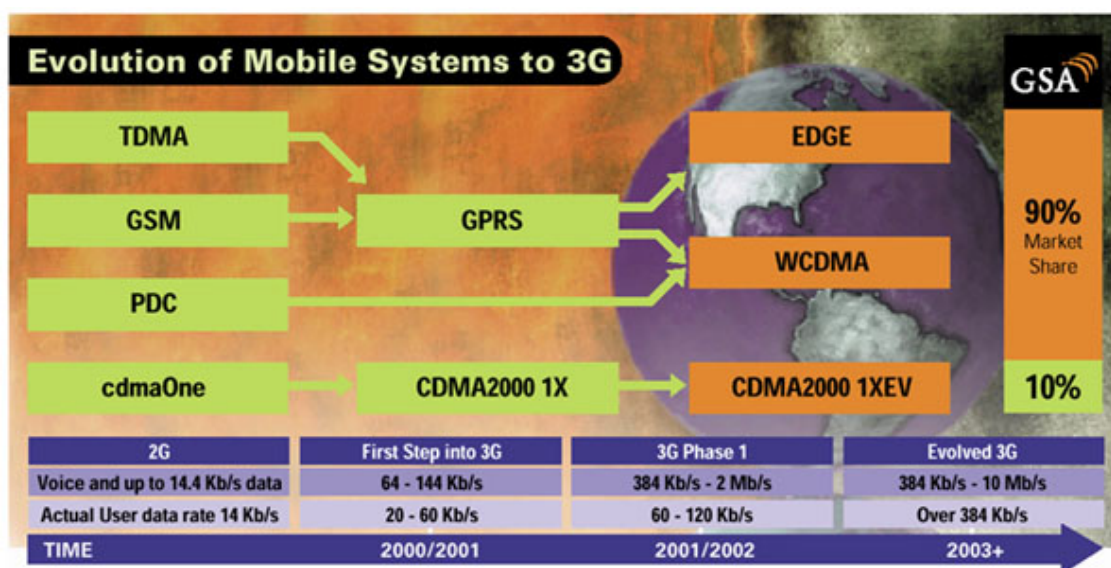


Figura II-15: Evolución de los sistemas celulares a 3G¹⁰.

¹⁰ Imagen tomada de <http://www.geekzone.com.nz/content.asp?contentid=2362>.

2.3.1.1 Parámetros de calidad de señal

La calidad de la forma de onda es la medida básica de desempeño de un transmisor (Tx) CDMA. El éxito de este tipo de sistemas se basa en su eficiencia en el uso de la potencia, la misma que se puede determinar al medir la calidad de la forma de onda de la señal transmitida y el porcentaje que esta se correlaciona con un código generado de manera ideal.

Otros parámetros a ser considerados son hard handoff, rango de control de potencia en lazo abierto, respuesta de tiempo de control en lazo abierto, potencia de salida de la prueba de acceso, rango de control de potencia en lazo cerrado, máxima potencia de salida de RF, máxima potencia controlada, potencia en stand by, emisiones espúreas TX conducidas y radiadas. Entre los más importantes establecidos en el estándar IS-98 B: “Estándares de desempeño mínimo recomendado para estaciones móviles celulares en spread spectrum” de la TIA/EIA.

2.3.1.1.1 Calidad de forma de onda (Rho)

La figura de mérito de la calidad de forma de onda de una señal CDMA transmitida se conoce como *rho* (ρ). Los estándares de CDMA exigen que el porcentaje de Rho sea mayor a 0.944, para un desempeño aceptable del sistema. Este desempeño estimado del sistema significa que un 94.4% de la energía transmitida se correlaciona con la señal ideal. El ruido que un Tx CDMA genera y afecta a otros usuarios es de 0.25 dB.

Al medir Rho también se puede medir otros parámetros como la exactitud de frecuencia y exactitud de tiempo de transmisión.

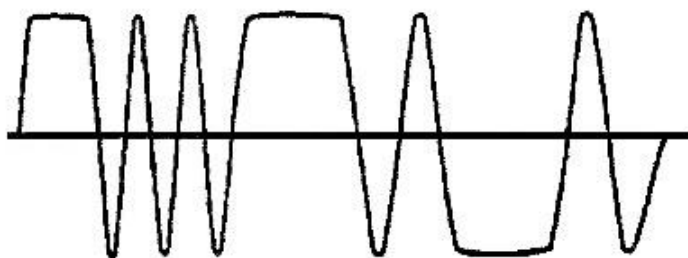


Figura II-16: Ejemplo de señal generada idealmente por un Tx. CDMA.

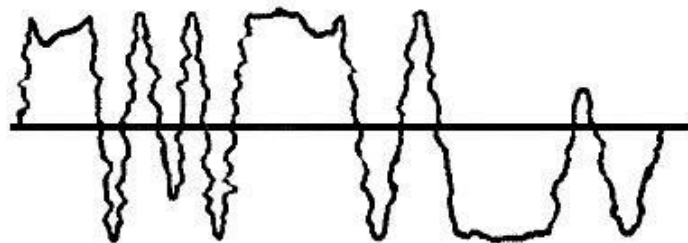


Figura II-17: Ejemplo de señal real transmitida por un Tx. CDMA.

El valor de Rho se determina al comparar la potencia de la señal ideal (**Figura II-16**) con la potencia total de la señal real, esto es considerando el ruido (**Figura II-17**):

$$\rho = \frac{\text{Potencia de la señal}}{\text{Potencia de la señal} + \text{Potencia ruido}}$$

Para el estándar IS-95 se puede realizar esta medición en tiempo real, ya que este sistema de CDMA emplea un solo canal piloto para el enlace reverso (*uplink*). Para el caso del estándar IS-2000, cuyo sistema siempre hace uso de al menos dos canales para el enlace reverso, excepto durante un evento de *handoff* y puede llegar a emplear hasta 5 canales reversos al mismo tiempo, se requiere de un equipo de prueba de Rho que sea capaz de efectuar la medición durante el evento de *handoff* o, aún mejor, que tenga la capacidad de hacerlo en tiempo real como en el caso de cdmaOne. Los procesos de codificación de canal reverso para cdmaOne y cdma2000 se muestran en las **Figuras II-18 y 19** respectivamente.

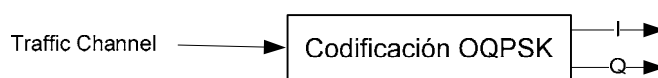


Figura II-18: Codificación de canal reverso en cdmaOne.

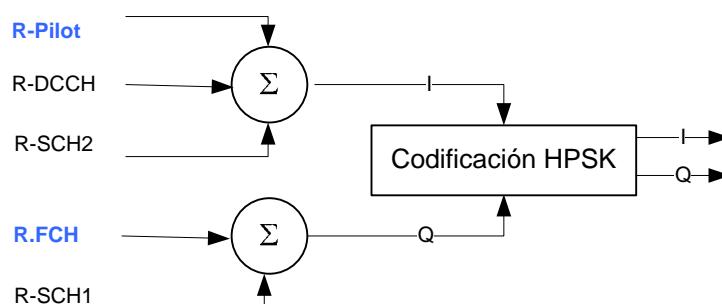


Figura II-19: Codificación de canal reverse en cdma2000.

2.3.1.1.2 Exactitud de frecuencia (Δf)

La exactitud de frecuencia es la capacidad de un Tx., en este caso el terminal celular, para realizar una transmisión con una frecuencia de portadora asignada con la mayor precisión posible. La diferencia entre la frecuencia de transmisión asignada y la frecuencia real de operación se conoce como tolerancia.

La exactitud mínima de frecuencia para Tx CDMA es de ± 300 Hz para un canal de 45 MHz con una frecuencia de portadora de 800 a 900 MHz y ± 150 Hz para un canal de 45 MHz con una frecuencia de portadora de 1800 a 2000 MHz.

2.3.1.1.3 Exactitud de tiempo de transmisión (τ)

El tiempo de transmisión es el que se demora una MS en transmitir una señal, desde que llega el primer componente de multi-trayecto con la información del canal de tráfico de adelanto, *downlink*, (*forward traffic channel F-TCH*) de la BS, este es demodulado y finalmente la MS transmite por el canal de tráfico reverse (*reverse traffic channel R-TCH*). Este tiempo no puede ser mayor a $1\mu s$.

2.3.1.1.4 Exactitud de codificación

Este parámetro denota la capacidad de la MS para codificar datos en el canal de tráfico reverse. La exactitud de codificación se prueba al evaluar tramas de información en los canales I y Q. Los estándares de CDMA establecen que no debe haber errores en una transmisión de 24576 chips.

2.3.1.1.5 Tasa de Error de Tramas (FER)

La tasa de error de tramas, usualmente medida durante la demodulación del canal de tráfico de adelanto, determina la cantidad de bits errados en una trama enviada por dicho canal. La FER nos permite medir el desempeño de la demodulación del canal de tráfico de adelanto en presencia de ruido. Los valores permisibles de FER deben estar dentro de un rango de $\pm 5\%$ de los valores estipulados en la **Tabla II-9**:

Estándar Mínimo para el Desempeño del Canal de Tráfico en Presencia de Ruido.		
Tasa de Transmisión [bps]	FER	Eb/Nt [dB]
14400	0.050	5.1
	0.030	5.3
	0.100	5.6
	0.005	5.9
	0.003	6.0
9600	0.050	3.6
	0.030	3.8
	0.010	4.3
	0.005	4.5
	0.003	4.7
4800	0.030	3.6
	0.010	4.0
	0.005	4.2
2400	0.030	4.0
	0.010	4.5
	0.005	4.8
1200	0.030	3.9
	0.010	4.6
	0.005	4.9

Tabla II-9: Estándar mínimo de FER

E_b / N_t es la relación que entre la energía promedio de un bit de información a la salida del conector de la antena de la MS y la densidad de potencia espectral efectiva en el mismo punto de la antena.

2.3.1.2 Parámetros de control de potencia

Con el fin de optimizar el desempeño de las redes celulares y la duración de las baterías de los terminales CDMA, es necesario establecer un control de potencia que permita maximizar la capacidad de los sistemas. Si todos los usuarios llegan a la BS con un nivel de potencia semejante, entonces tendrán una calidad de servicio similar. Para

lograr este objetivo se emplean dos tipos de control de potencia: En lazo abierto y en lazo cerrado.

El control de potencia en lazo abierto es el que se crea por parte de la MS de manera estimada, aumentando o disminuyendo su potencia de transmisión según las condiciones de la transmisión como distancia, multi-trayecto, pérdidas, etc. Por otro lado el control de potencia de lazo cerrado se genera con la ayuda de la BS, lo que lo hace más rápido y preciso. Con el control en lazo abierto y cerrado, la Potencia Efectiva Radiada (ERP) del terminal se reduce al nivel mínimo necesario para mantener el canal CDMA reverso.

El *handoff* se realiza por el desplazamiento de una MS de una BS a otra BS, esto ayuda a preservar la energía del terminal debido a que siempre busca la señal piloto más cercana o de mejor potencia.

2.3.1.2.1 Clases de MS CDMA

Según el tipo de MS y su aplicación los terminales CDMA se clasifican por la máxima potencia que pueden transmitir. Para el caso de CDMA todos los equipos comerciales son de clase 1, esto quiere decir que la máxima potencia de salida de estos que pueden llegar a tener estos equipos debe ser menor a 1W. La potencia de salida de cada clase de MS CDMA se detalla en el punto 3.1.2.3.

2.3.1.2.2 CDMA Handoff

El *handoff* es el proceso mediante el cual una MS pasa de una celda a otra, para lo cual en ocasiones se mantiene el mismo código y frecuencias utilizadas en la celda de origen (*soft handoff*), en otras ocasiones se debe cambiar una o ambas frecuencias de la comunicación, el código *walsh* y otras veces se debe incluso cambiar de modo de operación de cobertura digital a analógica (*hard Handoff*). El proceso del *handoff* será explicado con detalle en los capítulos posteriores. No obstante es necesario que el *handoff* sea considerado dentro de los parámetros de prueba de los terminales.

El proceso del *handoff* es dirigido por la BS para que la MS lo realice, este proceso se inicia al enviar un mensaje de dirección de *handoff*, lo que le indica a la MS que va a

pasar de una zona de un tipo de cobertura a otro tipo de cobertura o que va a soportar un cambio abrupto de frecuencias de operación, en otras palabras que va a realizar un *hard handoff*. El *soft handoff* se lo realiza por decisión de la MS ya que esta tiene 4 sensores en la antena principal conocidos como *fingers*, los mismos que continuamente miden las señales piloto de las BS cercanas y escogen la mejor. El diagrama de bloques de este proceso se muestra en la **Figura II-20**.

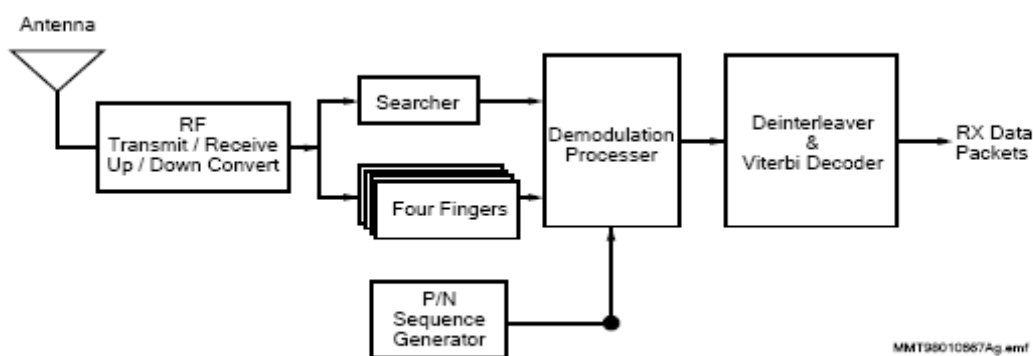


Figura II-20: Versión simplificada del proceso de Tx/Rx de una MS CDMA¹¹.

El éxito del proceso del *handoff* depende de la velocidad con la que este se realice. Los parámetros de CDMA establecen que el tiempo en el que un MS se desconecta de una BS y se conecta a otra BS no debe superar los 2 ms y la potencia de Tx en la nueva BS debe estar dentro de 10 dB del valor nominal que usaba en la celda anterior.

2.3.1.2.3 Rango de control de potencia en Lazo Abierto (OL)

La estación móvil estima el control de potencia de lazo abierto promedio de salida con la potencia de entrada promedio que recibe durante una comunicación.

¹¹ Imagen tomada de: Qualcomm Incorporated, “CDMA 120 – cdmaOne and CDMA2000 Concepts and Terminology”, San Diego, 2002. Página 94.

El desempeño mínimo de un terminal CDMA para esta prueba depende de la potencia que envíe la BS, los estándares CDMA recomiendan realizar 3 pruebas con distintos niveles de potencia como se muestra en las **Tablas II-10 y 11**:

Estándar Mínimo de Control de Potencia en Lazo Abierto (OL) 800 – 900 MHz			
Potencia de Prueba (dB/1.23 MHz)	Potencia de Salida Clase I (dB/1.23 MHz)	Potencia de Salida Clase II (dB/1.23 MHz)	Potencia de Salida Clase III (dB/1.23 MHz)
-25	-48 ±9.5	-48 ±9.5	-48 ±9.5
-65	-8 ±9.5	-8 ±9.5	-8 ±9.5
-104	18 a 38	18 a 34	18 a 30

Tabla II-10: Estándar Mínimo de Control de Potencia en Lazo Abierto en Sistemas Celulares

Estándar Mínimo de Control de Potencia en Lazo Abierto (OL) PCS 1.8 – 2 GHz					
Potencia de Prueba (dB/1.23 MHz)	Potencia de Salida Clase I (dB/1.23 MHz)	Potencia de Salida Clase II (dB/1.23 MHz)	Potencia de Salida Clase III (dB/1.23 MHz)	Potencia de Salida Clase IV (dB/1.23 MHz)	Potencia de Salida Clase V (dB/1.23 MHz)
-25	-51 ±9.5	-51 ±9.5	-51 ±9.5	-51 ±9.5	-51 ±9.5
-65	-11 ±9.5	-11 ±9.5	-11 ±9.5	-11 ±9.5	-11 ±9.5
-104	15 a 33	15 a 30	15 a 27	13 a 24	8 a 21

Tabla II-11: Estándar Mínimo de Control de Potencia en Lazo Abierto PCS

El nivel de potencia en OL también dependerá de la clase de MS que sea sujeto de prueba.

2.3.1.2.4 Rango de control de potencia en Lazo Cerrado (CL)

Una estación móvil celular después de realizar un control de lazo abierto, realiza un control de lazo cerrado para hacer un ajuste de potencia más preciso. Estos ajustes se hacen en respuesta a bits de control de potencia transmitidos por el canal de avance. El rango en el que se puede realizar un ajuste de potencia en CL es la diferencia entre la potencia máxima y la potencia de OL y la potencia mínima y la potencia de OL.

El rango de variación del control de potencia deberá estar 3dB por debajo del límite inferior de PER (Potencia Efectiva Radiada) a la máxima potencia de salida, según los estándares de CDMA. Los límites de potencia de salida RF se muestran en las **Tablas II-10 y 11**. Además los niveles de Potencia de salida deben estar dentro del rango de ±24 dB, del estimado en OL.

2.3.1.2.5 Máxima potencia de salida de RF

La máxima potencia de salida RF es la máxima potencia que la estación móvil transmite a través de su antena. Como se explicó en los puntos anteriores la potencia de salida cambia según las condiciones en las que se encuentra la MS consecuentemente con los controles de potencia de OL y CL.

Los niveles de potencia de salida máxima para sistemas celulares y PCS se resumen en las siguientes tablas:

Máximo nivel de salida de PER en una MS en la banda de 800 – 900 MHz		
Clase de MS	Límite superior dB / W	Límite Inferior dB / W
I	8 / 6.3	1 / 1.25
II	4 / 2.5	-3 / 0.5
III	0 / 1.0	-7 / 0.2

Tabla II-12: Máximo nivel de salida de PER en una MS en la banda de 800 – 900 MHz.

Máximo nivel de salida de PER en una MS en la banda de PCS MHz		
Clase de MS	Límite superior dB / W	Límite Inferior dB / W
I	3 / 2.0	-2 / 0.63
II	0 / 1.0	-7 / 0.2
III	-3 / 0.5	-12 / 0.063
IV	-6 / 0.25	-17 / 0.02
V	-9 / 0.13	-22 / 0.0063

Tabla II-13: Máximo nivel de salida de PER en una MS en la banda de PCS MHz.

También se debe considerar que la potencia de salida mínima media de una MS debe ser inferior a los -50 dBm / 1.23 MHz centrada a la frecuencia del canal CDMA.

2.3.1.2.6 Potencia de salida de la Prueba de Acceso

La prueba de acceso consiste en la transmisión de un preámbulo y un mensaje a través de un canal reverso. Esta transmisión consiste en un número entero de tramas. Con la prueba de acceso se puede probar varios parámetros como potencia offset nominal, potencia offset inicial e incremento de potencia entre pruebas consecutivas.

Un intento de acceso a la red celular consiste una secuencia de pruebas de acceso. Una MS debe intentar acceder a la red al menos dos veces. Los valores mínimos para cada parámetro de la prueba de acceso se resumen en la **Tabla II-14**:

Parámetros en la prueba de acceso	
Parámetro	Rango esperado
<i>Primer intento de acceso a la red</i>	
Potencia de la prueba de acceso (a)	± 1 dB
Número de pruebas de acceso en una secuencia de prueba	5
Número de secuencias de prueba	1
<i>Segundo intento de acceso a la red</i>	
Potencia de la prueba de acceso	6 ± 1.2 dB + (a)
Incremento de potencia en cada prueba de acceso de la secuencia	1 ± 0.5 dB
Número de pruebas de acceso en una secuencia de prueba	5
Número de secuencias de prueba	3

Tabla II-14: Estándares mínimos para la prueba de acceso.

2.3.1.2.7 Potencia en modo de espera (stand by)

La potencia en modo de espera es la potencia de salida cuando las funciones de transmisión de la estación móvil no están en uso (*idle*).

Cuando el Tx de la MS no está en uso, la potencia del ruido de la densidad espectral debe ser menor a -61 dBm medida con 1 MHz de resolución para sistemas celulares y PCS.

2.3.1.2.8 Emisiones espurias de transmisor conducidas y radiadas

Las emisiones espurias conducidas son aquellas que transmite la antena de una estación móvil pero que se encuentran fuera del canal asignado para la TX. Las emisiones espurias radiadas son las que se generan en la estación móvil debido a fuentes de poder, amplificadores de control y audio que al estar en modo pasivo no generan emisiones pero una vez puestos en funcionamiento pueden generarlas fuera del canal CDMA asignado.

Los niveles permisibles de emisiones espurias se muestran en la **Tabla II-15**:

Límites de emisiones espurias en una MS CDMA	
Para frecuencias mayores a	Límite de emisiones
885 kHz	-42 dBc / 30 kHz -54 dBm / 1.23 MHz
1.98 MHz	-54 dBc / 30 kHz -54 dBm / 1.23 MHz

3.125 MHz	-13 dBm / 100 kHz
-----------	-------------------

Tabla II-15: Niveles permisibles de emisiones espurias en un transmisor CDMA.

2.3.2 Parámetros de los terminales GPRS/GSM

Las MS con tecnología GPRS, GSM deben cumplir con los parámetros establecidos por el estándar **TS 100 910** de la ETSI. Las operadoras que emplean esta tecnología en el país son CONECEL y OTECEL. Es importante señalar que esta tecnología es la que tiene mayor participación en el mercado ecuatoriano y a nivel mundial. Según los datos de la Secretaría de Asociación Global de Proveedores de móviles (GSA Secretariat), que maneja las cifras de la mayoría de proveedores de importancia de tecnologías móviles, menciona en uno de sus comunicados de prensa las siguientes estadísticas:

En el último cuarto del 2005 GSM adquirió 100 millones de suscriptores, lo que equivale a 1 millón de suscriptores por día a nivel mundial. Con esto GSM ha llegado a 1.56 billones de suscriptores al finalizar septiembre del 2005.

Durante los primeros 9 meses del 2005 GSM logró 276.8 millones de suscriptores nuevos lo que supera la cifra global de suscriptores de CDMA de todos los tiempos que llega a 273.5 millones.

Las líneas GSM comprenden el 77.2% del mercado celular en el mundo, dejando el 22.8% restante a todas las demás tecnologías de telefonía celular. Ecuador sigue la corriente a nivel mundial teniendo una participación del 42% de la tecnología GSM vs. el 58% de las demás tecnologías Cdma2000 y TDMA.

2.3.2.1 Parámetros de calidad de señal

2.3.2.1.1 Exactitud de modulación

La exactitud de modulación queda definida por el vector que almacena los símbolos que representan a la señal transmitida y por el vector que representa la señal idealmente modulada. La magnitud de este vector se conoce como Magnitud del Vector Error (EVM).

El EVM debe ser medido por un filtro digital de coseno levantado con un roll off de 0.25 y una banda lateral simple de 6 dB con un ancho de banda de 90 kHz. La medición del filtro puede ser limitada por una ventana definida de la siguiente manera:

$$w(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq |t| \leq 1.5T \\ 1.5T \leq |t| \leq 3.75T \\ 0, & |t| \geq 3.75T \end{cases}$$

Ecuación II-4: Ventana para filtro de coseno levantado de EVM.

El estándar TS 100 910 de la ETSI establece que el valor RMS del EVM no debe exceder los siguientes valores:

Valores permisibles del EVM RMS	
Condición	%
Normal	9.0
Extrema	10.0

Tabla II-16: Valores permisibles de magnitud del vector error.

2.3.2.1.2 Espectro debido a la conmutación de transitorios

Los efectos de este espectro se hacen presentes en altas tasas de transmisión de datos, típicas de transmisiones de video y se pueden analizar en el dominio del tiempo considerando los siguientes parámetros: Ancho de banda del filtro de 30 kHz, amplitud del pico de los transitorios y ancho de banda para transmisión de video de 100 kHz.

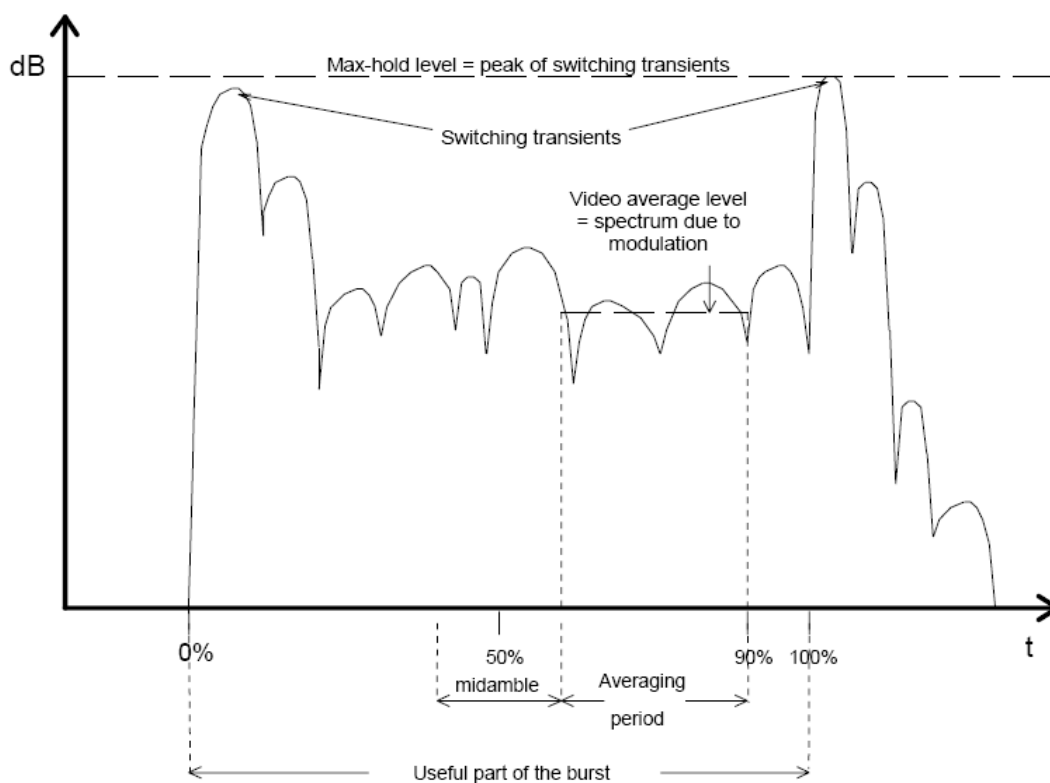


Figura II-21: Forma de onda modulada vista por un filtro con ventana de 30 kHz de offset con respecto a la portadora¹².

En la figura se muestra una forma de onda de una señal GSM modulada, que transmite video. Los transitorios aparecen al principio y al final de la forma de onda. La potencia máxima que pueden tener estos transitorios a distintas frecuencias se muestran en la **Tabla II-17**:

Nivel de Potencia (dBm)	Máximo nivel medido			
	400 kHz (dBm)	600kHz (dBm)	1200 kHz (dBm)	1800 kHz (dBm)
39 dBm	-21	-26	-32	-36
≤ 37 dBm	-23	-26	-32	-36

Tabla II-17: Máximo nivel permisible de espectro de transitorios.

¹² Imagen tomada de: ETSI, “TS 100 910: Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio Transmission and Reception”, Sophia Anipolis Cedex, 2002. Página 19.

2.3.2.1.3 Espectro debido a la modulación y al ruido de banda ancha

Debido a la naturaleza dinámica de una señal de FH, el espectro de este tipo de señal depende de dos factores: El proceso de modulación y la conmutación de transitorios.

Estos parámetros varían según los niveles de potencia y la frecuencia con los que esté transmitiendo la MS. El estándar TS 100 910 de la ETSI establece los siguientes valores de potencia en **dB** para este espectro:

Valores permisibles de potencia del espectro de modulación						
Frecuencia Offset de la portadora (kHz) →	100	200	250	400	≥ 600 <1800	≥ 1800 <3000
Nivel de Potencia (dBm) ↓						
≥ 39	+ 0.5	-30	-33	-60	-66	-69
37	+ 0.5	-30	-33	-60	-64	-67
35	+ 0.5	-30	-33	-60	-62	-65
≤ 33	+ 0.5	-30	-33	-60 ¹³	-60	-63

Tabla II-18: Espectro de Modulación para MS GSM 400, 850, 900 y 1800 MHz.

Para medir este parámetro en una portadora de salto, se debe considerar únicamente las ráfagas de información que se enviaron durante los saltos de esa portadora.

2.3.2.1.4 Señales espurias dentro de la banda de transmisión

Para el caso de las señales con FH se considera la potencia pico de las emisiones espurias y el espectro de conmutación de transitorios a diferentes frecuencias en un ancho de banda especificado. Este ancho de banda se define considerando los siguientes casos:

¹³ El estándar para equipos que soportan 8-PSK es de -54 dB.

1. Al ensanchar el ancho de banda alrededor de una portadora para medir emisiones espurias cercanas a ella, disminuye la energía por MHz, del espectro que afecta a la señal transmitida por la portadora.
2. Ensanchando el ancho de banda de medición, se logra reducir de manera efectiva el nivel del espectro debido a la conmutación de transitorios que afecta a la señal.

El ancho de banda de medición de emisiones espurias aumenta junto con el offset de medición con respecto a la frecuencia de sujeto de prueba o con la frecuencia de portadora. Las condiciones para medir las frecuencias espurias se resumen en las siguientes tablas:

Banda	Offset de la portadora (MHz)	AB para la medición (kHz)
Dentro de la banda de transmisión	≥ 1.8	30
	≥ 6	100
100 kHz a 50 MHz fuera de la banda de transmisión	-	10
	≥ 2	30
	≥ 5	100
Sobre 500 MHz fuera de la banda de transmisión	≥ 2	30
	≥ 5	100
	≥ 10	300
	≥ 20	1000
	≥ 30	3000

Tabla II-19: Ancho de banda para la medición de frecuencias espurias según el offset de la portadora.

Una vez establecidas las ventanas de transmisión de la **Tabla II-19**, se definen los siguientes niveles de potencia del espectro de emisiones espurias:

Se aplican las ventanas “Dentro de la banda de transmisión” de la **Tabla II-19**:

Banda	Nivel de potencia permisible (dBm)	Nivel de potencia permisible (nW)
9 kHz a 1 GHz	-36	250
1 GHz a 12.75 GHz	-30	1000

Tabla II-20: Niveles de potencia permisibles para emisiones espurias.

El ruido debido a emisiones espurias generado por una MS cuando no está realizando una llamada (estado pasivo), no puede pasar de los valores que se indican en la **Tabla II-21:**

Banda	Nivel de potencia permisible (dBm)	Nivel de potencia permisible (nW)
9 kHz a 1 GHz	-57	2
1 GHz a 12.75 GHz	-47	20

Tabla II-21: Niveles de potencia permisibles para emisiones espurias en estado pasivo.

Para estos valores se aplican las siguientes excepciones:

Banda	Nivel de potencia permisible (dBm)	Nivel de potencia permisible (nW)
880 a 915 MHz	-59	1.25
1.71 a 1.785 GHz	-53	5
1900 a 1920 MHz 1920 a 1980 MHz 2010 a 2025 MHz 2210 a 2170 MHz	-76	0.25

Todos los niveles de potencia expresados están de acuerdo al estándar TS-100-910 de la ETSI.

2.3.2.1.5 Tasa de Error de Trama (FER)

En sistemas GSM con FH, con una señal RF de entrada aleatoria el desempeño no puede ser mayor al 0.002% de error en las tramas de información transmitidas.

2.3.2.2 Parámetros de control de potencia

2.3.2.2.1 Clases de MS GSM

Dependiendo del tipo de MS y su aplicación, la ETSI ha separado a los terminales GSM en distintas clases, las mismas que se especifican por modulación y nivel de potencia:

Para modulación GMSK:

Clase	GSM 400, 850 y 900 Potencia máxima de salida nominal W (dBm)	PCS 1900 Potencia máxima de salida nominal W (dBm)	Tolerancia (dB) para condiciones:	
			normal W (dBm)	extrema dB
1	-	1 (30)	± 2	± 2.5
2	8 (39)	0.25 (24)	± 2	± 2.5
3	5 (37)	4 (36)	± 2	± 2.5
4	2 (33)		± 2	± 2.5
5	0.8 (29)		± 2	± 2.5

Tabla II-22: Clases de MS GSM con modulación GMSK.

Para modulación 8-PSK:

Clase	GSM 400, 850 y 900 Potencia máxima de salida nominal W (dBm)	Tolerancia para condiciones:		PCS 1900 Potencia máxima de salida nominal W (dBm)	Tolerancia para condiciones:	
		normal (dB)	extrema (dB)		normal (dB)	extrema dB
E1	2 (33)	± 2	± 2.5	1 (30)	± 2	± 2.5
E2	0.5 (27)	± 3	± 4	0.4 (26)	-4/+3	-4.5/+4
E3	0.2 (23)	± 3	± 4	0.16 (22)	± 3	± 4

Tabla II-23: Clases de estaciones GSM con modulación 8-PSK.

La potencia máxima de salida de un sistema 8-PSK siempre es igual o menor a la de un sistema GMSK, por efectos de la modulación.

2.3.2.2.2 Potencia promedio de portadora

Para toda MS, los valores expresados tienen como referencia la potencia captada en el conector de la antena y se asume una ganancia de 0 dBi.

En el caso de modulación GMSK, la potencia de salida debe ser medida dentro de la parte útil de la ráfaga de transmisión:

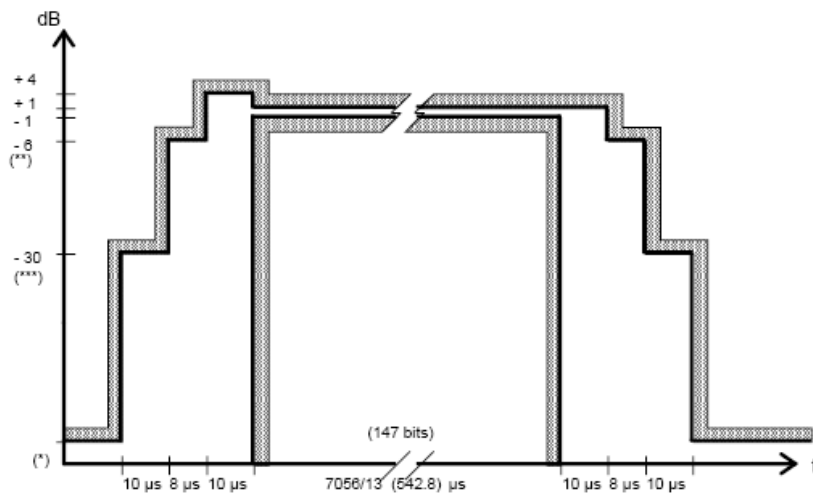


Figura II-22: Tiempo de duración de una ráfaga de transmisión GSMK en condiciones normales (147 bits)¹⁴.

Con modulación 8-PSK, la potencia de salida equivale al promedio de la potencia de una ráfaga aleatoria de datos:

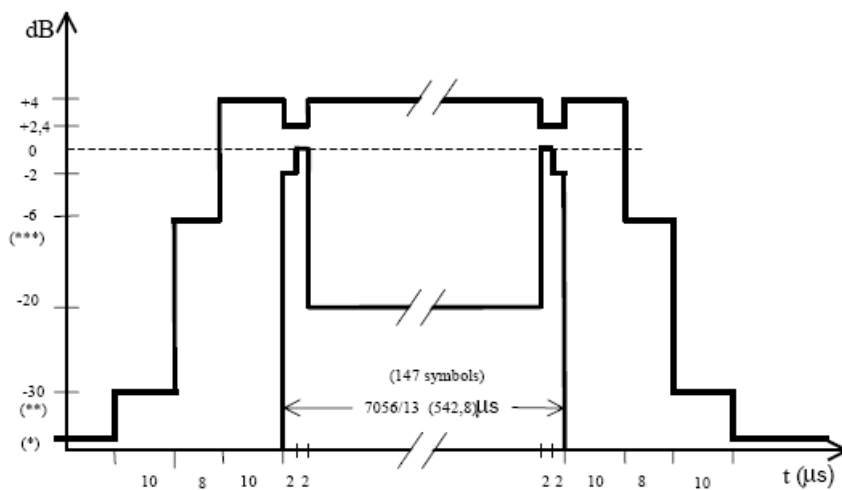


Figura II-23: Tiempo de duración de una ráfaga de transmisión 8-PSK en condiciones normales (147 símbolos)¹⁵.

¹⁴ Ídem 9, Anexo B.

Todas las potencias promedio no deben sobrepasar los 7 W (38,5 dBm) y 2 W (33 dBm) de EIRP, Potencia Efectiva Radiada Isotrópicamente, para las bandas de 800 y 1900 MHz respectivamente. Cuando la MS no está transmitiendo, la potencia residual no puede sobrepasar los 4 nW (-54 dBm) para GSM 800 y 16 nW (-48 dBm) para GSM 1900 MHz.

2.3.2.2.3 Control de Potencia

Según los niveles de señal y la cercanía de la MS a la BTS, se genera un control de potencia que hace que el terminal emita distintos valores de EIRP. El máximo nivel de potencia va a depender de la clase de MS. A continuación se detallan los niveles de potencia según la frecuencia de operación:

Banda de 800 a 900 MHz:

Nivel de control de Potencia	Potencia de salida nominal (dBm)	Tolerancia según condición (dB)	
		Normal	Extrema
0-2	39	±2	±2,5
3	37	±3	±4
4	35	±3	±4
5	33	±3	±4
6	31	±3	±4
7	29	±3	±4
8	27	±3	±4
9	25	±3	±4
10	23	±3	±4
11	21	±3	±4
12	19	±3	±4
13	17	±3	±4
14	15	±3	±4
15	13	±3	±4
16	11	±5	±6
17	9	±5	±6
18	7	±5	±6
19-31	5	±5	±6

Tabla II-24: Niveles de control de potencia GSM en la banda de 800 a 900 MHz.

¹⁵ Ídem 11.

Estos niveles de potencia se controlan modificando los valores del mensaje MS_TXPWR_MAX_CCH, los valores que puede tomar este mensaje de control se resumen en la **Tabla IV-25**.

Banda de 1900 MHz:

Nivel de control de Potencia	Potencia de salida nominal (dBm)	Tolerancia según condición (dB)	
		Normal	Extrema
22-29	Reservado	Reservado	Reservado
30	33	± 2	± 2.5
31	32	± 2	± 2.5
0	30	± 2	± 2.5
1	28	± 3	± 4
2	26	± 3	± 4
3	24	± 2	± 2.5
4	22	± 3	± 4
5	20	± 3	± 4
6	18	± 3	± 4
7	16	± 3	± 4
8	14	± 3	± 4
9	12	± 4	± 4
10	10	± 4	± 5
11	8	± 4	± 5
2	6	± 4	± 5
13	4	± 4	± 5
14	2	± 5	± 6
15	0	± 5	± 6
16-21	Reservado	Reservado	Reservado

Tabla II-25: Niveles de control de potencia GSM en la banda de 1900 MHz.

Los cambios de un nivel de control de potencia en una MS, son controlados por la MS. Los cambios de potencia serán graduales con cambios de 2 ± 1.5 dB, con excepción de los niveles de control de potencia 30 y 31 donde los cambios serán de 1 ± 1 dB.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL LABORATORIO DE HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS TERMINALES

3.1 EQUIPOS DE EVALUACIÓN DE TERMINALES

Como se detalló en el capítulo anterior, los terminales celulares que las operadoras de telefonía móvil del Ecuador comercializan actualmente son de las tecnologías CdmaOne, Cdma2000 y GSM. El laboratorio de homologación deberá tener equipos capaces de evaluar los parámetros estas 3 tecnologías.

3.1.1 Equipos para mediciones CDMA

3.1.1.1 Características de los equipos para prueba de MS CDMA

Para poder simular condiciones en las que se pueda medir todos los parámetros detallados en el capítulo anterior es necesario que los equipos para prueba de MS CDMA simulen los escenarios de la tecnología, es decir que puedan reproducir las condiciones de celdas para interacción entre los canales de adelanto y reversa (Piloto, sincronización, actualización y tráfico), así como handoffs. Para esto es necesario que tengan las siguientes características:

- Simulador de canal
- Medidor de calidad de forma de onda
- Generador de AWGN
- Generador de CW
- Analizador de espectro
- Medidor de potencia promedio

3.1.1.1.1 Simulador de canal

El simulador de canal debe tener la capacidad de controlar cada canal independientemente y debe cumplir las siguientes condiciones:

La función de probabilidad de distribución de potencia $F(P)$ debe ser la siguiente:

$$F(P) = \begin{cases} 1 - e^{-P/P_{ave}}; & P > 0 \\ 0; & P \leq 0 \end{cases}$$

Ecuación III-1: Función de probabilidad de densidad de potencia $F(P)$.

Donde P es el nivel de potencia de la señal y P_{ave} es el nivel de potencia promedio.

La tolerancia debe estar dentro de ± 1 dB para niveles de potencia de 10 a 20 dB, por debajo del nivel de potencia promedio y ± 5 dB para niveles de potencia de 20 a 30 dB, por debajo del nivel de potencia promedio.

La función de densidad de potencia espectral $S(f)$ debe ser la siguiente:

$$S(f) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{f - f_c}{f_d}\right)^2}}; & f_c - f_d \leq f \leq f_c + f_d \\ 0; & \text{en los demás casos} \end{cases}$$

Ecuación III-2: Función para la densidad espectral de potencia $S(f)$.

Donde f_c es la frecuencia de portadora y f_d es la frecuencia Doppler dada por:

$$f_d = \left(\frac{v}{c}\right)f_c$$

Ecuación III-3: Frecuencia Doppler f_d .

Con v como la velocidad del vehículo y c como la velocidad de la luz en el vacío.

A frecuencias de $|f - f_c| = f_d$, la densidad de potencia espectral debe ser al menos 6 dB mayor que la calculada en f_c y a frecuencias $|f - f_c| > 2f_d$, $S(f)$ debe ser al menos 30 dB menor que $S(f_c)$.

El coeficiente de correlación de fase continua $\rho(t)$ debe obedecer a la función:

$$\rho(t) = \frac{3}{2\pi} \sin^{-1}[J_0(2\pi f_d t)] + 6 \left\{ \frac{1}{2\pi} \sin^{-1}[J_0(2\pi f_d t)] \right\} - \frac{3}{4\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{[J_0(2\pi f_d t)]^{2n}}{n^2}$$

Ecuación III-4: Coeficiente de auto correlación de fase continua $\rho(t)$.

Donde, $J_0()$ es la función Bessel de orden cero.

3.1.1.1.2 Medidor de calidad de forma de onda (Rho)

Este equipo debe ser capaz de realizar correlación cruzada de forma de onda con el fin de medir la tolerancia de frecuencia de forma de onda, tolerancia del tiempo del piloto y calidad de forma de onda.

El equipo debe cumplir con las siguientes características de precisión para medir los parámetros antes mencionados:

Parámetro	Precisión	Símbolo
Calidad de Onda	$\pm 5 \times 10^{-4}$ rango: [0.90 a 1.0]	ρ_0
Error de frecuencia	± 10 Hz	Δ_f
Error de alineamiento de tiempo en el canal Piloto	± 135 ns	τ_0

Tabla III-1: Precisión del equipo de medición de calidad de forma de onda.

ρ_0 , está definido por:

$$\rho_0 = \frac{\sum_{j=1}^N \left| \sum_{k=1}^{64} Z_{j,k} \tilde{R}_{0,j,k} \right|^2}{\left\{ \sum_{k=1}^{64} \left| \tilde{R}_{0,j,k} \right|^2 \right\} \left\{ \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{64} \left| Z_{j,k} \right|^2 \right\}}$$

Ecuación III-5: Factor de calidad de forma de onda (Rho).

Donde $Z_{j,k} = z[64(j-1)+k]$ es la k^{th} muestra en el j^{th} periodo de la función Walsh en un intervalo de medición y $\tilde{R}_{0,j,k} = \tilde{R}_0[64(j-1) + k]$ es la muestra de la salida ideal del canal piloto.

Δ_f , es el error en la frecuencia.

τ_0 , es el tiempo offset de sincronización del canal piloto.

3.1.1.1.3 Medidor de exactitud de codificación

Este equipo debe ser capaz de enviar información codificada en un patrón conocido a la MS. Al recibir la señal la MS debe responder los mensajes codificados y estos deben llegar sin errores.

3.1.1.1.4 Generador de Ruido Blanco Gaussiano Aditivo (AWGN)

Los requerimientos mínimos de desempeño de este generador son los siguientes:

Parámetro	Valor
Ancho de banda mínimo	1.8 MHz
Resolución de frecuencia	1 kHz
Exactitud de salida	$\pm 2\text{dB}$ para salidas $\geq -80 \text{ dBm}/1.23 \text{ MHz}$
Configuración de salida	0.1 dB
Rango de salida	-20 a -95 dBm /1.23 MHz

Tabla III-2: Parámetros del generador de AWGN.

El generador de AWGN no debe estar correlacionado a ninguna señal, especialmente a la del transmisor ideal.

3.1.1.1.5 Generador de Onda Continua (CW)

Los requerimientos mínimos de desempeño de este generador son los siguientes:

Parámetro	Valor
Exactitud de frecuencia	± 10 ppm
Resolución de frecuencia	1 kHz
Rango de salida	-50 dBm a -10 dBm
Exactitud de salida	± 1.0 dB
Resolución de salida	0.1 dB

Tabla III-3: Parámetros del generador de CW.

3.1.1.1.6 Analizador de espectro

El analizador de espectro debe tener la siguiente funcionalidad:

Parámetro	Valor
Configuración de frecuencia	En pasos de 1 kHz
Exactitud de frecuencia	± 0.2 ppm
Rango dinámico mostrado	70 dB
Fidelidad de escala logarítmica en el display	± 1 dB
Banda	10 MHz a 2.6 GHz
Potencia medida con una resolución de 30 kHz	-90 a +20 dBm
Potencia integrada de canal de 1.23 Mhz	-70 a +47 dBm
Impedancia de entrada	50 Ω

Tabla III-4: Parámetros del analizador de espectros.

3.1.1.1.7 Medidor de potencia promedio

Los parámetros mínimos de desempeño de este instrumento son los siguientes:

Parámetro	Valor
Rango de frecuencia	10 MHz a 1 GHz
Rango de potencia	-70 dBm (100 pW) a +47 dBm (50w)
Exactitud de potencia	± 0.2 dB (5%)
Resolución de medición de potencia	0.1 o 0.001 dB

Tabla III-5: Parámetros del medidor de potencia promedio.

3.1.1.2 Esquema del laboratorio CDMA

señal. En el diagrama se muestra un punto de medición únicamente con el atenuador de señal y otro con la suma de la señal de CW y AWGN. Adicionalmente al atenuador se debe colocar un generador de emisiones espurias para crear un escenario de pruebas más realista.

3.1.2 Equipos para mediciones GSM (SS)

3.1.2.1 Características de los equipos para prueba de MS GSM

Para evaluar la tecnología GSM se necesita un equipo capaz de medir los parámetros detallados en el capítulo anterior, la ETSI ha dado la nomenclatura de Simulador de Sistema (SS) a la configuración de los equipos de evaluación que pueden simular de dos a seis celdas.

El SS debe simular al menos dos celdas con las siguientes características:

- Generador de canales Físicos
- Generador de FH
- Desvanecimiento por multitrayecto
- Potencia de salida RF ajustable
- Retraso ajustable
- Generador de Canal de Transmisión de Control BCCH con potencia variable

3.1.2.1.1 Generador de canales físicos

Con el fin de medir los parámetros de sensibilidad en una MS GSM, el sistema de prueba debe ser capaz de generar los siguientes canales de adelanto:

BCCH: Canal de Control de Transmisión, es el canal lógico de la red celular empleado para transmitir información de señalización y control a todos las MS dentro de la red. La potencia de este canal debe ser regulable.

TCH: Canal de tráfico.

PCH: Canal de Actualización, que se emplea para informar a la MS de las llamadas entrantes desde la BTS.

AGCH: Canal de Acceso Concedido, sirve para que la BTS asigne un canal de tráfico TFH o de espera SDCCH a la MS para que esta pueda tener acceso a la red.

SDCCH: Canal de Control Dedicado a la Espera, es un canal de comunicación entre la MS y BTS para transmitir señalización para configurar una llamada.

SACCH: Canal de Control de Asignación Lenta, este canal envía información continua de señalización de forma paralela a una llamada, necesaria para la decisión de handovers.

FACCH: Canal de Control de Asignación Rápida, tiene la misma función del SACCH pero se usa cuando la tasa de transmisión de este último es muy baja para tomar una decisión de handover.

3.1.2.1.2 Generador de FH

El sistema debe ser capaz de transmitir tramas TDMA con acceso de FH, esto quiere decir que debe ser capaz de conmutar en cualquier frecuencia dentro de la banda de funcionamiento del sistema.

Los parámetros con los que debe cumplir el generador de salto de frecuencia son los siguientes:

Parámetro	Valor
Timeslot	577 μ s
# de Timeslot (TN)	0 al 7
# de trama TDMA (FN)	0 a 2715647
Ancho de banda de los canales	200 kHz

Tabla III-6: Parámetros del generador de FH.

Cada trama TDMA se forma con 8 slots de tiempo.

3.1.2.1.3 Desvanecimiento por multitrayecto

El SS debe ser capaz de generar condiciones de desvanecimiento de señal que simulen los efectos del multitrayecto: retrasos de señal, espectro Doppler y variaciones de nivel.

El equipo deberá ser capaz de generar los dos tipos más comunes de espectro Doppler el Clásico y el Rice.

3.1.2.1.3.1 Espectro Doppler Clásico

Es el tipo de espectro Doppler más común y está dado por la siguiente función:

$$S(f) = \frac{A}{\sqrt{1 - \left(\frac{f}{f_d}\right)^2}}; \quad f \in -f_d, f_d$$

Ecuación III-6: Función del espectro Doppler clásico.

Donde, $f_d = v/\lambda$ v es la velocidad del vehículo en m/s y λ es la longitud de onda de la señal en m.

3.1.2.1.3.2 Efecto Doppler Rice

Es la suma del espectro Doppler Clásico y el espectro de un trayecto directo, este tipo de espectro se usa para simulaciones de áreas rurales. La función del espectro Doppler Rice es la siguiente:

$$S(f) = \frac{0,41}{\left(2\pi f_d \sqrt{1 - \left(\frac{f}{f_d}\right)^2}\right)} + 0,91\delta(f - 0,7f_d); \quad f \in]-f_d, f_d[$$

Ecuación III-7: Función del espectro Doppler Rice.

Las escenarios para simular los efectos del desvanecimiento por multitrayecto son los siguientes:

- Áreas Rurales (RA)
- Terrenos Montañosos (HT)
- Áreas Urbanas (Típico TU)
- Perfil de Ecuación (EQ)
- Celdas pequeñas (Típico TI)

El equipo debe cumplir con los siguientes parámetros para cada escenario:

Modelo	Velocidad del vehículo simulada (Km / h)			
	3	50	100	250
RA				W
HT			W	
TU	W,I	W,I		W
EQ		W		

Tabla III-7: Escenarios de desvanecimiento por multitrayecto.

En la **Tabla III-7**, la señal buscada es representada por la letra W y la señal de interferencia por la letra I, el simulador de desvanecimiento por multitrayecto debe cumplir con estas características.

3.1.2.1.4 Potencia de salida RF ajustable

El SS debe ser capaz de conmutar a cualquier nivel de potencia dentro del rango de 30 dB en un slot de tiempo.

3.1.2.1.5 Retraso ajustable

El SS debe tener la capacidad de generar ráfagas de espectro de señal con retrasos de periodos de 0 a 216 bits, en pasos de 0,25 bits para cualquier señal modulada. El periodo de bit depende del sistema de FH, lento o rápido, y del tipo de trama. (Ver **Figuras II-22 y II-23**).

3.1.2.2 Esquema del laboratorio GSM

Este esquema cumple con los requerimientos estándar I-ETS 300 020-2 para el simulador de sistema GSM con el fin de evaluar todos los parámetros de una MS GSM. El simulador de sistema GSM es el equivalente a la BS de prueba CDMA, el detalle de simulador se muestra en la **Figura III-2**:

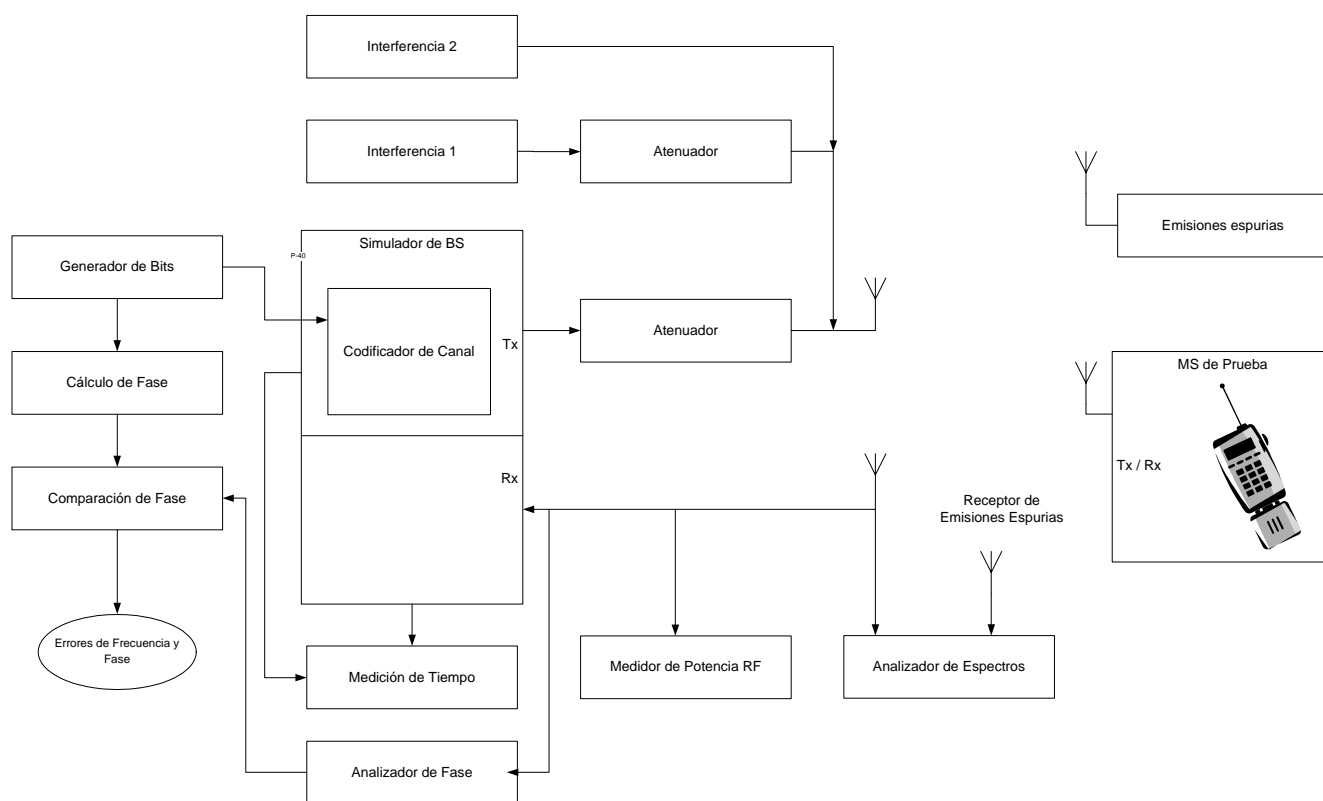


Figura III-2: Esquema del laboratorio GSM.

A diferencia de CDMA, GSM depende completamente de la calidad de transmisión de sus teléfonos terminales, es por esto que las MS GSM tienen mayor potencia que las CDMA para ser menos inmunes a las interferencias y que el simulador de sistema enfatiza las mediciones de fase y sincronismo.

De igual manera que en CDMA se puede implementar varios equipos para realizar las mediciones o un equipo especializado que integre todos los elementos en un solo paquete. El detalle de los equipos se adjunta en el **Anexo 1**.

3.1.3 Equipos para mediciones de SAR

Los equipos para medir la Tasa de Absorción específica, no dependen del tipo de tecnología que se va a evaluar, sino de la frecuencia de transmisión, potencia y conductividad de los cuerpos, como se lo detalló en el **Capítulo I**. Para este tipo de equipos es necesario recrear con fidelidad el escenario donde van a funcionar: A la altura de la cabeza o la cintura, sujetado por la mano o un sujetador, etc.

3.1.3.1 Características de los equipos para prueba de SAR

Los equipos necesarios para este tipo de pruebas esencialmente son:

- Medidor de campo Eléctrico
- Un simulador de escenario (Fantasma)

3.1.3.1.1 Medidor de campo Eléctrico

Este equipo debe ser capaz de medir el campo eléctrico, sin afectar las características del medio ya que va a estar muy cerca e incluso hará contacto con el escenario a través de sensores eléctricos. Para esto es necesario que su estructura sea impermeable a las cargas estáticas.

Los parámetros que debe cumplir este equipo se detallan a continuación:

Parámetro	Valor
Calibración de frecuencia	10 MHz a 2.5 GHz
Precisión	8%
Banda de operación	30 MHz a 3 GHz
Directividad	0.2 dB

Tabla III-8: Parámetros del medidor de campo eléctrico.

3.1.3.1.2 Simulador de escenario (Fantasma)

El escenario donde nos interesa medir las radiaciones de un teléfono celular es el cuerpo humano, por esto se ha desarrollado maniqués o cuerpos huecos con características físicas y formas similares a las humanas denominados “fantasmas”.

3.1.3.1.2.1 Características del fantasma

Las características eléctricas del cuerpo humano pueden ser reproducidas por el ethyl-hidróxido celuloso (HEC), que es un gel que al ser mezclado con soluciones salinas y bactericidas, puede recrear con fidelidad las características dieléctricas de casi todo cuerpo humano (Niños, mujeres embarazadas, hombres, etc.).

Los estándares de IEEE establecen los siguientes porcentajes de estas soluciones en cada mezcla, dependiendo de la frecuencia de operación del equipo:

Mezcla (%)	835 MHz		1900 MHz	
	Cabeza	Cuerpo	Cabeza	Cuerpo
Agua	41.45	52.50	54.90	69.91
Glycol	-	-	44.92	29.96
Azucar	56.00	45.00	-	-
Sal (NaCl)	1.45	1.40	0.18	0.13
Bactericida	0.10	0.10	-	-
HEC	1.00	1.00	-	-
TOTAL (%)	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabla III-9: Composición del fantasma para simular el tejido humano.

La composición del fantasma puede ser contenida por un esqueleto de fibra de vidrio o plástico con características eléctricas neutras, moldeado de tal manera que se asemeje a la anatomía que se está intentando recrear y que no tenga más de 2.0 mm de espesor.

3.1.3.1.2.2 Equipo para la sujeción de la MS

Según la IEEE es necesario que el equipo sea colocado en las mismas condiciones en las que una persona los usaría, para esto ha estandarizado los modelos que se muestran en las Figuras¹⁶ III-1 y III-2:

¹⁶ Imágenes tomadas de: IEEE SC-2 P1528.

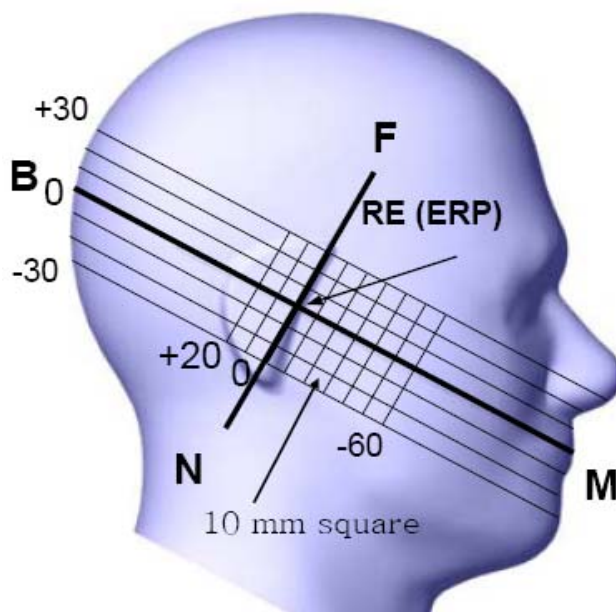


Figura III-3: Referencia de posicionamiento en la cabeza de un teléfono celular.

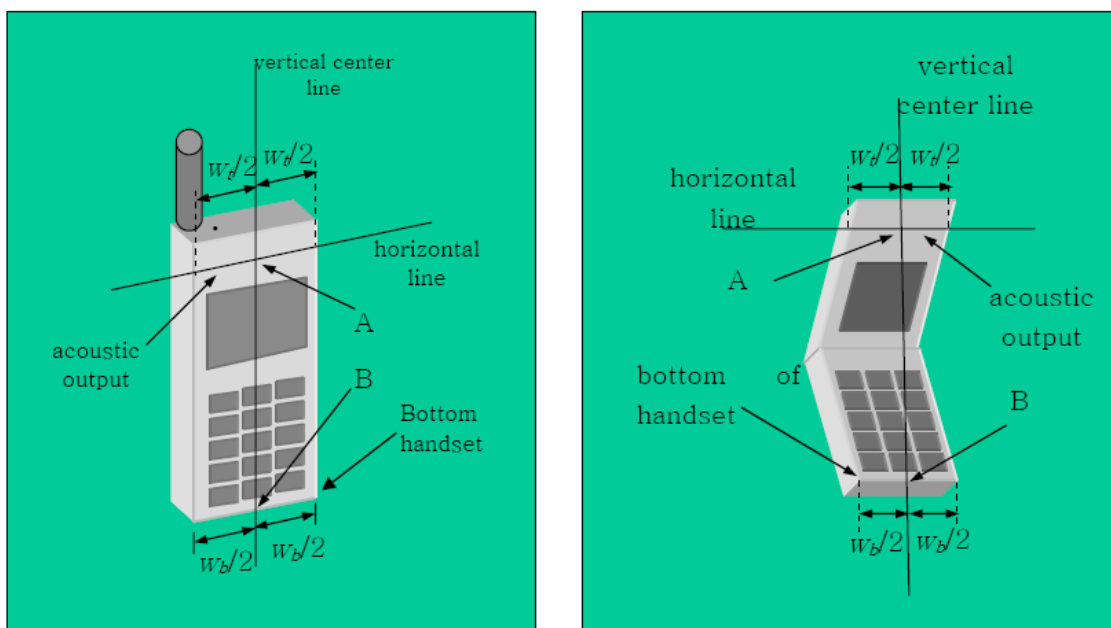


Figura III-4: Posición del equipo a ser probado¹⁷.

¹⁷ Imágenes tomadas del reporte HCT-SAR04-1206 de Hyundai Calibration & Certification Tech. Co., LTD.

Junto con el fantasma, se necesita un instrumento que permita montar la MS de tal manera que permita rotarla hasta acomodarla según la posición que se muestra en la **Figura III-1**. Este dispositivo debe tener la opción de simular una mano humana, aunque esto no siempre es posible debido a la complejidad geométrica de la anatomía de la mano. Hay que recordar que la mano absorbe parte de la energía radiada por la antena. En el caso de que no se pueda simular la mano se debe considerar pérdidas en la antena para compensar los resultados.

El sujetador del equipo debe permitir rotar al teléfono con una precisión de 0.02 mm y debe tener 6 ejes de rotación (rotación esférica).

3.1.3.2 Esquema del Laboratorio de SAR

Para realizar mediciones de SAR simplemente es necesario que el teléfono haga una llamada lo suficientemente larga como para que los sensores puedan tomar todos los datos de emisiones de campos electromagnéticos, mientras se simula el movimiento del teléfono cerca del cuerpo humano (cabeza, cintura, manos libres, etc.). La configuración de los equipos se muestra en la **Figura III-5**:

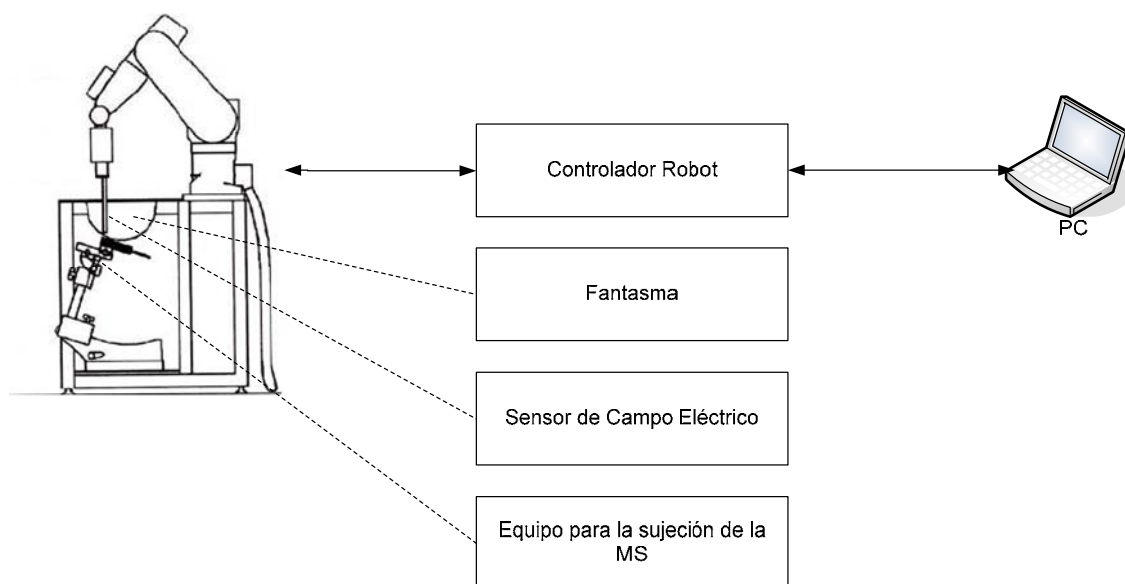


Figura III-5: Esquema del laboratorio de SAR

No hay un estándar establecido para este tipo de equipos. El detalle de los mismos se muestra en el **Anexo 2**.

3.1.4 Equipos recomendados

Todos los equipos deben incluir su respectiva interfaz de conexión a los otros equipos, al equipo de pruebas y alimentación. Esto incluye fuentes de poder, acopladores de antenas, antenas, etc.

Además los equipos deberán cumplir con los estándares de cada tecnología: IS-95 para CdmaOne, IS-2000 para Cdma2000 y ETSI TS 100910 para GSM. El detalle de los equipos se adjunta en los **Anexos 1 y 2**.

3.2 CONDICIONES NECESARIAS PARA LAS PRUEBAS

3.2.1 Ambiente de pruebas

Las mediciones dentro de condiciones atmosféricas estándar deben realizarse dentro de las siguientes condiciones:

Parámetro	Valor
Temperatura (°C)	15 a 35
Humedad relativa (%)	35 a 75
Presión Atmosférica (mbar)	860 a 1060

Las condiciones óptimas son 25°C y 1013 mbar.

3.2.2 Condiciones Eléctricas

Los equipos que funcionen con corriente alterna, deben ser alimentados con una fuente que no exceda el $\pm 2\%$ de variación. No obstante los equipos deben ser capaces de soportar variaciones de voltaje de $\pm 10\%$ sin que estas variaciones afecten las señales de salida.

Con respecto a la frecuencia de operación los equipos deben ser capaces de soportar un $\pm 15\%$ de variación en la frecuencia de entrada sin que esta afecte el desempeño de los mismos.

CAPÍTULO IV

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS Y REGISTRO DE DATOS TÉCNICOS

4.1 PRUEBAS DE LABORATORIO

Una vez detallados los equipos necesarios para la medición de parámetros de terminales celulares en el **Capítulo III**, se detalla las pruebas que se deberán realizar con los mismos.

4.1.1 Pruebas en equipos CDMA

4.1.1.1 Calidad de forma de onda (Rho)

Para analizar la calidad de forma de onda de una MS CDMA es necesario generar una secuencia de datos predefinida en la MS y compararla con la señal ideal que generaría esta secuencia a través de un generador de forma de onda. Esta secuencia puede ser el mensaje de solicitud de registro en la red, por ser la primera información que envía la MS a la red. Para realizar esta medición es necesaria la configuración de los equipos de prueba se detalló en la **Figura III-1**. La calidad de forma de onda debe ser probada en el canal de control que esté asignado a la MS.

Los datos obtenidos pueden ser registrados en la siguiente tabla:

CALIDAD DE FORMA DE ONDA (RHO)		
No.	Mensaje de prueba	$Rho \geq 0.944$
1	Acceso	
2	Acceso	
3	Acceso	
4	Acceso	
5	Acceso	

Tabla IV-1: Registro de datos de calidad de forma de onda.

4.1.1.2 Exactitud de frecuencia ($\Delta \hat{f}$)

Para constatar la exactitud de frecuencia de transmisión de una MS es necesario definir un canal por el que la MS va a transmitir y crear una ventana de 300 a 600 Hz

(± 1.5 ppm de la frecuencia del canal asignado) dependiendo de la frecuencia de operación 850 o 1900 MHz.

La **Tabla IV-2**, sirve para registrar los datos obtenidos:

ESTABILIDAD DE FRECUENCIA (Δf)		
<i>No.</i>	<i>Frecuencia de portadora</i>	<i>(Δf) ± 1.5 ppm</i>
1		
2		
3		
4		
5		

Tabla IV-2: Registro de datos de estabilidad de frecuencia.

4.1.1.3 Exactitud de tiempo de transmisión ($\hat{\tau}$)

Este tiempo debe ser medido por el analizador de señal desde que se oprime una tecla de envío en la MS hasta que el equipo sea capaz de leer el primer pico de señal RF.

EXACTITUD DE TIEMPO DE TRANSMISIÓN (τ)		
<i>No.</i>	<i>Tiempo de Tx</i>	<i>$\tau \pm 1\mu s$</i>
1		
2		
3		
4		
5		

Tabla IV-3: Registro de datos de exactitud de tiempo de transmisión.

Se tomará como válida cualquier tiempo de Tx que tenga más de 50 microsegundos dentro de la frecuencia de portadora del canal preestablecido.

4.1.1.4 Exactitud de codificación

El proceso de medición de la exactitud de codificación es el siguiente:

- Configurar los equipos según la **Figura III-1 a**, el medidor de exactitud de codificación empezará a funcionar con el reloj de la BS, cuando esta transmita la primera trama de información.

- Iniciar una llamada configurada con una tasa de transmisión de 9600 bps para datos y configurar los siguientes valores en los equipos:

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Ior	dBm / 1.23 MHz	-75
Pilot Ec/Ior	dB	-7
Traffic Ec / Ior	dB	-7.4

Tabla IV-4: Valores de prueba para exactitud de codificación.

Donde:

Ior es la densidad espectral de potencia recibida del canal de adelanto CDMA, medida en la antena de la MS.

Pilot Ec/Ior es la tasa promedio de la energía transmitida por cada chip de secuencia PN en el canal piloto con respecto a la densidad de potencia espectral total transmitida.

Traffic Ec / Ior es la tasa promedio de energía transmitida del chip de la secuencia PN debida al canal de tráfico de adelanto con respecto a la densidad de potencia espectral transmitida.

- Transmitir una secuencia de datos conocida por el canal de tráfico de adelanto de manera repetida.
- Medir la exactitud de codificación para una trama.

Los datos obtenidos pueden tabularse de la siguiente manera:

EXACTITUD DE CODIFICACIÓN		
No.	Chips en el canal I = 24576	Chips en el canal Q = 24576
1		
2		
3		
4		
5		

Tabla IV-5: Registro de datos de exactitud de codificación.

4.1.1.5 Tasa de Error de Tramas (FER)

El procedimiento para medir la FER del canal de tráfico de adelanto es el siguiente:

- Configurar los equipos de prueba como se muestra en la **Figura II-1 c**.
- Realizar una llamada de datos utilizando una velocidad de 9600 bps.
- Configurar los siguientes parámetros en los equipos:

PARÁMETRO	UNIDAD	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
Ior/Ioc	dB	-1		
Pilot Ec / Ior	dB	-7		
Traffic Ec / Ior	dB	-16.3	-15.8	-15.6
Ioc	dB / 1.23 MHz	-54		
Traffic Eb/Nt	dB	3.8	4.3	4.5

Tabla IV-6: Parámetros de prueba de FER en el canal de tráfico de adelanto en presencia de Ruido.

Donde:

Ior es la densidad espectral de potencia recibida del canal de adelanto CDMA, medida en la antena de la MS.

Ioc es la densidad espectral de potencia del ruido limitado en banda, simulando la interferencia generada por otras MS, medida en la antena de la MS.

Pilot Ec/Ior es la tasa promedio de la energía transmitida por cada chip de secuencia PN en el canal piloto con respecto a la densidad de potencia espectral total transmitida.

Traffic Ec / Ior es la tasa promedio de energía transmitida del chip de la secuencia PN debida al canal de tráfico de adelanto con respecto a la densidad de potencia espectral transmitida.

Traffic Eb / Nt es la tasa de la energía de bit combinada en relación a la densidad espectral de potencia del ruido en el canal de tráfico.

- Contabilizar el número de tramas transmitidas en la BS y el número de tramas correctamente recibidas en la MS.

FER EN EL CANAL DE TRÁFICO		
No.	bps	FER
1		
2		
3		
4		
5		

Tabla IV-7: Registro de datos de FER en el canal de tráfico.

La prueba se puede repetir a diferentes velocidades de transmisión, los valores de FER deben cumplir con el $\pm 5\%$ de los valores estipulados en la **Tabla II-7**.

4.1.1.6 CDMA Handoff

Se simulará el proceso de hard handoff únicamente. Para esto la BS tiene que dirigir a la MS en una transición entre BS que no sean adyacentes o asignación de frecuencias distintas. Esto con el fin de medir si la MS es capaz de cambiar de un canal de tráfico perteneciente a una BS a un canal de tráfico de otra BS (BS con diferentes índices PN) con frecuencias distintas. Esta prueba también verifica que la MS deshabilite su transmisor antes del cambio de frecuencia. El procedimiento es el siguiente:

- Habilitar los dos transmisores del simulador de canal como dos BS. Esto es BS1, PN1, f1 y BS2, PN2, f2.
- Configurar una llamada de datos configurada a 9600 bps.
- Configurar los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	UNIDAD	CANAL 1	CANAL 2
Ior	dBm/1.23 MHz	-75	-75
Pilot Ec/Ior	dB	-7	-7
Traffic Ec/Ior	Db	-7.4	-7.4

Tabla IV-8: Parámetros para realizar CDMA hard handoff.

Donde:

Ior es la densidad espectral de potencia recibida del canal de adelanto CDMA, medida en la antena de la MS.

Pilot Ec/Ior es la tasa promedio de la energía transmitida por cada chip de secuencia PN en el canal piloto con respecto a la densidad de potencia espectral total transmitida.

Traffic Ec / Ior es la tasa promedio de energía transmitida del chip de la secuencia PN debida al canal de tráfico de adelanto con respecto a la densidad de potencia espectral transmitida.

- Enviar un mensaje a la MS para que realice el hard handoff (*Extended Handoff Direction Message*), con los siguientes parámetros:

PARÁMETRO	VALOR (DECIMAL)
USE TIME	1
PILOT PN	P2
FREQ INCL	1
CDMA FREQ	F2

Tabla IV-9: Parámetros para CDMA hard handoff.

Medir el tiempo (T1) desde que se envió el mensaje de hard handoff hasta que la potencia de la MS de la frecuencia de inicial f1 caiga a -61 dBm / MHz.

Medir el tiempo (T2) desde que se envió el mensaje de hard handoff hasta el instante en el que la MS empiece a transmitir en la nueva frecuencia asignada f2.

CDMA HARD HANDOFF		
No.	$T1 < 2ms$	$T2 < 140 ms$
1		

Tabla IV-10: Registro de datos de CDMA Hard Handoff.

4.1.1.7 Rango de control de potencia en lazo abierto (OL)

Para medir el rango de control de potencia en OL se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Con la configuración de los equipos presentada en la **Figura III-1**, sin los generadores de AWGN y CW realizar una llamada de datos de 9600 bps.
- Configurar en los equipos los siguientes parámetros de prueba:

PARÁMETRO	UNIDAD	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
Ior	dBm / 1.23 MHz	-25	-65	-104
Pilot Ec/Ior	dB	-7	-7	-7
Traffic Ec / Ior	dB	-7.4	-7.4	-7.4

Tabla IV-114: Parámetros de prueba para control de potencia de lazo abierto.

Los resultados obtenidos deben cumplir con lo establecido en las **Tablas II-8 y 9** y se pueden registrar en la siguiente tabla:

RANGO DE CONTROL DE POTENCIA EN OP		
Potencia de prueba (dB/1.23MHz)	Potencia de salida (celular) (dB/1.23MHz)	Potencia de salida (PCS) (dB/1.23MHz)
-25		
-65		
-104		

Tabla IV-12: Registro de datos de control de potencia en OP.

4.1.1.8 Rango de control de potencia en lazo cerrado (CL)

El procedimiento de medición de control de potencia en CL es el siguiente:

Configurar los equipos de igual manera que en el caso anterior y generar una llamada de datos de 9600 bps.

Configurar una atenuación de -15dBm en el canal de adelanto CDMA para forzar un control de potencia de lazo abierto.

Transmitir de manera alternada bits de control “0” y “1”, el último bit debe ser “1”, seguidos de 100 “0”, 100 “1” y 100 “0” de manera consecutiva.

Medir la potencia en la MS y comparar con los parámetros de prueba 1 de la **Tabla IV-11**.

Aumentar la atenuación del canal de adelanto CDMA a 19 dBm, enviar las secuencias de bits de control y medir nuevamente la potencia con los parámetros de prueba 2 de la **Tabla IV-11**.

Los resultados deben cumplir con los parámetros definidos en las **Tablas II-10 y 11**, pueden ser registrados de la siguiente manera:

RANGO DE CONTROL DE POTENCIA EN CL	
<i>Clase de MS</i>	<i>Potencia de salida (3db por debajo del limite inferior del PER)</i>
I	
II	
III	

Tabla IV-13: Registro de datos de control de potencia en CL.

También se debe constatar que los datos estén dentro del rango de ± 24 dB con respecto al control de potencia en OL.

4.1.1.9 Máxima potencia de salida de RF

Para medir la máxima potencia de salida se debe seguir el siguiente procedimiento:

Configurar los siguientes parámetros en el mensaje de acceso:

PARÁMETRO	VALOR (DECIMAL)
NOM_PWR	7
INIT_PWR	15
PWR_STEP	7
NUM_STEP	15
MAX_RSP_SEQ	15

Tabla IV-145: Parámetros del mensaje de Acceso para máxima potencia de salida.

- Con la configuración de los equipos presentada en la **Figura III-1**, sin los generadores de AWGN y CW.
- Realizar una llamada de datos de 9600 bps.
- Configurar los parámetros de la prueba 3 de la **Tabla IV-11**.
- Enviar una secuencia continua de bits de control "0" a la MS.
- Medir la potencia en el conector de la antena de la MS.
- Medir el nivel de emisiones espurias de la MS, dentro de su banda de operación.
- Los resultados obtenidos deben estar de acuerdo a las **Tabla II-10 y II-11**.

Los datos obtenidos se pueden registrar de la siguiente manera:

MÁXIMA POTENCIA DE SALIDA DE RF		
<i>Clase de MS</i>	<i>Rango de Potencia (dB / W)</i>	<i>Potencia medida</i>
I	[1.27, 0.8]	
II	[1.6, -6.0]	
III	[0, -35.0]	
<i>Clase de MS</i>	<i>Rango de Potencia (dB / W)</i>	<i>Potencia medida</i>
I	[1.5, -3.17]	
II	[0, -35.0]	
III	[-6, -190.5]	
IV	[-24, -850]	
V	[-69.2, -3492.1]	

Tabla IV-15: Registro de datos de máxima potencia de salida de RF.

4.1.1.10 Potencia de salida de la prueba de Acceso

- Con la configuración de los equipos presentada en la **Figura III-1**, sin los generadores de AWGN y CW.
- Configurar Ior en -75 dBm / 1.23 MHz.
- Configurar los siguientes valores para los parámetros del mensaje de acceso:

PARÁMETRO	VALOR (DECIMAL)
NOM_PWR	3
INIT_PWR	3
PWR_STEP	1
NUM_STEP	4
MAX_RSP_SEQ	1

Tabla IV-16: Parámetros del mensaje de Acceso para la prueba de Acceso.

- Configurar la BS para ignore todos los intentos de acceso.
- Enviar una actualización (*page*) a la MS.
- Medir la potencia de salida en la antena de la MS en cada intento de acceso.
- Configurar los siguientes parámetros en el mensaje de acceso:

PARÁMETRO	VALOR (DECIMAL)
NOM_PWR	3
INIT_PWR	3
PWR_STEP	1
NUM_STEP	4
MAX_RSP_SEQ	3

Tabla IV-17: Parámetros del mensaje de Acceso para la prueba de Acceso

- Enviar una actualización (*page*) a la MS.
- Medir la potencia de salida en la antena de la MS en cada intento de acceso.

Los resultados de la prueba de acceso deben estar dentro de los parámetros establecidos en la **Tabla II-12** y pueden ser registrados de la siguiente manera:

PARÁMETROS EN LA PRUEBA DE ACCESO		
Parámetro	Rango esperado	Medido
<i>Primer intento de acceso a la red</i>		
Potencia de la prueba de acceso (a)	$\pm 1\text{dB}$	
Número de pruebas de acceso en una secuencia de prueba	5	
Número de secuencias de prueba	1	
<i>Segundo intento de acceso a la red</i>		
<i>Potencia de la prueba de acceso</i>	$6 \pm 1.2\text{ dB} + (a)$	
Incremento de potencia en cada prueba de acceso de la secuencia	$1 \pm 0.5\text{ dB}$	
Número de pruebas de acceso en una secuencia de prueba	5	
Número de secuencias de prueba	3	

Tabla IV-18: Registro de datos de la prueba de acceso.

4.1.1.11 Potencia en modo de espera (stand by)

- Con la configuración de los equipos presentada en la **Figura III-1**, sin los generadores de AWGN y CW.
- Configurar en la BS los parámetros establecidos en la **Tabla IV-8**, para un solo canal.
- Medir la potencia de salida en la antena de la MS mientras esta esté en modo *idle*, esto es sin llamadas entrantes o salientes en curso.
- Enviar una actualización (*page*) a la MS y medir la potencia de salida en la antena de la MS durante los periodos de tiempo entre las pruebas de acceso.
- Empezar una llamada de datos con tasa de transmisión de 1200 bps.
- Enviar una secuencia de '0' y '1' de bits de control a través del canal de tráfico de adelanto.
- Medir el tiempo de respuesta de la potencia de salida promedio en la MS, en una serie de 100 grupos de control de potencia iniciados por los bits de control.

La potencia medida en stand by no deberá sobrepasar los -61 dBm/MHz.

4.1.1.12 Emisiones espurias de transmisor conducidad y radiadas

Dentro del proceso detallado para medir la máxima potencia de salida RF, medir las emisiones espurias dentro del canal de la banda de transmisión de la MS. Los valores medidos deben estar dentro de los rangos establecidos en la **Tabla II-13**, registrar los datos de la siguiente manera:

EMISIONES ESPURIAS	
<i>Banda de operación (MHz)</i>	<i>Emisiones espurias (dBm/1.23 MHz)</i>
850	
1900	

Tabla IV-19: Registro de mediciones de emisiones espurias.

4.1.2 Pruebas en equipos GSM

4.1.2.1 Exactitud de modulación

El procedimiento para medir la exactitud de modulación es el siguiente:

- Con el SS detallado en el **Capítulo III**, generar una secuencia pseudo aleatoria de 511 bits con subsecuencias de 148 bits.
- Medir los errores de amplitud, fase y frecuencia del EVM generado a partir de la secuencia recibida por la MS y la secuencia ideal.
- Los resultados deben estar conforme a lo especificado en la **Tabla II-14** y el error RMS de EVM no debe sobrepasar el 10%.

4.1.2.2 Espectro debido a la conmutación de transitorios

Configurar el equipo con los siguientes parámetros:

- Barrido de frecuencia cero, ancho de banda del filtro 30 kHz y ancho de banda para la transmisión de video de 100 kHz.
- Enviar una ráfaga de transmisión de datos.
- Realizar las mediciones dentro de la parte útil de la ráfaga (**Figura II-21**).
- Los datos obtenidos deben estar dentro de los márgenes establecidos en la **Tabla II-15** y se pueden registrar de la siguiente manera:

NIVEL DEL ESPECTRO DE TRANSITORIOS				
Nivel de Potencia (dBm)	400 kHz (dBm)	600kHz (dBm)	1200 kHz (dBm)	1800 kHz (dBm)
39 dBm				
≤ 37 dBm				

Tabla IV-20: Registro de datos de nivel del espectro de transitorios.

El nivel de potencia de 39 dBm está en la línea del espectro modulado por lo que las señales que se generen con estos niveles de potencia afectarán de manera considerable a la señal GSM.

4.1.2.3 Espectro debido a la modulación y al ruido de banda ancha

Para medir la potencia del espectro debido a la modulación y al ruido de banda ancha se debe configurar los equipos de la siguiente manera:

- Barrido de frecuencia cero, ancho de banda del filtro de 30 a 1800 kHz desde la portadora y 100 a 1800 kHz por encima de la portadora.
- Análisis del 50 al 90% de la parte útil de las ráfagas de transmisión.
- Realizar mediciones en un ancho de banda de hasta 1800 kHz desde la portadora, con intervalos de 200 kHz a partir de la frecuencia de portadora.
- Los datos deberán estar dentro de los niveles establecidos en la **Tabla II-15** y serán registrados en la siguiente tabla:

ESPECTRO DEBIDO A LA MODULACIÓN Y RUIDO DE BANDA ANCHA	
Frecuencia Offset de la portadora fc (kHz)	Nivel de Potencia (dBm)
100	
200	
250	
400	
≥ 600 < 1800	
≥ 1800 < 300	

Tabla IV-21: Registro de datos del espectro de modulación.

4.1.2.4 Señales espurias dentro de la banda de transmisión

La potencia de las señales espurias generadas por la MS se pueden medir durante una transmisión o mientras esta se encuentra en modo de espera (*stand by*).

Para realizar la medición del nivel de potencia de las señales espurias se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Definir el canal que está siendo empleado por la MS.
- Medir el nivel de potencia emitido por la MS en una ráfaga de transmisión, de manera similar al proceso utilizado para el espectro debido a la modulación y el ancho de banda.
- Los datos obtenidos deben estar conforme a lo establecido en las **Tablas II-17, II-18 y II-19**, y se pueden registrar de la siguiente manera:

EMISIONES ESPURIAS		
<i>Banda</i>	<i>Nivel de potencia con la MS activa (dBm)</i>	<i>Nivel de potencia con la MS pasiva (dBm)</i>
9 kHz a 1 GHz		
1GHz a 12.75 GHz		

Tabla IV-22: Registro de datos de emisiones espurias.

4.1.2.5 Potencia promedio de portadora

Para medir la potencia promedio de la portadora se debe establecer una ventana de medición de igual manera que lo establecido en el punto anterior.

- Iniciar una llamada de voz o datos.
- Medir la potencia promedio generada por el uso de distintos canales de la MS, debido al FH.

Los valores obtenidos no deben sobrepasar los 38.5 dBm de potencia promedio y 33 dBm de EIRP cuando la MS está activa en las bandas de 850 y 1900 MHz y -54 dBm de EIRP en 850 MHz y -48 dBm en 1900 MHz.

4.1.2.6 Control de potencia

En GSM el control de potencia se lo realiza en lazo cerrado, lo que significa que la BS le indica a la MS con que nivel de potencia debe realizar la transmisión de ráfagas por cada canal de retorno que va usar (debido al FH) para comunicarse con la BS, para esto envía diferentes valores en el mensaje de control: MS_TXPWR_MAX_CCH.

MENSAJE DE CONTROL DE POTENCIA GSM	
MS_TXPWR_MAX_CCH	Comando de control de potencia
0	No usado
1	Incrementar x 4 el nivel de potencia
2	Incrementar x 3 el nivel de potencia
3	Incrementar x 2 el nivel de potencia
4	Incrementar x 1 el nivel de potencia
5	Mantener el nivel de potencia
6	Disminuir x 1 el nivel de potencia
7	Disminuir x 2 el nivel de potencia

Tabla IV-23: Comandos para el control de potencia GSM.

Para comprobar que la MS esté en capacidad de realizar el control de potencia se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Configurar para la BS para que la comunicación empiece con el nivel de potencia más bajo (ver **Tablas II-22 y II-23**).
- Iniciar una llamada de voz o datos.
- Modificar los valores del mensaje de control MS_TXPWR_MAX_CCH, según la **Tabla IV-23**.
- Registrar los datos obtenidos:

CONTROL DE POTENCIA	
Nivel de Potencia	Potencia (dBm)

Tabla IV-24: Registro de datos de control de Potencia.

4.1.3 Pruebas de SAR

El procedimiento para la medición de la Tasa de Absorción Específica (SAR), generado por una MS es el siguiente:

- Configurar un fantasma según lo establecido en la **Tabla III-9**, para simular condiciones similares a la de la cabeza, cuerpo y manos.
- Configurar los equipos de medición: Equipo para la sujeción de la MS, medidor de campo eléctrico y fantasma según lo establecido en el capítulo anterior.
- Realizar una llamada de voz o datos con la frecuencia(s) con la que podría funcionar la MS.
- Registrar los datos obtenidos:

TASA DE ABSORCIÓN ESPECÍFICA SAR					
<i>Medio Ambiente</i>					
Temperatura ambiental (°C)					
Temperatura fantasma (°C)					
Humedad (%)					
Presión Atmosférica (kPA)					
<i>Mediciones</i>					
Frecuencia (MHz)	Tecnología (CDMA / GSM)	Área corporal	Potencia Conducida (dBm)	Tipo de Antena (Interna / Externa)	SAR (W/Kg)
		Cabeza			
		Cuerpo			
		Manos			

Tabla IV-25: Registro de mediciones de SAR.

4.2 PRUEBAS DE CAMPO

Este tipo de pruebas se las puede realizar en cualquier tipo de equipo móvil celular, sin importar su generación o tecnología, debido a que no hace falta ningún equipo adicional para su ejecución. La finalidad de este tipo de pruebas es determinar el funcionamiento real del equipo dentro de su red celular, interconexión con las otras operadoras y el correcto funcionamiento de sus características específicas; todo esto con el fin de garantizar que el terminal celular no va a generar conflictos dentro de la red telefónica y va a brindar la calidad de servicio adecuada al usuario.

4.2.1 Descripción de la Prueba de Campo

El primer paso de toda prueba debe ser el de la identificación del equipo sujeto de prueba, los datos que se estiman necesarios se resumen en la **Tabla IV-26**:

4.2.1.1 Identificación del Equipo

IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO		
<i>Marca:</i>		Foto del equipo
<i>Modelo:</i>		
<i>Número de Serie (ESN/IMEI):</i>		
<i>Frecuencia(s) de Operación:</i>		
<i>Tecnología o Estándar:</i>		
<i>Versión de Hardware:</i>		
<i>Versión de Software:</i>		
<i>Versión de web browser:</i>		
<i>Modelo módem:</i>		
<i>Controlador módem:</i>		
<i>Potencia:</i>		

NA: No Aplicable

Tabla IV-26: Parámetros para la identificación de un terminal celular.

Estos parámetros se consideran necesarios para la identificación del equipo, con el fin de determinar si el teléfono es apto o no para funcionar en las redes celulares del país e identificar su configuración según las versiones de hardware y software instaladas en el dispositivo, ya que su desempeño dependerá de ellas. En caso de que esta configuración sea cambiada, se deberá realizar las pruebas de campo nuevamente con el mismo dispositivo o con otro del mismo modelo.

Todos los parámetros de identificación del equipo son aplicables a cualquier estándar, cdma2000 o GSM, únicamente se debe tener en cuenta que el número de serie en cdma2000 es conocido como Número de Serie Electrónico (ESN) y en GSM es conocido como Identificación de Equipo Móvil Internacional (IMEI).

La potencia del teléfono también es importante debido a que esta, junto a la frecuencia de operación, permite calcular la Tasa de Absorción Específica (SAR) la misma que se usa para medir las radiaciones no ionizantes como se explicó en el **Capítulo I**.

4.2.1.2 Funciones Dentro de la Red Celular

Una vez identificado el equipo se debe proceder a enumerar sus funciones dentro de la red celular y características adicionales, comprobar a cuales de ellas se puede tener acceso con el terminal celular, para luego proceder a verificar su desempeño dentro de la red. Las funciones de un terminal celular dentro de una red telefónica celular, que son comunes dentro de las tecnologías existentes en el país, se detallan en la **Tabla IV-27**:

FUNCIONES DE RED		
	P	NP
<i>Registro en la red</i>		
<i>Originación de llamadas</i>		
<i>Servicio de mensajes cortos (SMS)</i>		
<i>Servicio de mensajes multimedia (MMS)</i>		
<i>Web browsing</i>		
<i>Buzón de voz</i>		
<i>Identificador de llamadas</i>		
<i>Llamada en espera</i>		
<i>Llamada tripartita</i>		
<i>Tono doble de Multi-Frecuencia(DTMF)</i>		
<i>Drive Test</i>		

P = Pasó

NP = No Pasó

NA = No Aplicable

Tabla IV-27: Funciones de red comunes en teléfonos celulares.

A continuación se describe cada una de las funciones a probar:

4.2.1.2.1 Registro en la red

Cada vez que se enciende un teléfono celular, este realiza un proceso de registro en la red mediante el cual se identifica y tiene acceso a los servicios de llamadas, mensajes, etc. a través del canal de tráfico de retraso, el mismo que sirve como medio de comunicación con la estación base a través de una secuencia de mensajes cortos de señalización. Una vez que el terminal se ha registrado y correctamente autenticado, selecciona automáticamente el tipo de red del que puede hacer uso Analógica o Digital (A/D) según la disponibilidad de estas.

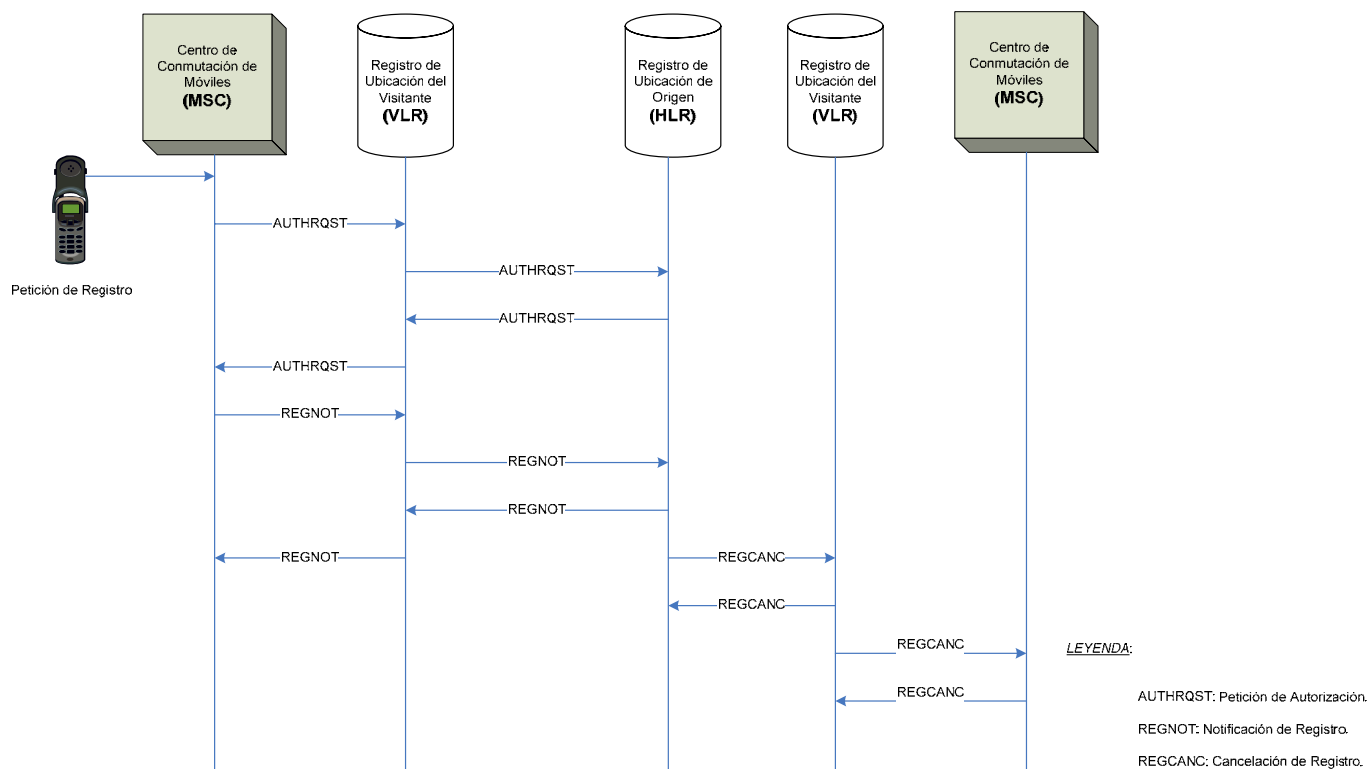


Figura IV-1: Secuencia de Registro de un Terminal Celular.

En la **Figura IV-1** se esquematiza el proceso para el registro de un terminal celular, este proceso se realiza al encender el dispositivo. Un proceso similar de cancelación de registro se realiza al apagar el teléfono. En caso de que el teléfono no se apague debidamente o esté prendido en un área sin cobertura, la red lo registrará como apagado después de un lapso de tiempo predeterminado.

4.2.1.2.2 Origenación de Llamadas

Una vez que un dispositivo celular se ha registrado en la red, este es capaz de acceder a ella y hacer uso de los servicios como origenación y recepción de llamadas, mensajes de texto, multimedia y de voz. Para hacer uso de cualquiera de estos servicios el terminal celular debe ser capaz de acceder a la red. Según el Grupo de Desarrollo de Cdma (CDG) este acceso debe tener un 95% de probabilidad de completarse, en el caso de origenación de llamadas.

Para verificar que el terminal tenga un acceso adecuado a la red se debería realizar una serie de llamadas y contabilizar cuantas de estas se concretan y cuantas no. Es estadísticamente comprobado que mientras más datos se tomen en una prueba, más exacto será el resultado. Para esta prueba se recomienda realizar 10 llamadas a un número de cada operadora en el país: ANDINATEL, CONOCEL, OTECEL y TELECSA, con el fin de detectar o descartar fallas en la red. Adicionalmente es muy recomendable hacer las pruebas en horas de poco tráfico.

PRUEBA DE ACCESO 1: ORIGINACIÓN / TERMINACIÓN DE LLAMADAS / CID						
Sitio de prueba:						
Fecha:						
						<i>Tecnología</i>
# de Origen:	09-	Operadora:				
# de Destino:	09-	Operadora1:				
# de Destino:	09-	Operadora2:				
# de Destino:		Operadora3:				
Llamada	Operadora 1	Operadora 2	Operadora 3	Observaciones		
1	Hora:	Hora:	Hora:			
	Duración:	Duración:	Duración:			
CID	Resultado:	Resultado:	Resultado:			
2	Hora:	Hora:	Hora:			
	Duración:	Duración:	Duración:			
CID	Resultado:	Resultado:	Resultado:			
3	Hora:	Hora:	Hora:			
	Duración:	Duración:	Duración:			
CID	Resultado:	Resultado:	Resultado:			
4	Hora:	Hora:	Hora:			
	Duración:	Duración:	Duración:			
CID	Resultado:	Resultado:	Resultado:			
5	Hora:	Hora:	Hora:			
	Duración:	Duración:	Duración:			
CID	Resultado:	Resultado:	Resultado:			
6	Hora:	Hora:	Hora:			
	Duración:	Duración:	Duración:			
CID	Resultado:	Resultado:	Resultado:			
7	Hora:	Hora:	Hora:			
	Duración:	Duración:	Duración:			
CID	Resultado:	Resultado:	Resultado:			
8	Hora:	Hora:	Hora:			
	Duración:	Duración:	Duración:			
CID	Resultado:	Resultado:	Resultado:			
9	Hora:	Hora:	Hora:			
	Duración:	Duración:	Duración:			
CID	Resultado:	Resultado:	Resultado:			
10	Hora:	Hora:	Hora:			
	Duración:	Duración:	Duración:			
CID	Resultado:	Resultado:	Resultado:			

PRUEBA CID

Tabla IV-28: Prueba de Acceso 1: Originación de llamadas desde un terminal celular.

Los datos obtenidos en las prueba de acceso a la red se pueden resumir en la **Tabla IV-29**. Los posibles resultados de cada llamada son los siguientes:

CLASIFICACIÓN DE RESULTADOS DE LLAMADAS	
A	Llamada establecida, el abonado b contesta y se establece la comunicación.
B	El sistema direcciona la llamada al buzón de voz directamente.
C	El sistema da tono de ocupado.
D	El sistema no envía ninguna señalización.
E	Cruce de llamadas.
F	Otros.

Tabla IV-29: Clasificación de resultados para las llamadas de la Prueba de Acceso 1¹⁸.

Las opciones de resultado en una llamada de prueba, dependen de la congestión de la red y/o del terminal celular. Esta prueba puede aplicarse para cualquiera de los dos casos. Si se quiere comprobar el desempeño de la red celular se debe realizar esta prueba en un día con alto tráfico de llamadas como navidad, día de la madre, etc. Si se quiere probar el funcionamiento del dispositivo celular se lo debe hacer durante horas en las que la red no esté congestionada para que esta no influya en el desarrollo de las pruebas.

4.2.1.2.3 Identificador de llamadas (CID)

Una de las funciones de red que tiene estrecha relación con el acceso debido a la originación de llamadas es la de identificador de llamadas, esta prueba complementa la prueba de Acceso 1 y se debe comprobar que en cada llamada realizada, se identifique correctamente el número del celular que está siendo sujeto de la prueba.

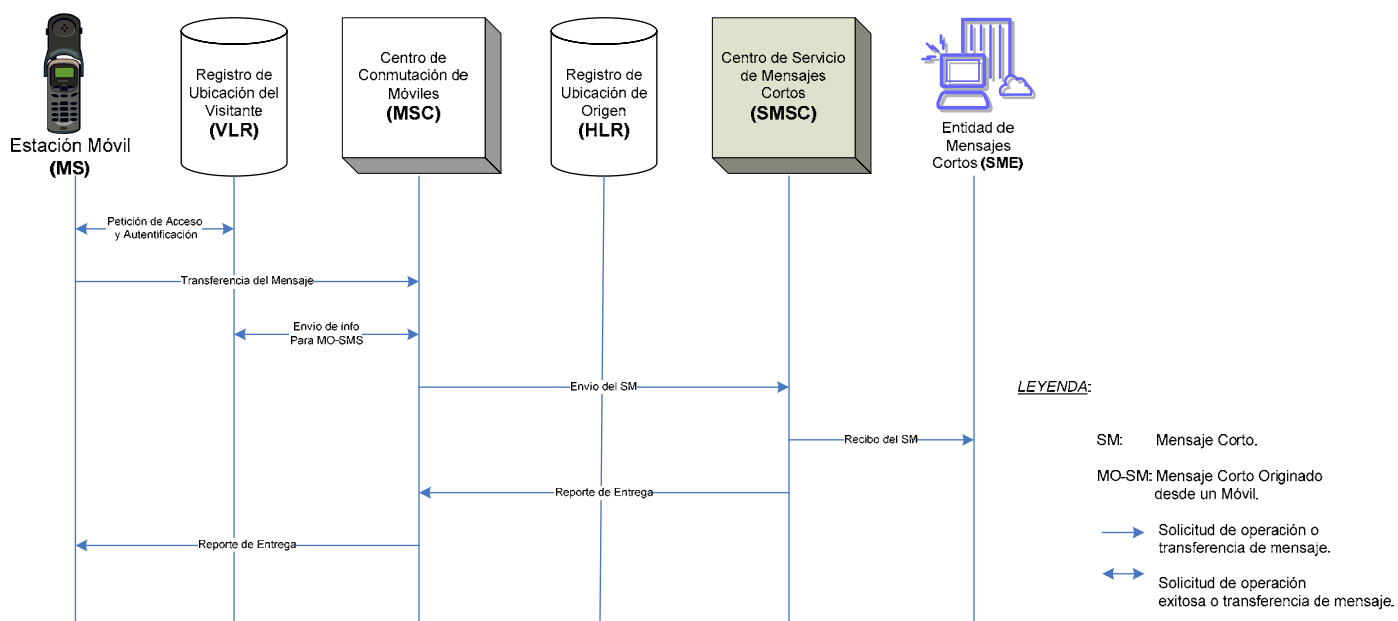
4.2.1.2.4 Servicio de Mensajes Cortos (SMS)

Este servicio permite la transmisión de mensajes alfanuméricos entre teléfonos celulares o sistemas (Entidades de Mensajes Cortos: SME) externos como correo electrónico, localizadores, etc.

¹⁸ La clasificación de resultados fue tomada del formulario de control, para el día de la madre (08-may-2005), de la Superintendencia de Telecomunicaciones, Intendencia Regional Norte.

Como todo servicio de la red celular, debe seguir un proceso de registro y autenticación previo a su ejecución. El proceso que debe seguir un terminal celular para el uso de este servicio se esquematiza en la **Figura IV-2**.

Las pruebas necesarias para comprobar que un terminal celular esta o no en condiciones de acceder a este servicio, son similares a las Pruebas de Acceso 1, por lo que se les denominará Pruebas de Acceso 2.



FiguraIV-2: Mensaje corto originado desde un móvil.

Los datos necesarios para esta prueba, se resumen en la **Tabla IV-30**:

PRUEBA DE ACCESO 2: ENVÍO / RECEPCIÓN DE SMS Y MMS													
Sitio de prueba:													
Fecha:													
e-mail de Origen:											Tecnología		
e-mail de Destino:													
# de Origen:		09-	Operadora1:										
# de Destino:		09-	Operadora2:										
# de Destino:		09-	Operadora3:										
Mensaje	Operadora 1				Operadora 2				Operadora 3				Observaciones
		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail	
1	Hora Tx:				Hora Tx:				Hora Tx:				
	Hora Rx:				Hora Rx:				Hora Rx:				
	Resultado				Resultado				Resultado				
	:				:				:				
2		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail	
	Hora Tx:				Hora Tx:				Hora Tx:				
	Hora Rx:				Hora Rx:				Hora Rx:				
	Resultado				Resultado				Resultado				
:				:				:					
3		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail	
	Hora Tx:				Hora Tx:				Hora Tx:				
	Hora Rx:				Hora Rx:				Hora Rx:				
	Resultado				Resultado				Resultado				
:				:				:					
4		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail	
	Hora Tx:				Hora Tx:				Hora Tx:				
	Hora Rx:				Hora Rx:				Hora Rx:				
	Resultado				Resultado				Resultado				
:				:				:					
5		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail	
	Hora Tx:				Hora Tx:				Hora Tx:				
	Hora Rx:				Hora Rx:				Hora Rx:				
	Resultado				Resultado				Resultado				
:				:				:					
6		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail	
	Hora Tx:				Hora Tx:				Hora Tx:				
	Hora Rx:				Hora Rx:				Hora Rx:				
	Resultado				Resultado				Resultado				
:				:				:					
7		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail	
	Hora Tx:				Hora Tx:				Hora Tx:				
	Hora Rx:				Hora Rx:				Hora Rx:				
	Resultado				Resultado				Resultado				
:				:				:					
8		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail	
	Hora Tx:				Hora Tx:				Hora Tx:				
	Hora Rx:				Hora Rx:				Hora Rx:				
	Resultado				Resultado				Resultado				
:				:				:					
9		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail	
	Hora Tx:				Hora Tx:				Hora Tx:				
	Hora Rx:				Hora Rx:				Hora Rx:				
	Resultado				Resultado				Resultado				
:				:				:					
10		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail		SMS	MMS	e-mail	
	Hora Tx:				Hora Tx:				Hora Tx:				
	Hora Rx:				Hora Rx:				Hora Rx:				
	Resultado				Resultado				Resultado				
:				:				:					

Tabla IV-30: Prueba de Acceso 2: Envío y Recepción de SMS y MMS.

Los posibles resultados con el envío y recepción de mensajes, que se consideran para esta prueba se resumen en la **Tabla IV-31**:

CLASIFICACIÓN DE RESULTADOS DE Tx/Rx DE SMS Y MMS	
A	Mensaje enviado con éxito.
B	Mensaje no enviado.
C	El servicio no está disponible.
D	Mensaje de error o falla en el terminal.
E	Mensaje duplicado.
F	Otros.

Tabla IV-31: Clasificación de resultados para las llamadas de la Prueba de Acceso 1.

Durante esta prueba, al igual que en el caso anterior, hay que considerar la hora y el día en el que se envían los mensajes, con el fin de evitar las horas de mayor congestión de la red y tener una mejor apreciación del desempeño del terminal celular.

4.2.1.2.5 Servicio de Mensajes Multimedia (MMS)

Los mensajes multimedia, difieren en el proceso de envío y recepción con los mensajes de texto debido a que estos se envían a través de la red de datos, la misma que realiza un proceso muy similar al de la red convencional de voz. La diferencia son los protocolos que intervienen en el proceso y los elementos que participan en él.

Este proceso se esquematiza en la prueba de *web browsing*, servicio que también hace uso de la red de datos.

4.2.1.2.6 Web browsing

Las generaciones celulares más recientes, 2.5 y 3G dieron paso a un nuevo tipo de enlace de radio entre la estación móvil y estación base para transmitir mayores capacidades de información, a través de la transmisión de paquetes de datos, con protocolos como el WAP y Mobile IP entre otros. Este enlace es conocido como “*llamada de datos*”, el proceso de este tipo de llamada se esquematiza en la **Figura IV-3**.

Para establecer el servicio de *web browsing* el terminal deberá estar en la capacidad de realizar el proceso detallado en la **Figura IV-3**, la velocidad de transmisión dependerá de las características del terminal, su configuración y la capacidad de la red

celular; esta última puede ofrecer velocidades de 144 kbps a 2 Mbps con CDMA2000 1XRTT y CDMA2000 1x-EV-DO, 3GSM respectivamente.

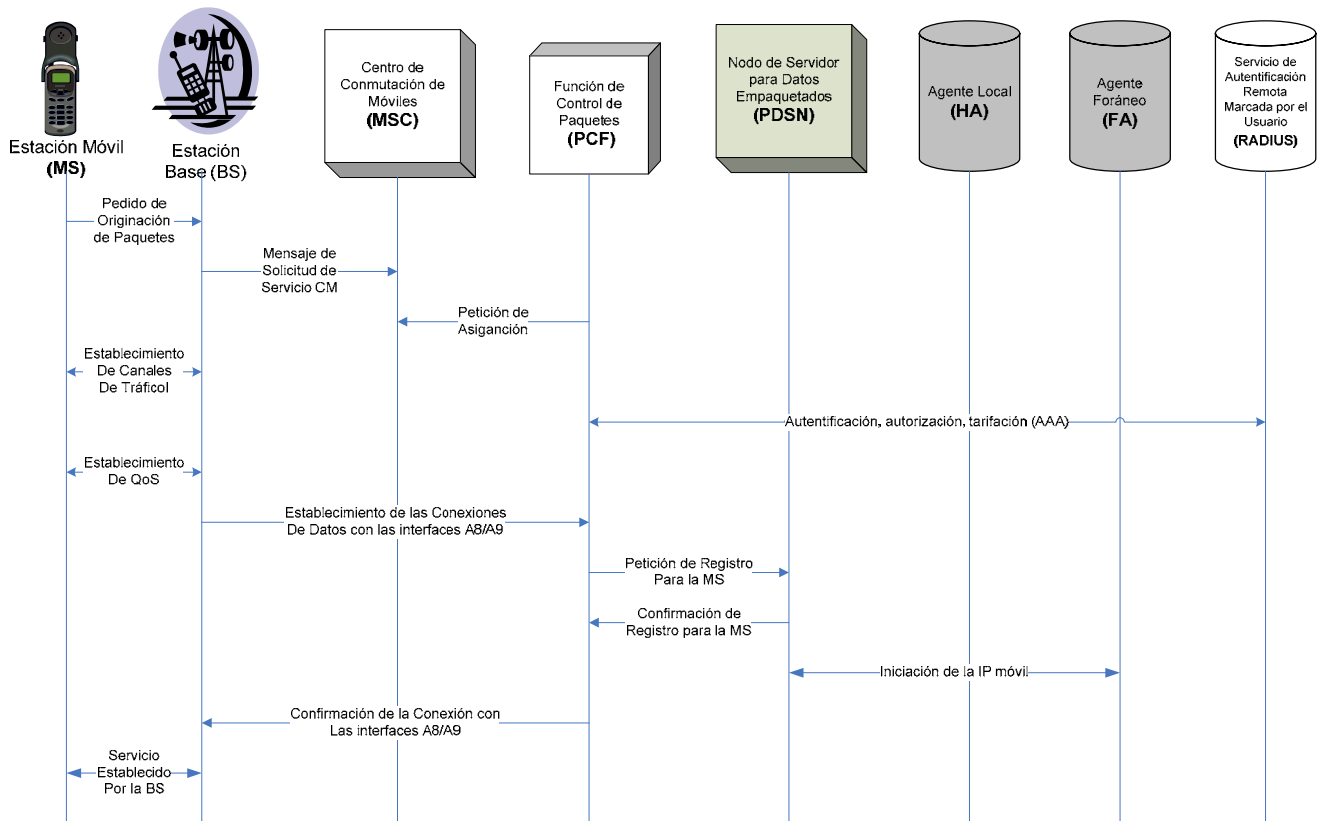


Figura IV-3: Llamada de datos originada desde un móvil.

La velocidad de transmisión de datos podrá ser comprobada, únicamente, si el terminal viene equipado con un módem. En otro caso solo se podrá realizar la prueba de *web browsing*.

Los datos necesarios para esta prueba se resumen en la **Tabla IV-32**:

PRUEBA DE ACCESO 3: WEB BROWSING / TRANSMISIÓN DE DATOS								
Sitio de prueba:								
Fecha:								
		Operadora	Tecnología					
# de Prueba:								
e-mail de Prueba:								
WEB BROWSING								
# Sitios web visitados	Hora	Dirección	Tiempo de acceso	Observaciones				
1								
2								
3								
4								
TRANSMISIÓN DE DATOS								
Inicialización	Resultado			Observaciones				
Instalación Controlador:	A	B	C					
Sistema Operativo:	A	B	C	D	E	F	G	H
Conexión	Hora	Velocidad	Duración	Observaciones				
1								
2								
3								
4								
Tx/Rx de Archivos	Hora	Tamaño	Duración	Observaciones				
1								
2								
3								
4								

Tabla IV-32: Prueba de Acceso 3: Web Browsing / Transmisión de Datos.

OPCIONES DE INSTALACIÓN DEL CONTROLADOR DEL MODEM	
A	Exitosa / Automática.
B	Fallida.
C	Otro.
OPCIONES DE SISTEMA OPERATIVO	
A	Windows 98
B	Windows Me
C	Windows 2000
D	Windows XP
E	Windows 2003
F	Linux
G	Mac OS
H	Otro

Tabla IV-33: Opciones de Instalación de Controlador del Módem y Sistemas Operativos.

Para probar la transmisión y recepción (Tx/Rx) de archivos se puede hacer uso de un sistema de mensajería, correo electrónico o descargar archivos de un sitio web seleccionado con anticipación.

4.2.1.2.7 Tono Doble de Multi-Frecuencia (DTMF)

El Tono Doble de Multi-Frecuencia (DTMF), es un método para enviar señales al sistema telefónico con el fin de marcar números telefónicos, seleccionar opciones durante una llamada y enviar información.

El sistema DTMF consiste en enviar dos tonos de diferentes frecuencias una alta y una baja para identificar los 16 símbolos básicos del teclado de un teléfono como se resume en la **Tabla IV-34**:

SISTEMA DE TONO DOBLE DE MULTI-FRECUENCIA (DTMF)					
		<i>Grupo de Frecuencias Altas</i>			
		1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633Hz
<i>Grupo de Frec. Bajas</i>	697 Hz	1	ABC 2	DEF 3	A
	770 Hz	GHI 4	JKL 5	MNO 6	B
	852 Hz	PRS 7	TUV 8	WXY 9	C
	941 Hz	* 0	OPER 0	#	D

Tabla IV-34: Grupos de Frecuencias del sistema DTMF.

4.2.1.2.8 Buzón de voz

Esta prueba consiste en una llamada de voz para comprobar las opciones del buzón provisto por cada operadora y más llamadas para dejar y recuperar los mensajes almacenados en este buzón. Además por la normativa del país se debe confirmar la recepción de un mensaje de texto notificando un nuevo mensaje de voz.

Al realizar las pruebas con el buzón de voz, se puede aprovechar para comprobar los Tonos Dobles de Multi-Frecuencia, ya que para acceder a las opciones del buzón se debe hacer uso de este sistema para el envío de información, las mismas que se ingresan por el teclado numérico del teléfono y este a su vez envía un DTMF, el terminal celular debe estar en la capacidad de generar estos tonos.

Los resultados de esta prueba se pueden anotar en una tabla similar a la siguiente:

PRUEBA DE BUZÓN DE VOZ / DTMF				
Sitio de prueba:				
Fecha:				
		<i>Operadora</i>	<i>Tecnología</i>	
# de Prueba:				
# de Buzón de Voz				
Prueba de Opciones	Hora	Resultado	DTMF	Observaciones
1				
Enviar / Recuperar Mensajes de Voz	Hora	Resultado	DTMF	Observaciones
Envío 1			-----	
Recuperación 1				
Envío 2			-----	
Recuperación 2				
Envío 3			-----	
Recuperación 3				

Tabla IV-35: Prueba de Buzón de Voz y DTMF

4.2.1.2.9 Llamada en espera

La opción de llamada en espera le permite al usuario del teléfono celular manejar dos llamadas simultáneamente y mantenerlas privadas. Este servicio está disponible una vez que una de las llamadas ha sido iniciada. Para probar esta función de la red celular con el terminal se puede hacer uso de la siguiente **Tabla IV-36**:

PRUEBA DE LLAMADA EN ESPERA						
Sitio de prueba:						
Fecha:						
		<i>Operadora</i>	<i>Tecnología</i>			
# de Prueba:						
# Teléfono 1:						
# Teléfono 2:						
No.	Llamada 1	Hora	Llamada 2	Hora	Tono de espera	Observaciones
1						
2						
3						
4						
5						

Tabla IV-36: Prueba de llamada en espera.

4.2.1.2.10 llamada tripartita

Esta opción le permite al usuario realizar dos llamadas simultáneas a manera de conferencia, esto quiere decir que los tres usuarios deben ser capaces de escuchar la conversación simultáneamente. Para comprobar que el terminal celular puede acceder a este servicio, se propone la siguiente prueba:

PRUEBA DE LLAMADA EN TRIPARTITA						
Sitio de prueba:						
Fecha:						
				<i>Operadora</i>	<i>Tecnología</i>	
# de Prueba:						
# Teléfono 1:						
# Teléfono 2:						
No.	Llamada 1	Hora	Llamada 2	Hora	Conferencia	Observaciones
1						
2						
3						
4						
5						

Tabla IV-37: Prueba de llamada tripartita.

4.2.1.2.11 prueba de Manejo

La prueba de manejo o “Drive Test”, es una prueba que tiene la finalidad de probar, prácticamente, la capacidad del equipo para realizar *handover* o *handoffs*. El *handoff* consiste en transferir el enlace de comunicación de un dispositivo móvil dentro de la red celular, al pasar este entre dos celdas adyacentes. El nivel de potencia es medido constantemente por las Estaciones Base (BS) y/o por el terminal celular para determinar cuando es conveniente realizar el *handoff*.

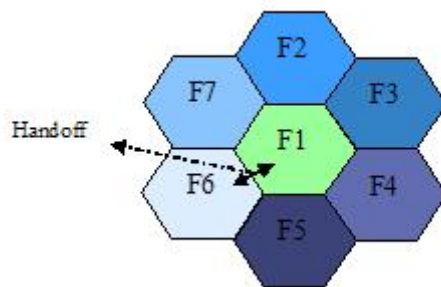


Figura IV-4: Handoff teórico

En la **Figura IV-4** se puede apreciar el concepto teórico del *handoff*, el mismo que ocurre cuando un terminal móvil se desplaza de una celda hacia otra. En este proceso la transición debería ser instantánea para no perder la comunicación entre el móvil y la estación base.

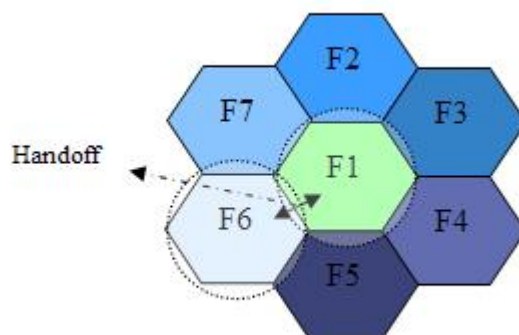


Figura IV-5: Handoff real

En la **Figura IV-5** se muestra una apreciación más real del *handoff*, donde la cobertura de las celdas se asemeja a una circunferencia y produce una pequeña zona de recobertura. Esta zona es aprovechada para realizar el proceso de *handoff*, debido a que el terminal móvil se demorará un tiempo en cruzar esta zona de recobertura posibilitando que las estaciones base y/o el terminal móvil determine cual es la celda con la señal más potente dentro del umbral de decisión, cual es la menos congestionada,

etc. Además de evaluar estos parámetros se emplea algoritmos de predicción, que esencialmente están basados en las probabilidades de bloqueo, abandono y terminación de llamadas en las celdas que potencialmente pueden recibir a la estación móvil.

Hay varios tipos de *handoff*:

- ❑ Hard handoff
- ❑ Soft handoff
- ❑ Idle handoff

4.2.1.2.11.1 Hard handoff

Este tipo de *handoff* tiene lugar cuando el terminal deja la cobertura digital CDMA y pasa a una celda con cobertura analógica TDMA. Antes de continuar la comunicación dentro de la red analógica, el terminal debe terminar la conexión con la BS digital para luego empezar una conexión con la BS analógica. El terminal cambia su configuración de digital a analógica gracias a una señal de la Unidad de Advertencia Piloto (PBU) de la BS analógica. Este tipo de *handoff* hace que el teléfono tenga que cambiar de modo y frecuencia de operación.

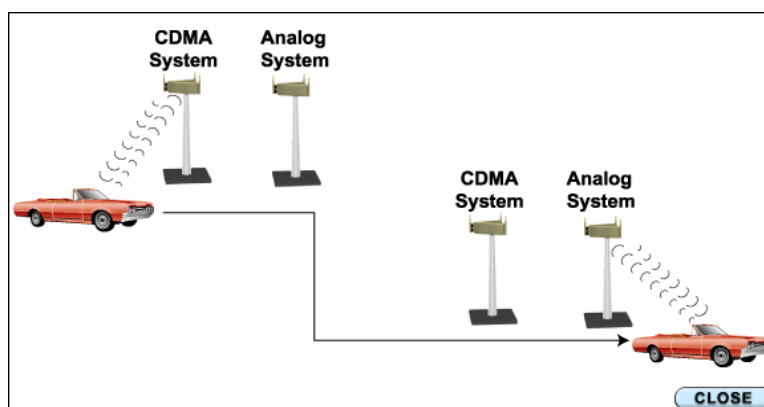


Figura IV-6: Hard Handoff

4.2.1.2.11.2 Soft handoff

Hay dos tipos de *soft handoff* el primero consiste en el paso de una celda a otra manteniendo las frecuencias de transmisión y recepción de la MS y BS, puede cambiar el código walsh asignado en caso de que no esté disponible. El segundo conocido como *softer handoff* donde al igual que en el primer caso se mantienen las frecuencias de operación de la MS y BS, pero además se mantiene el código walsh asignado. El *softer handoff* tiene lugar cuando la MS se mantiene dentro de la misma celda pero cambia de sector.

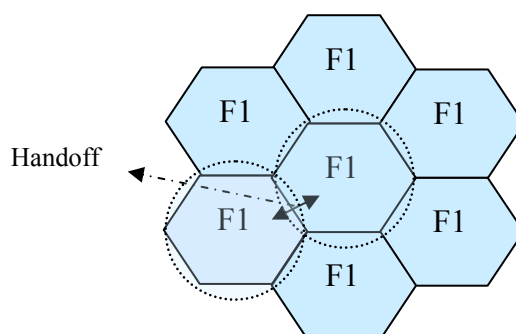


Figura IV-7: Handoff en un sistema

Este tipo de *handoff* es el más común en los sistemas CDMA, donde se emplea la misma frecuencia y se alterna el código de modulación (Walsh) Ver **Figura IV-7**.

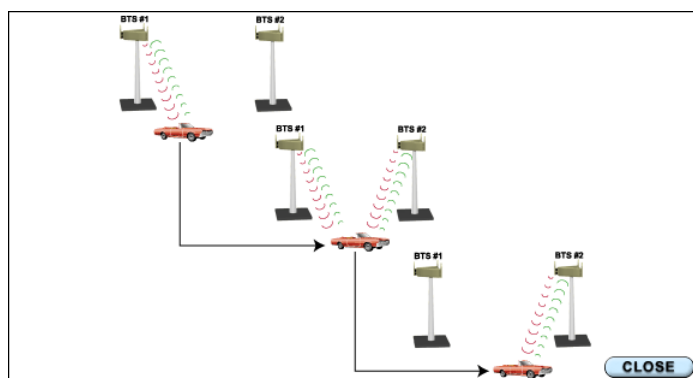


Figura IV-8: Soft Handoff (SH1)

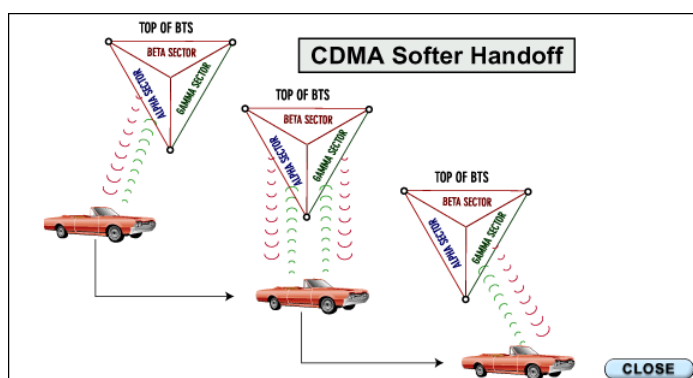


Figura IV-9: Softer Handoff (SH2)

4.2.1.2.11.3 Idle handoff

El *idle handoff* ocurre cuando el teléfono (MS) está en modo de espera, sin uso, en ese estado busca las señales piloto de las BS y automáticamente escoge la más potente sin asistencia de la radio base.

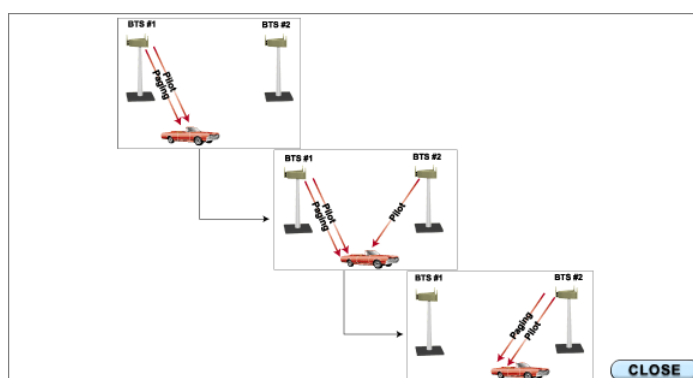


Figura IV-10: Idle Handoff (IH)

Para realizar la prueba de manejo, es necesario establecer una ruta en la cual se tenga conocimiento de la cobertura de las celdas, tanto analógicas como digitales. Una vez establecida esta ruta se debe hacer una llamada de datos y una de voz durante toda la ruta y verificar que ninguna de las dos se interrumpa. Los datos de la prueba de manejo se pueden anotar en la **Tabla IV-38**:

PRUEBA DE MANEJO (DRIVE TEST)											
Sitio de prueba:											
Fecha:											
Ruta de manejo:											
Plano de la ruta:											
				<i>Operadora</i>			<i>Tecnología</i>				
# de Prueba:											
No.	Llamada de Datos	de	Hora	Llamada de Voz	de	Hora	HH	SH1	SH2	IH	Observaciones
1											
2											
3											

Tabla IV-38: Prueba de Manejo o “Drive Test”

Al igual que en todas las pruebas anteriores se recomienda realizar esta prueba durante horas de baja congestión en la red celular para que el desempeño de esta no influya en el objeto de la prueba: El terminal móvil celular o estación base (BS).

4.2.1.3 Características Adicionales

Este tipo de pruebas es diferente en cada equipo y la lista de características a probar dependerá de la configuración provista por la operadora y las especificaciones provistas en el catálogo del equipo.

A continuación se detallan las características adicionales más comunes en los teléfonos celulares en el mercado ecuatoriano:

CARACTERÍSTICAS ADICIONALES DEL TERMINAL		
Menú		
Aplicaciones		
Modos de Timbrado		
Menú Personalizado de Operadora		
Puerto Infrarrojo		
Bluetooth		
Puerto serial S232		
Cámara		
Radio		
Otro:		
Otro:		
Otro:		

P = Pasó

NP = No Pasó

NA = No Aplicable

Tabla IV-39: Pruebas de las características adicionales de un terminal celular.

La **Tabla IV-39** debe ser configurada según las características de cada teléfono.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO Y MARCO REGULATORIO

Una vez definidos los equipos que serán necesarios para equipar el laboratorio, se puede definir la inversión necesaria para equipar el laboratorio, se considerará varios factores del medio local de inversión y finalmente se hará un resumen del marco regulatorio nacional e internacional que sustenta este proyecto.

5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para este análisis se considera la inversión necesaria para equipos de pruebas de red (Agilent y Tektronix) y de radiaciones no ionizantes (Speag), las variables del medio local de inversión son las siguientes:

- Costo del capital
- Crecimiento anual de equipos nuevos
- Valor Presente (VP)
- Valor Presente Neto (VPN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Período de Recuperación (PR)
- Impuestos y utilidades

5.1.1 Costo del capital

INVERSION							
Costo del capital anual	23%						
Equipo	Capital	Capital + Imprevistos	Año1	Año2	Año3	TOTAL	
Agilent	\$44,123	\$48,535	\$19,818.58	\$19,818.58	\$19,818.58	\$59,455.74	
Tektronix	\$45,900	\$50,490	\$20,616.75	\$20,616.75	\$20,616.75	\$61,850.25	
Speag	\$208,950	\$229,845	\$93,853.38	\$93,853.38	\$93,853.38	\$281,560.13	

Tabla V-6: Costo del capital de inversión para tres años.

El costo del capital es el porcentaje que se aumenta a una inversión debido a los intereses de la institución financiera y al riesgo país. A la fecha la tasa de interés referencial anual es del 15% y el riesgo país incrementa un 50% el valor de esta tasa, por lo que el costo anual del capital es del 23%, como se muestra en la **Tabla V-1**.

5.1.2 Crecimiento anual de equipos nuevos

Los potenciales clientes del laboratorio serían las operadoras celulares, para esto se considera que OTECEL y CONECEL sacan al mercado al menos dos terminales nuevos cada mes y TELECSA uno. Mensualmente 5 terminales necesitarían ser evaluados lo que al año representa 60 terminales, de estos se considera que se evalúa en el laboratorio el 50%.

Otra probabilidad es que el organismo de control, la Superintendencia de Telecomunicaciones, se encargue de realizar las pruebas y asuma el costo de los equipos, como parte del costo de homologación.

5.1.3 Costo de las pruebas

Para establecer un precio para las pruebas de red y de radiaciones no ionizantes se considera el costo de los equipos y la complejidad de las pruebas. Las pruebas de red no requieren de ninguna infraestructura adicional al equipo de pruebas, por esto el costo promedio necesario para recuperar la inversión en un período de 5 años es de USD 1000; por otro lado para realizar las pruebas de radiaciones no ionizantes se requiere simular un escenario cada vez que se va a probar un equipo, lo que aumenta la complejidad de las pruebas, los equipos de RNI también son mucho más costosos que los de prueba de red, por lo que la inversión necesaria para estos se verá subsidiada por las pruebas de los equipos de red, debido a esto el estudio se realiza considerando los equipos Agilent con Speag y Tektronix con Speag, el precio establecido para estas pruebas es de USD 2000. Una homologación en la Superintendencia de

Telecomunicaciones cuesta USD 17143, por lo que el precio establecido para las pruebas corresponde al 6 y 11% respectivamente.

5.1.4 Valor Presente (VP)

Es el valor del capital de la inversión que se va a realizar, sumado la tasa de interés referencial, lo que equivale al valor del capital depositado en un banco por el mismo periodo de tiempo que el del proyecto. Este valor es referencial para saber si el proyecto es más rentable que tener el dinero en el banco.

5.1.5 Valor Presente Neto (VPN)

El valor presente neto de un capital se calcula considerando un flujo de ingresos y egresos, si este valor es mayor que cero se considera que el proyecto es rentable.

5.1.6 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es un indicador que permite establecer la rentabilidad de una inversión. Cuando se invierte un capital, el proyecto que tenga el TIR más alto será el más rentable.

5.1.7 Período de Recuperación (PR)

Es el tiempo, en años, en el que se recupera la inversión hecha.

5.1.8 Impuestos y utilidades

Dentro de los ingresos y egresos se debe considerar el pago de impuestos al estado y el pago de utilidades a los empleados, este último rubro no se considera hasta que se haya recuperado por completo la inversión. El impuesto a pagar es el Impuesto al Valor Agregado IVA que es un 12% de las ventas realizadas, en este caso las pruebas de con los terminales, este porcentaje se descuenta del flujo de inversión.

El resultado del análisis económico se muestra en las **Tablas V-2 y V-3:**

PRESUPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE PRUEBAS DE TERMINALES								
INVERSION								
Costo del capital anual	23%							
Equipo	Capital	Capital + Imprevistos	Año1	Año2	Año3	TOTAL		
Agilent	\$44,123	\$48,535	\$19,818.58	\$19,818.58	\$19,818.58	\$59,455.74		
Tektronix	\$45,900	\$50,490	\$20,616.75	\$20,616.75	\$20,616.75	\$61,850.25		
Speag	\$208,950	\$229,845	\$93,853.38	\$93,853.38	\$93,853.38	\$281,560.13		
INGRESOS								
Crecimiento anual equipos nuevos	25%							
Promedio anual de equipos probados	30							
Prueba			Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6
Red	\$1,000		\$30,000	\$37,500	\$45,000	\$52,500	\$60,000	\$67,500
Radiaciones no ionizantes	\$2,000		\$60,000	\$75,000	\$90,000	\$105,000	\$120,000	\$135,000
FLUJO NETO								
Agilent + Speag			-\$23,671.96	-\$1,171.96	\$21,328.04	\$157,500.00	\$180,000.00	\$202,500.00
Tektronix + Speag			-\$24,470.13	-\$1,970.13	\$20,529.88	\$157,500.00	\$180,000.00	\$202,500.00
FLUJO MENOS IMPUESTOS Y UTILIDADES								
Impuestos (IVA)	12%							
Utilidades empleados	0%							
Agilent + Speag			-\$34,471.96	-\$14,671.96	\$5,128.04	\$138,600.00	\$158,400.00	\$178,200.00
Tektronix + Speag			-\$35,270.13	-\$15,470.13	\$4,329.87	\$138,600.00	\$158,400.00	\$178,200.00

Tabla V-7: Presupuesto y Flujo de Inversión para la implementación del laboratorio de prueba de MS

FACTIBILIDAD DEL PROYECTO				
PROYECTOS	Valor Presente (VP)	Tasa Interna de Retorno	Valor Presente Neto (VPN)	Periodo de Recuperación (PR)
Agilent + Speag	100,915.54	77.01%	\$83,842.23	5.35
Tektronix + Speag	101,624.14	75.07%	\$82,224.58	5.35

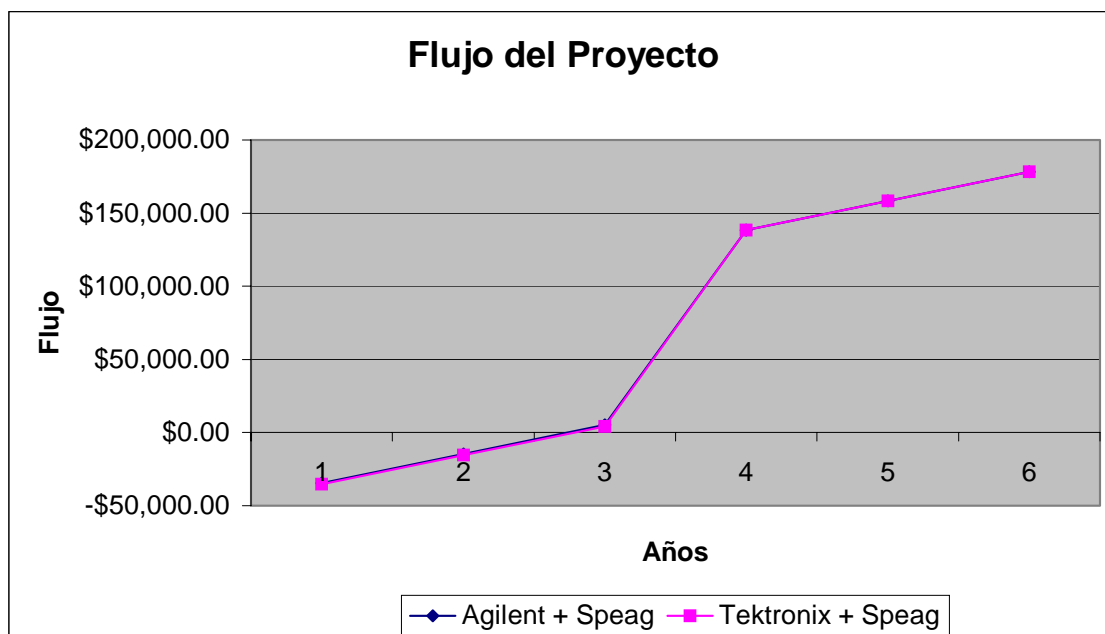


Tabla V-8: Factibilidad del proyecto.

La TIR calculada para cada proyecto (Agilent + Speag) y (Tektronix + Speag) es del 77 y 75% respectivamente, lo que hace al proyecto muy atractivo para la inversión. No hay una gran diferencia entre la rentabilidad de uno u otro equipo de pruebas de red (Agilent o Tektronix) por lo que económica y técnicamente son muy similares. De igual manera el flujo del proyecto con los distintos equipos es prácticamente el mismo apreciar el la **Tabla V-3**.

5.2 MARCO REGULATORIO

5.2.1 Entorno Local

Localmente este estudio entra dentro del marco de la **Ley Especial de Telecomunicaciones**, donde se detalla el **Reglamento para Homologación de Equipos de Telecomunicaciones** y su respectivo **Instructivo para los Procesos Administrativos Técnicos y Financieros para la Homologación de Equipos de Telecomunicaciones**, siendo la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL) es el organismo con autonomía administrativa, económica y financiera, encargado de controlar a instituciones públicas y privadas, a fin de que las actividades económicas y los servicios que prestan, se sujeten a la ley y atiendan al interés general.

A continuación se comenta los **Artículos** más relevantes para este estudio dentro del reglamento e instructivo para homologación de equipos de telecomunicaciones:

En el **Artículo 14**, del reglamento define “Entidades Certificadoras” de la siguiente manera: ***Entidades Certificadoras.** Un laboratorio calificado por el CONATEL, podrá emitir el Certificado de Características Técnicas para un equipo de telecomunicaciones, cuando existan dudas al respecto del cumplimiento de especificaciones de la norma técnica correspondiente para el equipo del cual se solicita la homologación.* Este artículo justifica la existencia de un laboratorio de pruebas, el mismo que podrá certificar las características técnicas del equipo.

El **Artículo 1** del instructivo se define “Homologación” como sigue: ***Homologación.** Es el proceso por el que, una clase, marca y modelo de un determinado equipo de*

telecomunicaciones es sometido a verificación técnica para determinar si es adecuado para ser operado en una red de telecomunicaciones específica. Al momento la “verificación técnica” que realiza la SUPTEL consiste en la verificación de certificados otorgados al equipo sujeto de homologación por entidades como la FCC, no se realizan pruebas de red ni de RNI¹⁹.

El **Artículo 2** del instructivo define “Ámbito” de la siguiente manera: *Ámbito. En concordancia con lo dispuesto en el Artículo 2 del Reglamento para homologación de equipos de telecomunicaciones expedido por el CONATEL, su aplicación comprende a los equipos (clase, marca y modelo) de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico y que corresponden a sistemas de radiocomunicación, respecto del uso adecuado de equipos de telecomunicaciones para prevenir daños a las redes en que se conecten, evitar interferencias con otros servicios y garantizar la calidad en la prestación de los servicios de telecomunicaciones. El CONATEL podrá aprobar la inclusión de nuevos equipos (clase, marca y modelo) de telecomunicaciones, previo el informe sustentado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones y la Superintendencia de Telecomunicaciones. El ámbito de los equipos (clase, marca y modelo) es muy amplio, por lo que en el **Oficio No. ITG-2191** se concluye que los equipos que deben ser homologados son los siguientes:*

- Equipos terminales de telecomunicaciones que utilizan el espectro radio eléctrico, tales como: Equipos terminales de radio del servicio móvil (móvil celular y móvil avanzado), del servicio troncalizado, de los servicios comunales de explotación; y, de cualquier otro servicio abierto a la correspondencia pública.
- Equipos de radiocomunicaciones con tecnología de espectro ensanchado.

El alcance de este estudio se limita a los equipos terminales de radio del servicio móvil (móvil celular y móvil avanzado).

¹⁹ Ver **Figura V-1**.

El **Artículo 8** del instructivo estipula: *Valores. La persona natural o jurídica que solicite la homologación de una marca y modelo, deberá cancelar a la Superintendencia de Telecomunicaciones los derechos por la emisión y registro, que han sido determinados por las Direcciones Generales de Servicios de Telecomunicaciones y Financiera Administrativa, y que corresponden a:*

Para teléfonos móviles: US \$ 17143

Para otros equipos: US 171

Para el caso de terminales que prestan servicios de telefonía móvil, estos valores se ajustarán en el mismo porcentaje de crecimiento de la tasa de penetración de telefonía móvil del año anterior. Para el efecto la Dirección General de Servicios de Telecomunicaciones remitirá el informe correspondiente a la Dirección Financiera Administrativa. Este artículo justifica el análisis económico realizado para la implementación del laboratorio.

5.2.2 Entorno Internacional

En los capítulos anteriores se hizo mención a una serie de estándares de varios organismos internacionales que se encargan de estandarizar y normar las distintas tecnologías operativas en sus países. Todos estos se encuentran relacionados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), el Ecuador no es la excepción y la ley Especial de Telecomunicaciones se rige a las recomendaciones de la ITU.

En la **Figura V-1**, se explica con mayor detalle el esquema de la organización internacional de las distintas entidades de estandarización y regulación de telecomunicaciones.

La ITU intentó estandarizar la 3G de tecnologías celulares a través de la IMT-2000 con la tecnología UMTS, sin embargo los mayores fabricantes de tecnologías EEUU, Europa, Japón y Corea siguieron fieles a sus tecnologías por lo que la tercera generación de sistemas celulares fue CDMA 1x EVDO en EEUU, Japón y Corea y WCDMA en Europa.

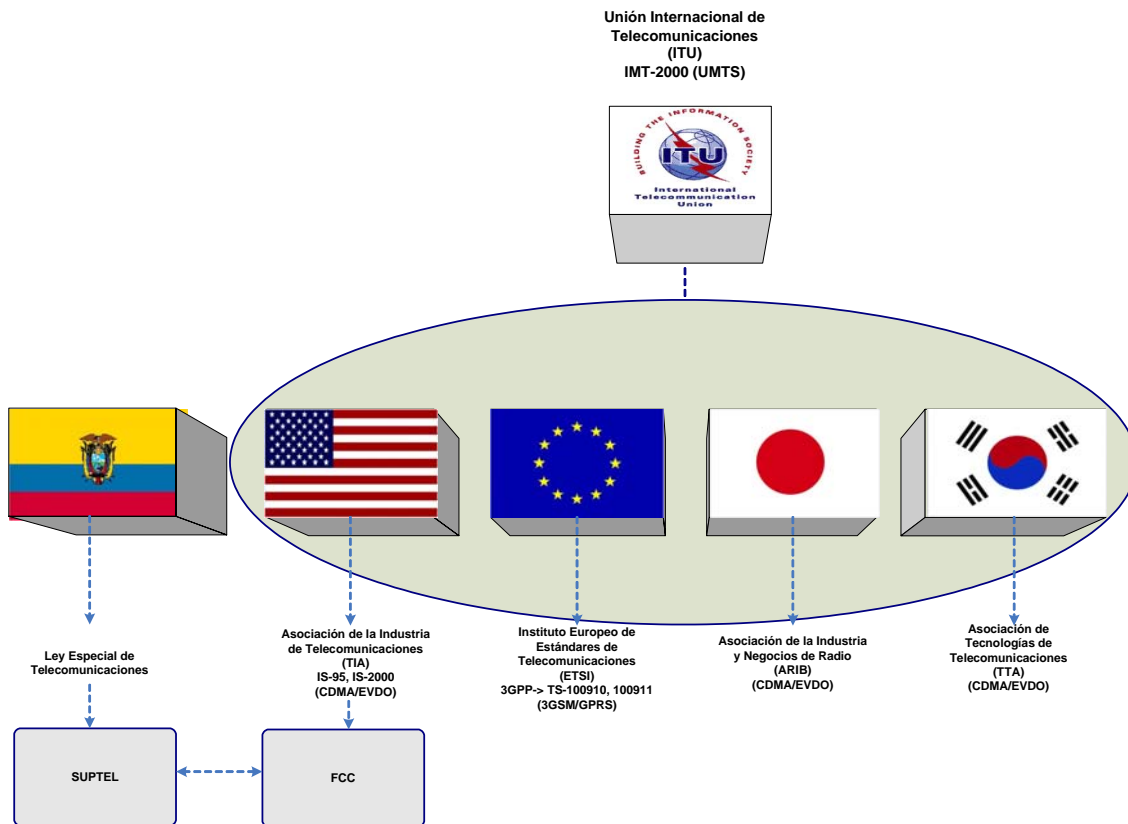
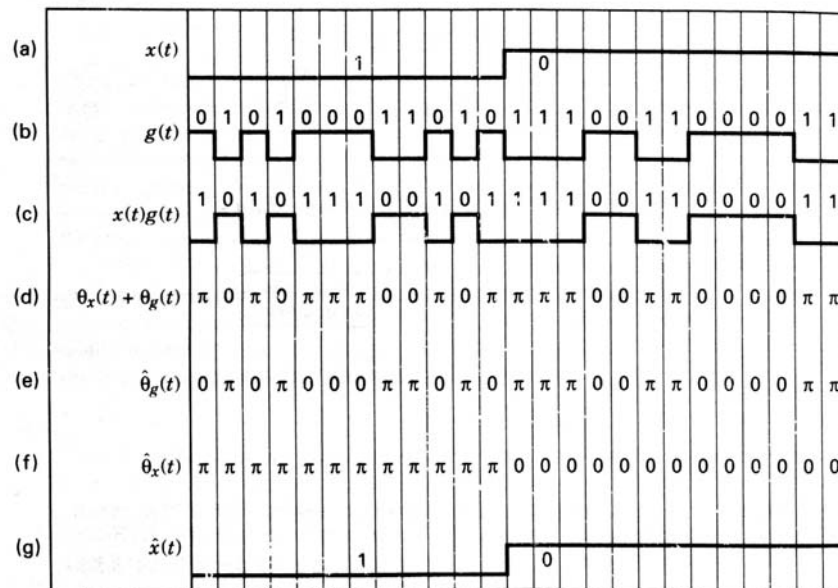


Figura V-5: Entidades de estandarización y regulación de Telecomunicaciones

CONCLUSIONES

- El elevado crecimiento de usuarios de teléfonos celulares a nivel mundial ha generado preocupación en las autoridades encargadas de la salud y telecomunicaciones, por lo que se han realizado numerosos estudios sobre el efecto de las radiaciones no ionizantes sobre el cuerpo humano. No obstante la tecnología celular es relativamente nueva debido a que la masificación empezó en la década de los 90s por lo que aun no se pueden hacer estudios de los efectos a largo plazo de estos dispositivos en la salud humana.
- A pesar de no tener ninguna evidencia sobre los efectos de los teléfonos celulares en la salud humana, se ha limitado las emisiones de EMF de estos dispositivos con el fin de estandarizar sus niveles de potencia radiada.
- Las zonas del cuerpo con mayor vulnerabilidad a los efectos de los EMF son las que tienen una mayor acumulación de agua, como la cabeza y la cintura.
- Actualmente en el país operan redes celulares pertenecientes a las generaciones 2.5G y 3G, las mismas que funcionan con las tecnologías TDMA, cdmaOne, cdma2000, GPRS, GSM.
- Las técnicas de espectro ensanchado sirven para distribuir una señal de dimensiones relativamente pequeñas, en una señal dimensionalmente mayor.



Ensanchamiento de una señal binaria.

- Los parámetros a probar en una estación móvil CDMA son, en su mayoría, muy similares a los parámetros que se miden en la mayoría de radios, no obstante es necesario hacer mediciones específicas en este tipo de equipos como el control de potencia en lazo abierto y lazo cerrado.
- Las pruebas más importantes a realizar en una estación móvil CDMA son, calidad de forma de onda Rho y control de potencia en lazo abierto y cerrado.
- La tecnología CDMA es más compleja que la GSM, por lo que tiene una mayor cantidad de parámetros a evaluar.
- Los parámetros de mayor importancia en una MS GSM son el espectro debido a la conmutación de transitorios y la exactitud de modulación.
- El ambiente de pruebas para las distintas tecnologías es muy similar en condiciones eléctricas de RF y ambientales.

- Las pruebas de campo tienen la misma importancia que las pruebas de laboratorio, debido a que estas permiten tener una clara idea del desempeño real del equipo.
- El proyecto puede ser altamente rentable si se combina las pruebas de red con las pruebas de SAR, ya que de esta manera las primeras pueden subsidiar el alto costo de los equipos para la medición de SAR.
- El marco regulatorio actual es muy claro al aceptar estudios hechos por otros organismos reconocidos internacionalmente como la FCC, sin embargo deja abierta la posibilidad de delegar las pruebas técnicas a una entidad certificadora, como la que se podría crear con el laboratorio propuesto.
- La implementación del laboratorio es rentable si se combina las pruebas de red con las pruebas de radiaciones no ionizantes, los equipos de prueba de red pueden subsidiar el alto costo de los equipos de medición de radiaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. S. Troulis, W. Scanlon y N. Evans; “Effect of ‘Hands-Free’ Leads and Spectacles on SAR for a 1.8 GHz Cellular Handset”, University of Ulster, Irland, 2003.
2. Z. Kozaily, “What is ‘SAR’?”; Réseaux de Radiocommunications avec des mobiles, Dess, 2004.
3. V. Anderson, “Comparisons of peak SAR levels in concentric sphere head models of children and adults for irradiation by a dipole at 900 MHz”; RMIT University, Melbourne, 2003.
4. ICNIRP, “Health issues related to the use of hand-held radiotelephones and base transmitters”; Health Physics Society, 1996.
5. UIT-T, “Recomendación UIT-T K.52 Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos”; UIT, 2000.
6. Qualcomm Incorporated, “CDMA 120 – cdmaOne and CDMA2000 Concepts and Terminology”, San Diego, 2002.
7. Sklar Bernard, “Digital Communications”, segunda edición, Prentice Hall, New Jersey, 2001.
8. ERICSSON, “Gsm System Survey, Student Text”, 1998.
9. Pahlavan K, Krishnamunthy P, “Principles of Wireless Networks”, New Jersey, 2002.
10. TIA/EIA, “IS-2000 1A: Introduction for cdma2000 standards for spread spectrum”, 2000.
11. TIA/EIA, “IS-98 B: Recommended Minimum Performance Standards for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Mobile Stations”, 2000.
12. ETSI, “TS 100 910: Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio Transmission and Reception”, Sophia Anipolis Cedex, 2002.

13. ANSI, “J-STD-018: Recommended Minimum Performance Requirements for 1.8 to 2.0 GHz Code Division Multiple Access (CDMA) Personal Stations”, 1996.
14. CDG, “CDG Stage 3 Testing for CDMA2000 (CDG 64)”, 2000.
15. Tektronix, “Protocols, Interfaces & Scenarios”, 2004.
16. <http://www.privateline.com/PCS/history.htm>; historia de la Telefonía Celular.
17. <http://nemesis.lonestar.org/reference/telecom/signaling/dtmf.html>; DTMF.
18. <http://qualcomm.com>; handoffs.
19. <http://www.geekzone.com.nz/content.asp?contentid=2362>; generaciones sistemas de celulares.
20. <http://www.hct.co.kr>; pruebas de SAR.
21. http://en.wikipedia.org/wiki/Present_value; valor presente.
22. http://en.wikipedia.org/wiki/Net_present_value; valor presente neto.
23. http://en.wikipedia.org/wiki/Internal_rate_of_return; tasa interna de retorno.

ANEXOS

ANEXO 1

Wireless Communication Analyzers

► WCA230A • WCA280A



Trigger, Capture, Analyze

The WCA200A Series Wireless Communications Analyzers were developed for designers and manufacturers of wireless communications devices. The WCA200A Series can selectively trigger on frequency domain events that no other instrument can trigger on, they can capture a seamless record of time synchronized RF or base band signal into memory and they can analyze this data. This analysis includes correlating multiple domains, which allows developers to observe system interactions and behaviors, ensure proper operation and rapidly troubleshoot problems with a simple test set up.

Characterization – The Versatile WCA200A Series Lets You See More of What is There

The WCA230A and WCA280A provide design engineers with all the measurement capabilities needed to fully characterize devices in an accurate, efficient manner – ensuring a complete picture of the device's capability.

► 2G, 2.5G, 3G, 3.5G Modulation Analysis

Software – The WCA200A Series offers modulation analysis software that provides one-button measurement routines that quickly and accurately perform measurements that conform to the relevant industry standards – W-CDMA, HSDPA, GSM/EDGE, cdma2000 1x, 1xEV-DO and TD-SCDMA.

► **W-CDMA Compressed Mode** – The WCA200A Series, with its unique ability to analyze W-CDMA compressed mode, allows engineers to quickly and easily monitor their device during the complex handover process between W-CDMA and GSM.

► **Differential I/Q inputs** – By providing differential I/Q inputs, the WCA200A Series is the only product in this class that addresses the increasingly common need of 3G UE designers to directly measure their differential I/Q signals.

► **3D Graphical Display** – The WCA200A Series is the only one-box solution that offers engineers extremely useful graphical representations, such as spectrogram and codogram, which give a complete picture of what is happening with the signal under test.

► Features & Benefits

Multi-domain Analysis Enables Fast, Complete Signal Analysis in Frequency, Time, Code and Modulation Domains – Without Making Multiple Measurements

Extended Memory Enables 10 Seconds of 3 G and 3.5 G Signals to be Captured, Ensuring all the Necessary Information is Available to Make a Complete Analysis of the Signal

Frequency Mask Trigger – Available Only from Tektronix – Makes it Easy to Capture Fast, Transient or Intermittent Signals that Swept Spectrum Analyzers Would Miss

Fast and Accurate Measurements at the Touch of a Button

Spectrogram Provides a Revealing Picture of RF Signal Frequency and Amplitude Behavior over Time – Not Possible with a Swept Spectrum Analyzer

Codogram Provides a Simple, Graphical Means of Analyzing Code Power vs. Time

W-CDMA Compressed Mode Enables Analysis of Handovers Between W-CDMA and GSM

ACK/NACK and CQI Analysis for HSDPA Uplink (requires Opt. 27 and Opt. 23)

Differential I/Q Inputs Enable Straightforward Analysis of Differential Baseband I and Q Signals

Fast Measurement Speed and Exceptional Accuracy Improve Production Throughput Without Affecting Yield

Versatile General Demodulation Capabilities Ranging from BPSK to 256 QAM, as well as Selectable Filters Allow Analysis of Non-standard Signals

One Instrument, Practical and Useful Every Day, to Cover all of Your Spectrum and Vector Analysis Needs

► Applications

Characterization, Troubleshooting and Verification of Wireless Designs:

- W-CDMA
- HSDPA
- GSM/EDGE
- CDMA2000 1x
- CDMA2000 1xEV-DO
- TD-SCDMA

Wireless Communication Analyzers

► WCA230A • WCA280A

Troubleshooting – Now it is Simple to See What Couldn't be Seen

Troubleshooting a design can be a challenging, time-consuming task for any engineer. The WCA200A Series is designed to let you focus on the task at hand, troubleshooting your design and not spend your time learning specialized test equipment or using external software for post processing. The WCA200A Series is designed to provide advanced modulation analysis and troubleshooting capability in an easy-to-use, one-box solution, which allows you to use these advanced troubleshooting tools without having to become an expert on the test equipment.

- **Frequency Mask Trigger** – The ability to trigger off any signal, either known or unknown, in the frequency domain ensures that signals which traditional spectrum analyzers and vector signal analyzers would miss can be captured and analyzed in all domains – providing you with a complete view of even the most random signals.
- **Long Acquisition Memory** – Extended memory enables 10 seconds of 3 G or 3.5 G signals to be captured, ensuring all the necessary information is available to make a complete analysis of the signal.
- **Concurrent Multi-domain Analysis** – The WCA200A Series lets you perform simultaneous measurements in the frequency, time, code and modulation domains, which enables simple, fast and complete analysis of all complex RF signals without the need for multiple and non-concurrent measurements. By removing the need for multiple measurements, you can be sure that your results correlate between domains, ensuring accurate comparisons.

- **Simultaneous Analysis of UE and BTS Interaction** – When two WCA200A Series instruments are synchronized, the unique frequency mask trigger coupled with the long memory capture enables the complete call up set interactions between UE and BTS be recorded so interoperability issues can be identified.
- **Analysis of Dynamically Changing interactions Between 3GPP Node-B and UE** – The WCA200A Series with HSDPA analysis software is the only spectrum analyzer that can trigger on any RF signal and seamlessly capture the full duration of the call set up into memory, enabling time-correlated multi-domain analysis views of the ACK/NACK signal and dynamic changes in the RF signal over time.
- **Ease of Use** – The user interface of the WCA200A Series was designed to ensure that its advanced troubleshooting capabilities are easy to use. As a result, you will spend less time pondering operation and more time troubleshooting the device under test.

Verification – Practical for Everyday Use, the WCA200A Series Lets You View Test Results Sooner

When verifying your product, two critical questions must be asked about your test equipment: How quickly can I get the results? How accurate are the results? The WCA200A Series answers these questions with a powerful combination of speed and accuracy. Even when your test challenges change day to day, the WCA200A Series enables you to solve your measurement challenges, quickly and accurately.

- **Fast Power Measurements** – Whether you are making power calibration measurements on a cell phone production line or testing the ACLR performance of a PA to a 2G, 2.5G, 3G, or 3.5G standard, the WCA200A Series offers not only exceptionally fast measurements, but outstanding accuracy as well, thereby improving production throughput without affecting yield.
- **Analysis of Complex and Dynamically Changing RF Signals or Interactions Between DSP Operations and RF Events** – The WCA200A Series with HSDPA analysis software is the only spectrum analyzer that can trigger on any RF signal and perform multi-domain analysis of the dynamic changes in ACK/NACK signals over time.
- **Reduced Test Setup and Cost** – The WCA200A Series removes the need for test systems to include several different analyzers. This one-box solution meets all your demodulation requirements, without sacrificing the traditional RF performance that you need to satisfy your RF test challenges.
- **Flexible Connectivity** – The WCA200A Series provides users with many different ways to access their measurement results. Ethernet, USB (2 ports), and GPIB ports are supplied as standard, along with a floppy disk drive.

► Characteristics

Electrical Specifications

Frequency Range – DC to 20 MHz (Baseband), 15 MHz to 3 GHz or 8 GHz.

Frequency Marker Readout Accuracy – $\pm(\text{RE} \times \text{MF} + 0.001 \times \text{Span} + 2)$ Hz. RE: Reference Frequency Error MF: Marker Frequency [Hz].

Frequency Readout Accuracy at Specified Frequency –

± 1.2 kHz (Marker).

± 210 Hz (CFM) (RF/RF1, Frequency = 2 GHz, Span = 1 MHz).

CFM – Carrier Frequency Measurement.

Residual FM – 2 Hz_{p-p} (typical).

Spectrum Purity

Frequency = 1500 MHz, Carrier offset = 10 kHz – -100 dBc/Hz.

Amplitude**Reference Level Setting Range –**

–50 dBm to +30 dBm (1 dB step, RF/RF1/RF2/RF3).

–30 dBm to +20 dBm (2 dB step, Baseband).

–10 dBm to +20 dBm (10 dB step, I/Q).

Frequency Response at 20 °C to 30 °C**(RF ATT ≥ 10 dB) –**

±0.5 dB (Baseband).

±1.2 dB (RF/RF1).

Absolute Amplitude Accuracy at Calibration**Point (RF) –**

±0.5 dB (at 50 MHz, –20 dBm Signal, 0 dB ATT, 20 °C to 30 °C).

Level Linearity in Display Range – ±0.2 dB (0 to

–40 dBfs).

Dynamic Range**1 dB Compression Input –** +2 dBm (RF ATT = 0 dB, 2 GHz).**Third Order Inter-Modulation Distortion –**

–74 dBc (Ref Level: +5 dBm, RF Att: 20 dB, Total Signal Power: –7 dBm, CF: 2 GHz).

Displayed Average Noise Level –

–150 dBm/Hz (at 2 GHz), –147 dBm/Hz (at 3 GHz),

–141 dBm/Hz (at 7 GHz).

Acquisition**Acquisition Memory Size –** 64 MB (Std), 256 MB (Opt. 02).**Vector Span –** 15 MHz (RF), 20 MHz (Baseband), 20 MHz (I/Q, Opt. 03).

At 64 MB (Std), the product can capture 2.5 sec 3G signal at 5 MHz span.

At 256 MB, it extends to 4 times standard. (10 sec for 3G).

Digital Demodulation**Modulation Format –**BPSK, QPSK, $\pi/4$ Shift DQPSK, 8 PSK, 16 QAM, 32 QAM, 64 QAM, 256 QAM, GMSK, GFSK.**Maximum Symbol Rate –** 12.8 Msps.**Standard Setup –** PDC, PHS, NADC, TETRA, GSM, CDPD, Bluetooth.**Vector Diagram Display Format –** Symbol

Locus Display, Frequency Error Measurement, Origin Offset Measurement.

Constellation Diagram Display Format –

Symbol Display, Frequency Error Measurement, Origin Offset Measurement.

Eye Diagram Display Format – I/Q/Trellis Display

(1 to 16 Symbols).

Error Vector Diagram Display Format – EVM,Magnitude Error, Phase Error, Waveform Quality (ρ), Frequency Error Measurement, Origin Offset Measurement.**Symbol Table –** Binary, Octal, Hexadecimal.**Digital Demodulation Accuracy****GMSK (1 MHz Span) –** EVM ≤1.8%, Magnitude

Error ≤1.2%, Phase Error ≤1.0°.

64 QAM, 5.3 Msps 1 GHz Carrier (15 MHz

Span) – EVM ≤2.5% (typical).

QPSK, 3.84 Msps 2 GHz Carrier (15 MHz Span) –

EVM ≤2.5% (typical).

Characteristics

Characteristics	Description
QPSK EVM CF =	0.5 % (at 100 ksps)
2 GHz (typical value)	0.5 % (at 1 Msps)
	1.2 % (at 4 Msps)
	2.7 % (at 10 Msps)

Resolution Bandwidth Filter**Filter Shape –** Gaussian, Rectangle, Root Nyquist.**Range –** 1 Hz to 10 MHz.**Trigger****Trigger Event Source –** IF (Level Comparator),

External (TTL), I/Q (Opt. 02, Power Comparator).

Pre/Post Trigger Setting – Trigger Position is settable within 0% to 100% of Total Data Length.**Frequency Mask Trigger Level Range (Opt. 02) –**

0 dBfs to –70 dBfs (Except 15 MHz span), 0 dBfs to –60 dBfs (15 MHz span).

Time Mask Trigger Level Range (Opt. 02) –

0 dBfs to –40 dBfs.

Physical Characteristics

Dimensions	mm	in.
Width (without belts)	425	16.7
Height (without feet)	215	8.5
Length (without cover and feet)	425	16.7
Weight	kg	lbs.
Net	19 kg	41.9

Opt. 1A – External Pre-Amplifier**Environmental****Input Connector –** SMA-J Type.**Output Connector –** N-P Type.**Electrical Characteristics****Frequency Range –** 100 MHz to 3 GHz.**Small Signal Gain –** 19 dB to 24 dB at 2 GHz.**Gain Flatness –**

±3.0 dB, 100 MHz to 3 GHz (without correction).

±1.0 dB, 100 MHz to 3 GHz (with correction) (typical).

Noise Figure – < 6.5 dB, 2 GHz (Typical).**Noise Floor –** < –160 dBm/Hz, 2 GHz (typical).**Output Power –** > +6 dBm at 1 dB Compression, 2 GHz (typical).**Harmonics –** < –50 dBc at +4 dBm output power, 1 GHz (typical).**Third Order Intermodulation Distortion –**

< –45 dBc at Total signal power = +4 dBm output power, CF = 2 GHz (typical).

Signal Input**VSWR –**

<2.2 at 100 MHz to 150 MHz (typical).

<1.8 at 150 MHz to 3 GHz (typical).

Maximum Input DC Voltage – ±20V.**Maximum Input Power –** +13 dBm.**Signal Output****VSWR –**

<2.2 at 100 MHz to 150 MHz (Typical).

<1.5 at 150 MHz to 2.5 GHz (Typical).

<2.2 at 2.5 GHz to 3 GHz (Typical).

Mechanical Specifications**Weight –** 0.2 kg.**Dimensions (Without a Cap) –** 108 mm (H) x 42 mm (D) x 32 mm (W).**Cooling, Required Clearances –** Top: 2.5 cm, Left side: 2.5 cm, Right side: 2.5 cm, Rear: 2.5 cm.**Option 23 – W-CDMA Uplink Analysis**

Perform key measurements for 3GPP TS34.121 Release 99 including PRACH analysis capability.

Option 24 – GSM/EDGE Analysis Software

Perform key measurements for ETSI TS 100 910 and 3GPP TS45.005.

Wireless Communication Analyzers

► WCA230A • WCA280A

► Burst Type: Normal

Characteristics	Description
Modulation accuracy measurement	
Carrier power range	-30 to +30 dBm
Phase error measurement accuracy for GMSK modulation (typical)	≤0.8° (RMS) ≤1.8° (Peak)
Phase error resolution	0.01°
EVM measurement accuracy for 8-PSK modulation (typical)	≤0.9% (RMS)
EVM resolution	0.01%
Time resolution	0.15625 μs at 5 MHz span
Burst count	1000 maximum
Mean power measurement	
RF input range	-50 dBm to +30 dBm
Absolute power measurement accuracy for GSM900 at 20 °C to 30 °C, excluding mismatch error (typical)	±0.5 dB (signal frequency: 880 MHz to 960 MHz, signal power: +10 dBm to -30 dBm, RF attenuator: 0 dB to 20 dB, after auto level is performed at 5 MHz span)
Absolute power measurement accuracy for DCS1800, PCS1900 at 20 °C to 30 °C, excluding mismatch error (typical)	±0.6 dB (signal frequency: 1710 MHz to 1990 MHz signal power: +10 dBm to -30 dBm, RF attenuator: 0 dB to 20 dB, after auto level is performed at 5 MHz span)
Resolution	0.01 dB
Burst count	1000 maximum
Power versus time measurement	
RF input range	-50 dBm to +30 dBm
Power ramp relative accuracy (typical)	±0.2 dB at 0 dBfs to -40 dBfs
Time resolution (typical)	0.15625 μs at 5 MHz span
Marker amplitude resolution	0.001 dB
Burst count	1000 maximum
Modulation spectrum measurement	
Carrier power range	-5 dBm to +30 dBm
Dynamic range for GMSK modulation (typical)	82 dB at 600 kHz offset (30 kHz RBW) 86 dB at 1.2 MHz offset (30 kHz RBW) 83 dB at 1.8 MHz offset (100 kHz RBW) 85 dB at 6 MHz offset (100 kHz RBW)
Dynamic range for 8-PSK modulation (typical)	82 dB at 600 kHz offset (30 kHz RBW) 85 dB at 1.2 MHz offset (30 kHz RBW) 83 dB at 1.8 MHz offset (100 kHz RBW) 83 dB at 6 MHz offset (100 kHz RBW)
Burst count	1000 maximum
Switching spectrum measurement	
Carrier power range	-5 dBm to +30 dBm
Dynamic range for GMSK modulation (typical)	75 dB at 400 kHz offset (30 kHz RBW) 80 dB at 600 kHz offset (30 kHz RBW) 84 dB at 1.2 MHz offset (30 kHz RBW) 88 dB at 1.8 MHz offset (30 kHz RBW)
Dynamic range for 8-PSK modulation (typical)	75 dB at 400 kHz offset (30 kHz RBW) 80 dB at 600 kHz offset (30 kHz RBW) 84 dB at 1.2 MHz offset (30 kHz RBW) 88 dB at 1.8 MHz offset (30 kHz RBW)
Burst count	1000 maximum

**Option 25 — cdma2000 1x
Signal Analysis Software**

Perform key measurements for cdma2000 forward link (3GPP2 C.S0010) and reverse link (3GPP2 C.S0011).

► cdma2000 1x Forward Link

Characteristics	Description
Channel power	
Minimum power at RF input	-50 dBm
Absolute power measurement accuracy (at 20 °C to 30 °C, excluding mismatch error), typical	±0.6 dB at conditions below: Signal frequency: 824 to 960 MHz or 1750 to 2170 MHz Signal power: 0 dBm to -50 dBm After Auto Level is performed at 10 MHz span
Relative power measurement accuracy (at 20 °C to 30 °C, excluding mismatch error), typical	±0.2 dB at conditions below: Signal frequency: 824 to 960 MHz or 1750 to 2170 MHz Signal power: 0 dBm to -30 dBm After Auto Level is performed at 10 MHz span, 0 dBm input
Resolution	0.01 dB
ACPR	
Minimum carrier power at RF input	-40 dBm
Dynamic range	At -5 dBm signal input
765 kHz offset	76 dB (30 kHz BW)
1.995 MHz offset	81 dB (30 kHz BW)
3.125 MHz offset	81 dB (30 kHz BW)
4 MHz offset	82 dB (30 kHz BW)
CCDF	
Histogram resolution	0.01 dB
Intermodulation distortion	
Measurement filter	Rectangular, Root Nyquist, Nyquist, and Gaussian
Occupied bandwidth	
Minimum carrier power at RF input	-50 dBm
Measurement accuracy	0.2%
Spectrum emission mask	
Minimum carrier power at RF input	-5 dBm
Dynamic range 1.995 MHz offset	82 dB (30 kHz BW)
Code domain power	
Relative code domain power accuracy	±0.15 dB/±0.075 dB (typical)
QPSK EVM	
Minimum carrier power at RF input	-40 dBm
EVM floor, typical	2.0%
Modulation accuracy (composite)	
Minimum carrier power at RF input	-40 dBm
Composite EVM floor, typical	2.0%
Rho (ρ)	0.999
Frequency error accuracy	±10 Hz + center frequency accuracy
Timing accuracy (τ)	±250 ns

Wireless Communication Analyzers

► WCA230A • WCA280A

► cdma2000 1x Reverse Link

Characteristics	Description
Channel power	
Minimum power at RF input	-50 dBm
Absolute power measurement accuracy (at 20 °C to 30 °C, excluding mismatch error), typical	±0.6 dB at conditions below: Signal frequency: 824 to 960 MHz or 1750 to 2170 MHz Signal power: 0 dBm to -50 dBm After Auto Level is performed at 10 MHz span
Relative power measurement accuracy (at 20 °C to 30 °C, excluding mismatch error), typical	±0.2 dB at conditions below: Signal frequency: 824 to 960 MHz or 1750 to 2170 MHz Signal power: 0 dBm to -30 dBm After Auto Level is performed at 10 MHz span, 0 dBm input
Resolution	0.01 dB
ACPR	
Minimum carrier power at RF input	-40 dBm
Dynamic range	At -5 dBm signal input
900 kHz offset	76 dB (30 kHz BW)
1.995 MHz offset	81 dB (30 kHz BW)
3.125 MHz offset	81 dB (30 kHz BW)
4 MHz offset	82 dB (30 kHz BW)
CCDF	
Histogram resolution	0.01 dB
Intermodulation distortion	
Measurement filter	Rectangular, Root Nyquist, Nyquist, and Gaussian
Occupied bandwidth	
Minimum carrier power at RF input	-50 dBm
Measurement accuracy	0.2%
Spectrum emission mask	
Minimum carrier power at RF input	-5 dBm
Dynamic range 1.995 MHz offset	82 dB (30 kHz BW)
Code domain power	
Relative code domain power accuracy	±0.15 dB/±0.075 dB (typical)
QPSK EVM	
Minimum carrier power at RF input	-40 dBm
EVM floor, typical	2.0%
Modulation accuracy (composite)	
Minimum carrier power at RF input	-40 dBm
Composite EVM floor, typical	2.0%
Rho (ρ)	0.999
Frequency error accuracy	±10 Hz + center frequency accuracy

Option 26 – 1xEV-DO Signal Analysis Software

Perform key measurements for 1xEV-DO forward link (3GPP2 C.S0032) and reverse link (3GPP2 C.S0033).

► 1xEV-DO Forward Link

Characteristics	Description
Channel power	
Minimum power at RF input	–50 dBm
Absolute power measurement accuracy (at 20 °C to 30 °C, excluding mismatch error), typical	±0.6 dB at conditions below: Signal frequency: 824 to 960 MHz or 1750 to 2170 MHz Signal power: 0 dBm to –50 dBm After Auto Level is performed at 10 MHz span
Relative power measurement accuracy (at 20 °C to 30 °C, excluding mismatch error), typical	±0.2 dB at conditions below: Signal frequency: 824 to 960 MHz or 1750 to 2170 MHz Signal power: 0 dBm to –30 dBm after Auto Level is performed at 10 MHz span, 0 dBm input
Resolution	0.01 dB
CCDF	
Histogram resolution	0.01 dB
Intermodulation distortion	
Measurement filter	Rectangular, Root Nyquist, Nyquist, and Gaussian
Occupied bandwidth	
Minimum carrier power at RF input	–50 dBm
Measurement accuracy	0.2%
ACPR	
Minimum carrier power at RF input	–40 dBm
Dynamic range	At –5 dBm signal input
765 kHz offset	76 dB (30 kHz BW)
1.995 MHz offset	81 dB (30 kHz BW)
3.125 MHz offset	81 dB (30 kHz BW)
4 MHz offset	82 dB (30 kHz BW)
Spectrum emission mask	
Minimum carrier power at RF input	–5 dBm
Dynamic range 1.995 MHz offset	82 dB (30 kHz BW)
Code domain power	
Relative code domain power accuracy	±0.15 dB/±0.075 dB (typical)
QPSK EVM	
Minimum carrier power at RF input	–40 dBm
EVM floor, typical	2.0%
Modulation accuracy (composite)	
Minimum carrier power at RF input	–40 dB
Composite EVM floor, typical	2.0%
Rho (ρ)	0.999
Frequency error accuracy	±10 Hz + center frequency accuracy
Timing accuracy (τ)	±250 ns

Wireless Communication Analyzers

► WCA230A • WCA280A

► 1xEV-DO Reverse Link

Characteristics	Description
Channel power	
Minimum power at RF input	-50 dBm
Absolute power measurement accuracy (at 20 °C to 30 °C, excluding mismatch error), typical	±0.6 dB at conditions below: Signal frequency: 824 to 960 MHz or 1750 to 2170 MHz Signal power: 0 dBm to -50 dBm after Auto Level is performed at 10 MHz span
Relative power measurement accuracy (at 20 °C to 30 °C, excluding mismatch error), typical	±0.2 dB at conditions below: Signal frequency: 824 to 960 MHz or 1750 to 2170 MHz Signal power: 0 dBm to -30 dBm after Auto Level is performed at 10 MHz span, 0 dBm input
Resolution	0.01 dB
CCDF	
Histogram resolution	0.01 dB
Intermodulation distortion	
Measurement filter	Rectangular, Root Nyquist, Nyquist and Gaussian
Occupied bandwidth	
Minimum carrier power at RF input	-50 dBm
Measurement accuracy	0.2%
ACPR	
Minimum carrier power at RF input	-40 dBm
Dynamic range	At -5 dBm signal input
765 kHz offset	74 dB (30 kHz BW)
1.995 MHz offset	83 dB (30 kHz BW)
3.125 MHz offset	83 dB (30 kHz BW)
4 MHz offset	84 dB (30 kHz BW)
Spectrum emission mask	
Minimum carrier power at RF input	-5 dBm
Dynamic range 1.995 MHz offset	82 dB (30 kHz BW)
Code domain power	
Relative code domain power accuracy	±0.15 dB/±0.075 dB (typical)
QPSK EVM	
Minimum carrier power at RF input	-40 dBm
EVM floor, typical	2.0%
Modulation accuracy (composite)	
Minimum carrier power at RF input	-40 dBm
Composite EVM floor, typical	2.0%
Rho (ρ)	0.999
Frequency error accuracy	±10 Hz + center frequency accuracy

**Option 27 – 3GPP Release 5
 Downlink (HSDPA) Analysis
 Software**

Perform key measurements for 3GPP TS25.141
 v5.7.0

► **3GPP-R5 Downlink**

Characteristics	Description
Modulation format	
Modulation format	QPSK, 16 QAM auto detection
Channel power measurement	
Minimum power at RF input	-50 dBm
Absolute power measurement accuracy (Typical)	±0.6 dB at 20 °C to 30 °C, excluding mismatch error (Signal frequency: 1900 to 2200 MHz; Signal power: +10 dBm to -30 dBm; after Auto Level is performed at 10 MHz span)
Relative Power Measurement Accuracy (Typical)	±0.2 dB at 20 °C to 30 °C, excluding mismatch error (Signal frequency: 1900 to 2200 MHz; Signal power: 0 dBm to -30 dBm; after Auto Level is performed at 10 MHz span)
Resolution	0.01 dB
ACLR measurement	
Minimum carrier power at RF input	-40 dBm
Dynamic range	Test model 1, 16 ch, input power >-5 dBm 60 dB, typically 66 dB (5 MHz offset) 63 dB, typically 70 dB (10 MHz offset)
CCDF measurement	
Histogram Resolution	0.01 dB
OBW (Occupied Bandwidth) measurement	
Minimum carrier power at RF input	-50 dBm
Measurement accuracy	0.2% (5 MHz Span, 1000 times averaging)
Spectrum emission mask	
Dynamic range	82 dB (30 kHz BW, Input Power >-5 dBm, 5 MHz offset)
Code domain power	
Relative accuracy of code domain power accuracy	±0.15 dB, typically ±0.075 dB (Using Test Model 5, Total Power = 0 dBm, Code Level >-15 dB)
QPSK EVM (Pilot Channel Only)	
Minimum carrier power at RF input	-60 dBm (EVM <9 %)
EVM floor (Typical)	2.0% (Input Power >-40 dBm, 10 times averaged)
Modulation accuracy (Composite, Test Model 5)	
Minimum carrier power at RF input	-60 dBm (EVM <9 %)
Composite EVM floor (Typical)	2.5 % (Input Power >-40 dBm, 10 times averaged)
Frequency error accuracy	±10 Hz + (center frequency accuracy)
Modulation accuracy (Composite, Alternate Scrambling Code)	
Minimum carrier power at RF input	-60 dBm (EVM <9 %)
Composite EVM floor (Typical)	2.5 % (Input Power >-40 dBm, 10 times averaged)
Frequency error accuracy	±10 Hz + (center frequency accuracy)

► **3GPP-R5 Uplink**

Characteristics	Description
ACK/NACK Analysis	
ACK/NACK Analysis Function	ACK/NACK/DTX detection, CQI decode
Code domain power	
Relative accuracy of code domain power accuracy	±0.15 dB, typically ±0.075 dB (Total Power = 0 dBm, Code Level >-15 dB)

Wireless Communication Analyzers

► WCA230A • WCA280A

Option 28 — 3GPP Release 4 Downlink and Uplink (TD-SCDMA)

Perform key measurements for TS25.102 (UL),
3GPP TS25.142 (DL)

Characteristics	Description
General	
Frequency range	1850 to 2050 MHz
Minimum power at RF input	-60 dBm
Channel power measurement	
Absolute power measurement accuracy (Typical, after Auto-level performed, excluding mismatch error, 5 MHz span)	±0.6 dB (Signal power +10 dBm to -30 dBm, 20 °C to 30 °C)
Relative power measurement accuracy (Typical, after Auto-level performed, excluding mismatch error, 5 MHz span)	±0.2 dB (Signal power +0 dBm to -30 dBm, 20 °C to 30 °C)
Resolution	0.01 dB
ACLR measurement	
Dynamic range	(8 active DPCH, Timeslots 4, 5, 6), input power >-20 dBm 60 dB, 1.6 MHz offset 61 dB, 3.2 MHz offset
CCDF measurement	
Histogram resolution	0.01 dB
Code domain analysis	
Relative code domain power accuracy	Input power >-40 dBm ±0.15 dB (±0.075 typical) at code power >-10 dBc ±0.30 dB (±0.15 typical) at code power >-25 dBc
Code domain residual error	<-40 dB (input power >-40 dBm)
Modulation and frequency related	
Modulation format	QPSK
Residual EVM Floor	≤1.5%, input level >-40 dBm (1 DPCH in timeslots 4, 5, and 6)
Residual origin offset	≤-40 dB, input level >-40 dBm (1 DPCH in timeslots 4, 5, and 6)
Frequency error accuracy	±10 Hz + (center frequency accuracy)
Frequency lock range	±4 kHz from defined carrier frequency (input level >-40 dBm)
Other measurements	Occupied BW (OBW); Spectrum Emissions Mask (offset from carrier and inband, ungated)

WCA230A

Wireless Communication Analyzer (DC – 3 GHz).

WCA280A

Wireless Communication Analyzer (DC – 8 GHz).

Standard Accessories

User manual, Programmer manual, power cord, USB keyboard, USB mouse, BNC-N adapter, front cover (except Opt. 1R). Please specify power cord option when ordering.

Options

Opt. 1R – Rackmount kit.

Opt. 1A – External preamp, 20 dB gain, 100 MHz to 3 GHz.

Opt. 02 – 256 MB Data Memory with Frequency Mask Trigger.

Opt. 03 – Differential I/Q Inputs.

Opt. 23 – W-CDMA Uplink Analysis Software.

Opt. 24 – GSM/EDGE Analysis Software.

Opt. 25 – cdma2000 1x Analysis Software.

Opt. 26 – 1xEV-DO Analysis Software.

Opt. 27 – 3GPP Release 5 Downlink (HSDPA) Analysis Software.

Opt.28– TD-SCDMA Analysis Software.

Upgrade Options

WCA2UP Opt. 02 – 256 MB Data Memory with Frequency Mask Trigger upgrade.

WCA2UP Opt. 03 – Differential IQ Inputs upgrade.

WCA2UP Opt. 23 – W-CDMA Uplink Analysis upgrade (customer-installable).

WCA2UP Opt. 24 – GSM/EDGE Analysis upgrade (customer-installable).

WCA2UP Opt. 25 – cdma2000 1x Analysis upgrade (customer-installable).

WCA2UP Opt. 26 – 1xEV-DO Analysis upgrade (customer-installable).

WCA2UP Opt. 27 – 3GPP Release 5 Downlink (HSDPA) Analysis upgrade (customer-installable).

WCDMA2UPXP-28 – TD-SCDMA Analysis Software upgrade (customer-installable)

WCA2UP Opt. 1F – Installation for WCA2UPxx (no calibration required).

WCA2UP Opt. 1FC – Installation for WCA2Upxx (installation with calibration service).

Optional Accessories

Accessory Bag – Order 016-A330-00.

Power Plug Options

Opt. A0 – North America Power.

Opt. A1 – Universal EURO Power.

Opt. A2 – United Kingdom Power.

Opt. A3 – Australia Power.

Opt. A4 – 240 V, North America Power.

Opt. A5 – Switzerland Power.

Opt. A6 – Japan Power.

Opt. A10 – China Power.

Opt. A99 – No power cord.

Language Option

Option L0 – English User/Programmers manual.

Option L5 – Japanese User/Programmers manual.

Service Options

Opt. C3 – Calibration Service 3 Years.

Opt. C5 – Calibration Service 5 Years.

Opt. D1 – Calibration Data Report.

Opt. D3 – Calibration Data Report 3 Years (with Opt. C3).

Opt. D5 – Calibration Data Report 5 Years (with Opt. C5).

Opt. R3 – Repair Service 3 Years.

Opt. R5 – Repair Service 5 Years.

Wireless Communication Analyzers

► WCA230A • WCA280A

Contact Tektronix:

ASEAN / Australasia / Pakistan (65) 6356 3900
Austria +43 2236 8092 262
Belgium +32 (2) 715 89 70
Brazil & South America 55 (11) 3741-8360
Canada 1 (800) 661-5625
Central Europe & Greece +43 2236 8092 301
Denmark +45 44 850 700
Finland +358 (9) 4783 400
France & North Africa +33 (0) 1 69 86 80 34
Germany +49 (221) 94 77 400
Hong Kong (852) 2585-6688
India (91) 80-22275577
Italy +39 (02) 25086 1
Japan 81(3)6714-3010
Mexico, Central America & Caribbean 52 (55) 56666-333
The Netherlands +31 (0) 23 569 5555
Norway +47 22 07 07 00
People's Republic of China 86 (10) 6235 1230
Poland +48 (0) 22 521 53 40
Republic of Korea 82 (2) 528-5299
Russia, CIS & The Baltics +358 (9) 4783 400
South Africa +27 11 254 8360
Spain (+34) 901 988 054
Sweden +46 8 477 6503/4
Taiwan 886 (2) 2722-9622
United Kingdom & Eire +44 (0) 1344 392400
USA 1 (800) 426-2200
USA (Export Sales) 1 (503) 627-1916
For other areas contact Tektronix, Inc. at: 1 (503) 627-7111
Last Update August 13, 2004

Our most up-to-date product information is available at:
www.tektronix.com

Product(s) complies with IEEE Standard
4888.1-1987, RS-232-C, and with
Tektronix Standard Codes and Formats.

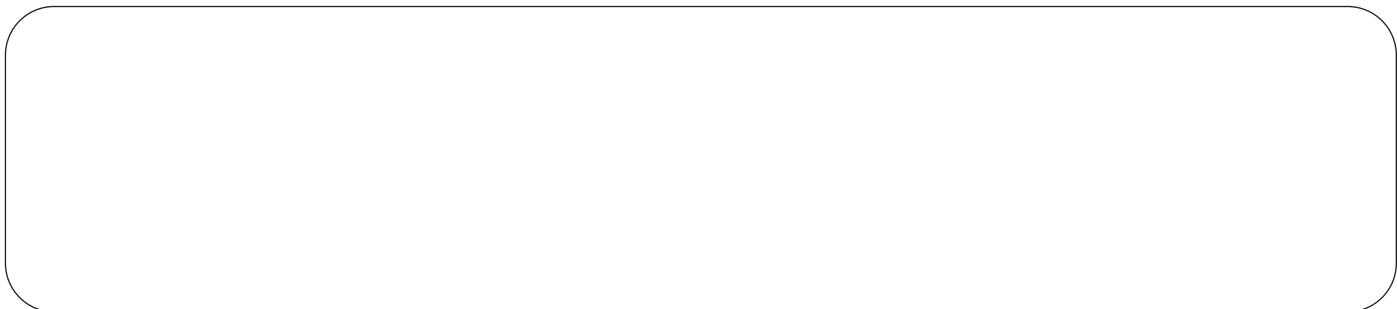


Copyright © 2004, Tektronix, Inc. All rights reserved. Tektronix products are covered by U.S. and foreign patents, issued and pending. Information in this publication supersedes that in all previously published material. Specification and price change privileges reserved. TEKTRONIX and TEK are registered trademarks of Tektronix, Inc. All other trade names referenced are the service marks, trademarks or registered trademarks of their respective companies.

10/04 HB/WOW

37W-16437-3

Tektronix
Enabling Innovation



Search

- Test & Measurement Instruments**
 - Oscilloscopes
 - Real-Time Spectrum Analyzers
 - Logic Analyzers
 - Signal Sources
 - Accessories

- Video**
 - Video Test

- Communications**
 - Network Management & Diagnostics

- Application Solutions**
 - Serial Data
 - Mobile/Wireless
 - Video
 - RF
 - Defense Electronics
 - Design & Analysis

- Resources**
 - Manuals
 - Software
 - FAQs
 - Support

Local List Pricing

Contact Me

Request a Quote

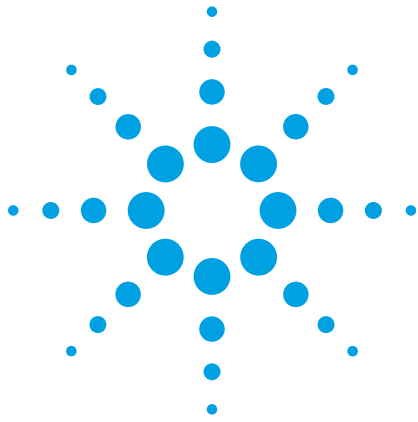
List prices for items purchased in Ecuador in US\$*

Product	Description	Price US\$/Ecuador	
WCA230A	ANALYZER; WIRELESS COMMUNICATIONS ANALYZER (DC TO 3GHZ)	US\$ 39,500.00	options & accessories
WCA280A	ANALYZER; 8GHZ WIRELESS COMMUNICATION ANALYZER	US\$ 45,900.00	options & accessories

[Check TekSelect for reconditioned inventory](#)

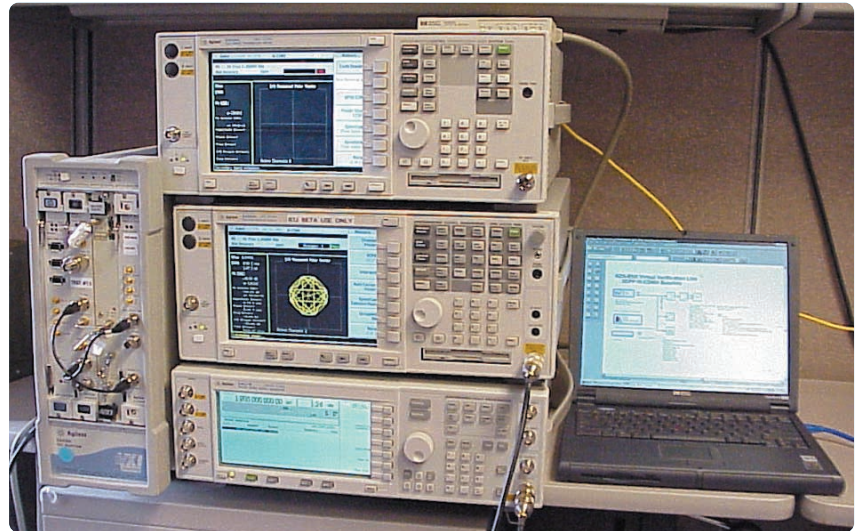
* List prices are subject to change without notice. Actual net transaction prices may vary due to delivery terms, sales tax, VAT, duty and exchange rate variations as well as local (non-Tektronix third party) service and support. Please consult [your closest Tektronix office or distributor](#) for a firm quotation or use our [Request A Quote](#). Products not available in all locations. Tektronix reserves the right to decline any offer to purchase.

Are the prices displayed for the correct country? If not, then please [update your pricing preferences](#).



Agilent's 1xEV-DO test and measurement solutions can help you get your products to market first!

Technical Overview



Agilent Technologies is committed to providing solutions across the product lifecycle to speed design, development, and manufacturing of 1xEV-DO products. This convergence of solutions creates measurement consistency and streamlines the transition from R&D to manufacturing.

Agilent's 1xEV-DO solutions: products that work together

- ADS connected solutions
- PSA spectrum analyzers
- E4406A vector signal analyzer
- ESG signal generator & Signal Studio
 - EPM-P power meters
- E1966A terminal test application
- E6564A wireless test manager

ADS

The Agilent E8878A advanced design system (ADS) cdma2000 1xEV-DO design library is a collection of models and verification setups for 1xEV-DO physical layer design and verification. The library provides test capabilities early in the design phase, dramatically reducing the time necessary for developing physical test setups. The library addresses the needs of communication, RF system and component designers who are involved with 1xEV-DO product generation.

Using an ADS link to the Agilent ESG signal generator, one can enable "real-world" 1xEV signals, with impairments, to be modeled in ADS and downloaded into the ESG signal generator. This powerful integrated capability creates a bench for prototype testing and early design verification.

Key features of the 1xEV-DO library

Complete end-to-end forward link simulation including:

- EVM, Rho, CCDF, ACPR, code domain power, peak to avg power and BER measurements
- coders/decoder, RF channel and receiver models

Application projects

- forward link Tx and Rx
- PA Test
- signal source
- reverse link Tx

Additional information is available at:
<http://eesof.tm.agilent.com/products/e8878a-a.html>
<http://eesof.tm.agilent.com/products/prod701.html>



Agilent Technologies

PSA and E4406A VSA

1xEV-DO measurement personality

The 1xEV-DO measurement personality, Option 204, for both the Agilent PSA and the Agilent E4406A VSA, helps you solve 1xEV-DO forward link measurement problems with powerful analysis capability and easy-to-use functions. These capabilities will accelerate your development schedule and quickly achieve manufacturing efficiency.

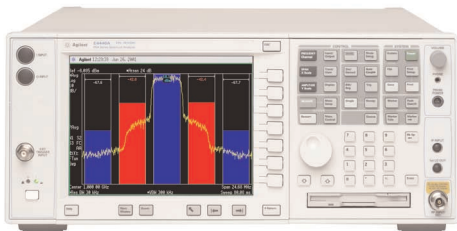
The 1xEV-DO measurement personality allows you to perform the following conformance tests in 3GPP2

- frequency tolerance (mod accuracy)
- pilot channel time tolerance (mod accuracy)
- waveform quality (mod accuracy)
- total power (power versus time)
- pilot/MAC power (power versus time)
- code domain power (code domain)
- conducted spurious emissions (spurious emissions & ACP)
- occupied bandwidth (occupied bandwidth)

Additional information is available at:

http://www.agilent.com/find/xbv_pro_psa1xevdo204
http://www.agilent.com/find/e4406a_opt204

PSA



E4406A VSA



ESG & Signal Studio

1xEV-DO Signal Studio software (Option 404) for the E4438C ESG vector signal generator

Use the Agilent E4438C ESG vector signal generator and Agilent 1xEV-DO Signal Studio software (Option 404) to create a suite of test signals for 1xEV-DO component and receiver test in both development and manufacturing. Quickly configure forward and reverse link 1xEV-DO waveforms and download them to the ESG for playback with Signal Studio's intuitive graphical interface.

ESG platform features for 1xEV-DO

- 160 MB (32 Msamples) waveform playback memory
- flexible waveform sequencing
- 6 GB (1.2 Gsamples) non-volatile waveform storage
- fast waveform downloads via 10B/T LAN and GPIB
- differential and single-ended I/Q outputs

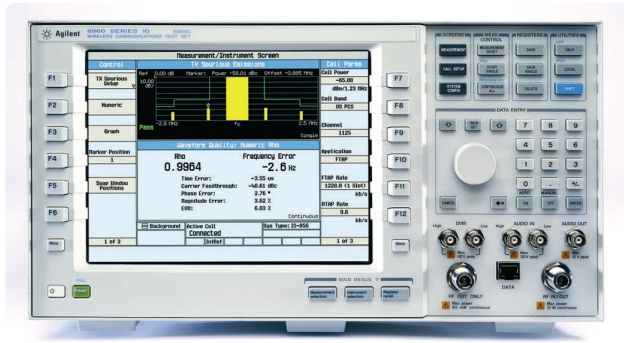
1xEV-DO Signal Studio software features

- fully coded signals for AT and AN receiver test
- statistically correct signals for component test
- forward link channels: pilot, MAC, traffic, and control
- reverse link channels: pilot, RRI, DRC, ACK, and data
- unique channel configurations in each timeslot
- selectable baseband filtering
- plot I/Q signals, spectrum, and CCDF curve
- remote configuration for ESG settings

Additional information is available at:

<http://www.agilent.com/find/ESG>
<http://www.agilent.com/find/signalstudio>





E1966A 1xEV-DO terminal test application

Agilent's 1xEV-DO terminal test application is the first ever one-box manufacturing solution for testing at high data rates, which means you can have complete confidence in your wireless access terminals.

The Agilent E1966A, when used in conjunction with the Agilent E5515C, is a complete test solution for all of the 1xEV-DO high data rates. Developed specifically for mobile manufacturers, as well as developers and designers of leading edge 1xEV-DO wireless access terminals, the E1966A runs on Agilent's industry standard platform - the E5515C. This ensures efficient test times, testing accuracy, and repeatability in your 1xEV-DO test processes.

E1966A terminal test application features:

- Reduce the risk of returns and recalls by testing QPSK, 8PSK, 16QAM modulation modes.
- Realize significant test time reduction by testing 1xEV-DO at the packet level instead of at the frame level as used for cdma2000 receiver testing.
- The test application protocol (TAP) support provides efficient connection to both the forward and reverse links.
- For dual-mode cdma2000 and 1xEV-DO, it switches between the E1966A 1xEV-DO test application and the E1962B cdma2000 mobile test application for the first ever one-box test solution.

Additional information is provided at: <http://www.agilent.com/find/E1966A>

Automate your 1xEV-DO test process with the E6564A wireless test manager:

The Agilent E6564A 1xEV-DO wireless test manager software saves time and resources by automating access terminal test processes. The test manager is designed for use with the E5515C test set. When used in conjunction with the E1966A 1xEV-DO terminal test application, it makes test development, support and interface easier than ever. Applicable to R&D, manufacturing, and service provider test environments, the test manager includes a test executive, technology-specific tests, easy-to-use interface, and Visual Basic® programming for Windows® PC environments.

Available to order December 1, 2002.

Additional information is provided at: <http://www.agilent.com/find/e6564a>



EPM-P

Agilent EPM-P power meters (E4416A single channel and E4417A dual channel) along with the E9320A family of peak and average sensors simplify development, verification and manufacturing of 1xEV-DO wireless systems. Using the E9322A sensor, the EPM-P power meters provide peak, average, peak-to-average ratio and time-gated power measurements. The E9322A sensor (50 MHz to 6 GHz) provides a 1.5 MHz video bandwidth for 1xEV-DO power measurements and maximizes the dynamic range. Real-time markers allow close analysis of the signal under test and 'analyzer' software, operating in a PC or laptop environment. In addition, these markers provide complete power and timing analysis by simultaneously testing TDMA and CDMA parameters and system performance.



Key specifications of the EPM-P series power meters with the E9322A sensor:

- frequency range: 50 MHz to 6 GHz (to 18 GHz with the E9326A)
- video bandwidth: 1.5 MHz (to 5 MHz with the E9323A)
- dynamic range (normal mode): -45 to +20 dBm
- maximum peak power dynamic range: -37 to +20 dBm

Additional information is available at:

http://www.agilent.com/find/epm-p_e4416a

Agilent Technologies' Test and Measurement Support, Services, and Assistance

Agilent Technologies aims to maximize the value you receive, while minimizing your risk and problems. We strive to ensure that you get the test and measurement capabilities you paid for and obtain the support you need. Our extensive support resources and services can help you choose the right Agilent products for your applications and apply them successfully. Every instrument and system we sell has a global warranty. Support is available for at least five years beyond the production life of the product. Two concepts underlie Agilent's overall support policy: "Our Promise" and "Your Advantage."

Our Promise

Our Promise means your Agilent test and measurement equipment will meet its advertised performance and functionality. When you are choosing new equipment, we will help you with product information, including realistic performance specifications and practical recommendations from experienced test engineers. When you use Agilent equipment, we can verify that it works properly, help with product operation, and provide basic measurement assistance for the use of specified capabilities, at no extra cost upon request. Many self-help tools are available.

Your Advantage

Your Advantage means that Agilent offers a wide range of additional expert test and measurement services, which you can purchase according to your unique technical and business needs. Solve problems efficiently and gain a competitive edge by contracting with us for calibration, extra-cost upgrades, out-of-warranty repairs, and onsite education and training, as well as design, system integration, project management, and other professional engineering services. Experienced Agilent engineers and technicians worldwide can help you maximize your productivity, optimize the return on investment of your Agilent instruments and systems, and obtain dependable measurement accuracy for the life of those products.

Agilent T&M Software and Connectivity

Agilent's Test and Measurement software and connectivity products, solutions and developer network allows you to take time out of connecting your instruments to your computer with tools based on PC standards, so you can focus on your tasks, not on your connections. Visit www.agilent.com/find/connectivity for more information.

By internet, phone, or fax, get assistance with all your test & measurement needs

Phone or Fax

United States:
(tel) 800 452 4844

Canada:
(tel) 877 894 4414
(fax) 905 282 6495

China:
(tel) 800 810 0189
(fax) 800 820 2816

Europe:
(tel) (31 20) 547 2323
(fax) (31 20) 547 2390

Japan:
(tel) (81) 426 56 7832
(fax) (81) 426 56 7840

Korea:

(tel) (82 2) 2004 5004
(fax) (82 2) 2004 5115

Latin America:
(tel) (305) 269 7500
(fax) (305) 269 7599

Taiwan:
(tel) 0800 047 866
(fax) 0800 286 331

Other Asia Pacific Countries:
(tel) (65) 6375 8100
(fax) (65) 6836 0252

Email:
tm_asia@agilent.com

Online Assistance:

www.agilent.com/find/assist

Product specifications and descriptions in this document subject to change without notice.

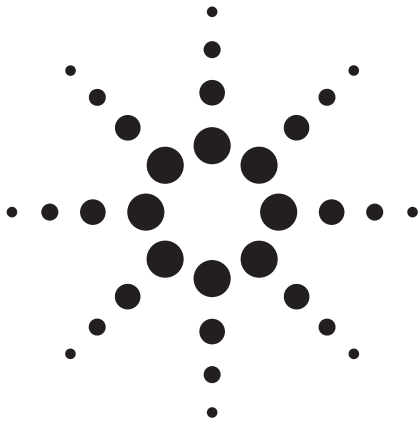
© Agilent Technologies, Inc. 2002
Printed in USA, October 3, 2002
5988-6196EN

Agilent Email Updates

www.agilent.com/find/emailupdates

Get the latest information on the products and applications you select.

Microsoft® and Visual Basic® are U.S. registered trademarks of Microsoft Corporation



Agilent E1968A GSM/GPRS/EGPRS Test Application

Data Sheet

For the E5515B/C (8960) wireless communications test set, the E1985B GSM/GPRS/EGPRS/AMPS/136/W-CDMA test application, and the E1985C GSM/GPRS/cdma2000/95/AMPS test application

Produce high volume quality phones at the lowest possible cost

Flexible

- The E1968A includes all essential connection types and signaling options necessary for a complete GSM/GPRS/EGPRS manufacturing test solution

Fast

- **Dynamic power** – fast automatic signaling or non-signaling method for Tx output power calibration

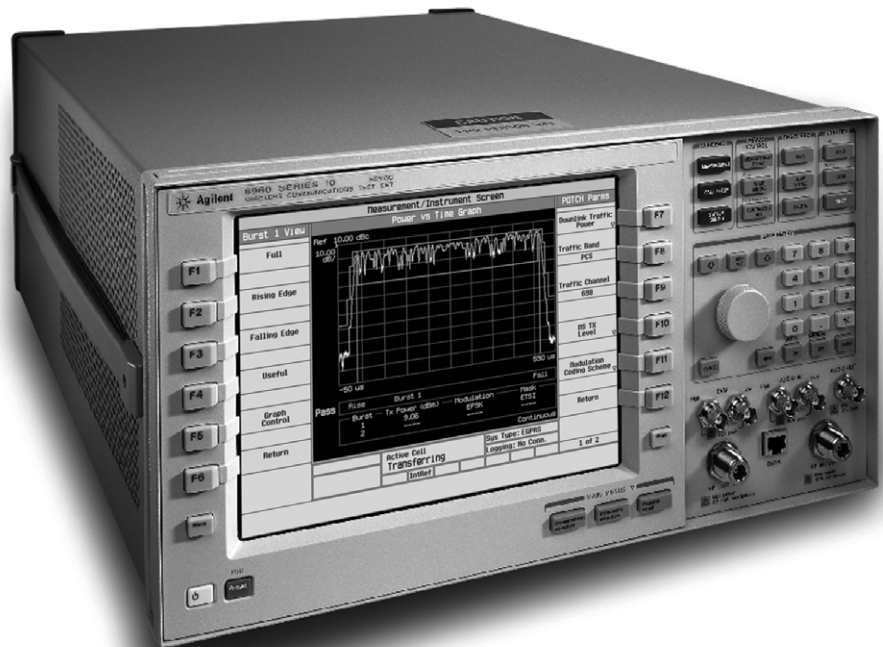
Future proofed

- The E1968A test application is constantly being improved with additional capabilities and features

GSM/GPRS/EGPRS Signaling and Base Station Emulation

The E1968A GSM/GPRS/EGPRS mobile test application gives you the test solution designed especially for your GSM/GPRS/EGPRS test requirements of transceivers and wireless terminals by delivering the speed and flexibility needed

for high-volume, automated production-test environments. Since this solution is based on the high-performance E5515C (8960) test set, you will get speed and concurrent measurement capability, providing immediate benefits that translate into a competitive advantage for mobile-phone manufacturers. This significantly cuts test times, helping reduce the manufacturing cost per phone.



Agilent Technologies

Audio Functionality

- choice of speech encoded on downlink TCH: none, echo, 300 Hz sine, 1 kHz sine, 3 kHz sine, or PRBS-15, multi-tone, or custom
- GSM analog audio measurement (audio level, distortion, frequency, SINAD)

Receiver Measurements

- GSM burst-by-burst bit error ratio (fast BER)
- GSM bit error ratio (BER)
- (E)GPRS multislot BER
- (E)GPRS multislot block error ratio (BLER)

Transmitter Measurements

- GSM/GPRS multislot-tolerant transmit power
- EGPRS multislot-tolerant transmit power
- 8PSK multislot-tolerant modulation accuracy (peak, rms, 95th percentile and sample EVM; frequency, magnitude and phase errors; origin offset suppression; IQ imbalance)
- GMSK multislot-tolerant frequency error
- GMSK multislot-tolerant phase error (peak and rms with confidence limits)
- multislot power versus time (burst mask comparison with settable masks)
- burst timing
- multislot-tolerant output RF spectrum due to modulation and switching
- IQ tuning
- GSM decoded audio level
- dynamic power

Instruments

- audio generator
- general-purpose spectrum monitor
- GSM multi-tone audio

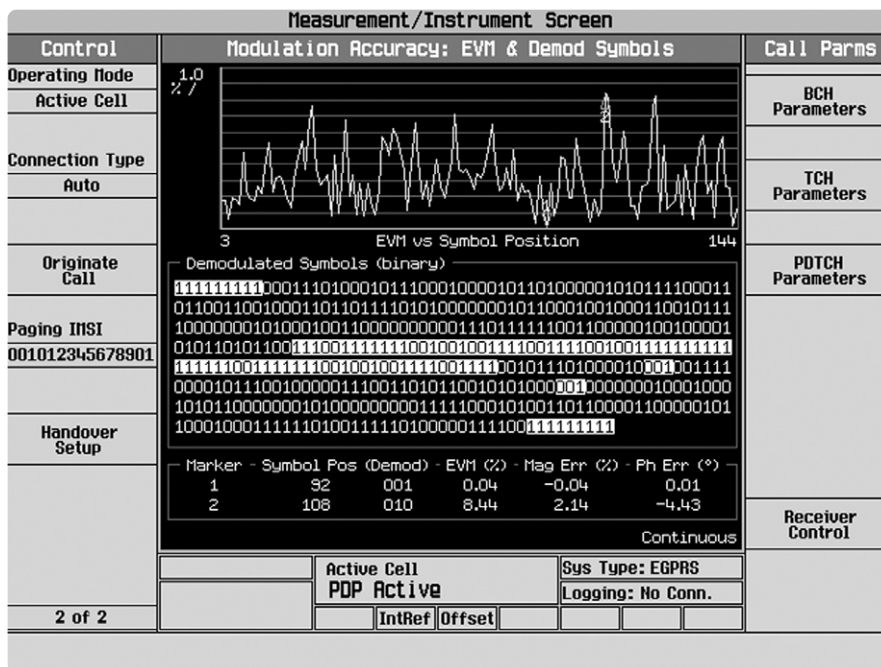


Figure 1. Use graphical measurement results to troubleshoot your EGPRS wireless device.

Integrated GSM, GPRS, and EGPRS Functionality

- switch between GSM, GPRS, and EGPRS serving cells
- switch between data and voice connections without losing camp or attach
- establish a voice or data connection after initial GPRS attach

GSM Functionality

Mobile station power output level control: meets GSM phase one and phase two power control levels

Traffic channels: TCH/FS – FR, EFR, and HR speech modes

Broadcast channel configuration: BCCH + CCCH + SDCCH/4

Signaling protocol setup: FACCH audio speech echo with one-second fixed delay

GPRS Functionality

Multislot classes supported: 1 through 10

Control channels: BCH on timeslot 0 on any ARFCN in any band

Broadcast channel configuration: FCCH + SCH + BCCH + CCCH + SDCCH/4 (0-3) + SACCH/C4 (0-3)

Downlink PDTCH: one, two, three, or four on the same PDTCH ARFCN with one or two PDTCH amplitudes settable between 0 and 55 dB below BCH amplitude; amplitudes in adjacent timeslots selectable as off, PRL (power reduction level) one, or PRL two

EGPRS Functionality

Multislot classes supported: 1 through 6 for all operating modes, 7 through 10 for EGPRS BCH+PDTCH operating modes and other operating modes in some configurations

Control channels: BCH on timeslot 0 on any ARFCN in any band

Broadcast channel configuration: FCCH + SCH + BCCH + CCCH + SDCCH/4 (0-3) + SACCH/C4 (0-3)

Downlink PDTCH: one, two, three, or four on the same PDTCH ARFCN with one or two PDTCH amplitudes settable between 0 and 55 dB below BCH amplitude; amplitudes in adjacent timeslots selectable as off, PRL one, or PRL two

Call Processing Functionality

- GSM 450 MHz, GSM 480 MHz, GSM 750 MHz, GSM 850 MHz, PGSM 900 MHz, EGSM 900 MHz, RGSM 900 MHz, DCS 1800 MHz, PCS 1900 MHz bands
- GSM MS and BS origination
- GSM MS and BS release
- GPRS mobile-initiated attach and detach
- GPRS and EGPRS packet data transfers on uplink and downlink
- intra-cell channel assignments
- inter-cell handovers between all bands
- handover from W-CDMA to GSM (with E1985B test application)
- BA table with 16 settable neighbor cells
- external triggers provide a signal output each frame with settable timeslot, bit, and option to include or exclude the idle frame

BCH setup and parameters

- settable downlink power, band, and channel number
- settable maximum control channel power used by the MS for access bursts of 0 to 31
- settable maximum control channel power offset value for DCS 1800 MHz band of 0 to 3
- band indication of DCS or PCS

GSM TCH parameters

- settable downlink TCH power including power in adjacent bursts, uplink band, channel number, and power level
- channel modes of FR, EFR, and HR, plus HR subchannel of 0 or 1
- settable uplink timeslot of 1 to 7
- settable timing advance of 0 to 63
- mobile loopback of off, type A, type B, or type C as defined in ETSI 04.14 or 3GPP 44.014
- downlink TCH speech types of none, echo, 300 Hz sine, 1 kHz sine, 3 kHz sine, PRBS-15, multi-tone, or custom

GPRS and EGPRS PDTCH parameters

- settable downlink PDTCH power including power in adjacent bursts, uplink band, channel number, and power level
- GPRS coding schemes of CS-1, CS-2, CS-3, or CS-4
- EGPRS uplink modulation coding schemes of MCS-1, MCS-2, MCS-3, MCS-4, MCS-5, MCS-6, MCS-7, MCS-8, or MCS-9
- **EGPRS downlink modulation coding schemes:** same as uplink, MCS-1, MCS-2, MCS-3, MCS-4, MCS-5, MCS-6, MCS-7, MCS-8, or MCS-9
- EGPRS modulation coding scheme of 8PSK clear coded in EGPRS BCH+PDTCH operating mode
- (E)GPRS multislot configurations of 1x1, 1x2, 2x1, 3x1, 4x1, 2x2, 3x2 (downlink x uplink)
- selection of which contiguous downlink bursts to loop back on the uplink with connection type ETSI type B or SRB loopback
- selection of which uplink burst to use for multislot-tolerant RF measurements

Cell parameters

- three-digit MNC off or on in PCS 1900 MHz band
- settable MCC, MNC, LAC, RAC, NCC, and BCC
- option to get IMEI at call setup
- mobile DTX on or off
- paging mode reorganized or normal
- settable paging multiframes of 2 to 9
- repeat paging on or off
- Tx level FACCH signaling on or off
- symmetric or asymmetric uplink frame segmentation

Handover setup

- GSM traffic band, traffic channel, timeslot, channel mode, half-rate speech subchannel, MS Tx level
- GPRS traffic band, traffic channel, coding scheme, multislot configuration, P0, MS Tx level burst 1, MS Tx level burst 2
- EGPRS traffic band, traffic channel, downlink modulation coding scheme, uplink modulation coding scheme, multislot configuration, P0, MS Tx level burst 1, MS Tx level burst 2

Protocol control

- RLC/MAC header off or on in GPRS BCH+PDTCH operating mode
- RLC/MAC header selectable as uplink or downlink in EGPRS BCH+PDTCH operating mode
- RLC/MAC packet timeslot reconfigure off or on
- RLC/MAC packet power timing advance on or off
- settable RLC/MAC block poll rate of 1 to 256
- RLC/MAC frame start position of relative, absolute or immediate
- LLC BLER FCS of valid or corrupt
- settable LLC payload patterns for connection types ETSI type B or for BLER with corrupt FCS of all zeros, all ones, alternate bits, alternate pairs, alternate quads, PRBS-15, fixed 2B (hex), custom, GMM information for BLER

Receiver control

- expected power control auto or manual
- manual power of bursts 1 and 2 settable in dBm
- measurement frequency auto or settable in MHz
- modulation format control auto or manual
- manual modulation of bursts 1 and 2 selectable as GMSK or 8PSK

DUT information

- international mobile subscriber identity (IMSI)
- international mobile equipment identity (IMEI) (if selected)
- called number
- GPRS multislot class
- EGPRS multislot class
- GMSK power class
- 8PSK power class

Counters reported

- RACH count
- corrupt burst count
- page count
- decode error count
- missing burst count

Errors reported

- burst timing error
- BLER (block error rate)

Last location information reported

- location area code (LAC)
- mobile country code (MCC)
- mobile network code (MNC)

SACCH reports

(on a GSM voice call)

- timing advance
- Tx level
- Rx level
- Rx qual

Neighbor cell reports

- channel number
- base station color code (BCC)
- Rx level
- network color code (NCC)

Operating Modes

Active cell GSM, GPRS, or EGPRS:

A BCH is generated on the downlink. Attach and detach procedures, voice and packet data transfers on the uplink(s), and downlink(s) can be executed. TCH and PDTCH band and channel, GSM timeslot, GSM channel mode, GPRS and EGPRS multislot configurations, GPRS coding scheme, EGPRS uplink and downlink modulation coding schemes, and downlink and uplink power level(s) can be changed. All transmitter measurements can be made. GSM, GPRS, or EGPRS is used as the serving cell.

Six connection types are available in the active cell operating modes as follows

- **(E)GPRS connection type ETSI type A:** test mode A as defined in ETSI 04.14 or 3GPP 44.014; the downlink is terminated once the uplink has been established
- **(E)GPRS connection type ETSI type B (unack):** test mode B as defined in ETSI 04.14 or 3GPP 44.014 with MS in RLC acknowledged mode; downlink PDTCH(s) data is generated and the mobile loops back the downlink data on the uplink(s); BER and BLER measurements can be made
- **(E)GPRS connection type ETSI type B (ack):** test mode B as defined in ETSI 04.14 or 3GPP 44.014 with MS in RLC acknowledged mode; downlink PDTCH(s) data is generated and the mobile loops back the downlink data on the uplink(s); BER and BLER measurements can be made
- **(E)GPRS connection type BLER:** Agilent-proprietary data connection with the primary purpose of calculating BLER

- **connection type auto:** a GSM voice call or GPRS or EGPRS data connection can be initiated by the mobile; the test set can initiate a GSM voice call; if a voice call is in progress, data transfer requests are ignored; network-initiated GSM voice call while a GPRS or EGPRS data transfer is in progress causes the data connection to be terminated
- **EGPRS connection type SRB loopback:** an EGPRS Layer 1 loopback mode for testing BER as defined in ETSI 04.14 or 3GPP 44.014

Cell off: all signaling and RF power output is discontinued; this mode is used mainly for adjusting cell parameters that cannot be changed when a live cell is operating

The following seven operating modes use limited signaling for call setup. Protocol is used only to maintain a link established by the mobile station. Over-the-air signaling and capability to demodulate and decode uplink random access channel (RACH) bursts are not available.

- **GSM BCH:** a broadcast channel (BCH) without a traffic channel (TCH) is generated on the downlink and mobile station level information is carried on the broadcast control channel (BCCH)
- **GSM BCH+TCH:** a BCH and TCH are generated on the downlink; mobile station level information is carried on the BCCH and the downlink slow associated control channel (SACCH); timing advance changes are sent on the downlink SACCH; a call can be established by manually synchronizing the mobile station with the TCH and turning on the mobile station's TCH at the same absolute radio frequency channel number (ARFCN) and timeslot as the test set's TCH; during a call, demodulation and channel decoding of the uplink are available, although no messages are decoded

- **GPRS BCH:** a BCH is generated on the downlink, but no uplink demodulation occurs
- **GPRS BCH+PDTCH(s):** a BCH and PDTCH(s) are generated on the downlink and the downlink multislot configuration can be changed; a forced call can be established if the mobile is manually synchronized to the test set's downlink and the mobile's uplink PDTCH(s) uses the same ARFCN and timeslot(s) as the downlink; when a forced call is established, BER and BLER measurements can be made and demodulation and channel decoding of the uplink are available, although no messages are decoded
- **EGPRS BCH:** a BCH is generated on the downlink, but no uplink demodulation occurs
- **EGPRS BCH+PDTCH(s):** a BCH and PDTCH(s) are generated on the downlink and the downlink multislot configuration can be changed; a forced call can be established if the mobile is manually synchronized to the test set's downlink and the mobile's uplink PDTCH(s) uses the same ARFCN and timeslot(s) as the downlink; when a forced call is established, BER and BLER measurements can be made and demodulation and channel decoding of the uplink are available, although no messages are decoded
- **CW:** an unmodulated continuous wave (CW) signal is generated on the downlink; the level and frequency of the CW signal can be changed; no uplink demodulation or channel decoding is available

Technical Specifications

These specifications apply to the following software:

- E1968A GSM/GPRS test applications with firmware revision A.04
- E1985B fast switching test application with firmware revision B.05
- E1985C fast switching test application with firmware revision C.03

These specifications apply to E5515C mainframes with Option 002 supplied after March 2005. Depending on the exact configuration, earlier E5515C and E5515B instruments may require hardware upgrades to obtain certain features and capability. Features which may require hardware upgrades include: EGPRS (all capability), higher EGPRS multislot classes, spectrum monitor, and RF out only port.

CAUTION: Loading an application onto your E5515 test set that is not compatible with your E5515's hardware revision can cause your E5515 to lock-up. For information on application/E5515 compatibility go to <http://www.agilent.com/find/E5515> and select the relevant link to either E5515B Release Notes or E5515C Release Notes. Always refer to this information before loading an application.

Specifications describe the test set's warranted performance and are valid over the entire operation and environmental ranges unless otherwise noted. All specifications are valid after a 30-minute warm-up period of continuous operation and within the frequency ranges of 450 to 496 MHz, 700 to 800 MHz, 810 to 960 MHz, and 1.7 to 1.99 GHz.

Supplemental characteristics are intended to provide additional information useful in applying the instrument by giving typical, but non-warranted performance parameters. These characteristics are shown in italics and labeled as "typical," or "supplemental," and apply at +25 °C.

RF (downlink) generator specifications

RF generator specifications apply to both RF generators in the 8960.

RF frequency

Frequency ranges: 450 to 496 MHz, 700 to 800 MHz, 810 to 960 MHz, 1.7 to 1.99 GHz

Accuracy and stability: same as timebase reference

Supplemental characteristics

Typical CW frequency switching speed: < 10 ms to be within < 0.1 ppm of final frequency

Operating frequency range: 292 to 2700 MHz

Setting resolution: 1 Hz

RF amplitude

Output level range at RF IN/OUT: -110 to -13 dBm

Output level range at RF OUT ONLY: -110 to -5 dBm

Absolute output level accuracy: < ±1.0 dB

VSWR at RF IN/OUT: < 1.14:1 for 450 to 496 MHz and 810 to 960 MHz, < 1.2:1 for 1.7 to 1.99 GHz

Reverse power at RF IN/OUT: < 2.5 W continuous, < 5 W peak burst power

Reverse power at RF OUT ONLY: < 500 mW continuous

Supplemental characteristics

Typical output level accuracy: < ±0.5 dB

Typical output level repeatability at RF IN/OUT (returning to the same frequency and level): < ±0.1 dB

Typical VSWR at RF OUT ONLY: < 1.4:1 for 450 to 496 MHz and 810 to 960 MHz, < 1.45:1 for 1.7 to 1.99 GHz

Typical isolation from RF OUT ONLY port to RF IN/OUT port (when the RF generator is routed to the RF OUT ONLY port): > 60 dB for 450 to 496 MHz and 810 to 960 MHz, > 40 dB for 1.7 to 1.99 GHz

Operating level range at RF IN/OUT: -127 to -10 dBm

Operating level range at RF OUT ONLY: -119 to -2 dBm

Output level setting resolution: 0.1 dB

GMSK signal generation

Absolute output level accuracy with GMSK modulation on:

Specification	Ranges
< ±1.09 dB	Single slot from -110 to -13 dBm
< ±1.09 dB	1 multislot level between -110 and -13 dBm
< ±1.50 dB	2 multislot levels ≤ 20 dB apart between -110 and -70 dBm

Peak phase error: < ±4 degrees

rms phase error: < 1 degree

Frequency error: < ±0.01 ppm plus timebase reference

Amplitude flatness: < ±0.3 dB for single-slot GMSK signals, < ±1.0 dB for multislot GMSK signals

Supplemental characteristics

Typical absolute output level accuracy with GMSK modulation on:

Specification	Ranges
< ±0.55 dB	Single slot from -110 to -13 dBm
< ±0.55 dB	1 multislot level between -110 and -13 dBm
< ±0.85 dB	2 multislot levels ≤ 20 dB apart between -110 and -70 dBm

Typical burst modulation on/off ratio (referenced to lowest signal level): > 50 dB

8PSK signal generation

Absolute output level accuracy with 8PSK modulation on:

Specification	Ranges
< ±1.09 dB	Single slot from -110 to -13 dBm
< ±1.09 dB	1 multislot level between -110 and -13 dBm
< ±1.50 dB	2 multislot levels ≤ 20 dB apart between -110 and -70 dBm

rms EVM: < 4%

Origin offset suppression: > 35 dB

Frequency error: < ±0.02 ppm plus timebase reference

Supplemental characteristics

Typical absolute output level accuracy with 8PSK modulation on:

Specification	Ranges
< ±0.57 dB	Single slot from -110 to -13 dBm
< ±0.57 dB	1 multislot level between -110 and -13 dBm
< ±0.85 dB	2 multislot levels ≤ 20 dB apart between -110 and -70 dBm

Spectral purity

Harmonics: ≤ -25 dBc for levels ≤ -17 dBm

Subharmonics: ≤ -40 dBc

Non-harmonics: < -55 dBc for 100 to ≤ 1500 kHz offsets from carrier, < -68 dBc for > 1500 kHz offsets from carrier

Supplemental characteristics

Typical non-harmonic performance: < -55 dBc for 3 to < 100 kHz offsets, < -53 dBc for line-related non-harmonics

Typical spurious due to receiver LO leakage: < -50 dBm for spurious at 105 ± 2.5 MHz below expected transmitter frequency and its second harmonic

RF analyzer functionality

RF frequency

Ranges applied to demodulation and transmitter specifications: 450 to 496 MHz, 700 to 800 MHz, 810 to 960 MHz, and 1.7 to 1.99 GHz

Supplemental characteristics

Operating range: 292.5 to 2700 MHz

Transmitter and receiver measurement specifications

The time until a measurement times-out and returns control to the user can be set independently for each measurement. All measurements return a measurement integrity result indicating the accuracy and usefulness of each measurement's results.

EGPRS 8PSK measurements are GMSK-tolerant. Any GMSK bursts are detected and discarded. Measurements continue when the next 8PSK burst is detected. EGPRS GMSK measurements are also 8PSK-tolerant.

Frequency coverage and amplitude range

Unless otherwise noted, all specifications apply to frequencies of 450 to 496 MHz, 700 to 960 MHz, and 1.7 to 1.99 GHz, signals with peak input power at the test set's RF IN/OUT not higher than +37 dBm, and temperatures of 0 to +55 °C. Input signal transmit power (defined as the average power over the useful part of the burst) at the test set's RF IN/OUT must be within ±3 dB of the test set's expected power for warranted performance.

Receiver measurement specifications

Simultaneous demodulation and measurements

The test set's RF analyzer provides dedicated signal paths for demodulation (maintaining the link) and measurements to be performed simultaneously.

Demodulation frequency capture range: signal must be within ± 200 Hz of test set's expected frequency for warranted performance

Single-slot demodulation sensitivity: ≥ -30 dBm for BER and BLER measurements

Multislot demodulation sensitivity: all uplink timeslots ≥ -30 dBm for maintaining a data link when

adjacent GMSK timeslots from GPRS signals are ≤ 25 dB different in level,

adjacent GMSK timeslots from EGPRS signals are ≤ 20 dB different in level, or

adjacent 8PSK timeslots are ≤ 10 dB different in level

Supplemental characteristics

Typical demodulation sensitivity: ≥ -40 dBm for maintaining a link

GSM BER measurement

Types of signals measured: compares 260 bits of speech data using mobile phone loopback with or without signaling of erased speech frames

Minimum input level: uplink signals at test set's RF IN/OUT must have transmit power ≥ -30 dBm for warranted performance

Residual BER: $< 10^{-6}$

Mobile loopback: in active cell operating modes as type A or type B must be selected

Measurement type: selectable as residual type Ia, residual type Ib, residual type II, type Ia, type Ib, or type II

Signaling loopback control: selectable as on or off

Data patterns: selectable in GSM BCH+TCH operating mode as all zeros, all ones, alternate bits, alternate pairs, alternate quads, PRBS-15, fixed 2B (hex), multi-tone, or custom

Closed-loop signaling delay: settable between 0 and 5 s

Speech frames delay: settable between 1 and 15 frames or automatically determined

Measurement unit: selectable as percent or count

Numerical results: BER, number of bits tested, number of bad bits, frame erasure (FER) for residual measurement types, cyclic redundancy check (CRC) for non-residual measurement types, speech frame delay, Rx level, Rx qual

Multi-measurement capabilities: 1 to 999,000 bits

Concurrency capabilities: GSM BER measurements cannot be made concurrently with GSM FBER measurements, GSM decoded audio level measurements, or while speech is provided on the downlink TCH; GSM BER measurements can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Measurement resolution: 0.01 percent

GSM fast bit error ratio (FBER) measurement

Types of signals measured: comparison of 114 bits of interleaved data with mobile phone in burst-by-burst loopback

Minimum input level: uplink signal at test set's RF IN/OUT must have transmit power ≥ -30 dBm for warranted performance

Residual BER: $< 10^{-6}$

Measurement data pattern: PRBS-15

Mobile loopback: in active cell operating mode type C must be selected

TDMA frame delay: settable between 0 and 26 frames or automatically determined

Signaling loopback control: on or off

Closed-loop signaling delay: settable between 0 and 5 s

Measurement unit: selectable as percent or count

Numerical results: number of bits tested, FBER, number of bad bits, TDMA frame delay, Rx level, Rx qual

Multi-measurement capabilities: 1 to 999,000 bits

Concurrency capabilities: GSM FBER measurements cannot be made concurrently with GSM BER measurements, GSM decoded audio level measurements, or while speech is provided on the downlink TCH; GSM FBER measurements can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Measurement resolution: 0.01 percent

(E)GPRS multislot BER measurement

Types of signals measured:

PRBS-15 data sent on GMSK or 8PSK downlink PDTCH(s) and looped back by the mobile

Minimum input level: for warranted performance, uplink signals at test set's RF IN/OUT must have transmit power ≥ -30 dBm and

≤ 25 dB difference in power between levels of adjacent GMSK timeslots sent on GPRS signals,

≤ 20 dB difference in power between levels of adjacent GMSK timeslots sent on EGPRS signals, or

≤ 10 dB difference in power between levels of adjacent 8PSK timeslots

Residual BER: $< 10^{-6}$

Connection types: ETSI type B in active cell GPRS or EGPRS operating mode or SRB loopback in active cell EGPRS operating mode

Measurement data patterns: with data connection type ETSI B (unack) and data looped back by the mobile, selectable as all zeros, all ones, alternate bits, alternate pairs, alternate quads, PRBS-15, fixed 2B (hex), or custom

GPRS block delay: settable from 1 to 12 blocks or automatically determined

EGPRS close loop signaling delay: settable from 0 to 5s

EGPRS loopback delay: from 0 to 20

GPRS zero bad blocks: settable as off or on; when on, all bits within a bad block are set to zero

Numerical results: number of bits tested, BER, bit error count, GPRS block delay, EGPRS loopback delay

Multi-measurement capabilities: 1 to 999,000 bits

Concurrency capabilities: (E)GPRS BER measurements cannot be made concurrently with (E)GPRS BLER measurements, but can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Measurement resolution:
0.01 percent

(E)GPRS multislot BLER measurement

Types of signals measured:

GMSK data looped back by the mobile using connection type ETSI type B (unack), data looped back by the mobile using connection type SRB loopback, or information reported by the mobile in Packet_Uplink_Ack_Nack messages using connection type ETSI type B (ack) or BLER

Minimum input level: for warranted performance, uplink signals at test set's RF IN/OUT must have transmit power ≥ -30 dBm and

≤ 25 dB difference in power between levels of adjacent GMSK timeslots sent on GPRS signals,

≤ 20 dB difference in power between levels of adjacent GMSK timeslots sent on EGPRS signals, or

≤ 10 dB difference in power between levels of adjacent 8PSK timeslots

Connection types: settable as ETSI type B (unack), ETSI type B (ack), BLER (for GPRS), or SRB loopback (for EGPRS)

Measurement data patterns: with data connection type ETSI B (unack) and data looped back by the mobile, selectable as all zeros, all ones, alternate bits, alternate pairs, alternate quads, PRBS-15, or fixed 2B (hex), or custom

Block delay: settable between 1 and 6 blocks or automatically determined

Numerical results: number of blocks tested, BLER, block error count, BLER of each burst (for connection type ETSI type B (ack), or BLER), level of each downlink burst, block delay

Multi-measurement capabilities: 1 to 99,000 blocks

Concurrency capabilities: (E)GPRS BLER measurements cannot be made concurrently with (E)GPRS BER measurements, but can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Measurement resolution:
0.01 percent

Transmitter measurement specifications

Unless otherwise specified, transmitter measurements can be performed in active cell (GSM), active cell (GPRS), and active cell (EGPRS) operating modes.

GMSK multislot-tolerant phase and frequency error measurement

Types of signals measured: normal GMSK bursts from GPRS or EGPRS signals, RACH bursts for a single uplink timeslot only

Multislot input signal conditions: ≤ 30 dB difference in power level between adjacent timeslots

Multislot signal measurement capability: measurement of one user-specified timeslot transmitted as a single timeslot or two adjacent timeslots

GPRS frequency capture range: signal must be within ± 100 kHz of test set's expected frequency for warranted performance

EGPRS frequency capture range: signal must be within ± 1 kHz of test set's expected frequency for warranted performance

Minimum input level: signal at test set's RF IN/OUT must have transmit power ≥ -15 dBm for warranted performance

Frequency error measurement accuracy: $< \pm 12$ Hz plus timebase accuracy for normal bursts, $< \pm 18$ Hz plus timebase accuracy for RACH bursts

When using the RF generator as the RF reference frequency for the mobile, the RF generator frequency error relative to the timebase reference must be added

rms phase error measurement accuracy: < 1 degree

Peak phase error measurement accuracy: < 4 degrees

Trigger sources: RF rise, protocol, immediate, auto, external

Trigger delay: settable between ± 2.31 ms

Trigger qualification: on or off

Burst synchronization: midamble, RF amplitude, none for a single uplink timeslot; midamble for two uplink timeslots and all EGPRS signals

Confidence level: settable from 80 to 99.99 percent

Peak phase error pass/fail maximum limit: settable between 0 and 20 degrees

rms phase error pass/fail maximum limit: settable between 0 and 5 degrees

Frequency error pass/fail maximum limit: settable between 0 and 0.1 ppm

Numerical results: rms and peak phase error, frequency error, pass/fail for each result

Displayed graphical results: peak phase error in degrees versus bits and demodulated bits with settable marker and pass/fail limits, variable bit and amplitude axes

Multi-measurement capabilities: 1 to 999 bursts; maximum, minimum, and average phase and frequency error, and worst-case frequency error results

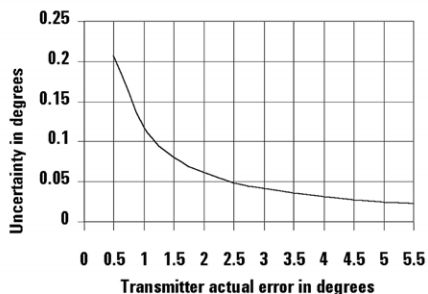
Concurrency capabilities: GMSK multislot-tolerant phase and frequency error measurements can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Frequency error measurement resolution: 0.01 Hz

Phase error measurement resolution: 0.01 degrees

Typical rms phase error uncertainty versus transmitter actual error:



8PSK multislot-tolerant modulation accuracy measurement

All specifications for the 8PSK multislot-tolerant modulation accuracy measurement are valid for the frequency ranges 700 to 800 MHz, 810 to 960 MHz, and 1.7 to 1.99 GHz.

Types of signals measured: normal 8PSK bursts

Multislot input signal conditions: ≤ 30 dB difference in power level between adjacent timeslots

Multislot signal measurement capability: measurement of one user-specified timeslot transmitted as a single timeslot or two adjacent timeslots

Frequency capture range: signal must be within ±200 Hz of test set's expected frequency for warranted performance

Minimum input level: signal at test set's RF IN/OUT must have 8PSK burst power ≥ -15 dBm for warranted performance

Residual rms EVM: < 1 percent

rms EVM measurement accuracy: < +(0.75 - 0.025 x rms EVM in percent) or -(0.75 + 0.025 x rms EVM in percent) for measured average rms EVM between 1 and 10 percent

Sample EVM measurement accuracy: < ±4 percent

Frequency error measurement accuracy: < ±10 Hz plus timebase accuracy

Origin offset suppression measurement accuracy: < ±1.5 dB for measured origin offset suppression between 25 and 40 dB

Trigger sources: RF rise, protocol, immediate, auto, external

Trigger delay: settable between ±2.31 ms

Burst synchronization: midamble

Numerical results: rms, peak, and 95th percentile EVM, frequency error, origin offset suppression, amplitude droop, rms and peak magnitude errors and phase errors, IQ imbalance; sample EVM and probability as part of sample EVM histogram

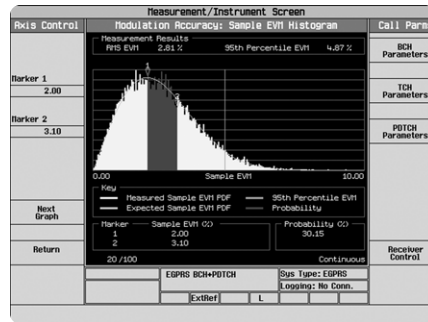


Figure 2: EGPRS modulation accuracy measurement includes a graphical sample EVM histogram to observe your device's statistical EGPRS performance.

Displayed graphical results: EVM versus symbol, demodulated symbols in octal and binary, magnitude error versus symbol, phase error versus symbol, sample EVM histogram with plots of measured sample EVM PDF, expected sample EVM PDF, 95th percentile EVM, and probability with settable markers and variable axes

Multi-measurement capabilities: 1 to 999 bursts; maximum, minimum, and average results

Concurrency capabilities: 8PSK multislot-tolerant modulation accuracy measurements can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

EVM measurement resolution: 0.01 percent

Frequency error measurement resolution: 0.01 Hz

Origin offset suppression measurement resolution: 0.01 dB

Amplitude droop measurement resolution: 0.01 dB

Magnitude error measurement resolution: 0.01 percent

Phase error measurement resolution: 0.01 degrees

IQ imbalance measurement resolution: 0.01 dB

Probability measurement resolution: 0.01 percent

GSM/GPRS multislot-tolerant transmit power measurement

Types of signals measured: normal GMSK bursts sent as GSM or GPRS signals, CW, RACH bursts for a single uplink timeslot only

Multislot input signal conditions: ≤ 30 dB difference in power level between adjacent timeslots

Multislot signal measurement capability: measurement of one user-specified timeslot transmitted as a single timeslot or two adjacent timeslots

Frequency capture range: signal must be within ±100 kHz of test set's expected frequency for warranted performance

Minimum input level: signal at test set's RF IN/OUT must have transmit power ≥ -25 dBm for warranted performance

Measurement accuracy at RF IN/OUT port between +20 and +55 °C:

Accuracy (dBm)	Frequency (MHz)	Timeslot
< ±0.27	810 to 960	Single slot and multislot at the same level
< ±0.29	450 to 496	
	700 to 800	
	1700 to 1990	
< ±0.52	810 to 960	Multislot at different levels
< ±0.54	450 to 496	
	700 to 800	
	1700 to 1990	

Measurement accuracy when RF OUT ONLY port is selected for signal generation (in addition to measurement accuracy at RF IN/OUT port):

Accuracy	Frequency
< ±0.01 dB	450 to 496 MHz
	700 to 800 MHz
	810 to 960 MHz
< ±0.04 dB	1700 to 1990 MHz

VSWR at RF IN/OUT: < 1.14:1 for 450 to 496 MHz and 700 to 960 MHz, < 1.2:1 for 1.7 to 1.99 GHz

Trigger sources: RF rise, protocol, immediate, auto, external

Trigger delay: settable between ±2.31 ms

Burst synchronization: RF amplitude (GSM/GPRS midamble-synchronized transmit power result is available as part of the multislot power versus time measurement)

Numerical result: GMSK transmit power

Multi-measurement capabilities: 1 to 999 bursts; minimum, maximum, average, and standard deviation results

Concurrency capabilities: GSM/GPRS multislot-tolerant transmit power measurements can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Extended amplitude range: results are provided for signals at test set's RF IN/OUT port for transmit power within -10 and +5 dB of expected power

Typical measurement accuracy at RF IN/OUT port:

Accuracy (dB)	Frequency (MHz)	Timeslot
< ±0.10	450 to 496	Single slot and multislot at the same level
< ±0.13	700 to 800 810 to 960	same level
< ±0.14	1700 to 1990	
< ±0.32	450 to 496	Multislot at different levels
< ±0.36	700 to 800 810 to 960	
< ±0.38	1700 to 1990	

Typical measurement accuracy when RF OUT ONLY port is selected for signal generation (in addition to typical measurement accuracy at RF IN/OUT port):

Accuracy	Frequency
< ±0.01 dB	450 to 496 MHz 700 to 800 MHz 810 to 960 MHz
< ±0.04 dB	1700 to 1990 MHz

Typical measurement repeatability: < ± 0.05 dB

Measurement resolution: 0.01 dB

EGPRS multislot-tolerant transmit power measurement

Types of signals measured: normal GMSK and 8PSK bursts sent as EGPRS signals

Multislot input signal conditions: ≤ 30 dB difference in power level between adjacent timeslots

Multislot signal measurement capability: measurement of one user-specified timeslot transmitted as a single timeslot or two adjacent timeslots

Frequency capture range: signal must be within ±1 kHz of test set's expected frequency for warranted performance

Minimum input level: for warranted performance, signal at test set's RF IN/OUT must have transmit power ≥ -25 dBm for GMSK transmit power or 8PSK burst power, and ≥ -20 dBm for 8PSK estimated carrier power

Measurement accuracy for GMSK transmit power or 8PSK burst power at RF IN/OUT port between +20 and +55 °C:

Accuracy (dB)	Frequency (MHz)	Timeslot
< ±0.32	700 to 800 810 to 960	Single slot and multislot at the same level
< ±0.34	450 to 496 1700 to 1990	
< ±0.57	700 to 800 810 to 960	Multislot at different levels
< ±0.59	450 to 496 1700 to 1990	

Measurement accuracy for 8PSK estimated carrier power at RF IN/OUT port between +20 and +55 °C:

Accuracy (dB)	Frequency (MHz)	Timeslot
< ±0.40	700 to 800 810 to 960	Single slot and multislot at the same level
< ±0.42	450 to 496 1700 to 1990	
< ±0.65	700 to 800 810 to 960	Multislot at different levels
< ±0.67	450 to 496 1700 to 1990	

Measurement accuracy when RF OUT ONLY port is selected for signal generation (in addition to measurement accuracy at RF IN/OUT port):

Accuracy	Frequency
< ±0.01 dB	450 to 496 MHz 700 to 800 MHz 810 to 960 MHz
< ±0.04 dB	1700 to 1990 MHz

VSWR at RF IN/OUT: < 1.14:1 for 450 to 496 MHz and 700 to 960 MHz, < 1.2:1 for 1.7 to 1.99 GHz

Trigger sources: RF rise, protocol, immediate, auto, external

Trigger delay: settable between ±2.31 ms

Burst synchronization: midamble

Numerical results: GMSK transmit power, 8PSK burst power, 8PSK estimated carrier power

Multi-measurement capabilities: 1 to 999 bursts; minimum, maximum, average, and standard deviation results

Concurrency capabilities: EGPRS multislot-tolerant transmit power measurements can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Extended amplitude range: results are provided for signals at test set's RF IN/OUT port for transmit power within -10 and +5 dB of expected power

Typical measurement accuracy for GMSK transmit power or 8PSK burst power at RF IN/OUT port:

Accuracy (dB)	Frequency (MHz)	Timeslot
< ±0.15	700 to 800 810 to 960	Single slot and multislot at the same level
< ±0.16	450 to 496 1700 to 1990	
< ±0.35	700 to 800 810 to 960	Multislot at different levels
< ±0.36	450 to 496 1700 to 1990	

Typical measurement accuracy when RF OUT ONLY port is selected for signal generation (in addition to typical measurement accuracy at RF IN/OUT port):

Accuracy	Frequency
< ±0.01 dB	450 to 496 MHz 700 to 800 MHz 810 to 960 MHz
< ±0.04 dB	1700 to 1990 MHz

Typical measurement repeatability: < ± 0.05 dB

Measurement resolution: 0.01 dB

Multislot power versus time measurement

All specifications for the multislot power versus time measurement are valid between +20 and +55 °C and using high linearity ranging mode. GSM/GPRS or EGPRS multislot-tolerant transmit power measurement accuracy specifications apply to output power results.

Types of signals measured: normal GMSK and 8PSK bursts, CW, RACH bursts for a single uplink timeslot only

Multislot input signal conditions: ≤ 30 dB difference in power level between adjacent timeslots

Multislot signal measurement capability: measurement of a single GMSK or 8PSK uplink timeslot or two adjacent GMSK and/or 8PSK uplink timeslots

Frequency capture ranges: GSM or GPRS signal must be within ±10 kHz and EGPRS signal must be within ±1 kHz of test set's expected frequency for warranted performance

Minimum input level: signal at test set's RF IN/OUT must have transmit power ≥ -15 dBm for warranted performance

Mask placement timing accuracy: < ±0.1 symbols with midamble synchronization

Relative measurement accuracy (referenced to average output power during useful part of burst):

Specification	Power range
< ±0.5 dB	-7 to +1 dB for GMSK bursts -7 to +4 dB for 8PSK bursts
< ±1.0 dB	-20 to < -7 dB
< ±2.0 dB	-32 to < -20 dB
< ±2.7 dB	-50 to < -32 dB, ≥ -46 dBm ¹
< ±3.0 dB	-60 to < -50 dB, ≥ -46 dBm ¹

¹ For measurements on the second burst in a multislot configuration where the first burst is at a higher power than the second burst, the minimum power is the higher of the following three cases:

- -60 dB below reference
- -70 dB below reference plus the offset between the two burst power levels
- -46 dBm

Trigger sources: RF rise, protocol, immediate, auto, external

Trigger delay: settable between ±2.31 ms

Burst synchronization: midamble, RF amplitude, none for a single GSM or GPRS uplink timeslot; midamble for two GSM or GPRS uplink timeslots or any EGPRS uplink timeslots

Tx power method: estimated carrier power or average burst power

Ranging mode: high linearity or high dynamic range

Marker measurement points: 12 time points within each burst are definable

PCS ETSI limit: selection of narrow or relaxed mask in PCS 1900 MHz band

Mask types: selectable as ETSI, custom 1, custom 2, or no mask for each burst and ETSI, custom, or no mask for guard period between bursts

Numerical results:

- for entire single or multislot signal: pass/fail for rising edge, active part(s), falling edge, and guard period
- for each burst: GMSK transmit power or 8PSK burst power, worst case upper mask limit margin and time, worst case lower mask limit margin and time, amplitude at marker measurement points

Displayed graphical results:

- for single-slot signals: fixed dBc versus μ s views of full, rising edge, falling edge, and useful part of burst
- for multislot signals: fixed dBc versus μ s views of both bursts, guard period, burst 1, and burst 2
- for all signals: ETSI-defined mask, pass/fail indicators, settable marker, and variable time and amplitude axes

Multi-measurement capabilities:

1 to 999 bursts; minimum, maximum, average, and standard deviation results

Concurrency capabilities: multislot power versus time measurements can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Typical relative measurement accuracy: < ±0.25 dB over -7 to +1 dB for GMSK bursts, < ±0.25 dB over -4 to +4 dB for 8PSK bursts

Typical dynamic range and typical noise floor: for measurement of the second burst in a multislot configuration with the first burst > 10 dB higher than the second burst,

- **typical dynamic range:** > (lesser of 74 dB or 84 dB minus power offset between bursts), or
- **typical noise floor:** < -62 dBm, whichever dominates

For all other single and multislot signals

- **typical dynamic range:** > 74 dB, or
- **typical noise floor:** < -62 dBm, whichever dominates

Measurement resolution: 0.01 dB

Burst timing error measurement

Burst timing error measurement result is available on call setup screen.

Types of signals measured: normal GMSK or 8PSK bursts, RACH bursts for a single uplink timeslot only

Measurement capture range: signal must be within ±3 T (bit periods) of test set's expected position

Minimum input level: signal at test set's RF IN/OUT must have transmit power ≥ -30 dBm and ≤ 20 dB difference in levels of adjacent timeslots

Numerical result: burst timing error

Concurrency capabilities: burst timing error measurements can be made concurrently with all other measurements, but burst timing result is not available when PDTCH(s) are not active

Supplemental characteristics

Typical measurement repeatability: < ±0.25 T (0.923 μ s)

Measurement resolution: 0.25 T (0.923 μ s)

Multislot-tolerant output RF spectrum (ORFS) measurement

All specifications for the multislot-tolerant ORFS measurement are valid between +20 and +55 °C. GSM/GPRS or EGPRS multislot-tolerant transmit power measurement accuracy specifications apply to output power result.

Modulation measurement

implementation: performed using a five-pole, synchronously-tuned 30 kHz RBW filter averaged over 40 bits, with a video bandwidth of 30 kHz

Switching measurement

implementation: performed using a five-pole, synchronously-tuned 30 kHz RBW filter with peak hold during the whole burst, and a video bandwidth of 100 kHz

Types of signals measured: GMSK or 8PSK normal bursts

Multislot input signal conditions: ≤ 30 dB difference in power level between adjacent timeslots

Multislot signal measurement capability: measurement of one user-specified timeslot transmitted as a single timeslot or two adjacent timeslots

Frequency capture range: signal must be within ±200 Hz of test set's expected frequency for warranted performance

Minimum input level: signal at test set's RF IN/OUT must have transmit power ≥ -10 dBm for warranted performance

Modulation relative measurement accuracy (referenced to output power in a 30 kHz bandwidth and averaged over 100 measurements):

- < ±1.5 dB for single-slot signals and multislot signals at the same level,
- < ±1.9 dB for multislot GMSK signals with different levels,
- < ±2.1 dB for multislot 8PSK signals with different levels

Specifications apply for the following conditions:

Offset from carrier	Power below reference (whichever is highest)
±100 kHz	-10 dB or -46 dBm
±200 kHz	-40 dB or -46 dBm
±250 kHz	-43 dB or -46 dBm
±400 to ±1800 kHz	-62 dB or -66 dBm

Switching absolute measurement accuracy (peak hold over

10 measurements):

- < ±1.5 dB for offsets of ±(400 to 1800) kHz,
- < ±1.6 dB when RF OUT ONLY is selected for signal generation

Trigger sources: RF rise, protocol, immediate, auto, external

Trigger delay: settable between ±2.31 ms

Burst synchronization: RF amplitude for GSM or GPRS signals, midamble for EGPRS signals

Measurement offsets: 22 modulation and 8 switching offsets from carrier are definable

Pass/fail limits: ETSI or user-defined

Numerical results: modulation and switching results at each selected offset, output power, transmit power in 30 kHz bandwidth, modulation and switching pass/fail indicators, modulation type

Displayed graphical results: fixed dB versus frequency views of modulation, switching, or both modulation and switching, settable marker and pass/fail limits, modulation and switching pass/fail indicators, variable frequency and amplitude axes

Multi-measurement capabilities:

1 to 999 measurements; average modulation result, maximum switching result

Concurrency capabilities: multislot-tolerant ORFS measurements can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Typical modulation relative measurement accuracy at ±400 kHz offsets from carrier:

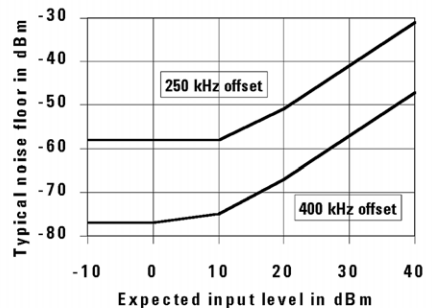
- < ±0.7 dB for single-slot signals and multislot signals at the same level,
- < ±0.9 dB for multislot GMSK signals at different levels,
- < ±1.0 dB for multislot 8PSK signals at different levels

Typical switching absolute measurement accuracy (peak hold over 10 measurements):

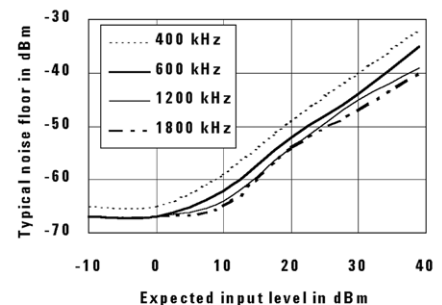
< ±1.0 dB for offsets of ±(400 to 1800) kHz

Measurement resolution: 0.01 dB

Typical multislot GMSK ORFS due to modulation measurement noise floor versus expected input level at 900 MHz:



Typical multislot GMSK ORFS due to switching measurement noise floor versus expected input level at 900 MHz:



General-purpose spectrum monitor

Operating modes: active cell and test mode

Measurement modes: swept mode or zero span

Frequency ranges: although the spectrum monitor is available at any frequency supported by the test set, specifications apply only inside of the calibrated bands: 450 to 496 MHz, 700 to 800 MHz, 810 to 960 MHz, and 1.7 to 1.99 GHz

Frequency spans, resolution bandwidth, displayed dynamic ranges: coupled, with the following combinations available:

Span	RBW	Displayed dynamic range
100 MHz	5 MHz	50 dB
80 MHz	1 MHz	55 dB
40 MHz	300 kHz	60 dB
20 MHz	100 kHz	65 dB
12 MHz	100 kHz	65 dB
10 MHz	100 kHz	65 dB
5 MHz	30 kHz	70 dB
4 MHz	30 kHz	70 dB
2.5 MHz	10 kHz	75 dB
1.25 MHz	3 kHz	80 dB
500 kHz	1 kHz	80 dB
125 kHz	300 Hz	80 dB
0	1 MHz	55 dB
0	300 kHz	60 dB
0	100 kHz	65 dB

RBW filter types: flattop in swept mode, Gaussian in zero span

Zero span sweep time: settable from 50 μ s to 70 ms

Zero span offset time: settable from 0 to 10 s

Reference level range: settable from -50 to +37 dBm or automatically determined

Amplitude scaling: settable from 0.1 to 20 dB/division in 0.1 dB steps

Trigger source: immediate, protocol, RF rise, external, auto

Trigger delay: settable between \pm 50 ms

Peak threshold: settable from -120 to +37 dBm

Peak excursion: settable from 1.2 to 100 dB

Trace functions: clear write, max hold, min hold

Detector type: peak or sample

Averaging capabilities: settable between 1 and 999, or off

Marker functions: three independent markers with modes of normal, delta, and off; operations are peak search, marker to expected power, and marker to expected frequency

Concurrency capabilities: spectrum monitor analysis can be performed concurrently with all measurements

Supplemental characteristics

Typical level accuracy:

- $< \pm 2$ dB for signals within 50 dB of a reference level ≥ -10 dBm and RBW < 5 MHz,
- < 2 dB for signals within 30 dB of a reference level < -10 dBm and RBW = 5 MHz using 5 averages,
- ± 3.5 dB for signals > -70 dBm and within 50 dB of a reference level < -10 dBm with RBW < 5 MHz

Displayed average noise level:

< -90 dBm for reference level of -40 dBm and 30 kHz bandwidth

Typical residual responses: < -70 dB with input terminated, reference level of -10 dBm and RF generator power < -80 dBm

Typical spurious responses:

< -50 dBc with expected frequency tuned to carrier, carrier > 420 MHz, signal and reference level at -10 dBm and all spectral components within 100 MHz of carrier

Frequency resolution: 1 Hz

Marker amplitude resolution:

0.01 dB

GSM decoded audio level measurement

The MS needs to be stimulated with a pulsed audio signal at a 10 Hz rate with 50 percent duty cycle for the decoded audio level measurement to provide accurate results.

Types of signals measured: encoded audio present on uplink TCH

Measurement range: 200 Hz to 3.6 kHz

Measurement accuracy: observed inaccuracies are due to MS encoder errors since the algorithm in the test set contributes no bit errors

Band pass filter capabilities: 100 Hz bandwidth, tunable from 200 Hz to 3.6 kHz, selectable as on or off

Measurement trigger source: immediate

Measurement synchronization: none required

Numerical result: rms audio level

Multi-measurement capabilities: 1 to 999 measurements; average, minimum, maximum, and standard deviation results

Concurrency capabilities: GSM decoded audio level measurements cannot be made concurrently with GSM BER or GSM FBER measurements; GSM decoded audio level measurements can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Measurement resolution:

0.01 percent

Audio generator specifications

Frequency

Operating range: 100 Hz to 20 kHz

Accuracy: same as timebase reference

Supplemental characteristics

Typical operating range:
1 Hz to 20 kHz

Frequency resolution: 0.1 Hz

Output level from AUDIO OUT connector

Ranges: 0 to 1 V peak, 1 to 9 V peak (into $\geq 600 \Omega$)

Accuracy: $< \pm(1.5\%$ of setting + resolution) when output is DC coupled

Distortion: < 0.1 percent for 0.2 to 9 V peak into $\geq 600 \Omega$

Pulse mode: pulsed audio signal at a 10 Hz rate with 50 percent duty cycle, selectable as on or off (for use with the GSM decoded audio level measurement)

Coupling mode: selectable as DC or AC (5 μF in series with output)

Supplemental characteristics

Typical maximum output current:
100 mA peak into 8Ω

Typical output impedance: $< 1.5 \Omega$ at 1 kHz when output is DC coupled

Typical DC offset (when output is DC coupled): < 1 mV for 0 to 1 V peak output, < 10 mV peak for 1 to 9 V peak output

Output level resolution: < 0.5 mV for 0 to 1 V peak output, < 5.0 mV for 1 to 9 V peak output

GSM analog audio measurement specifications

All analog audio measurement specifications apply to signals present at test set's AUDIO IN ports.

De-emphasis: 750 μs de-emphasis selectable as off or on

Expander: selectable as off or on with reference level setting of 10 mV to 10 V

Filters: none, C-message, 50 Hz to 15 kHz band pass, 300 Hz to 15 kHz band pass, or 100 Hz bandwidth tunable band pass, tunable over 300 Hz to 15 kHz

GSM analog audio level measurement

Types of signals measured:
sinusoidal audio signals

Measurement frequency range:
100 Hz to 15 kHz

AUDIO IN level range: 7.1 mV to 20 V peak (5 mV to 14.1 V rms)

Measurement accuracy:

- $< \pm(2$ percent of reading + resolution) for 100 Hz to ≤ 8 kHz,
- $< \pm(3$ percent of reading + resolution) for > 8 to 20 kHz

Measurement THD plus noise:
 $< 200 \mu\text{V rms}$

Measurement detectors: rms or peak

Measurement trigger source:
immediate

Measurement synchronization:
none required

Numerical result: audio level

Multi-measurement capabilities:
1 to 999 measurements; average, minimum, maximum, and standard deviation results

Concurrency capabilities: GSM analog audio level measurements cannot be made concurrently with GSM multi-tone audio, but can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Typical measurement accuracy:
 $< \pm 1.2$ percent of reading for 100 Hz to ≤ 8 kHz and 20 mV to 20 V peak

Typical external input impedance:
100 k Ω in parallel with 105 pF

Measurement resolution:
0.3 percent of expected level setting or 0.2 mV, whichever is greater

GSM analog audio distortion measurement

Types of signals measured:
sinusoidal audio signals

Measurement frequency range:
100 Hz to 10 kHz

AUDIO IN level range: 42.4 mV to 20 V peak (30 mV to 14.1 V rms)

Measurement accuracy:
< ±12 percent of reading (±1.0 dB) for distortion > 0.67 percent

Residual THD plus noise:
< -60 dB or 200 µV rms, whichever is greater

Measurement trigger source:
immediate

Measurement synchronization:
none required

Numerical result: audio distortion

Multi-measurement capabilities:
1 to 999 measurements; average, minimum, maximum, and standard deviation results

Concurrency capabilities: GSM analog audio distortion measurements cannot be made concurrently with GSM multi-tone audio, but can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Measurement resolution: 0.1 percent

GSM analog audio frequency measurement

Types of signals measured:
sinusoidal audio signals

Measurement frequency range:
100 Hz to 15 kHz

AUDIO IN level range: 7.1 mV to 20 V peak (5 mV to 14.1 V rms)

AUDIO IN signal conditions:
signal at test set's AUDIO IN must have signal-to-noise ratio > 30 dB for warranted performance

Measurement accuracy: < 0.1 Hz averaged over 10 measurements, < 1.0 Hz for a single measurement

Measurement THD plus noise:
< 200 µV rms

Measurement trigger source:
immediate

Measurement synchronization:
none required

Numerical result: audio frequency

Multi-measurement capabilities:
1 to 999 measurements; average, minimum, maximum, and standard deviation results

Concurrency capabilities: GSM analog audio frequency measurements cannot be made concurrently with GSM multi-tone audio, but can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Measurement resolution: 0.1 Hz

GSM analog audio SINAD measurement

Types of signals measured:
sinusoidal audio signals

Measurement frequency range:
100 Hz to 10 kHz

AUDIO IN level range: 42.4 mV to 20 V peak (30 mV to 14.1 V rms)

Measurement accuracy:
< ±1.0 dB for SINAD < 43.5 dB

Residual THD plus noise:
< -60 dB or 200 µV rms, whichever is greater

Measurement trigger source:
immediate

Measurement synchronization:
none required

Numerical result: SINAD ratio

Multi-measurement capabilities:
1 to 999 measurements; average, minimum, maximum, and standard deviation results

Concurrency capabilities: GSM analog audio SINAD measurements cannot be made concurrently with GSM multi-tone audio, but can be made concurrently with all other measurements

Supplemental characteristics

Measurement resolution: 0.01 dB

GSM multi-tone audio

Downlink audio measurement mode

Description: test set generates a multi-tone audio signal and encodes it into speech frames sent on the downlink traffic channel; the MS decodes the received speech frames and provides audio output via a speaker connected to the test set's AUDIO IN port

Applicable specifications: GSM analog audio measurement specifications apply to measured results

Analyzer downlink reference level: settable between 100 mV and 5 V

Multi-tone audio generator downlink levels: total level settable between 0 and 70 percent of 0 dB reference or 1 to 20 levels are settable between 0 and 70 percent of 0 dB reference, where the total level of all tones must be < 70 percent of 0 dB reference

Expected AUDIO IN peak voltage: settable between 1 mV and 20 V peak

Uplink audio measurement mode

Description: test set generates a multi-tone audio signal out of the AUDIO OUT port connected to the MS's microphone; the MS encodes the tones into speech frames on the uplink traffic channel and the test set decodes the received speech frames

Applicable specifications: audio generator specifications apply to multi-tone audio signal at the AUDIO OUT port; GSM decoded audio level measurement specifications apply to measured results

Analyzer uplink reference level: settable between 1 and 100 percent of 0 dB reference

Multi-tone audio generator uplink levels: total level settable between 0 and 4.5 V rms, or 1 to 20 levels are settable between 0 and 4.5 V rms, where the total level of all tones must be < 4.5 V rms

Both measurement modes

Analyzer 0 dB reference mode: absolute or relative

Analyzer reference tone: settable between 1 and 20 Hz

Device settling time: settable between 20 ms and 1 s

SINAD/Distortion (on audio tone 1) state: on or off

Multi-tone audio generator frequencies: 1 to 20 frequencies are settable between 10 Hz and 4 kHz or off; 7 preset states are selectable as multi-tone 140, multi-tone 100, single tone 300 Hz, single tone 1 kHz, single tone 3 kHz, all tones off, and none

Multi-tone audio analyzer frequencies: use multi-tone audio generator frequencies or 1 to 20 frequencies are settable between 10 Hz and 4 kHz

Multi-tone audio level limits: upper and lower limits are settable between ± 100 dB for 1 to 20 audio tones

Numerical results: audio level, frequency, SINAD, distortion, total generator audio level, total measurement audio level, measurement mode, 0 dB reference

Graphical results: level and frequency of each audio tone with limits, settable marker and axes

Timebase specifications

Internal high-stability 10 MHz oven-controlled crystal oscillator (OCXO)

Aging rates: < ± 0.1 ppm per year, < ± 0.005 ppm peak-to-peak per day during any 24-hour period starting 24 hours or more after a cold start

Temperature stability: < ± 0.01 ppm frequency variation from +25 °C over the temperature range 0 to +55 °C

Warm-up times: 5 minutes to be within ± 0.1 ppm of frequency at one hour, 15 minutes to be within ± 0.01 ppm of frequency at one hour

Supplemental characteristics

Typical accuracy after a 30-minute warm-up period of continuous operation is derived from: $\pm[(\text{time since last calibration}) \times (\text{aging rate}) + (\text{temperature stability}) + (\text{accuracy of calibration})]$

Typical initial adjustment: ± 0.03 ppm

External reference input

Input frequency: 10 MHz

Supplemental characteristics

Input frequency range: < ± 5 ppm of nominal reference frequency

Input level range: 0 to +13 dBm

Input impedance: 50 Ω nominal

External reference output

Output frequency: same as timebase (internal 10 MHz OCXO or external reference input)

Supplemental characteristics

Typical output level: ≥ 0.5 V rms

Output impedance: 50 Ω nominal

Remote programming

GPIB: IEEE standard 488.2

Remote front panel lockout: allows remote user to disable the front panel display to improve GPIB measurement speed

Functions implemented: T6, TE0, L4, LE0, SH1, AH1, RL1, SR1, PP0, DC1, DT0, C0, E2

General specifications

Dimensions (H x W x D): 222 x 426 x 625 mm (8.75 x 16.75 x 24.63 inches)

Weight: 30 kg (66 lbs)

Display: 26.7 cm (10.5 inches), active matrix, color, and liquid crystal

LAN (local area network) port: RJ-45 connector, 10 Base T Ethernet with TCP/IP support

Operating conditions: 0 to +55 °C, 30 g/m³ absolute humidity (95 percent/+32 °C, 28 percent/+55 °C relative humidity)

Storage conditions: -20 to +70 °C, 50 g/m³ absolute humidity, non-condensing (90 percent/+65 °C relative humidity)

Power: 88 to 135 VAC, 193 to 269 VAC, 50 to 60 Hz, 550 VA maximum

Calibration interval: 2 years

EMI: conducted and radiated interference meets CISPR-11, susceptibility meets IEC 1000-4-2, 1000-4-3, and 1000-4-4

Supplemental characteristics

Typical power consumption: 400 to 450 W continuous

Typical radiated leakage due to RF generator: < 2.5 μV induced in a resonant dipole antenna one inch from any surface except the underside and rear panel at set RF generator output frequency and output level of -40 dBm with no cable connected to rear-panel LAN port

Typical spurious leakage: < 5 μV induced in a resonant dipole antenna one inch from any surface except the underside and rear panel at frequencies other than the RF generator output frequency and output level of -40 dBm with no cable connected to rear-panel LAN port

Typical measurement speed: measured using a 600 MHz Pentium® processor; measurement speeds may vary depending on controller GPIB environment and processor speed

One measurement	Five measurements
GMSK phase and frequency error	
19 ms	66 ms
GSM/GPRS transmit power	
12 ms	27 ms
GMSK single-slot power versus time (8 time offsets)	
24 ms	89 ms
GMSK ORFS (2 modulation and 4 switching offsets)	
192 ms	302 ms
GSM analog audio level	
59 ms	271 ms
GSM analog audio level, distortion, SINAD	
91 ms	305 ms

Test Subscriber Identification Module (SIM) Cards

Test SIM cards are available for purchase from Agilent. Two types are available as follows

- **Programmed SIM card micro-size:** fits most current wireless devices (about 15 x 25 mm), part number 08922-61887
- **Programmed SIM card standard:** rarely used in current phones, fits older, large phones (about the size of a credit card), part number 08922-80047

Ordering Information

For current ordering information, please refer to the configuration guide, literature number 5968-7873E, on the Web at

www.agilent.com/find/8960

For more information on ordering test SIM cards, visit the Agilent site at

www.parts.agilent.com

Agilent Technologies' Test and Measurement Support, Services, and Assistance

Agilent Technologies aims to maximize the value you receive, while minimizing your risk and problems. We strive to ensure that you get the test and measurement capabilities you paid for and obtain the support you need. Our extensive support resources and services can help you choose the right Agilent products for your applications and apply them successfully. Every instrument and system we sell has a global warranty. Support is available for at least five years beyond the production life of the product. Two concepts underlie Agilent's overall support policy: "Our Promise" and "Your Advantage."

Our Promise

Our Promise means your Agilent test and measurement equipment will meet its advertised performance and functionality. When you are choosing new equipment, we will help you with product information, including realistic performance specifications and practical recommendations from experienced test engineers. When you receive your new Agilent equipment, we can help verify that it works properly and help with initial product operation.

Your Advantage

Your Advantage means that Agilent offers a wide range of additional expert test and measurement services, which you can purchase according to your unique technical and business needs. Solve problems efficiently and gain a competitive edge by contracting with us for calibration, extra-cost upgrades, out-of-warranty repairs, and onsite education and training, as well as design, system integration, project management, and other professional engineering services. Experienced Agilent engineers and technicians worldwide can help you maximize your productivity, optimize the return on investment of your Agilent instruments and systems, and obtain dependable measurement accuracy for the life of those products.

Agilent T&M Software and Connectivity

Agilent's Test and Measurement software and connectivity products, solutions and developer network allows you to take time out of connecting your instruments to your computer with tools based on PC standards, so you can focus on your tasks, not on your connections. Visit

www.agilent.com/find/connectivity

for more information.



Agilent Email Updates

www.agilent.com/find/emailupdates

Get the latest information on the products and applications you select.

For more information on Agilent Technologies' products, applications or services, please contact your local Agilent office. The complete list is available at:

www.agilent.com/find/contactus

Phone or Fax

United States:

(tel) 800 829 4444

(fax) 800 829 4433

Canada:

(tel) 877 894 4414

(fax) 800 746 4866

China:

(tel) 800 810 0189

(fax) 800 820 2816

Europe:

(tel) 31 20 547 2111

Japan:

(tel) (81) 426 56 7832

(fax) (81) 426 56 7840

Korea:

(tel) (080) 769 0800

(fax) (080)769 0900

Latin America:

(tel) (305) 269 7500

Taiwan:

(tel) 0800 047 866

(fax) 0800 286 331

Other Asia Pacific

Countries:

(tel) (65) 6375 8100

(fax) (65) 6755 0042

Email: tm_ap@agilent.com

Contacts revised: 9/17/04

Product specifications and descriptions in this document subject to change without notice.

© Agilent Technologies, Inc. 2003, 2004


Printed in USA, December 01, 2004

5988-9684EN

Pentium is a U.S. registered trademark of Intel Corporation.




Agilent Technologies

 [United States Home](#) > ... > [Wireless Communications](#) > [Wireless Device Test Sets & Solutions](#) > [8960 Series 10 Wireless Communications Test Set](#) > [8960 Series 10 for Wireless Manufacturing](#) >

E5515C (8960 Series 10) Wireless Communications Test Set

[Select a Country or Area](#)[Contact Us](#)

 Price (United States): **from US\$ 44,123.**

This information is subject to change without notice. Use the Select a Country link above to change country setting.

[How to Buy](#) · [Request a Quote](#) · [Calibration or Repair Quote](#)

The Agilent E5515C hardware platform for the 8960 Series 10 wireless communication test set offers mobile manufacturers immediate competitive advantages. Developed for high-volume, automated mobile phone manufacturing test, the proven 8960 wireless communications test set offers speed, accuracy, repeatability, multi-format capability, ease of programming, and format-flexible architecture. For the mobile manufacturer, this translates into lower test costs and higher production output to help meet customer demand for phones now and into the future.

Recent additions to the 8960 extend its use into the design and development of wireless devices. Use the new lab applications to verify and troubleshoot your wireless designs by using powerful protocol logging features in addition to the extensive parametric testing.

Download a copy of the **8960 Configuration Guide** for detailed information on how to order an 8960 test set to meet your wireless technology testing needs. Use the "Related Products" link to get details on the mobile test and lab applications.

The E5515C Test Set measures 222 mm high, 426mm wide and 625 mm deep and weighs approximately 30 kg depending on the hardware option configuration.

[larger view](#)

More Details

- [Technical Support](#)
- [Library](#)
- [Education & Training](#)
- [Events](#)

Other Links

- [Order Status](#)
- [Parts](#)

Highlights

[Meeting the challenges of Integration and verification of mobile High speed data applications](#)

Throughout the design cycle, the 8960 (E5515C) and Agilent lab applications help you thoroughly test to current technology standards. To find out more, click here.

the 8960 Series 10. To view the complete 8960 product offering, please see: www.agilent.com/find/8960

Features

- can be configured for W-CDMA, HSDPA, cdma2000, 1xEV-DO, IS-95, GSM, GPRS, EGPRS, TIA/EIA-136, and AMPS mobile phone testing
- multi-format capability
- ease of programming
- format-flexible architecture



[HSDPA HW Capability Added to E5515C-003](#)

New E5515C test sets ordered with E5515C-003 have HSDPA Test Modes capability. HSDPA Test Modes in the E1963A enable fast production test by providing both W-CDMA and HSDPA test results from a single call connection.

Key Library Information

[Technical Support](#) - Manuals & Guides, Downloads, Change Notices, Safety Notes, FAQs ...

[Library](#) - Data Sheets, Brochures, Application Notes ...

Configuration Guide: 8960 Series 10 Wireless Communications Test Set Configuration Guide Learn about the configuration options for the 8960 Series 10 Wireless Communications Test Set.	2005-12-07		199 KB	order a copy	
Release Notes: E5515C Release Notes Check for compatibility before downloading an application into your E5515C mainframe.	2006-01-06		51 KB		
Release Notes: E5515B Release Notes Check for compatibility before downloading an application into your E5515B mainframe.	2006-01-06		51 KB		
Software Update: 8960 Series 10 Test and Lab Application Downloads Download 8960 Series 10 test and lab applications here.	2003-02-28				
Technical Training Information: Specific Training for the 8960 Series 10 Agilent's education and training programs help you achieve full value of your 8960 Series 10 wireless communications test set.	2001-09-21		161 KB	order a copy	

[Check Application Compatibility](#)

Older or discontinued applications may not run on a new E5515. Please click the link above and refer to the E5515 release notes in the Key Library.

[Stay current with our Email Updates](#)



FAQ: [Can I change my E5515B to an E5515C?](#)



FAQ: [Is a special type of GPRS Test SIM card required to test GPRS mobile stations with the 8960?](#)



Related Information

[Related Products & Services](#)

Related products, services, accessories, consumables ...

[Required Products & Services](#)

Required products, services, accessories, consumables ...

[Newsroom](#)



[top of page](#)



[printer-friendly version](#)

ANEXO 2

DASY

Schmid & Partner
Engineering AG

[News](#) [Sales](#) [Contact](#)



Applications

Support & Downloads

Products

- [DASY4 Packages](#)
- [EASY4](#)
- [Probes](#)
- [Data Acquisition System](#)
 - [DASY4 Measurement Server](#)
 - [Data Acquisition Electronics DAE/DAEasy4](#)
 - [Electro-Optic Converter EOC3/EOC5/EOC3R LB1](#)
- [Software](#)
- [Phantoms](#)
- [Robots](#)
- [Validation Kits & Calibration Dipoles](#)
- [Hearing Aid Compatibility \(HAC\) Ext](#)
- [Tissue Simulating Liquids](#)

SPEAG Home

Legal Notice

Data Acquisition Electronics DAE/DAEasy4

Features

Signal amplifier, multiplexer, A/D converter and control logic
 Serial optical link for communication with DASY4 embedded system (fully remote controlled)
 2 step probe touch detector for mechanical surface detection and emergency robot stop (not for DAEasy4)

Measurement Range

-100 to +300 mV (16 bit resolution and two range settings: 4mV, 400mV)

Input Offset Voltage

< 5µV (with auto zero)

Input Resistance

200 MOhm

Input Bias Current

< 50 fA

Battery Power

> 10 hours of operation (with two 9 V NIMH accus)

Dimensions

60 x 60 x 68 mm³

DASY

Schmid & Partner
Engineering AG

[News](#) [Sales](#) [Contact](#)



Applications

Support & Downloads

Products

▪ DASY4 Packages

DASY4professional
DASY4compact
Upgrade Kit

▪ EASY4

▪ Probes

▪ Data Acquisition System

▪ Software

▪ Phantoms

▪ Robots

▪ Validation Kits & Calibration Dipoles

▪ Hearing Aid Compatibility (HAC) Ext

▪ Tissue Simulating Liquids

SPEAG Home

Legal Notice

Special Package DASY 4professional

Application

The DASY4 professional package allows the broadest range of applications: dosimetry in the SAM Twin Phantom or larger phantoms as well as free space E- and H-field measurements of mobile phones, base station antennas, etc. Several phantoms and setups can be used around the robot (e.g., two SAM phantoms for different frequencies and a free space setup). DASY4professional allows the connection of safeguarding equipment and easy expansion to future applications.

Components

2 E-Field Probes ES3DV3
1 E-Field Probe ER3DV6
1 H-Field Probe H3DV6
1 Dummy Probe DP1
1 Data Acquisition Electronics DAE
1 Electro-Optical Converter EOC5 (built in robot arm)
1 DASY4 Measurement Server
1 SAM Twin Phantom V4.0
1 Mounting Device for Transmitters V4.0
1 Stäubli Robot RX90L, CS7MB, Remote Control V4.0 Socket
1 Robot Arm Extension V3.0
1 System Validation Kit D900V2 (or D835V2)
1 System Validation Kit D1800V2 (or D1900V2)
1 Light Beam Switch for Probe Tooling LB1
1 Software DASY4 V4.x
1 Software DASY4 Evaluation

DASY

Schmid & Partner
Engineering AG

[News](#) [Sales](#) [Contact](#)



Applications

Support & Downloads

Products

- [DASY4 Packages](#)
- [EASY4](#)
- [Probes](#)
- [Data Acquisition System](#)
 - [DASY4 Measurement Server](#)
 - [Data Acquisition Electronics DAE/DAEasy4](#)
 - [Electro-Optic Converter EOC3/EOC5/EOC3R LB1](#)
- [Software](#)
- [Phantoms](#)
- [Robots](#)
- [Validation Kits & Calibration Dipoles](#)
- [Hearing Aid Compatibility \(HAC\) Ext](#)
- [Tissue Simulating Liquids](#)

SPEAG Home

Legal Notice

DASY4 Measurement Server

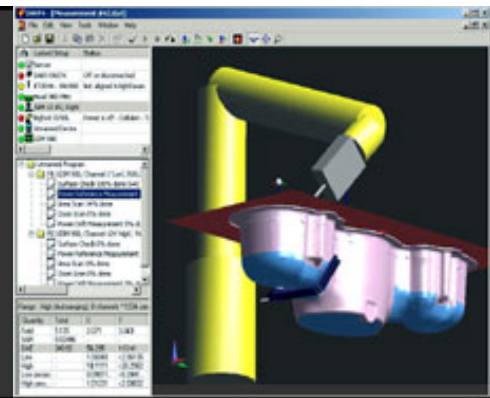
Features

166MHz low power Pentium MMX
32MB chipdisk and 64MB RAM
Serial link to DAE (with watchdog supervision)
16 Bit A/D converter for surface detection system
Two serial links to robot (one for real-time communication which is supervised by watchdog)
Ethernet link to PC (with watchdog supervision)
Emergency stop relay for robot safety chain
Two expansion slots for future applications

DASY

Schmid & Partner
Engineering AG

[News](#) [Sales](#) [Contact](#)



Applications

Support & Downloads

Products

- [DASY4 Packages](#)
- [EASY4](#)
- [Probes](#)
- [Data Acquisition System](#)
- [Software](#)
 - [DASY4 V4.X](#)
 - [DASY4 V4.X Evaluation](#)
- [Phantoms](#)
- [Robots](#)
- [Validation Kits & Calibration Dipoles](#)
- [Hearing Aid Compatibility \(HAC\) Ext](#)
- [Tissue Simulating Liquids](#)

SPEAG Home

Legal Notice

DASY4 V4.x Software

Application	User-friendly application for Windows 2000 or Windows XP; Complete system for robot based field measurements
Robot Control	Complete robot control for probe positioning in free space or in phantoms; Automatic probe tooling for precise positioning; Mechanical or optical surface detection in phantoms
Field Measurements	Support of E-, H-field (classical and vector probes), temperature probes; Multimeter display; Single and continuous measurement modes; Output in μV , V/m , A/m , mW/g ; Multiple measurement profiles (measurement time, sample time); Data logging to ASCII-files
Field Scans	Measurements in lines, planes, curved surfaces, volumes in free space or restricted volumes (phantoms); Cube measurements with surface extrapolation and spatial SAR evaluation for 1g, 10g and/or arbitrary mass; Time measurements (source power drift, temperature rise); Probe rotation measurements (isotropy); Batch processing of nested measurement procedures; Export of field scans to ASCII and XML
Visualization	3D isoline distribution, scattering graphics, polar graphics, vector representation; Device and phantom visualization in 3D graphics with measurement data overlaid; Freely configurable output graphic formats with automatic title and legend generation; Fully SEMCAD compatible, enabling direct comparison of results; multiband combiner
Compliance Testing	Predefined measurement procedures compliant with the guidelines of CENELEC, IEEE, IEC, etc.; Probe alignment predominately normal to surface during entire scan; Automatic detection of all maxima; Boundary error corrections; around 20 min per device position; No user interaction needed during measurement (coarse scan, evaluation of cube maximums search, fine cube measurements and device power drift measurement)
System Validation	Predefined system validation procedure (compliant with IEEE/CENELEC/IEC guidelines); Additional checks, such as surface detection, probe isotropy, etc.
Phantom	Easy and fast phantom setup with reference points in predefined and simple box phantoms; 3D phantom models can be imported; SPEAG SAM and Flat Phantoms included

Parameter Handling

Password protected access levels for parameter modifications; Any number of predefined settings (probes, phantoms, liquids, devices, measurement procedures) can be stored for future use; Import and export of parameter sets and configuration files

Additional Features

Control of external devices (power meter, signal generator, tester) via GPIB

PC Requirements

Pentium 1.5 GHz, 516 MB RAM, graphics adapter with good OpenGL performance, dedicated Ethernet adapter for communications with embedded system, Windows 2000 or Windows XP

DASY

Schmid & Partner
Engineering AG

[News](#) [Sales](#) [Contact](#)



[Applications](#)

[Support & Downloads](#)

[Products](#)

- [DASY4 Packages](#)
- [EASY4](#)
- [Probes](#)
- [Data Acquisition System](#)
 - [DASY4 Measurement Server](#)
 - [Data Acquisition Electronics DAE/DAEasy4](#)
 - [Electro-Optic Converter EOC3/EOC5/EOC3R LB1](#)
- [Software](#)
- [Phantoms](#)
- [Robots](#)
- [Validation Kits & Calibration Dipoles](#)
- [Hearing Aid Compatibility \(HAC\) Ext](#)
- [Tissue Simulating Liquids](#)

[SPEAG Home](#)

[Legal Notice](#)

Electro-Optic Converter EOC3/EOC5/EOC3R

Features

Bi-directional conversion for the digital link between the electrical interface of DASY/EASY4 and the optical interface of the DAE/DAEasy
Proximity sensor for optical surface detection (EOC3 and EOC5 only)

Types

- | | |
|-------|--|
| EOC3 | for RX60 robot arm mounting, including proximity sensor |
| EOC5 | for RX60 robot arm integration, including proximity sensor |
| EOC-E | for the use with EASY4, including remote supply capability for DAEasy/DAE4 |

DASY

Schmid & Partner
Engineering AG

[News](#) [Sales](#) [Contact](#)



Applications

Support & Downloads

Products

- [DASY4 Packages](#)
- [EASY4](#)
- [Probes](#)
- [Data Acquisition System](#)
- [Software](#)
- [Phantoms](#)
 - [TWIN SAM v4.0](#)
 - [TWIN SAM v4.0C](#)
 - [ELI4](#)
 - [Mounting Device for Transmitters v4.0](#)
 - [Flatphantom v4.4](#)
 - [Modular Flat Phantom v4.9](#)
 - [Modular Flat Phantom v5.0](#)
 - [Whole-body mannequin v2.0](#)
 - [SAM v4.5](#)
- [Robots](#)
- [Validation Kits & Calibration Dipoles](#)
- [Hearing Aid Compatibility \(HAC\) Ext](#)
- [Tissue Simulating Liquids](#)

SPEAG Home

Legal Notice

TWIN SAM V4.0

 [Download Product Flyer](#) (PDF, 248kB)

Construction

The shell corresponds to the specifications of the Specific Anthropomorphic Mannequin (SAM) phantom defined in IEEE 1528-2003, CENELEC 50361 and IEC 62209. It enables the dosimetric evaluation of left and right hand phone usage as well as body mounted usage at the flat phantom region. A cover prevents evaporation of the liquid. Reference markings on the phantom allow the complete setup of all predefined phantom positions and measurement grids by teaching three points with the robot.

Shell Thickness

2 ± 0.2 mm; Center ear point: 6 ± 0.2 mm

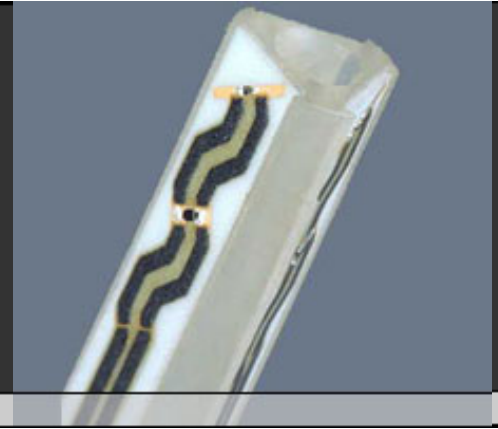
Filling Volume

Approx. 25 liters

Dimensions

Height: adjustable feet; Length: 1000 mm; Width: 500 mm

DASY

Schmid & Partner
Engineering AG[News](#) [Sales](#) [Contact](#)

Applications

Support & Downloads

Products

- [DASY4 Packages](#)
- [EASY4](#)
- [Probes](#)
 - [ET3DV6 - Isotropic Dos-Probe](#)
 - [ES3DV3 - Isotropic Dos-Probe](#)
 - [EX3DV4 - Isotropic Dos-Probe](#)
 - [ET1DV3 - D-Probe](#)
 - [ER3DV6 - Isotropic E-Probe](#)
 - [EUV3 - Universal Vector E-Probe](#)
 - [H3DV6 - Isotropic H-Probe](#)
 - [HUV4 - Universal Vector H-Probe](#)
 - [T1V3 - Temp-Probe](#)
 - [DP1 - Dummy-Probe](#)
- [Data Acquisition System](#)
- [Software](#)
- [Phantoms](#)
- [Robots](#)
- [Validation Kits & Calibration Dipoles](#)
- [Hearing Aid Compatibility \(HAC\) Ext](#)
- [Tissue Simulating Liquids](#)

SPEAG Home

Legal Notice

ET3DV6 / ET3DV6R Isotropic E-Field Probe for Dosimetric Measurements

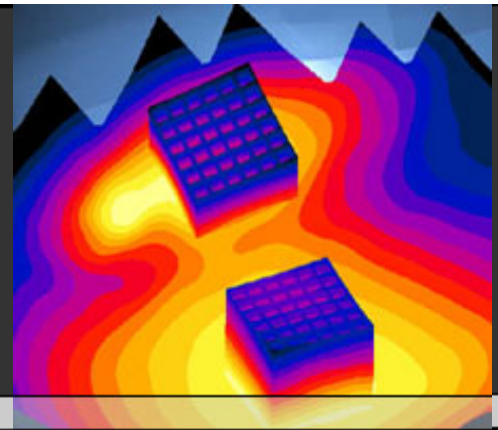
[Download Product Flyer \(PDF, 192kB\)](#)

Construction	Symmetrical design with triangular core Built-in optical fiber for surface detection system (ET3DV6 only) Built-in shielding against static charges PEEK enclosure material (resistant to organic solvents, e.g., DGBE)
Calibration	Basic Broad Band Calibration in air: 10-3000 MHz Conversion Factors (CF) for HSL 900 and HSL 1800 Additional CF for other liquids and frequencies upon request
Frequency	10 MHz to 3 GHz; Linearity: ± 0.2 dB (30 MHz to 3 GHz)
Directivity	± 0.2 dB in HSL (rotation around probe axis) ± 0.4 dB in HSL (rotation normal to probe axis)
Dynamic Range	5 μ W/g to > 100 mW/g; Linearity: ± 0.2 dB
Optical Surface Detection	± 0.2 mm repeatability in air and clear liquids over diffuse reflecting surfaces (ET3DV6 only)
Dimensions	Overall length: 330 mm (Tip: 16 mm) Tip diameter: 6.8 mm (Body: 12 mm) Distance from probe tip to dipole centers: 2.7 mm
Application	General dosimetric measurements up to 2.5GHz Compliance tests of mobile phones Fast automatic scanning in arbitrary phantoms

DASY

Schmid & Partner
Engineering AG

[News](#) [Sales](#) [Contact](#)



[Applications](#)

[Support & Downloads](#)

[Products](#)

- [DASY4 Packages](#)
- [EASY4](#)
- [Probes](#)
- [Data Acquisition System](#)
- [Software](#)
 - [DASY4 V4.X](#)
 - [DASY4 V4.X Evaluation](#)
- [Phantoms](#)
- [Robots](#)
- [Validation Kits & Calibration Dipoles](#)
- [Hearing Aid Compatibility \(HAC\) Ext](#)
- [Tissue Simulating Liquids](#)

[SPEAG Home](#)

[Legal Notice](#)

DASY4 V4.x Evaluation (Additional License)

Visualization and Evaluation Software for DASY4 Files (without Data Acquisition and Robot Control)

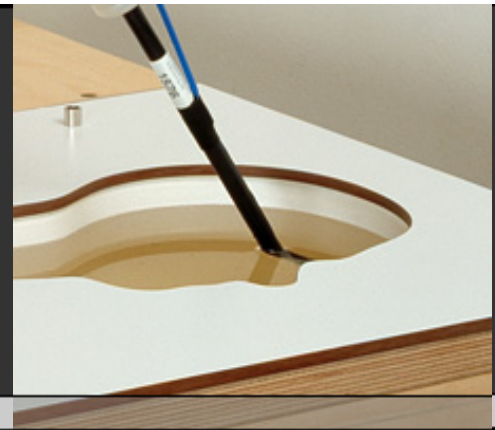
Application

Evaluation of DASY4 Files on remote PC

PC Requirements

Pentium 1.5 GHz, 516 MB RAM, graphics adapter with good OpenGL performance, dedicated Ethernet adapter for communications with embedded system, Windows 2000 or Windows XP

DASY

Schmid & Partner
Engineering AG[News](#) [Sales](#) [Contact](#)

Applications

Support & Downloads

Products

- [DASY4 Packages](#)
- [EASY4](#)
- [Probes](#)
- [Data Acquisition System](#)
- [Software](#)
- [Phantoms](#)
- [Robots](#)
- [Validation Kits & Calibration Dipoles](#)
- [Hearing Aid Compatibility \(HAC\) Ext](#)
- [Tissue Simulating Liquids](#)

SPEAG Home

Legal Notice

Tissue Simulating Liquids

Application	SAR and Radiation Measurements according to standards
Packaging	Plastic container of 10 liters with nozzle
Head Tissue	Parameters according to CELENEC EN 50361 / IEEE Std 1528-2003 / IEC 60209/CD / FCC OET Supplement C

Product	Test frequencies (MHz)	Main ingredients
HSL300	300	Water, Sugar
HSL450	450	Water, Sugar
HSL900	835, 900	Water, Sugar
HSL1450	1450, 1500	Water, DGBE
HSL1800	1800, 1900	Water, DGBE
HSL1950	1950, 2000	Water, DGBE
HSL2450	2450	Water, DGBE
HSL3500	3500, 3700	Water, Oil
HSL5800	5100-5800	Water, Oil

Body Tissue Parameters according to FCC OET Supplement C

Product	Test frequencies (MHz)	Main ingredients
MSL450	450	Water, Sugar
MSL900	835, 900	Water, Sugar
MSL1450	1450, 1500	Water, DGBE
MSL1800	1800, 1900	Water, DGBE
MSL1950	1950, 2000	Water, DGBE
MSL2450	2450	Water, DGBE
MSL3500	3500, 3700	Water, Oil
MSL5800	5100-5800	Water, Oil

Brain Tissue Parameters according to CTIA 1.1d appendix E for 835 and 1900MHz

Product	Test frequencies (MHz)	Main ingredients
B900	835, 1900	Water, Sugar

Carlos Padilla
Alegro PCS
Av. Amazonas N36-49y Corea
Edif. Vivalsi Piso 2
Quito
Ecuador

Zurich, March 29, 2006

Offer No. 3715

Dear Carlos,

In accordance with your email correspondence, please find attached the offer for our DASY4professional system, an additional System Validation Dipole, as well as additional Probe conversion factors.

DASY4 is the latest generation of our Dosimetric Assessment System. DASY4 provides fast and accurate dosimetric measurements that are fully compatible with the various standards for compliance testing of wireless communication devices (IEEE Std 1528-2003, CENELEC EN50361, IEC PT62209, etc.). Evaluation and visualization have also been greatly enhanced, allowing full compatibility with SEMCAD.

The DASY4professional package allows the broadest range of applications: dosimetry in the SAM Twin Phantom or larger phantoms as well as free space E- and H-field measurements of mobile phones, base station antennas, etc. Several phantoms and setups can be used around the robot (e.g., two SAM phantoms for different frequencies and a free space setup). DASY4professional allows the connection of safeguarding equipment and easy expansion to future applications.

In addition a variety of extensions complete our product offering making DASY4 compliant with other standards such as e.g. ANSI-C63.19. We would be pleased to learn more about your detailed requirements and to provide you with a customized offer to fully cover your needs.

Should you have any questions, please do not hesitate to contact us at any time. It would be a great privilege to provide our products and services to Alegro PCS.

Best regards,

Schmid & Partner Engineering AG

Moni Lewis

Carlos Padilla
 Alegro PCS
 Av. Amazonas N36-49y Corea
 Edif. Vivalsi Piso 2
 Quito
 Ecuador

Zurich, March 29, 2006

Offer No. 3715

1.0 Dosimetric Assessment System DASY4professional

Item Description	Qty	Unit Price USD	Amount USD
DASY4professional			
1 DASY4professional Package containing:	1	196,000.00	196,000.00
2 Isotropic E-Field Probes (Enhanced Spatial Resolution) ES3DVx including calibration for HSL ¹ at 900 and 1810 MHz ²			
1 Isotropic E-Field Probe for General Near Field Applications (L-Core) ER3DVx - calibration for free space (30 MHz - 3.0 GHz)			
1 Isotropic H-Field Probe H3DVx - calibration for free space (200 MHz - 3.0 GHz)			
1 Dummy Probe for Training Purposes DP1			
1 Data Acquisition Electronics DAE incl. Mechanical Surface Detection/Emergency Stop			
1 Electro Optical Converter (mounted in robot arm) EOC5 Optical Links, Cables and Grounding Material			
1 DASY4 Measurement Server			
1 PC Pentium P4 / 3 GHz, 512 MB (or larger) 40 GB IDE HD			
1 Color-Monitor 17"			
1 SAM Twin Phantom incl. Support V4.0			
1 Mounting Device for Transmitter and Support V4.0 (allows easy device positioning according to IEEE Std 1528-2003 and CENELEC EN 50360 / 1)			
1 Stäubli Robot RX90BL and Controller CS7MB incl. Cabinet			
1 Robot Socket with LB1 Adaptor			
1 Robot Arm Extension and Adaptors			
1 Robot Remote Control			
1 Light Beam Switch for Probe Tooling LB1			

¹ HSL is the head simulating liquid as defined by the compliance testing standards

² A frequency dependent ConvF is used in DASY v4.4 and higher which allows extending the validity from ± 50 MHz to ± 100 MHz. To make full usage of the extended frequency range we recommend to calibrate at 1810 MHz (1710 – 1910 MHz) instead of 1750 MHz (1650 – 1850 MHz).

- 1 System Validation Dipole³ **D900V2 (f = 900 MHz)**
incl. Support
- 1 System Validation Dipole³ **D1800V2 (f = 1800 MHz)**
incl. Support
- 1 Software: DASy4 Vx.x and Manual
- 1 Software: DASy4 Evaluation
- 1 Sample Liquid:
Head Simulating Liquid 900MHz (30 liters) HSL 900
f = 900 MHz $\epsilon=41.5\pm5\%$, $\sigma=0.97\pm5\%$
f = 835 MHz $\epsilon=41.5\pm5\%$, $\sigma=0.90\pm5\%$
- 1 Starter Kit containing:
200 g HEC (Hydroxyethylcellulosis)
100 ml Preventol

System Validation Dipole

2	System Validation Dipole ³ D1950V3 (f = 1950 MHz)	1	2,950.00	2,950.00
---	---	---	----------	----------

Additional Conversion Factors for ES3DVx Probes

3	Head Tissue, f = 1950 MHz	2	500.00	1,000.00
---	---------------------------	---	--------	----------

Installation and Shipment

4	Standard Installation and On-Site Training Package (5 Person days, without travel expenses)	1	5,000.00	5,000.00
---	--	---	----------	----------

5	Shipment (DDU), Handling, Insurance as well as Travel Expenses of Installation and Training	1	4,000.00	4,000.00
---	--	---	----------	----------

Total	USD	208,950.00
--------------	------------	-------------------

1.A Exchange Options (components under item 1)

- System Validation Dipole³ **D835V2 (f = 835 MHz)** 1
incl. Support
- System Validation Dipole³ **D1900V2 (f = 1900 MHz)** 1
incl. Support

1.B Additional Options

E-Field Probe for Dosimetric Measurements

- | | | |
|--|---|----------|
| Isotropic E-Field Probe (Triangular Core) ET3DVx | 1 | 7,100.00 |
| - incl. optical link for proximity sensor | | |
| - incl. calibration for HSL ¹ at 900 and 1810 MHz ² | | |

E-Field Probe for Dosimetric Measurements

- | | | |
|--|---|----------|
| Isotropic E-Field Probe (Smallest Isotropic E-Field Probe)
EX3DVx | 1 | 8,100.00 |
| - incl. calibration for HSL ¹ at 900 and 1810 MHz ² | | |

³ Calibrated for HSL

Additional ES3DVx or ET3DVx Probe Calibration		
- per frequency, per medium and per probe ⁴	1	500.00
- applicable frequency range: 300 MHz – 2450 MHz		
Additional EX3DVx Probe Calibration		
- per frequency, per medium and per probe ⁴	1	500.00
- applicable frequency range: 300 MHz – 6000 MHz		
System Validation Dipoles (calibrated for HSL)		
System Validation Dipole ³ DxxxxV2 (f = xxxx MHz)	1	2,950.00
System Validation Dipoles for various frequencies available. For more detailed information please refer to our webpage: http://www.dasy4.com/val_validation.html		
Additional System Validation Dipole Calibration		
- Frequency range: 300 - 3000 MHz per medium and per dipole ⁴	1	650.00
- Frequency range: 5100 – 5800 MHz per two assessments per medium and per dipole ⁴	1	900.00
Phantoms		
ELI4 Oval Flat Phantom without Support in accordance with latest draft of the IEC 60229 Part II	1	4,900.00
Tissue Simulating Liquids		
Tissue Simulating Liquid (30 liters)	1	1,200.00
Tissue Simulating Liquids available for various media and frequencies. For more detailed information please refer to our webpage: http://www.dasy4.com/liquids.html		
HAC Extension According to ANSI-C63.19	1	26,300.00
a) RF Emission Test Equipment		
- Test Arch Phantom(enables easy and well defined positioning of DUT and validation dipoles)	1	
- DUT Positioner (supports accurate and reliable positioning of DUT)	1	
- CD835V3 (f = 800 - 960 MHz)	1	
- CD1880V3 (f = 1710 - 2000 MHz)	1	
- CD2450V3 (f = 2250 - 2650 MHz)	1	
- Dipole Positioner	1	
b) T-Coil (ABM) Signal Test Equipment		
- Active Audio Magnetic Field Probe AM1DVx	1	
- Audio Magnetic Measurement Instrument AMMI (incl. signal acquisition)	1	
- Helmholtz Calibration Coil AMCC	1	
- Cable set and adapters	1	
c) Software Extension		
- Software HAC V4.x	1	
- Additional HAC V4.x Visualization License	1	
- Application Note	1	

⁴ Please contact SPEAG for availability of the specific medium/frequency of your interest

EMC Filter

EMC Filter Kit Compliance with the EMC requirements according to EN55011 Class A	1	850.00
--	---	--------

Safety Accessories

Perimeter Safety Curtain Kit consisting of Perimeter Curtain, Relay, Cables, Power Supply, Floor Mounting Kit, Mirrors incl. Installation	1	3,700.00
Full Cover Safety Curtain Kit consisting of Full Cover Curtain, Relay, Cable, Power Supply, Floor Mounting Kit, Mirrors incl. Installation	1	5,100.00

2. Compliance with Test Requirements

The system has been designed to enable dosimetric evaluations according to current IEEE, OET, IEC-1, IEC-2-Draft, CENELEC, ARIB and ANSI-C63.19 requirements. SPEAG is strongly committed to adapting the system to any future changes in the requirements. However, it cannot be guaranteed that this will be possible in all cases without major modifications, for which SPEAG would be forced to charge the customer according to the cost of these modifications.

Option "EMC Filter Kit"

For operation of DASY4 outside a shielded room and compliance with the EMC requirements according to EN 55011 Class A, the Filter Kit is required. Note: emissions from additional equipment like test generators and devices under test are not covered regarding EMC as they are not part of the DASY4 system.

3. General Terms of Sale

The General Terms of Sale are valid. Any differing agreements are only valid when such terms have been made in writing.

The right to change the technical specifications is reserved.

4. Customers Safety Responsibilities

Although DASY4 provides a new safety circuitry, the customer remains responsible for the following:

- Provision of a safe operating environment for the robotic equipment. The environment should be free from flammable or corrosive materials and extreme temperatures. No one should be able to inadvertently enter the work area.
- Safety fencing, gates, mats, interlocks.
- Utility requirements, e.g. power source.

SPEAG is concerned with the safety and welfare of its customers and their employees. However, SPEAG itself does not design or install safety related equipment and as such is not responsible for ensuring the safety of the customer's personnel. SPEAG is not and does not represent itself to be an expert in safety systems, safety equipment or the specific health and safety aspects of the customer and/or workforce. For safety issues specific to the DASY4 robot at the customer's facilities, expert companies with specialized equipment are available; SPEAG can provide such a contact upon request. Any safety issues raised by SPEAG, either written or oral, are only intended to be general safety precautions meant to supplement, not replace, any related federal, state, or municipal laws, regulations or guidelines pertaining to safety.

Option "Safety Curtain Kit"

According to the Machinery Safety Directive, safeguarding equipment must be connected to the DASY4 system to prevent approach to the remotely operated robot arm. Operation of the DASY4 system is not allowed without any protective devices (at least an enclosure with an interrupting safety contact). For more comfortable operation, an optical safety curtain may be used. SPEAG offers two configurations: a full cover curtain (min. safety distances from the robot arm center 1.42m for DASY4compact, 2.2m for DASY4professional), and a perimeter cover safety curtain (min. safety distances 2.1m / 2.9m).

5. Prices

All prices are without taxes and customs duties, which are to be carried by the buyer. Shipment price includes delivery until customers site.

Software updates will be delivered free of charge for 6 months after delivery.

6. Delivery

Approximately 3 - 4 months after receipt of your written order. Estimated delivery times are based on the current production schedule/current orders and are subject to change.

7. Guarantee

SPEAG provides a guarantee of one year after hand-over of the delivered system components.

If the system requires repairs under guarantee, the guarantee period will be extended by the length of time for which the system fails to function properly.

The guarantee is limited to defects in material and manufacture that arise despite proper use and maintenance. Defective parts shall be replaced by new or repaired parts. The costs of any consequential losses are not covered by the guarantee.

In case of any fault SPEAG is to be informed. The guarantee can be made partly or wholly void in the case of improper use or if modifications lead to the failure of the delivered components.

SPEAG will carry the costs for labor and materials that arise in discharging the terms of the guarantee. However, travel expenses will be carried by the buyer.

Travel, transport and packaging costs and insurance will be carried by the buyer.

8. Terms of Payment

100% upon delivery against irrevocable letter of credit.

9. Validity

This offer is valid for 90 days from the date of issue.

Jacqueline C. Pieper

Dr. Katja Pokovic

Enclosure: General Terms of Sale, January 98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I-1: Foto-teléfono de Bell.....	2
Figura I-2: Izq. Teléfono de radio para barco 1937, Der. Teléfono de radio para barco actual.....	3
Figura I-3: SAR disipada en un modelo de cuerpo homogéneo.....	9
Figura I-4: SAR disipada en la cabeza humana.....	10
Figura II-1: Concepto de Telefonía Celular.....	13
Figura II-2: Creación de una celda celular.....	14
Figura II-3: Sectorización de celdas celulares: a) Romoidal, b) poligonal, c) triangular.....	14
Figura II-4: Distribución del Espectro en FDMA.....	16
Figura II-5: Distribución del Espectro en TDMA.....	17
Figura II-6: Distribución de Espectro en CDMA.....	19
Figura II-7: Evolución del uso del espectro en los sistemas de telefonía celular.....	20
Figura II-8: Espectro Ensanchado con DS.....	22
Figura II-9: Generación de Códigos Ortogonales.....	23
Figura II-10: Canales de CDMA.....	25
Figura II-11: Espectro Ensanchado con FH.....	28
Figura II-12: Salto de frecuencia lento (SFH).....	29
Figura II-13: Salto de frecuencia rápido (FFH).....	30
Figura II-14: Diagrama de un terminal celular.....	32
Figura II-15: Evolución de los sistemas celulares a 3G.....	33
Figura II-16: Ejemplo de señal generada idealmente por un Tx. CDMA.....	34
Figura II-17: Ejemplo de señal real transmitida por un Tx. CDMA.....	35
Figura II-18: Codificación de canal reverso en cdmaOne.....	35
Figura II-19: Codificación de canal reverso en cdma2000.....	36
Figura II-20: Versión simplificada del proceso de Tx/Rx de una MS CDMA.....	39
Figura II-21: Forma de onda modulada vista por un filtro con ventana de 30 kHz de offset con respecto a la portadora	45
Figura II-22: Tiempo de duración de una ráfaga de transmisión GMSK en condiciones normales (147 bits).....	50
Figura II-23: Tiempo de duración de una ráfaga de transmisión 8-PSK en condiciones normales (147 símbolos).....	50
Figura III-1: Esquema del laboratorio CDMA.....	58
Figura III-2: Esquema del laboratorio GSM.....	64
Figura III-3: Referencia de posicionamiento en la cabeza de un teléfono celular.....	67
Figura III-4: Posición del equipo a ser probado.....	67
Figura III-5: Esquema del laboratorio de SAR.....	69
Figura IV-1: Secuencia de Registro de un Terminal Celular.....	88
Figura IV-2: Mensaje corto originado desde un móvil.....	91
Figura IV-3: Llamada de datos originada desde un móvil.....	94
Figura IV-4: Handoff teórico.....	99
Figura IV-5: Handoff real.....	99

Figura IV-6: Hard Handoff.....	100
Figura IV-7: Handoff en un sistema CDMA.....	101
Figura IV-8: Soft Handoff.....	101
Figura IV-9: Softer Handoff.....	102
Figura IV-10: Idle Handoff.....	102
Figura V-5: Entidades de estandarización y regulación de Telecomunicaciones.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1: Telefonía celular en el Ecuador, actualizada a agosto de 2005.....	4
Tabla I-2: Longitud de onda de los sistemas celulares en el Ecuador.....	8
Tabla I-3: Límites de ICNIRP de Radiaciones no Ionizantes.....	10
Tabla II-1: Sistemas Celulares de Primera Generación.....	15
Tabla II-2: Sistemas Celulares de Segunda Generación.....	17
Tabla II-3: Sistemas Celulares de Tercera Generación.....	19
Tabla II-4: Función XOR.....	23
Tabla II-5: Códigos WALSH en cdmaOne.....	24
Tabla II-6: Generación de Señales Ortogonales para Espectro Ensanchado con DS.....	25
Tabla II-7: Asignación de Códigos Walsh en la tecnología CDMA.....	25
Tabla II-8: Códigos Walsh Variables.....	26
Tabla II-9: Estándar mínimo de FER.....	37
Tabla II-10: Estándar Mínimo de Control de Potencia en Lazo Abierto en Sistemas Celulares.....	40
Tabla II-11: Estándar Mínimo de Control de Potencia en Lazo Abierto PCS.....	40
Tabla II-12: Máximo nivel de salida de PER en una MS en la banda de 800 – 900 MHz.....	41
Tabla II-13: Máximo nivel de salida de PER en una MS en la banda de PCS MHz.....	41
Tabla II-14: Estándares mínimos para la prueba de acceso.....	42
Tabla II-15: Niveles permisibles de emisiones espurias en un transmisor CDMA.....	42
Tabla II-16: Valores permisibles de magnitud del vector error.....	44
Tabla II-17: Máximo nivel permisible de espectro de transitorios.....	45
Tabla II-18: Espectro de Modulación para MS GSM 400, 850, 900 y 1800 MHz.....	46
Tabla II-19: Ancho de banda para la medición de frecuencias espurias según el offset de la portadora.....	47
Tabla II-20: Niveles de potencia permisibles para emisiones espurias.....	47
Tabla II-21: Niveles de potencia permisibles para emisiones espurias en estado pasivo.....	48
Tabla II-22: Clases de MS GSM con modulación GMSK.....	49
Tabla II-23: Clases de estaciones GSM con modulación 8-PSK.....	49
Tabla II-24: Niveles de control de potencia GSM en la banda de 800 a 900 MHz.....	51
Tabla II-25: Niveles de control de potencia GSM en la banda de 1900 MHz.....	52
Tabla III-1: Precisión del equipo de medición de calidad de forma de onda.....	55
Tabla III-2: Parámetros del generador de AWGN.....	56
Tabla III-3: Parámetros del generador de CW.....	57
Tabla III-4: Parámetros del analizador de espectros.....	57
Tabla III-5: Parámetros del medidor de potencia promedio.....	57
Tabla III-6: Parámetros del generador de FH.....	61
Tabla III-7: Escenarios de desvanecimiento por multitrayecto.....	63
Tabla III-8: Parámetros del medidor de campo eléctrico.....	65
Tabla III-9: Composición del fantasma para simular el tejido humano.....	66
Tabla IV-1: Registro de datos de calidad de forma de onda.....	71
Tabla IV-2: Registro de datos de estabilidad de frecuencia.....	72

Tabla IV-3: Registro de datos de exactitud de tiempo de transmisión.....	72
Tabla IV-4: Valores de prueba para exactitud de codificación.....	73
Tabla IV-5: Registro de datos de exactitud de codificación.....	73
Tabla IV-6: Parámetros de prueba de FER en el canal de tráfico de adelanto en presencia de Ruido	74
Tabla IV-7: Registro de datos de FER en el canal de tráfico.....	75
Tabla IV-8: Parámetros para realizar CDMA hard handoff.....	75
Tabla IV-9: Parámetros para CDMA hard handoff.....	76
Tabla IV-10: Registro de datos de CDMA Hard Handoff.....	76
Tabla IV-11: Parámetros de prueba para control de potencia de lazo abierto.....	77
Tabla IV-12: Registro de datos de control de potencia en OP.....	77
Tabla IV-13: Registro de datos de control de potencia en CL.....	78
Tabla IV-144: Parámetros del mensaje de Acceso para máxima potencia de salida.....	78
Tabla IV-15: Registro de datos de máxima potencia de salida de RF.....	79
Tabla IV-16: Parámetros del mensaje de Acceso para la prueba de Acceso.....	79
Tabla IV-17: Parámetros del mensaje de Acceso para la prueba de Acceso.....	79
Tabla IV-18: Registro de datos de la prueba de acceso.....	80
Tabla IV-19: Registro de mediciones de emisiones espurias.....	81
Tabla IV-205: Registro de datos de nivel del espectro de transitorios.....	82
Tabla IV-21: Registro de datos del espectro de modulación.....	82
Tabla IV-22: Registro de datos de emisiones espurias.....	83
Tabla IV-23: Comandos para el control de potencia GSM.....	84
Tabla IV-24: Registro de datos de control de Potencia.....	84
Tabla IV-25: Registro de mediciones de SAR.....	85
Tabla IV-26: Parámetros para la identificación de un terminal celular.....	86
Tabla IV-27: Funciones de red comunes en teléfonos celulares.....	87
Tabla IV-28: Prueba de Acceso 1: Originación de llamadas desde un terminal celular.....	89
Tabla IV-29: Clasificación de resultados para llamadas de la Prueba de Acceso 1.....	90
Tabla IV-30: Prueba de Acceso 2: Envío y Recepción de SMS y MMS.....	92
Tabla IV-31: Clasificación de resultados para las llamadas de la Prueba de Acceso 1.....	93
Tabla IV-32: Prueba de Acceso 3: <i>Web Browsing</i> / Transmisión de Datos.....	95
Tabla IV-33: Opciones de Instalación de Controlador del Módem y Sistemas Operativos.....	95
Tabla IV-34: Grupos de Frecuencias del sistema DTMF.....	96
Tabla IV-35: Prueba de Buzón de Voz y DTMF.....	97
Tabla IV-36: Prueba de llamada en espera.....	97
Tabla IV-37: Prueba de llamada tripartita.....	98
Tabla IV-38: Prueba de Manejo o " <i>Drive Test</i> ".....	103
Tabla IV-39: Pruebas de las características adicionales de un terminal celular.....	104
Tabla V-6: Costo del capital de inversión para tres años.....	106
Tabla V-7: Presupuesto y Flujo de Inversión para la implementación del laboratorio de prueba de MS.....	108
Tabla V-8: Factibilidad del proyecto.....	108

CERTIFICADO DE ENTREGA

Mediante el presente certificamos que el proyecto de grado titulado “DISEÑO DE UN LABORATORIO PARA LA HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS TERMINALES MÓVILES (CELULARES), MANUAL DE PROCEDIMIENTO Y REGISTRO DE DATOS TÉCNICOS”, elaborado por el Sr. Carlos Alberto Padilla Almeida, es entregado a la Facultad de Ingeniería Electrónica.

Certifican,

TCRN. D.E.M. XAVIER MARTÍNEZ
DECANO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DR. JORGE CARVAJAL
SECRETARIO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

CARLOS A. PADILLA ALMEIDA
AUTOR