



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**MEDICIONES Y PRUEBAS DE HOMOLOGACIÓN DE
TERMINALES MÓVILES**

Halvin René Gómez Aliñado

Asesorado por el Ing. Carlos Gabriel Gómez Villagrán

Guatemala, octubre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEDICIONES Y PRUEBAS DE HOMOLOGACIÓN DE
TERMINALES MÓVILES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

HALVIN RENÉ GÓMEZ ALIÑADO

ASESORADO POR EL ING. CARLOS GABRIEL GÓMEZ VILLAGRÁN
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing.	Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga.	Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga.	Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing.	Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br.	José Milton De León Bran
VOCAL V	Br.	Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga.	Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

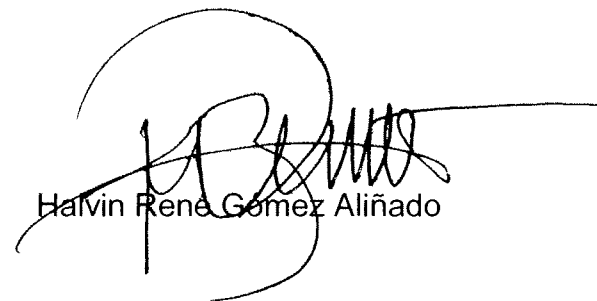
DECANO	Ing.	Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing.	José Aníbal Silva de los Ángeles
EXAMINADOR	Ing.	Guillermo Antonio Puente
EXAMINADOR	Ing.	Francisco Javier González López
SECRETARIA	Inga.	Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**MEDICIONES Y PRUEBAS DE HOMOLOGACIÓN DE TERMINALES
MÓVILES,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 28 de mayo de 2007.



Halvin René Gómez Aliñado

Guatemala, 31 de agosto de 2009

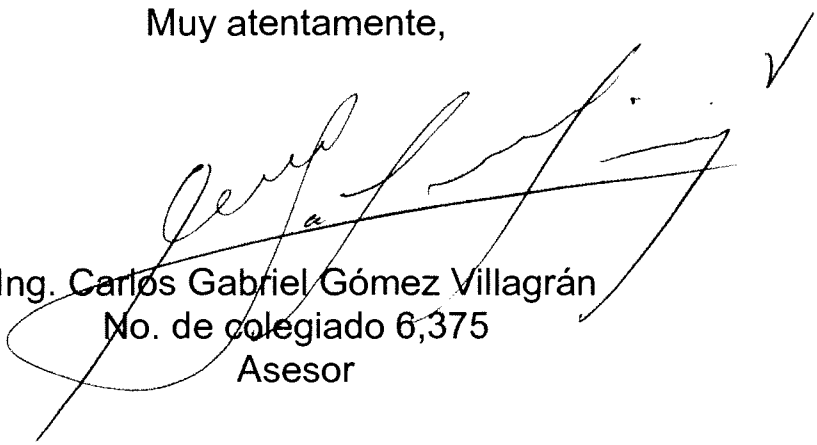
Ingeniero
Julio César Solares Peñate
Coordinador Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Estimado Ingeniero:

Por medio de la presente le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado: "**Mediciones y Pruebas de Homologación de Terminales Móviles**", elaborado por el estudiante Halvin René Gómez Aliñado, con carné No. 2000-11237 de la carrera de Ingeniería Electrónica.

El mencionado trabajo llena los requisitos para dar mi aprobación, e indicarle que el autor y mi persona somos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Muy atentamente,



Ing. Carlos Gabriel Gómez Villagrán
No. de colegiado 6,375
Asesor



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 11 de septiembre de 2009

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **“MEDICIONES Y PRUEBAS DE HOMOLOGACIÓN DE TERMINALES MÓVILES”**, desarrollado por el estudiante **Halvin René Gómez Aliñado**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica





REF. EIME 60. 2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Halvin René Gómez Aliñado titulado: “MEDICIONES Y PRUEBAS DE HOMOLOGACIÓN DE TERMINALES MÓVILES”, procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

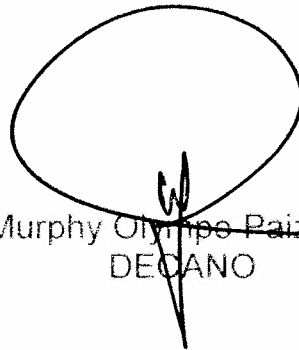


GUATEMALA, 22 DE SEPTIEMBRE 2,009.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **MEDICIONES Y PRUEBAS DE HOMOLOGACIÓN DE TERMINALES MÓVILES**, presentado por el estudiante universitario **Halvin René Gómez Aliñado**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, octubre de 2009



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Gracias por iluminarme, acompañarme y darme la guía espiritual, para lograr llegar a este día de triunfo.

MIS PADRES

Marta Aliñado Yantuche y René Francisco Gómez Morales, por todo el amor y apoyo incondicional que me han dado durante toda la vida. Mi gratitud eterna.

MIS HERMANOS

Lindsay, Sidney y Niels, por su tolerancia y ayuda, gracias.

MIS ABUELOS

Bernarda Yantuche López y Eduardo Francisco Gómez Ramírez, por todo su amor, apoyo y sobre todo su ejemplo.

MIS AMIGOS

Gracias por su valiosa colaboración y ayuda.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XXI
OBJETIVOS	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. EL MÓVIL EN LA RED	1
1.1. Funcionamiento electrónico modular de un móvil	1
1.1.1. Característica del transmisor	5
1.1.1.1. Potencia de transmisión	5
1.1.2. Modulación	6
1.1.3. Demodulación	8
1.1.4. Característica del receptor	9
1.1.4.1. Calidad	9
1.1.4.2. Sensibilidad	10
1.1.4.3. Intermodulación	10
1.2. Como opera un móvil en la red	11
1.2.1. Operación	11
1.2.1.1. Sistema de estación base BSS	12
1.2.1.2. Subsistema de conmutación y gestión NSS	13
1.2.1.3. Subsistema de operación y mantenimiento OMC	15
1.2.1.4. Interfaces de red	15
1.2.2. Redes	16
1.2.3. Celdas	19
1.2.3.1. Tipos de celda	20
1.2.3.2. División celular	21

1.2.3.3. Sectores	21
1.2.4. Handoff	22
1.2.5. Canales	23
1.2.5.1. Canales de tráfico	23
1.2.5.2. Canales de control	24
1.2.6. Interfaz radio	25
1.2.6.1. Tramas	26
1.2.6.2. Paging	29
1.2.6.3. Origen de las llamadas	29
1.2.7. Trayectoria de la señal	30
1.2.7.1. Vocoders	30
1.2.7.2. Código de canal	31
1.2.7.3. Intercalamiento	32
2. MEDICIONES MÓVILES EN EL LABORATORIO	35
2.1. Mediciones en móviles	35
2.2. Magnitudes a medir	35
2.2.1. Que indican las mediciones	36
2.2.1.1. Error de frecuencia	37
2.2.1.2. Error de fase	37
2.2.1.3. Potencia de portadora de RF vrs tiempo	39
2.2.1.4. Potencia media de portadora RF transmitida	40
2.2.1.5. Medida de frecuencia espurias	43
2.2.1.6. Sensibilidad	45
2.2.1.7. Handover	47
2.2.2. Cómo realizar las mediciones	48
2.2.2.1. Parámetros globales	49
2.2.2.2. Iniciando las pruebas	51

2.2.3. Resumen de mediciones	62
2.3. Requerimientos mínimos para el laboratorio de homologación	63
2.3.1. Instalación eléctrica	63
2.3.2. Protección	65
2.3.3. Equipo de medición y pruebas	71
2.3.3.1. Configuración del equipo para realizar las pruebas	75
2.3.3.1.1 Configurar los parámetros de llamada	75
2.3.3.1.2 Cambiar los parámetros celulares	75
2.3.3.1.3 Configurar el set de prueba del instrumento	77
2.3.3.1.4 Set de desplazamiento de amplitud	78
2.3.3.1.5 Cómo finalizar una llamada	79
2.3.3.1.6 Cómo realizar una medida a un móvil	80
2.3.3.1.7 Cómo finalizar una medida	81
2.3.3.2. Automatizar las pruebas	82
2.3.3.2.1 Programa de medida error de fase y frecuencia	83
2.3.3.2.2 Programa de medida potencia de portadora de RF vrs. tiempo	83
2.3.3.2.3 Programa de medida potencia media de portadora RF transmitida	84
2.3.3.2.4 Programa de medida frecuencias espurias	84
2.3.3.2.5 Programa de medida bit de error BER	85
2.3.4. Equipo de trabajo	85

3. MEDICIONES Y PRUEBAS DE CAMPO PARA LA HOMOLOGACIÓN DE TERMINALES MÓVILES

3.1. Mediciones e interpretaciones	89
3.2. Pruebas de campo del transmisor, receptor y servicios suplementarios	92

3.2.1. Definición de prueba	93
3.2.1.1. Procedimiento prueba transmisor 1, llamada originada por el móvil hacia otro móvil	94
3.2.1.2. Procedimiento prueba transmisor 2, llamada originada por el móvil hacia un teléfono de la red fija	94
3.2.1.3. Procedimiento prueba transmisor 3, envío de mensajes cortos SMS hacia otro móvil	95
3.2.1.4. Procedimiento prueba transmisor 4, llamada Establecida por el móvil en desplazamiento	95
3.2.1.5. Procedimiento prueba receptor 1, recepción de llamada efectuada por otro móvil	96
3.2.1.6. Procedimiento prueba receptor 2, recepción de llamada efectuada por un teléfono de la red fija	96
3.2.1.7. Procedimiento prueba receptor 3, recepción de mensajes cortos SMS efectuados por otro móvil	97
3.2.1.8. Procedimiento prueba receptor 4, recepción de llamada en desplazamiento	97
3.2.1.9. Procedimiento prueba receptor 5, calidad de voz	98
3.2.2. Procedimiento para efectuar la prueba	98
3.2.2.1. Equipo de medición	99
3.2.2.2. Ruta o trayectoria geográfica	99
3.2.2.3. Escenarios de medición	102
3.2.3. Resultados e interpretación de pruebas	103
4. COSTO DE HOMOLOGACIÓN DE TERMINALES MÓVILES	119
4.1. Costo operativo de la homologación como área de una empresa	119

CONCLUSIONES	137
RECOMENDACIONES	139
BIBLIOGRAFÍA	141

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Funcionamiento modular de un terminal móvil.	2
2	Modulación 0.3 GMSK.	7
3	Arquitectura funcional de la red GSM.	12
4	Niveles jerárquicos de la red PLMN – GSM.	18
5	Estructura de la ranura de la ráfaga normal.	27
6	Jerarquía de tramas TDMA.	28
7	Medida de error de fase y frecuencia.	39
8	Máscara de la ráfaga TDMA GSM.	40
9	Frecuencias espurias.	43
10	Procedimiento de Handover.	47
11	Conexión física para la homologación de terminales móviles GSM.	51
12	Medición 1, potencia transmitida con MS TX level = 31.	52
13	Medición 2, potencia transmitida con MS TX level = 3.	53
14	Medición 3, potencia transmitida con MS TX level = 9.	53
15	Medición 4, potencia transmitida con MS TX level = 15.	54
16	Medición 5, error de fase y frecuencia.	55
17	Medición 6, valores numéricos de error de fase y frecuencia.	56
18	Medición 7, potencia de portadora de RF vrs tiempo.	57
19	Medición 8, potencia vrs tiempo, vista lateral izquierda.	58
20	Medición 9, potencia vrs tiempo vista lateral derecha.	58
21	Medición 10, niveles de frecuencias espurias.	59
22	Medición 11, niveles de frecuencias espurias.	60

23	Medición 12, BER bit de error GSM.	61
24	Diagrama unifilar de un sistema eléctrico básico.	64
25	Sistema de único punto de conexión a tierra en el laboratorio de homologación.	66
26	Estación de trabajo protegido contra descargas electrostáticas ESD.	69
27	Vista frontal y posterior, equipo de medición modelo Agilent 8960.	72
28	Configurar los parámetros de llamada.	75
29	Cambiar los parámetros celulares.	76
30	Cambiando el parámetro celular de la red.	77
31	Configuración de instrumento y equipo.	77
32	Configuración de la señal de RF.	78
33	Configurar los mensajes de verificación de actividades del equipo.	79
34	Como finalizar una llamada.	79
35	Estableciendo la llamada.	80
36	Seleccionando la medida a realizar.	81
37	Finalización de la medida.	81
38	Programa de control, flujo de tareas realizadas.	82
39	Equipo de trabajo.	86
40	Pruebas de campo realizadas en diferentes áreas de localización LAC's.	93
41	Ruta o trayectoria geográfica de puntos de medición.	100
42	Localización de estaciones base transreceptoras y áreas de cobertura.	101
43	Niveles de potencia recibidos en el terminal de prueba.	109
44	Niveles de control de potencia del transmisor.	110
45	Niveles de potencia recibidos por vecinos de la BTS_1.	114

46	Niveles de potencia recibidos por vecinos de la BTS_6.	114
47	Índice de preferencia en marcas de terminales móviles.	119
48	Tráfico de voz promedio cursado de un operador de telefonía móvil.	120
49	Ingreso monetario en millones de quetzales mensuales por marca.	122
50	Cantidad mensual de usuarios, por índice de marca.	124
51	Factores de costo.	126
52	Costos representativos del recurso de equipo.	127
53	Utilización representativa de servicios por tecnología.	128
54	Utilización representativa de suministros e instalaciones.	129
55	Remuneración representativa del recurso humano y apoyo gerencial.	131

TABLAS

I	Niveles de potencia de transmisión en terminales móviles.	6
II	Error de frecuencia permitido.	37
III	Error de fase.	38
IV	Potencia máxima radiada por el móvil.	41
V	Control de potencia para terminales GSM 850MHz.	42
VI	Control de potencia para terminales GSM 1900MHz.	42
VII	Espectro debido a la modulación < 1800KHz, para GSM 400, 700, 850, 900.	44
VIII	Espectro debido a la modulación < 1800KHz, PCS 1900	45
IX	Sensibilidad permitida.	46
X	Resumen de medidas realizadas en el laboratorio.	62

XI	Parámetros principales del terminal en modo ingeniería.	90
XII	Indicadores de referencia.	104
XIII	Escenarios considerados en la pruebas de campo.	104
XIV	Pruebas realizadas en el transmisor.	105
XV	Pruebas obtenidas en el receptor.	107
XVI	Información del servicio de la celda “pantalla principal”.	108
XVII	Información extra del servicio de la celda.	111
XVIII	Visualización de la red seleccionada.	112
XIX	Información de celda en servicio y celdas vecinas.	113
XX	Banderas de celda actual.	115
XXI	Parámetros de red.	116
XXII	Tráfico de voz cursado aproximado entre un operador de telefonía móvil en Guatemala.	120
XXIII	Distribución aproximada de minutos cursados respecto al índice de marcas móviles.	121
XXIV	Tráfico de voz promedio en hora cargada y cantidad de usuarios estimados mensualmente.	123
XXV	Crecimiento de usuarios con respecto al índice de preferencia por marca.	124
XXVI	Costos del recurso de equipo.	126
XXVII	Costos del recurso por tecnología.	127
XXVIII	Costos de recurso de suministros e instalación.	129
XXIX	Costo de recurso humano y apoyo gerencial.	130
XXX	Flujo efectivo, área de homologación de terminales móviles.	133

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A/D	Convertidor analógico/digital
AMPS	Sistema telefónico móvil avanzado
ANSI	Instituto Nacional de Normas Americanas
ARFCN	Número absoluto de canal RF
AuC	Centro de autenticación
BCHH	Canal de control de difusión
BER	Tasa de bit de error
BNC	Conector tipo bayoneta Neill Concelman
BPS	Bit por segundo
BSC	Controlador de estación base
BSS	Sistema de estación base
BTS	Estación base transreceptora
CBCH	Canal de difusión en celda
CCHH	Canal común
D/A	Convertidor digital/analógico
dB	Decibelios
DB9/DB25	Conector de puerto serial de 9/25 pines
DCCH	Canal dedicado
EGPRS	Servicio de radio de paquete general mejorado
EIR	Registro de identidad de equipos
ESD	Descarga electrostática
ESN	Número electrónico serial
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
FDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia

FER	Tasa de trama de error
FH	Frecuencia de salto
FR	Velocidad completada
GMSK	Modulación por desplazamiento gaussiano mínimo
GPIB	Bus de interfaz de propósito general
GPRS	Servicio de radio de paquete general
GSM	Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
HLR	Registro general de abonados
HR	Velocidad media
HZ	Hertz
I/Q	Fase/cuadratura
ISDN	Red digital de servicios integrados
LAC	Zona de localización
LAN	Red de área local
MS	Estación móvil
MSC	Centro de conmutación de móviles
NSS	Subsistema de conmutación y gestión
OMC	Subsistema de operación y mantenimiento
OR	Compuerta digital "O"
OSI	Modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos
PAGH	Canal de paginación
PCN	Redes de comunicaciones personales
PCS	Servicios de comunicaciones personales
PLMN	Red pública móvil terrestre
PSTN	Red telefónica conmutada
PVC	Policloruro de vinilico
RACH	Canal de acceso aleatorio
RF	Radiofrecuencia
RMS	Media cuadrática

SCCH	Canal de sincronización
SDMA	Acceso múltiple por división de espacio
SIM	Módulo de identificación del suscriptor
SS7	Sistema de señalización por canal común no.7
TACS	Sistema de comunicación de acceso total
TCH	Canal de tráfico
TDMA	Acceso múltiple por división de tiempo
TRX	Transreceptor
Um	Interfaz de radio
VLR	Registro de visitantes
XOR	Compuerta digital "O" exclusiva

GLOSARIO

Abonados	Persona inscrita para recibir algún servicio periódicamente o determinado número de veces.
Algoritmo	Conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar solución de un problema.
Analógico	Sistemas que manejan cantidades físicas que varían sobre un intervalo continuo de valores.
Ancho de banda	Anchura, medida en Hz, del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal.
Antiestático	Que impide la formación o acumulación de electricidad estática.
Armónicos	Resultado de una serie de variaciones adecuadamente acomodadas en un rango o frecuencia de emisión, denominado paquete de información.
Automatizar	Convertir ciertos movimientos corporales en movimientos automáticos o indeliberados.
Bidimensional	Cuando se tiene formación de dos dimensiones.

Bit	Acrónimo de <i>Binary Digit</i> (dígito binario), que adquiere el valor de 1 ó 0 en el sistema numérico binario. Es la unidad de información más pequeña manipulada por el ordenador, y está representada por un elemento como un único pulso enviado a través de un circuito.
Bus	Sistema digital que transfiere datos entre los componentes de un computador o entre computadores.
Canal	Cauce artificial por donde se conduce datos direccional o bidireccionalmente.
Cifrado	Arte o ciencia de cifrar y descifrar información mediante técnicas especiales y se emplea frecuentemente para permitir un intercambio de mensajes que solo pueden ser leídos por personas a las que van dirigidos y que poseen los medios para descifrarlos.
Cocanal	Señales interferentes que se presentan en la misma banda de frecuencia.
Codificación	Método que permite convertir un carácter de un lenguaje natural en un símbolo de otro sistema de representación.

Controlador	Programa informático que permite al sistema operativo interactuar con un periférico, haciendo una abstracción del hardware y proporcionando una interfaz para usarlo.
Convolutacional	En teoría de la información un código convolutacional es un tipo de código de detección de errores.
Diplexor	Diplexor nos permiten combinar una señal satelital con una señal de CATV.
Ecualizador	Dispositivo de procesa señales de audio, modifica el contenido en frecuencias de la señal que procesa.
Encriptación	Proceso para volver ilegible información considerada importante. La información una vez encriptado sólo puede leerse aplicándole una clave.
Erlangs	Erlang es una unidad adimensional utilizada en telefonía como una medida estadística del volumen de tráfico.
Espectro	Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de ondas electromagnéticas.

Espurias	Se le conoce espurias a todas las señales indeseadas que pueden resultar de cualquier de los procesos involucrados en la generación, amplificación o eliminación de señales.
Fase	Fase es una medida de la diferencia de tiempo entre dos ondas senoidales. Aunque la fase es una diferencia verdadera de tiempo, siempre se mide en términos de ángulo, en grados o radianes.
Frecuencia	Es una medida para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en la unidad de tiempo.
Gaussiano	Distribución normal, distribución de Gauss o distribución gaussiana, a una de las distribuciones de probabilidad de variable continua que con más frecuencia aparece en fenómenos reales.
Homologación	Término que se usa en varios campos para describir la equiparación de las cosas, ya sean éstas características, especificaciones o documentos.
Hora cargada	Período continuo de una hora de duración comprendida enteramente en el intervalo de tiempo en cuestión, en que el volumen de tráfico o el número de intentos de llamada son máximos.

Interconexión	Es la vinculación de recursos físicos y soportes lógicos, incluidas las instalaciones esenciales necesarias, para permitir el interfuncionamiento de las redes y la interoperabilidad de servicios de telecomunicaciones.
Interfaz	Conjunto de métodos para lograr interactividad entre un usuario y una computadora. Una interfaz puede ser del tipo GUI, o línea de comandos, etc.
Modulación	Conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal.
Multimedia	Término que se aplica a cualquier objeto que se usa simultáneamente diferentes formas de contenido informativo como texto, sonido, imágenes, animación y video para informar o entretener al usuario.
Paridad código	Los códigos de paridad se usan en telecomunicaciones para detectar, y en algunos corregir, errores en la transmisión.
Portadora	Es la designación de un sistema genérico de telecomunicaciones para los sistemas digitales multiplexados, unidad básica del sistema de portadoras-T que tiene una velocidad de transmisión de 64kbit/s.

Sintetizador	Es un instrumento musical electrónico diseñado para producir sonido generado artificialmente, usando técnicas como síntesis aditiva, substractiva, de modulación de frecuencia.
Tarificación	Acción de determina la prima aplicable a cada riesgo según las características que tenga y la suma asegurada.
Tráfico telefónico	El tráfico telefónico se asocia al concepto de ocupación. Se dice que un circuito telefónico está cursando tráfico cuando está ocupado. El tráfico telefónico es medible en términos de tiempo (entendido como tiempo de ocupación) y que depende del número de comunicaciones y de la duración de las mismas.
Transreceptora	Dispositivo que realiza, dentro de una misma caja o chasis, funciones tanto de transmisión como de recepción, utilizando componentes de circuitos comunes para ambas funciones.

RESUMEN

La “calidad de servicio” en telefonía móvil, es definida como el efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario de dicho servicio. Uno de los distintos criterios que pueden utilizar los usuarios para evaluar la calidad de funcionamiento de dichas funciones son el correcto desempeño de las terminales móviles, las cuales son un conjunto de parámetros observables y susceptibles por ser medios físicos auditivos, capaces de proporcionar una representación objetiva y comparable del servicio entregado. Las distintas pruebas realizadas tanto de laboratorio como de campo, son funciones propiamente específicas del área de homologación de terminales móviles el cual tienen como función principal realizar procedimiento de homologación de los equipos terminales por cada clase, marca y modelo para prevenir daños a las redes de telecomunicaciones o su deterioro, evitar interferencia perjudicial al espectro radioeléctrico y contribuir con una óptima calidad en la prestación de los servicios de telecomunicaciones.

Para caracterizar las prestaciones de los transmisores y receptores GSM se emplean medidas que determinan la calidad experimentada por el usuario, entre ellas podemos mencionar el error de frecuencia y de fase, la potencia media de portadora de RF transmitida, la potencia de portadora de RF transmitida en función del tiempo, el nivel de frecuencias espurias y la sensibilidad del receptor entre otras, con el propósito de garantizar el correcto funcionamiento del terminal móvil en un ambiente real dentro de la red celular. Dentro del análisis de la red celular se realizan también estudios de distintos parámetros estadísticos propiamente de la red, como la completación de llamadas y la calidad de la red, esto con el propósito de determinar a nivel estadístico la interoperabilidad del servicio proporcionando por el operador celular y el servicio demandado por el usuario a través del terminal móvil.

OBJETIVOS

GENERAL

Contribuir al aprendizaje, a través de la experimentación y pruebas efectuadas en el área de homologación de terminales móviles GSM, capaces de interactuar con otras redes las cuales posibilitan la implementación de nuevos servicios de telecomunicaciones y el propio desarrollo de la telefonía móvil.

ESPECÍFICOS:

1. Cumplir con las especificaciones GSM, básicas requeridas en la homologación de terminales móviles.
2. Análisis comparativo de los resultados obtenidos de las pruebas, tanto de laboratorio como de campo, con los estándares definidos teóricamente en GSM.
3. Verificar la interoperabilidad del móvil con la red, al efectuar pruebas de campo en un entorno real en distintos escenarios de medición.
4. Estudio financiero de los flujos operativos y administrativos del área de homologación de una empresa en cuestión, con el fin de observar el equilibrio entre ingresos y egresos, que hagan que la empresa tenga una maximización de utilidades.

INTRODUCCIÓN

La comunicación inalámbrica ha tenido un acelerado avance en la última década, ya que se ha mejorado, su tecnología, a pasos agigantados, gracias a la reducción del tamaño de componentes electrónicos y a la globalización de las comunicaciones, lo que influye en costo y calidad. Dado que GSM es un sistema consolidado, estándar que se alcanzó a través de años de estudios, introducir mejoras parece ser complicado, dado el avance de la tecnología será posible implementarlas, ya que hoy en día la homologación de terminales móviles, la cual consiste en estandarizar las terminales móviles a través de pruebas de laboratorio y pruebas de campo con equipo real por medio de medidas preestablecidas en el estándar GSM como las necesarias para dar como aprobada una terminal móvil y poder interactuar dentro de una red celular, con el fin de garantizar el buen funcionamiento dentro de las diferentes redes dependiendo de los servicios que se presten y de la tecnología que se adquiera

Este estudio se compone de 4 capítulos, el primer capítulo denominado “El móvil en la red”, describe cual es el funcionamiento interno de un móvil y el funcionamiento dentro de una infraestructura de celular. El segundo capítulo “Mediciones móviles en el laboratorio” describe las pruebas básicas necesarias dentro de un ambiente de laboratorio para su homologación y los requerimientos mínimos necesarios de un laboratorio para efectuarlas. El tercer capítulo denominado “Mediciones y pruebas de campo para la homologación de terminales móviles” se describe procedimientos de pruebas de campo en escenarios reales con equipo de medición para verificar el funcionamiento dentro de una red celular y de las conclusiones a las que se llegaron al finalizarlas. El cuarto capítulo denominado “Costo de homologación de terminales móviles” describe la parte financiera de los costos operativos de la

homologación como área de una empresa con respecto a los índices de marcas existentes en el mercado actual.

Como se menciona anteriormente, el capítulo 1 describe el funcionamiento interno del móvil en forma modular, la cual describe cada una de sus partes que son necesarias para poder recibir y realizar, a través del móvil un servicio prestado, describe las características técnicas tanto del transmisor como del receptor, como es el nivel de potencia y de la modulación y demodulación necesaria que requiere para poder transportarse sobre la banda de radiofrecuencia denominada RF. Además, se describe la arquitectura funcional de la red GSM, donde encontramos 3 importantes subsistemas, el subsistema de estación BSS que realiza la interconexión del móvil hacia la red a través de la interfaz radio Um, por medio de un conjunto de canales lógicos para su comunicación hacia la misma red o hacia otras redes, también se describe el subsistema de conmutación y gestión NSS que se encarga de toda la gestión de los recursos radio, el cual está constituido por MSC's, HLR, VLR, AuC y el registro de identidad de equipos EIR. Para completar la jerarquía funcional GSM se describe uno del último subsistemas pero no deja de ser importante se trata del subsistema de operación y mantenimiento OMC que tiene funciones de gestión local y remota, la cual realiza control de alarmas de toda la red, para su mantenimiento y supervisión de sus elementos que la conforman. Además, se describe los niveles jerárquicos de la red PLMN en zonas desde la zona celular que se considera la más pequeña cubierta por la estación base, dentro la cual es móvil se puede conectar vía radio a esa base, hasta la zona de sistema GSM el nivel más alto jerárquicamente constituida por el área resultante de la unión de todas las zonas del mundo en las que se presta servicio GSM, el cual todo abonado GSM puede efectuar y recibir llamadas dentro de esta zona. Una parte importante dentro de los fundamentos básicos de GSM es la utilización de canales de tráfico, de control, de la interfaz

de radio, y de la descripción de la estructura de ráfaga que cada usuario transmite durante cada ranura de tiempo asignado la cual de ello depende la comunicación de forma continua de la red hacia el móvil y viceversa.

El capítulo 2 describe la mediciones móviles realizadas dentro de un laboratorio de homologación cumpliendo con los estándares especificados de GSM, para ello se requiere de equipo de medición y pruebas GSM, terminales móviles para realizar las pruebas técnicas y equipo adicional computadora, antenas RF entre otros, entre las pruebas del transmisor y receptor GSM se emplearon medidas que determinan la calidad experimentada por el usuario, las cuales fueron medidas de error de frecuencia y fase, potencia media de portadora de RF transmitida, potencia de portadora de RF transmitida en función del tiempo, frecuencias espurias, sensibilidad del receptor a través de la medición de la tasa de bit de error y de la tasa de trama de error todas esas pruebas antes mencionadas nos indicaran si el terminal es apto y funcional dentro de un escenario de laboratorio con parámetros de red aproximadas a un escenario real, con el fin de evitar comprobar que no exista errores he incompatibilidad con la red. El equipo de prueba analizador utilizado marca Agilent 8960, antes de realizar las pruebas debe de ser calibrado con los parámetros globales, los cuales se definen como condiciones de la prueba entre ellos los parámetros están, los canales de control BCH, modo de operación, configuración de la banda celular, el nivel de potencia de celda y los niveles de transmisión del móvil entre otros. Además cabe mencionar que son muy importantes los requerimientos mínimos de seguridad dentro del laboratorio de homologación de terminales móviles, dentro de los cuales se incluye sus fuentes de energía, el sistema de tierra y las interfaces eléctricas con las líneas de comunicaciones, sistemas de aire acondicionado y los sistemas de seguridad industrial.

El capítulo 3, describe las mediciones y pruebas de campo realizadas, para ello se necesitan terminales de prueba en modo ingeniería las cuales capturan y verifican el desempeño de la transmisión y recepción basándose en parámetros y datos útiles que sirven a los ingenieros en el campo de la homologación a interpretar la interrelación entre el equipo radiante BTS y el terminal móvil. Entre los parámetros básicos tenemos: 1) *información del servicio de la celda*, información del número de canal usado, el nivel de potencia de recepción, el nivel de potencia de transmisión, la banda celular usada entre otros. 2) *información de las celdas vecinas*, en este apartado encontramos toda la información referente a las celdas que se encuentran cercanas a la celda que presta servicio debido a que necesita saber cuál sería la celda próxima a brindarle servicio si existe ocupación de todos sus recursos o si existe desplazamiento para realizar un handover sin repercutir sobre el servicio entre otros. 3) *Parámetros de la red*, en este apartado se encuentra la información básica necesaria para verificar los parámetros del proveedor identificando el código de país, el código de red, la localización del área LAC y el identificador de la celda. Toda esta información se reúne y se comprueba para verificar su buen funcionamiento con las redes celulares. También se describen los procedimientos de prueba que se efectuaron al móvil funcionando como transmisor y receptor en diferentes escenarios podemos citar, escenarios de cobertura, sin cobertura, distintos estados de clima, escenarios de desplazamiento con el fin de comprobar los con los parámetros obtenidos las conclusiones si el terminal de prueba se adapta a situaciones reales de red y determinan su correcto funcionamiento.

El capítulo 4, describe la parte financiera operativa como área dentro de una empresa de homologación, el estudio inicial se basa a través del índice de preferencia de marcas de terminales móviles existentes en el mercado de ventas actual con el fin de relacionar la cantidad de tráfico mensual de voz en

erlangs cursado en la red GSM, brindándonos el dimensionamiento de usuarios por tecnología de la red, y la cantidad de minutos mensuales cursados, esto con el propósito de obtener la cantidad de minutos cursados multiplicado por el costo del minuto, se obtiene una cifra numérica de la cantidad de ingresos monetarios mensuales que se generan debido a la preferencia de marcas por usuario. Los datos anteriores se utilizan para realizar predicciones estadísticas y comprobar si el área de homologación es rentable contra los factores de costos operativos que se deben de afrontar en la implementación y mantenimiento del área de homologación el cual está conformado por equipos, tecnología, procesos, controles, suministros, apoyo gerencial, recurso humano y el costo por instalaciones, después de haber obtenido esta información básica necesaria se efectuará a través de un análisis de flujo efectivo, determinando si el área de homologación de terminales móviles llega a ser un negocio rentable ante la demanda de terminales móviles y el crecimiento exponencial por la necesidad del uso de las comunicaciones celulares de hoy en día.

1. EL MÓVIL EN LA RED

1.1 Funcionamiento electrónico modular de un móvil

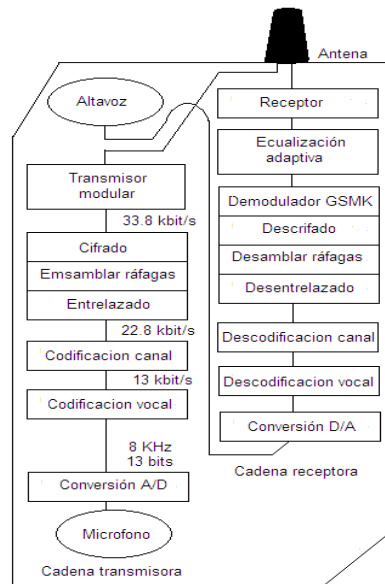
La estación móvil es el equipo físico utilizado por el usuario de GSM para acceder a los servicios proporcionados por la red a través de la interfaz radio, se ha especificado esta interfaz de forma que las tecnologías de estación móvil y de red GSM pueden evolucionar por separado, sin ninguna restricción.

En cuando se inserta la tarjeta en cualquier móvil homologado, el móvil queda preparado para generar y recibir llamadas y acceder a los servicios de abonados de la red. Los móviles deben desempeñar las siguientes funciones básicas:

- Proporcionar una interfaz de comunicación entre usuarios.
- Realizar la transmisión y recepción de la información.
- Efectuar la inicialización de la conexión con la red.
- Realizar la sintonización de frecuencias.
- Efectuar funciones de procesamiento de voz.
- Realizar la adaptación para señales de datos.

La figura 1 describe el funcionamiento modular del móvil, donde se divide en cadenas transmisora y receptora para una comunicación vocal GSM. En una comunicación de datos, las cadenas serían similares prescindiendo de la codificación vocal, las conversiones A/D y D/A, micrófono y altavoz, y aplicando una codificación de canal diferente.

Figura 1. Funcionamiento modular de un terminal móvil.



Cadena transmisora:

- **Micrófono:** capta las ondas de presión de voz y las convierte en una señal electromagnética.
- **Conversión analógico digital:** se muestrea la señal a 8KHz con 13 bits por muestra y cuantificación uniforme, resultando una tasa binaria de 104 Kbps.

$$f = 8\text{KHz}$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{8\text{KHz}} = 125\mu\text{s}$$

$$\text{Datos_muestra} = 13\text{bits}$$

$$\text{Tasa_binaria} = \frac{\text{Datos_muestra}}{T} = \frac{13\text{bits}}{125\mu\text{s}} = 104\text{Kbps}$$

- Codificación vocal: el codificador elimina en gran medida la redundancia de la señal vocal reduciendo la velocidad binaria a 13Kbps en el caso del codificador más común.
- Codificación de canal: los bits de la señal vocal se codifican con un código de bloque que funciona como detector de errores y un código convolucional que funciona como corrector de errores. Para los bits de señalización y de datos se han diseñado procedimientos de codificación de canales diferentes.
- Entrelazado: se reordenan los bits, separado los bits consecutivos para evitar que se vean afectados por ráfagas de errores.
- Ensambler ráfagas: se agrupan las ráfagas que transmitirá el terminal en cada time slot que le corresponda dentro de la trama TDMA.
- Cifrado: se realiza una operación digital, or exclusivo XOR, entre una secuencia aleatoria y cada bloque de bits que se va a transmitir. Esta secuencia se genera a partir del número de trama y de una clave de cifrado, utilizando el algoritmo A5, especificado a nivel internacional para facilitar el roaming entre distintos países.
- Transmisor modular: se modula la portadora en GMSK y se trasmite en la banda correspondiente.

Cadena receptora:

- Receptor demodulador: se recibe la señal, se acondiciona y se obtienen sus componentes en cuadratura.
- Ecuación adaptiva: debido a las modificaciones que sufrió la señal al propagarse por el canal móvil, se utiliza un ecualizador basado en el logaritmo de Viterbi, para compensar las modificaciones.
- Demodulador: obtenemos la señal remodulada.

- Descifrado: se utiliza la misma secuencia aleatoria que el transmisor y se descifra la información recibida.
- Desentrelazado: se realiza el proceso inverso al realizado en el entrelazado.
- Descodificación de canal: se realiza el proceso inverso al realizado en la codificación de canal, con el objetivo de detectar y corregir los errores que se hayan producido.
- Descodificación vocal: se realiza el proceso inverso al realizado en la codificación vocal, obteniéndose una señal de audio digital.
- Conversión digital analógica: se reconstruye la señal de audio analógica.
- Altavoz: se transforma la señal electromagnética de audio en una onda de presión audible para el oído humano.

Cuando se describe que el receptor modulador recibe la señal, para obtener los componentes de cuadratura, se refiere a los componentes de amplitud y de fase. La amplitud y la fase de una señal pueden modularse simultáneamente o por separado, aunque esto resulta difícil de generar y principalmente de detectar. En vez de ello, es muy práctico separar la señal en dos componentes independientes conocidos como I (componentes “en fase”) y Q (componentes “en cuadratura”), ambos ortogonales entre sí. Cuando nos referimos a comunicaciones digitales, es común expresar la modulación en términos de estas dos componentes, razón por la cual la representación de una constelación bidimensional I-Q es particularmente útil y puede asociarse a la mayor parte de los métodos de modulación digital. En una “constelación I-Q”, la componente en fase se proyecta en el eje de las abscisas (eje x) y la componente en cuadratura se proyecta en el eje de la ordenadas (eje y) de un plano cartesiano. Se dice que una señal estará en fase cuando su ángulo de fase sea de 0° (situada en el eje I) y que una señal estará en cuadratura cuando

se encuentre desfasada 90° respecto a la señal en fase (situada en el eje Q). En esta representación I-Q cada señal que se mapea es una constelación la cual tendrá asociada una posición precisa, con base en esta posición que los equipos receptores pueden determinar qué señal se transmitió. Sin embargo conforme una señal se propaga a través del canal de comunicación, ésta se verá afectada por ruido, provocando una modificación en la posición de los símbolos mapeados en la constelación, cuando uno de los símbolos se ubica más allá de la región que corresponde este se confundirá con alguno de los símbolos adyacentes y en consecuencia provocara un error de bits.

1.1.1 Característica del transmisor

1.1.1.1 Potencia de transmisión

En las especificaciones GSM, se establecen los niveles de potencia de transmisión referidos al conector de antena del equipo. En el caso de los terminales móviles con antena integrada, se supone una antena de referencia de 0 dB de ganancia.

Se define la potencia de salida como el valor medio de potencia, promediado en la parte útil de la ráfaga de RF, las terminales móviles se clasifican por niveles de potencia de transmisión, para obtener los valores en dBm se utiliza la siguiente fórmula.

$$dBm = 10 \log_{10} \frac{Potencia[W]}{1 \times 10^{-3} [W]}$$

$$dBm = 10 \log_{10} \frac{8}{1 \times 10^{-3}} = 39$$

Obteniendo los siguientes niveles de potencia de transmisión, como se indica en la tabla I.

Tabla I. Niveles de potencia de transmisión en terminales móviles.

	Fase 1 GSM-900	Fase 2 GSM-900	Fase 1 DCS-1800	Fase 2 DCS-1800	PCS 1900
Potencia móvil Max	20W - 8W 43dBm/ 39dBm	8W /39 dBm	1W /30 dBm	4W /36 dBm	2W /33 dBm
Potencia móvil Min	20mW /13 dBm	3mW /5 dBm	1mW /0 dBm	1mW /0 dBm	1mW /0 dBm
Control Potencia móvil	(0 - 15)	(2 - 19)	(0 - 13)	(0 - 15)	(0 - 15,30,31)

La tabla I muestra los niveles de potencia máximos y mínimos de los móviles en los diferentes sistemas. Y relaciona al máximo y mínimo con el control de potencia.

1.1.2 Modulación

El principal objetivo de la modulación es convertir los datos a ser transmitidos en una forma que se ajuste tanto a los requisitos de transmisión del medio usado como a cualquiera impuesto por el sistema y las operaciones. GSM utiliza un formato de modulación digital llamado 0.3 GMSK gaussian minimum shift keying, el cual 0.3 describe el ancho de banda del filtro gaussiano en relación con la velocidad del bit.

El GMSK es un tipo especial de modulación de frecuencia modulada digital. Los unos y ceros binarios se representan en GSM por desplazamiento en frecuencia de $\pm 67.708\text{KHz}$. La velocidad de datos en GSM es de 270.833333 Kbps , que es exactamente cuatro veces el desplazamiento en

frecuencia. Esto minimiza el ancho de banda ocupado por el espectro de modulación, y por tanto mejora la capacidad del canal.

$$f = 67.708\text{KHz}$$

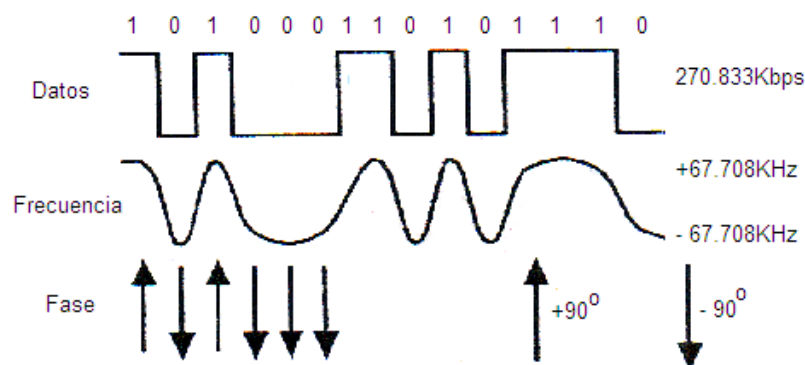
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{67.708\text{KHz}} = 14.769\mu\text{s}$$

$$\text{Datos_muestra} = 4\text{bits}$$

$$\text{Velocidad_datos} = \frac{\text{Datos_muestra}}{T} = \frac{4\text{bits}}{14.769\mu\text{s}} = 270.833\text{Kbps}$$

En la figura 2, se muestra la interpretación de la modulación GMSK, con respecto a la fase y frecuencia de la señal.

Figura 2. Modulación 0.3 GMSK.



0.3 GMSK no es una modulación de fase. El cambio de la frecuencia, o el cambio de la condición de fase es útil para tratar de visualizar el GMSK en un diagrama de I/Q. En la modulación GMSK los unos causan un aumento de fase de 180° y los ceros causan el mismo cambio de fase en dirección opuesta.

1.1.3 Demodulación

La señal recibida por la antena receptora será diferente a la transmitida. Debido a los siguientes factores:

- Atenuación variable de la señal, producido por las pérdidas de espacio libre en la trayectoria entre transmisor y receptor.
- Efecto de propagación por múltiple trayectoria, debido a copias de señal origen debidas a reflexiones y dispersiones.
- Presencia de perturbaciones, ruido e interferencia.

El demodulador debe estimar la secuencia más probable de datos procedentes de la modulación, proporcionado una primera aproximación de la señal recibida distorsionada. Para facilitar al demodulador a desarrollar esta función, se usa un patrón de referencia procedente de la modulación de una secuencia predeterminada que el receptor conoce como secuencia de entrenamiento, la cual permite al receptor estimar la distorsión de la señal debida a la propagación.

Existen numerosos algoritmos de demodulación. Las especificaciones GSM no imponen un algoritmo, pero si una representación general de las medidas después de la corrección de los errores por el canal decodificado, las cuales dependen de condiciones ambientales de transmisión, velocidad de transmisión entre otras.

El algoritmo de demodulador usado en GSM emplea el ecualizador como técnica auxiliar para conseguir un nivel de interferencia entre símbolos aceptable. El ecualizador usado es el algoritmo de Viterbi, el cual permite

encontrar secuencias emitidas teniendo en consideración interferencias y estadísticas de ruido.

1.1.4 Característica del receptor

Un receptor es un dispositivo muy sensible que está diseñado para captar y demodular señales débiles. Una característica principal es la selectividad que puede rechazar señales que estén fuera de la frecuencia de sintonía.

Cuando un receptor está muy cerca del transmisor recibirá señales RF intensas procedentes de esos transmisores ya sea en frecuencia propia de sintonía o en canales adyacentes, en ciertos casos tales señales pueden producir una reducción drástica de su sensibilidad por lo que el receptor deja de recibir señales débiles, a este fenómeno se le llama bloqueo del receptor. Otras características del receptor es la existencia de respuestas parasitas, es decir aceptación de señales fuera de banda que mezcladas con el oscilador local del receptor o alguno de sus armónicos, producen una señal que pasa al receptor y produce interferencia.

1.1.4.1 Calidad

La característica principal de calidad de un receptor digital es la tasa de errores de bits BER. Se obtiene por mediciones, aplicando al transmisor una secuencia aleatoria de bits conocida, extrayendo la secuencia que entrega el receptor y efectuando una comparación entre ambas una vez puestas en fase.

El BER es el cociente entre los bits obtenidos como erróneos y el número total de bits transmitidos.

El otro parámetro de calidad utilizados en GSM es la tasa de error de trama FER, que indica la proporción de tramas recibidas que son incorrectas porque no cumplen las condiciones de paridad del código detector de errores, para lo cual el receptor rechaza esas tramas para no realizar su decodificación. El FER se aplica tanto en los canales de voz como a los de señalización.

1.1.4.2 Sensibilidad

Se entiende por sensibilidad la capacidad de un receptor para proporcionar una señal de salida de una calidad específica con un nivel de entrada determinado. Se cuantifica la sensibilidad especificando tal nivel de entrada en dBm, para una calidad de la señal de salida definida en términos de tasa de errores para los receptores digitales y para unas condiciones de propagación determinadas.

Cuanto menor sea el nivel de entrada requerido para el logro de esa calidad, mejor será la sensibilidad del receptor.

1.1.4.3 Intermodulación

Si una señal interferente cae en la frecuencia de sintonía se producirá interferencia co-canal y si ésta es importante se degradará o incluso, se anulara la recepción de la señal deseada. La respuesta de intermodulación de un receptor es en consecuencia la que se obtiene a su salida como resultado de la

presencia de dos o más señales de alto nivel en una sección no lineal de las etapas de RF, esto aparece generalmente cuando el receptor está próximo a una estación base transreceptora de la que puede recibir una señal interferente de suficiente potencia y desaparecerá cuando el receptor se aleje de ese punto.

1.2 Cómo opera un móvil en la red

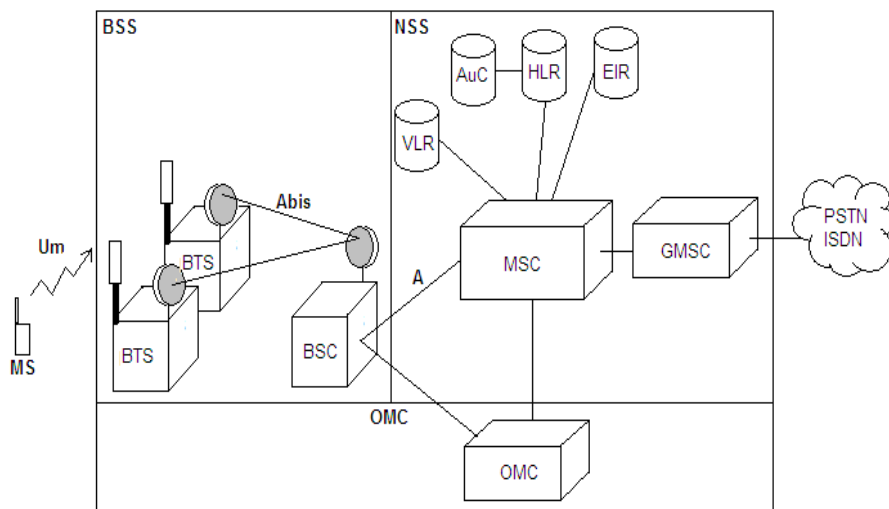
1.2.1 Operación

La estación móvil MS representa únicamente la parte del sistema que ve el usuario, existen estaciones móviles de varios tipos como los adaptados a los vehículos, y equipos portátiles pero los más utilizados frecuentemente son las terminales móviles de mano.

Las estaciones móviles, se comunican por medio del sistema de estación base BSS, a través de una interface aérea de radiofrecuencia Um. El sistema de estación base BSS, consiste en una estación base transreceptora BTS y un controlador de estación base BSC. El BSS por tanto, agrupa el conjunto de todo el equipo relacionado con los aspectos radio de la red celular para la transmisión y recepción de radio y de su gestión. Por otro lado, el BSS también está en contacto con el subsistema de conmutación y gestión NSS el cual debe gestionar las comunicaciones y conectar las estaciones móviles a otro tipo de redes EIR, ISDN PTSN, MSC, o a otras estaciones móviles. El BSS también tiene que ser controlado, y por tanto debe estar en contacto con el centro de operaciones y mantenimiento OMC el cual es necesario para la operación y mantenimiento remoto de dicha red, así como otras funciones accesorias como

la supervisión del estado global de la red. En la figura 3, se describe la arquitectura funcional de la red GSM

Figura 3. Arquitectura funcional de la red GSM.



Las especificaciones técnicas de GSM definen básicamente las entidades que forman la red a través de sus funciones y los requisitos de las interfaces entre ellas. La red GSM se divide en 3 grandes bloques.

1.2.1.1 Sistema de estación base BSS

El sistema de estación base comprende las funciones de capa física, según el modelo OSI para la interconexión con el MS a través de la interfaz radio Um. Para ello hace uso de un conjunto de canales lógicos. Los canales lógicos son estructuras de datos y protocolos que realizan funciones de intercambio de información necesarias para:

- Seguimiento localización de las MS y aviso de las mismas.
- Establecimiento de las llamadas.
- Mantenimiento de las comunicaciones establecidas.
- Supervisión y control de la calidad.
- Facilidades operativas.

En el BSS se identifican dos unidades funcionales.

1. Estación base transreceptor BTS: Es el medio de comunicación entre el terminal y la red. Activa los canales que la BSC le indique. Envía al terminal la información de tráfico, información de control de potencia y de alineamiento temporal.
2. Controlador de estación base BSC: Controla un número determinado de estaciones base. Responsable del establecimiento y finalización de la llamada con los teléfonos móviles. Supervisa las conexiones durante la llamada y supervisa la potencia y la calidad de señal tanto en el enlace ascendente como descendente.

1.2.1.2 Subsistema de conmutación y gestión NSS

El subsistema de conmutación y gestión tiene a su cargo todas las funciones requeridas para manejar los productos de señalización necesarios para el establecimiento, mantenimiento y liberación de las llamadas, con la componente específica de la movilidad. Las funciones básicas del NSS son:

- Localización y registro con autenticación de los abonados.
- Encaminamiento de las llamadas
- Gestión de los recursos radio durante las llamadas.

- Tratamiento de los aspectos de las llamadas relacionados con la movilidad de los usuarios.
- Intercambio de señalización entre entidades funcionales de la red GSM.

El subsistema de conmutación y gestión está constituido por las siguientes unidades funcionales.

1. Centro de conmutación de móviles MSC: es el que se encarga del establecimiento, encaminamiento, control, terminación y tarificación de las llamadas. Gestiona las ubicaciones en el VLR y lo comunica al HLR. Funciona como interfaz con otras redes PTSN, PLMN, ISDN etc.
2. Registro general de abonados HLR: almacena la base de datos de servicios contratados, datos de autenticación. Aproximadamente un HLR alberga 1 millón de clientes dependiendo del suministrador.
3. Registro de visitantes VLR: es una base de datos en la que guarda información temporal de cada cliente que se encuentra en el área de influencia de los MSC. El VLR contiene la información sobre los niveles de suscripción, servicios suplementarios y área de localización para un abonado que se encuentra o al menos se encontraba recientemente en la zona visitada.
4. Centro de Autenticación AuC: utilizado para aspectos de seguridad del sistema.
5. Registro de identidad de equipos EIR: contiene información de los equipos válidos dentro del sistema y permite restringir llamadas a teléfonos robados o no autorizados.

1.2.1.3 Subsistema de operación y mantenimiento OMC

Este subsistema tiene a cargo las funciones de gestión local y remota de la red, realiza el control de alarmas de todos los elementos de red, supervisión de carga de los elementos de la red para que no exista congestión. Otra función es la generación de estadísticas de red para la evaluación de sus prestaciones. Una de las funciones fundamentales es la configuración de MSC, BSC, BTS con referencia a frecuencias de cada TRX, vecindades, bases de datos de BSC y áreas de localización.

1.2.1.4 Interfaces de red

Existen tres importantes interfaces que realizan la conexión para las distintas etapas en la arquitectura de red GSM.

1. Interfaz Um:

- Permite la conexión MS-BTS mediante una combinación de TDMA y FDMA.
- Funcionamiento multi-slot para GPRS.

2. Interfaz A_{bis}:

- Permite la conexión entre BTS-BSC mediante tramas PCM de 30+2 canales de 64Kbps.
- Los canales de radio de 13Kbps + 3 Kbps de señalización se agrupan por grupos de 4 en un canal de 64Kbps.

3. Interfaz A:

- Permite la conexión entre BSC-MSC, utiliza tramas PCM de 2Mbps (30 + 2 canales de 64Kbps).

- Los canales de radio de 16Kbps se convierten a canales de 64Kbps.

1.2.2 Redes

El estándar GSM define una red telefónica móvil terrestre PLMN, que comprende el acceso radio con estructura celular, la transmisión, conmutación y señalización específica para soportar las funciones de movilidad y los mecanismos de seguridad para el establecimiento de las llamadas y la protección de la información transmitida durante éstas. La red PLMN-GSM proporciona a usuarios fijos y móviles la intercomunicación con abonados o con recursos de otras redes fijas o móviles, incluidos los servicios asociados a ellas.

La red PLMN-GSM tiene un grado de conectividad limitado, como red, sólo puede manejar internamente llamadas entre estaciones móviles que dependan de una misma central. Para todas las demás llamadas entre móviles que requieran la intervención de diferentes centrales y las llamadas en que intervenga un terminal de red de telefonía convencional, se requiere el ingreso de la red telefónica básica, PSTN.

También cabe destacar una de las características más importantes de la PLMN, es la especificación de interfaces abiertas entre distintas unidades funcionales de red, en el marco del modelo OSI y siguiendo la normativa de los servicios de redes digitales integradas, ISDN para la caracterización de la señalización y las funciones de red de la misma. Las funciones básicas que debe ejecutar la red PLMN- GSM, se puede resumir en 4 etapas:

1. Prestación de servicios básicos

- Establecimiento y supervisión de las llamadas con las PSTN/ISDN y otras PLMN
- Autenticación de usuarios y equipos
- Encriptación de llamadas
- Llamadas de emergencia
- Servicios suplementarios

2. Funciones de movilidad

- Localización y registro de abonados.
- Itinerancia
- Traspasos
- Radio búsqueda

3. Funciones de gestión de red

- Operación, mantenimiento
- Gestión de abonados

4. Gestión de recursos de radio

- Asignación de frecuencias
- Mediciones de señal
- Saltos de frecuencia

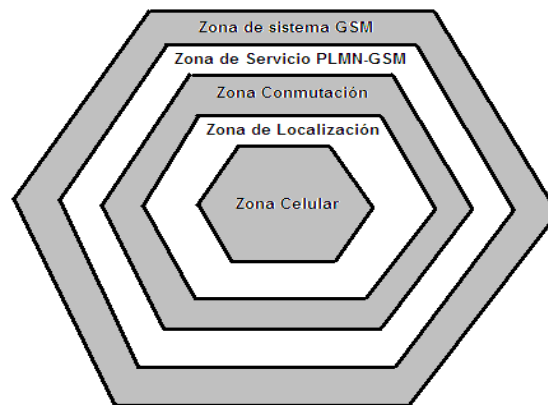
La norma GSM ha previsto el interfuncionamiento de la PLMN-GSM con las siguientes redes: PSTN, ISDN, PSPDN, CSPDN y otras PLMN-GSM. En la PLMN-GSM se distinguen las siguientes posibilidades de conexión:

- 1) Usuario GSM a usuario de red fija o digital
- 2) Usuario GSM a usuario GSM.

3) Usuario GSM a un recurso interno de red GSM.

Como en toda red de telecomunicaciones, la PLMN-GSM tiene también niveles jerárquicos que se corresponden con zonas o áreas de control, tanto de la propia red como de sus elementos básicos constituidos. En la figura 4 se indica esquemáticamente la jerarquía.

Figura 4. Niveles jerárquicos de la red PLMN – GSM.



- 1) Zona de sistema GSM, es el nivel más alto jerárquicamente, constituida por el área resultante de la unión de todas las zonas del mundo en las que se presta servicio GSM. Todo abonado GSM puede efectuar y recibir llamadas dentro de esta zona.
- 2) Zona de servicio PLMN-GSM, es el área geográfica en la que un operador determinado proporciona servicio a sus abonados.
- 3) Zona de conmutación, es la superficie controlada por un MSC, es decir el conjunto de cobertura de estaciones base conectadas al mismo MSC.

- 4) Zona de localización, es el área dentro del cual una estación móvil puede desplazarse libremente sin que se modifique su registro de localización, comprende varias estaciones base. Cuando es necesario alertar a un móvil para pasarle un mensaje o llamada entrante, se le avisa por las estaciones base de la zona de localización LAC.

- 5) Zona celular, es el área cubierta por la estación base, dentro de la cual una estación móvil puede conectarse vía radio a esa base. Si se utiliza cobertura sectorizada con N sectores comúnmente $N=3$, se definen N áreas de celda servidas por otras tantas estaciones de base.

1.2.3 Celdas

El diseño de un sistema celular de cobertura para el acceso en una PLMN, es una actividad compleja, en la que han de tenerse en cuenta numerosos factores interdependientes, entre los que pueden destacarse los siguientes:

- Cobertura radioeléctrica
- Limitación de las frecuencias
- Movilidad de los usuarios
- Distribución de tráfico
- Introducción de nuevos servicios

1.2.3.1 Tipos de celda

Cuando el diseñador de una red móvil se dispone a realizar el diseño y la planificación de la red una de las tareas que debe considerar es la decisión de la arquitectura y topología que se ajuste a las necesidades del diseño. La distribución geográfica de las estaciones móviles el comportamiento del tráfico de los usuarios, la calidad requerida y la cobertura para el servicio, constituyen los puntos iniciales para establecer la planificación celular.

Al tratar de celdas, se consideran dos aspectos: forma geométrica y tamaño.

1. Forma geométrica: La forma de las celdas en los planes nominales depende del tipo de antena y de la potencia emitida por cada estación base. Normalmente se usan dos tipos de antenas, las de diagrama horizontal omnidireccional y las directivas.
2. Tamaño de las celdas: Según su tamaño pueden clasificarse las celdas:
 - Grandes o macrocelda: radio de cobertura de 1.5 a 20 Km. Su aplicación es en carreteras y entornos rurales.
 - Pequeñas o miceldas: radio de cobertura de 0.7 a 1.5 Km. Su aplicación es en áreas urbanas.
 - Microceldas: radio de cobertura de 0.3 a 0.7 Km. Usadas para cubrir zonas determinadas de ciudades con elevada densidad de tráfico y penetración en interiores de edificios.
 - Picoceldas: radio de cobertura de 30 a 200m, usadas para cobertura de lugares especiales como centros comerciales, aeropuertos y oficinas.

1.2.3.2 División celular

La reducción del tamaño de una celda aumenta la capacidad de tráfico, sin embargo, el empleo de celdas pequeñas requiere más emplazamientos y supone un costo mayor en infraestructura. La división celular generalmente tiene lugar en el punto medio del área congestionada y se podrán realizar tantas divisiones sucesivas como sea posible hasta llegar al mínimo tamaño celular.

Es común que en una red se usen celdas de diferentes tamaños: las celdas pequeñas áreas de mayor tráfico y celdas más grandes con un menor tráfico. La división celular implica un valor diferente de la distancia de reutilización para los distintos tamaños de celdas, lo cual producirá problemas especialmente en el plan de frecuencias. Para evitar que estas celdas de menor tamaño interfieran sobre las celdas de tamaño mayor, se asigna un grupo de canales de forma exclusiva a estas celdas pequeñas, que no será reutilizado en las grandes.

1.2.3.3 Sectores

La sectorización, aparece como una alternativa a la división celular, consiste en dividir una celda, generalmente omnidireccional, en un número de sectores cada uno de los cuales es servido por un número determinado de canales y alimentado por una antena directiva. El uso de la sectorización disminuye considerablemente las interferencias co-canales, y posibilita la reducción de la distancia de reutilización, obteniendo mayor número de canales por celda o lo que es lo mismo mayor capacidad. La técnica de la sectorización es muy atractiva ya que permite un crecimiento del sistema con una reducida inversión comparada con la técnica de división celular.

1.2.4 Handoff

La movilidad de los usuarios en un sistema celular es la fuente de mayores diferencias con la telefonía fija en particular con las llamadas recibidas. Una red fija puede encaminar una llamada hacia un usuario fijo simplemente sabiendo su número de teléfono, dado que el conmutador local, al cual se conecta directamente la línea del abonado, no cambia. Sin embargo en un sistema celular la celda en la que se debe establecer el contacto con el usuario cambia cuando éste se mueve. Para recibir llamadas, primero se debe localizar al usuario móvil, y después el sistema debe determinar en que celda esta actualmente.

En la práctica se usan tres métodos diferentes para tener este conocimiento. En el primer método, la estación móvil indica cada cambio de celda a la red. Se llama actualización sistemática de la localización al nivel de celda. Cuando llega una llamada, se necesita enviar un mensaje de búsqueda sólo a la celda donde está el móvil, ya que ésta es conocida.

Un segundo método sería enviar un mensaje de página a todas las celdas de la red cuando llega una llamada de la red cuando llega una llamada, evitándonos así la necesidad de que el móvil esté continuamente avisando a la red de su posición. El tercer método es un compromiso entre los dos primeros introduciendo el concepto de área de localización. Un área de localización es un grupo de celdas, cada una de ellas pertenecientes a un área de localización simple. La identidad del área de localización a la que una celda pertenece se les envía a través de un canal de difusión, permitiendo a las estaciones móviles saber el área de localización en la que están en cada momento.

En el modo dedicado, y en particular cuando una llamada está en progreso, la movilidad del usuario puede inducir a la necesidad de cambiar de celda servidora, en particular cuando la calidad de la transmisión cae por debajo de un umbral. Con un sistema basado de células grandes, la probabilidad de que ocurra esto es pequeña y la pérdida de una llamada podría ser aceptable. Sin embargo, si deseamos lograr grandes capacidades tenemos que reducir el tamaño de la celda, con lo que el mantenimiento de las llamadas es una tarea esencial para evitar un alto grado de insatisfacción en los abonados.

El proceso de la transferencia automática de una comunicación de voz o datos en progreso de una celda a otra para evitar los efectos adversos de los movimientos del usuario se le llama handover. Este proceso requiere primero algunos medios para detectar la necesidad de cambiar de celda mientras estamos en el modo dedicado preparación del handover, y después se requieren los medios para conmutar una comunicación de un canal en una celda dada a otra celda, de una forma que no sea apreciable por el usuario.

1.2.5 Canales

1.2.5.1 Canales de tráfico

Los canales de tráfico TCH, en GSM pueden ser canales de tráfico a velocidad completa FR o de velocidad media HR, y pueden transportar voz digitalizada o datos de usuario. Cuando transmitimos a velocidad completa, los datos están contenidos en una trama. Cuando transmitimos a velocidades medias, los datos de usuario se transportan en el mismo slot de tiempo, pero se envían en tramas alternativas.

Los TCH se usan para llevar voz codificada o datos de usuario. Se definen en GSM dos formas generales de canales de tráfico.

- a. Canal de tráfico a velocidad completa, este canal transporta información a una velocidad de 22.8 kbps.
- b. Canal de tráfico a velocidad media, este canal transporta información a una velocidad de 11.4 kbps.

1.2.5.2 Canales de control

Los canales de control, se definen tres tipos de canales de control: difusión, comunes y dedicados. Cada canal de control consiste en varios canales lógicos distribuidos en el tiempo para proporcionar las funciones de control necesarias en GSM.

- a. Canales broadcast BCH, opera en el enlace descendente, específico dentro de cada celda, canal guía para cualquier móvil cercano que lo identifique y se enganche a él.
- b. Canales comunes CCCH, son los más comunes dentro de los canales de control y se usan para buscar a los abonados, asignar canales de señalización a los usuarios y recibir contestaciones de los móviles para el servicio.
- c. Canales dedicados DCCH, se usan para proporcionar servicios de señalización requeridos por el usuario.

1.2.6 Interfaz radio

Un canal de radio es un medio extraordinariamente hostil para establecer y mantener comunicaciones fiables. Todos los esquemas y mecanismos que se usan para hacer posible la comunicación en el canal de radio, se agrupan en los procedimientos de la interfaz de radio. Los siguientes procesos son los que se llevan en la interfaz radio.

El acceso a sistemas truncados depende si el número de canales disponibles para todos los usuarios de un sistema de radio es menor que el número de posibles usuarios, entonces a este sistema se le llama de radio truncado. El truncamiento es el proceso por el cual los usuarios participan simultáneamente de un determinado número de canales de forma ordenada. Un sistema GSM es un sistema de radio truncado, porque hay menos canales que abonados que posiblemente quieran usar el sistema al mismo tiempo. El acceso se garantiza dividiendo el sistema en uno o más de sus dominios: frecuencia, tiempo, espacio.

1. Frecuencia: acceso múltiple por división en frecuencia FDMA, es la manera más común de acceso truncado. Con FDMA, se asigna a los usuarios un canal de un conjunto limitado de canales ordenados en el dominio de la frecuencia. Los sistemas FDMA frecuentemente tienen más de un canal de control para manejar todas las tareas de control de acceso. Una de las características importantes de los sistemas FDMA es que una vez que se asigna una frecuencia a un usuario, ésta es usada exclusivamente por ese usuario hasta que éste no necesite el recurso.
2. Tiempo: acceso múltiple por división en el tiempo TDMA, es común en los sistemas de telefonía fija. En los sistemas modernos celulares y

digitales, TDMA implica el uso de técnicas de compresión de voz digitales, que permite a múltiples usuarios compartir un canal común utilizando un orden temporal. La codificación de voz moderna, reduce mucho el tiempo que se lleva en transmitir mensajes de voz, eliminando la mayoría de la redundancia y periodos de silencio en las comunicaciones de voz.

3. Espacio: acceso múltiple por división de espacio SDMA, se usa en todos los sistemas celulares, analógicos o digitales. Por tanto, en los sistemas celulares se diferencian de otros sistemas de radio truncados solamente porque emplean SDMA. Los sistemas de radio celulares, permiten el acceso a un canal de radio, siendo éste reutilizado en otras celdas dentro del sistema, el factor que limita SDMA es el factor de reutilización de frecuencia.

1.2.6.1 Tramas

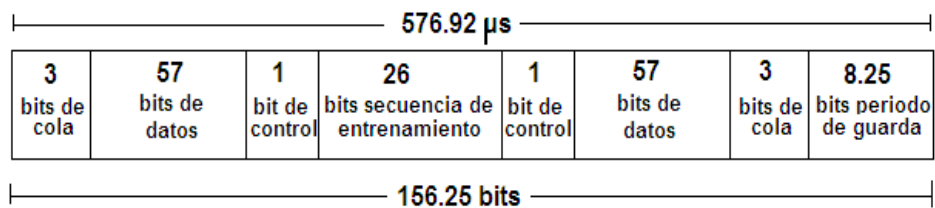
Cada usuario transmite una ráfaga de datos durante cada ranura de tiempo asignado. Estas ráfagas de datos pueden tener uno de cinco posibles formatos, definidos en el estándar GSM.

1. Ráfaga de acceso: son ráfagas empleadas por el móvil para acceder a una estación base cuando demanda un canal de la misma.
2. Ráfaga de corrección: estas ráfagas únicamente se utilizan en el enlace descendente, a través de estas ráfagas el móvil realiza un ajuste fino de la frecuencia de sintonía.

3. Ráfaga de sincronización: estas ráfagas utilizadas únicamente en el enlace descendente, tienen por finalidad posibilitar la sincronización del reloj de la estación móvil con el de la estación base.
4. Ráfagas de relleno: son ráfagas que se radian cuando no hay información que transmitir
5. Ráfagas normales: Estas ráfagas se utilizan tanto en el enlace descendente como ascendente, lo cual se refiere del móvil hacia la estación base y viceversa. Estas ráfagas llevan información de tráfico o canales de control.

De los cinco formatos de ráfagas la ráfaga normal, es una de las más importantes. La estructura de datos dentro de una ráfaga normal se muestra en la figura 5.

Figura 5. Estructura de la ranura de la ráfaga normal.



$$T = 576.92 \mu s$$

$$Datos_ranura = 156.25 bits$$

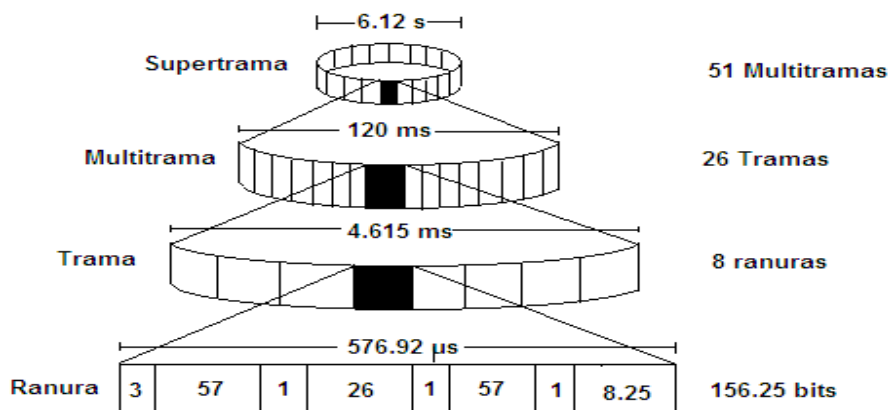
$$Velocidad_datos = \frac{Datos_ranura}{T} = \frac{156.25 bits}{576.92 \mu s} = 270.8333 Kbps$$

La estructura dentro de la ráfaga normal está formada por 148 bits = 3+57+1+26+1+57+3 que se transmiten a una velocidad de 270.8333 Kbps y 8.25 bits sin uso proporcionar un tiempo de guarda al final de cada ráfaga. De los 148 bits por ranura de tiempo, 114 bits = 57+57 son bits de información que

se transmiten en dos secuencias de 57 bits al comienzo y al final de la ráfaga. En el centro de la ráfaga hay una secuencia de 26 bits de entrenamiento que permiten al ecualizador adaptativo del móvil o de la estación base analizar las características del canal de radio antes de decodificar los datos.

Durante una trama TDMA existen 8 ranuras, el móvil usa una ranura de tiempo para transmitir y uno para recibir, puede usar seis ranuras para medir la potencia de la señal de cinco estaciones base adyacente así como la de su propia estación base en la figura 6, se muestra la jerarquía de las tramas TDMA desde una supertrama hasta una ranura.

Figura 6. Jerarquía de tramas TDMA.



Existen hipertrama que contienen 2048 supertramas, para lo cual una hipertrama completa se envía cada 3 horas, 28 minutos y 54 segundos, y es importante en GSM dado que los algoritmos de encriptación relacionan este particular número de tramas, y solo se pueden obtener una suficiente seguridad si se usa un número suficientemente grande como el que proporciona la hipertrama.

1.2.6.2 Paging

En una red móvil como GSM, los canales de radio se asignan dinámicamente. En GSM, así como en otros sistemas de telefonía celular, el usuario que está en espera permanece atento a las posibles llamadas que se puedan producir escuchando un canal específico. Este canal transporta mensajes llamados de búsqueda su función es la de advertir que un usuario móvil está siendo llamado. Este canal es emitido en todas las celdas, y el problema de la red es determinar en qué celdas llamar a un móvil cuando se le necesite.

1.2.6.3 Origen de las llamadas

El establecimiento de cualquier llamada ya sea el móvil origen o destino de la llamada, requiere medios específicos por los cuales la estación móvil pueda acceder al sistema para obtener un canal. En GSM, este procedimiento de acceso se realiza sobre un canal específico del móvil a la base. Este canal, que envía además de otra información, los mensajes de búsqueda, es conocido en GSM como canal común dado que lleva información hacia y desde el móvil al mismo tiempo. Los canales asignados durante un periodo de tiempo a un móvil se les llaman canales dedicados. Basados en esta distinción se pueden definir dos macro-estados:

- Modo desocupado ("idle"), en el que el móvil escucha; la estación móvil no tiene ningún canal para sí misma.
- Modo dedicado, en el que se asigna un canal bidireccional a la estación móvil para sus necesidades de comunicación,

permitiéndole a éste intercambiar información punto a punto en ambas direcciones.

1.2.7 Trayectoria de la señal

El servicio más importante ofrecido al usuario de GSM es la transmisión de voz. El requerimiento técnico general es simple: transmitir señales de voz con un nivel aceptable de calidad. En los sistemas analógicos de radio, la señal continúa de baja frecuencia, también llamada como señal en banda base, modula la portadora de radio frecuencia. En el receptor, se realiza la demodulación de la señal de forma que se obtiene de nuevo la señal en banda base más el ruido introducido por el canal.

Debido a la reducida capacidad del canal disponible, es deseable minimizar el número de bits que necesitamos transmitir. El dispositivo que transforma la voz humana en una cadena digital de datos que se puede transmitir a través de la interfaz de radio y genera una representación analógica audible de los datos recibidos es el vocoders.

1.2.7.1 Vocoders

El vocoders o codificadores de fuente forma parte de cada estación móvil diseñado para extraer información acerca de la modulación de voz y discrimina entre diferentes tipos de sonidos y su correspondiente frecuencia base.

El codificador funciona sobre la base del análisis de la voz, extrayendo los parámetros fundamentales que se transmiten de forma codificada, como sigue:

1. La señal vocal puede simularse mediante un filtro que representa el comportamiento del tracto vocal, aplicando a su entrada una mezcla de onda global y ruido sordo. Los coeficientes de este filtro pueden calcularse a partir de muestras de la señal vocal, de forma que el filtro modela la envolvente espectral a corto plazo de la señal de voz. La etapa de análisis a corto plazo del codificador obtiene esa señal global y de ruido a partir de la señal vocal: es la señal residual a corto plazo.
2. La señal de voz se caracteriza por tener un alto grado de redundancia. Esta redundancia puede eliminarse, en gran parte, a través de un análisis a largo plazo de la señal que permita identificar bloques previos de señal de gran semejanza con el bloque actual y eliminar esta parte común, de forma que lo que realmente se transmita sea precisamente el residuo a largo plazo de la señal vocal: ésta es la excitación residual por pulsos.
3. Esta señal residual puede “muestrearse” y codificarse de forma que el número de bits que se necesiten para esto se minimice.

1.2.7.2 Código de canal

El hecho que el terminal móvil esté en movimiento y las irregularidades del terreno produce variaciones y desvanecimientos en la señal recibida por el móvil. Estas variaciones producen errores en las transmisiones digitales,

dependiendo de los entornos en el que se encuentra el móvil, en el entorno rural cuando estos desvanecimientos son muy grandes descendiendo demasiado el nivel de señal, en el entorno urbano el nivel de interferencia cocanal puede superar el límite tolerado.

Para proteger la transmisión contra errores la codificación del canal se basa en añadir redundancia a los datos generados por la codificación de la fuente de forma que se detecten e incluso se corrijan algunos errores introducidos por el canal que suponemos que contiene ruido blanco o gaussiano aditivo.

El proceso de codificación de canal normalmente se compone de dos codificaciones sucesivas. Primero se aplica un código bloque y luego se aplica un código convolucional. Para explicar en forma general, en qué consiste un código bloque, supondremos que tenemos k bits de entrada en el codificador a R bps. A la salida de éste, vamos a tener n bits con $n > k$ a una velocidad de R/R_c bps, en donde el factor R_c es un valor adimensional llamado redundancia, y que es k/n (donde $k/n < 1$). Un código convolucional implica el concepto de memoria, ya que se forma a partir de un registro de desplazamiento.

1.2.7.3 Intercalamiento

Los desvanecimientos que se mencionaron en el código de canal, generan errores en los sistemas móviles, que evolucionan a una velocidad menor que 270.8333 Kbps que es la velocidad de transmisión del sistema GSM y por lo tanto los errores tienden a suceder en ráfagas. Los errores en el canal se distribuyen en períodos con una alta tasa de error seguido de intervalos muy largos con tasas de error baja. Para el código corrector de errores trabaje

adecuadamente los errores deben estar distribuidos más o menos uniformemente en el tiempo por lo que la reordenación y el interlineado son las vías en que esto es conseguido en el sistema GSM.

En la realidad no se suele producir un error en un bit puntual, sino que es más probable que afecte a un conjunto consecutivo de ellos. La codificación del canal que hemos visto ahora es efectiva en la dirección y corrección de mínimos errores, pero no cuando la cantidad de información perdida consecutiva es grande. Para ellos se necesita un modo de dispersar los bits consecutivos que forman un mensaje, lo cual es la función de intercalamiento.

2. MEDICIONES MÓVILES EN EL LABORATORIO

2.1 Mediciones en móviles

La emisión radioeléctrica es aquella que hace uso del espectro radioeléctrico, propagando ondas radioeléctricas sin guía artificial, es por ello que aquellos equipos o aparatos que se conectan físicamente a la red pública de telecomunicaciones de cualquier tipo de servicio requieren ser homologados. El proveedor establece la normativa de uso del servicio, estableciendo la homologación de terminales y equipos para adecuarse a la red portadora, de este modo se consigue la capacidad completa de comunicación entre usuarios. Las distintas administraciones dictan normas de homologación de equipos y proceden a la homologación de los mismos cuando cumplen dichas normas. Existen organizaciones nacionales e internacionales que se basan en estudios técnicos que recomiendan normativas, cuya finalidad es facilitar las telecomunicaciones a escala global. La homologación de equipos de telecomunicaciones que se conecten a la red pública telefónica y de equipos que utilizan el espectro radioeléctrico, está dirigido a empresas de telecomunicaciones o a personas naturales que requieran la aprobación de equipos para ser utilizados en el país.

2.2 Magnitudes a medir

Los estándares GSM definen un sistema de comunicaciones radio que funciona correctamente sólo si sus componentes operan dentro de los rangos de aceptación. De este modo se establece el compromiso entre la calidad

experimentada por un usuario individual y el nivel de interferencia experimentada por el resto de usuario. Los teléfonos móviles y las estaciones base deben transmitir suficiente potencia como para mantener una calidad de llamada aceptable con base a un nivel mínimo de relación señal a ruido en el receptor, por otra parte no debe transmitir excesiva potencia debido a que interferirá a los canales de frecuencias o ranuras de tiempo vecinas.

Para caracterizar las prestaciones de los transmisores y receptores GSM se emplean medidas que determinan la calidad experimentada por el usuario e incluyen: errores de frecuencia y de fase, potencia media de portadora de RF transmitida y potencia de portadora de RF transmitida en función del tiempo, frecuencias espurias, sensibilidad del receptor y la medida de handover, que a continuación analizaremos en qué consisten cada una de estas medidas basándose en los estándares ETSI y ANSI.

2.2.1 Que indican las mediciones

El móvil GSM es fundamentalmente un radio, tiene un transmisor y un receptor junto con una circuitería de control. Cuando un móvil funciona en el ambiente de RF se ve afectado por muchas señales de interferencia. La señal puede ser perfecta dentro del móvil pero una vez fuera de la antena los errores tendrán influencia hacia él. La sección siguiente trata de la comprobación por medio de pruebas y resultados de la modulación de GMSK usada en GSM la cual asegura a la señal original un alto grado de calidad.

2.2.1.1 Error de frecuencia

Esta medición permite probar la calidad de los sintetizadores de frecuencia y es especialmente importante cuando se activa dentro del sistema la funcionalidad de salto de frecuencia FH.

Los resultados esperados del error de frecuencia, de acuerdo a las especificaciones GSM se muestran en la tabla II.

Tabla II. Error de frecuencia permitido

Error de Frecuencia Permitido (GSM estandar)		
GSM 850/900/E-GSM	GSM 1800 (PCN)	GSM 1900 (PCS)
$\leq \pm 90\text{Hz}$	$\leq \pm 180\text{Hz}$	$\leq \pm 180\text{Hz}$

- Es satisfactorio si el parámetro está dentro de los límites.
- Es insatisfactorio si el error de frecuencia se excede, generando interferencia.

El propósito de la medición es verificar que la frecuencia central de la portadora del móvil no exceda los requerimientos permitidos en referencia a Tabla II, ya que un corrimiento alto en frecuencia indica un pobre desempeño de los osciladores y sintetizadores del transmisor, generando interferencia a los canales adyacentes.

2.2.1.2 Error de fase

Esta medición es un parámetro fundamental en GSM para garantizar la calidad de modulación. La medida de error de fase puede revelar la precisión del modulador del transmisor, ya que un error de fase elevado indica problema

en el generador I/Q de banda base, en los filtros o en la circuitería del modulador.

Los resultados esperados del error de fase de acuerdo a las especificaciones GSM se muestran en la tabla III.

Tabla III. Error de fase permitido

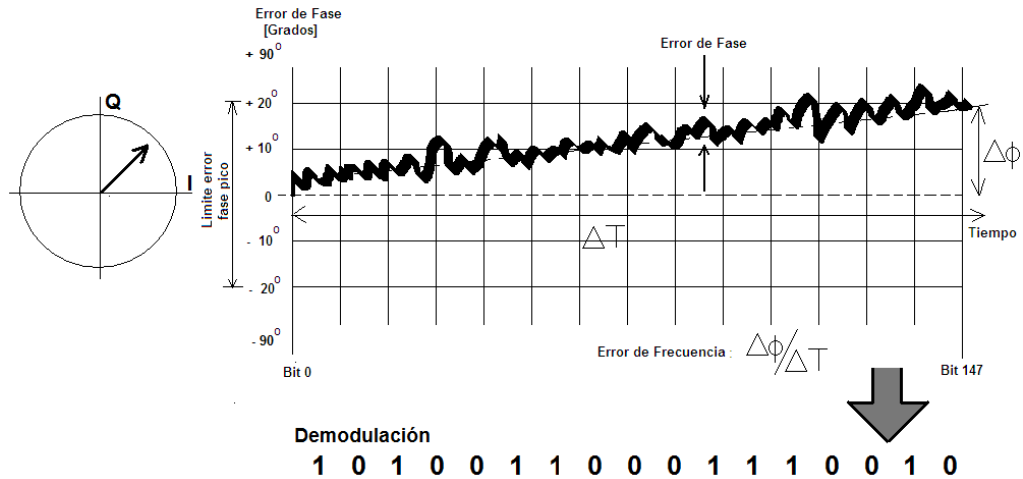
Error de Fase Permitido (GSM estandar)
Error de Fase (Valor RMS) < 5 grados
Error de Fase pico < 20 grados

- Es satisfactorio si el parámetro está dentro de los límites.
- Es insatisfactorio si el error de fase sobrepasa los límites, generando llamadas caídas.

El propósito de la medición es medir el corrimiento en fase del transmisor del móvil, para mantener establecida una conexión de llamada y también evitar la distorsión de la señal de voz.

Si la terminal transmisora falla debido al error de fase se incrementara la probabilidad de la tasa de error de canal disminuyendo la cobertura efectiva de la radio base. Los errores de fase y de frecuencia son complejos, aunque los modernos equipos de medición pueden realizar todo el cálculo y procesado de señales necesarios de forma automática, En la figura 7 se representa esquemáticamente en qué consiste la medida del error de fase. El error de frecuencia se puede derivar a partir del gradiente medio (fase/tiempo) de la señal de error de fase.

Figura 7. Medida de error de fase y frecuencia.



2.2.1.3 Potencia de portadora de RF vrs tiempo

Esta medición evalúa la envolvente de la potencia de la portadora en el dominio del tiempo basada en una máscara preestablecida en el estándar GSM. Un fallo en esta medida indica problemas en los amplificadores de salida o en el bucle de control de nivel de potencia.

Los transmisores GSM conmutan la potencia de salida entre los estados “encendido” y “apagado” dentro de las ranuras de tiempo TDMA que tiene asignada para evitar interferencia en ranuras adyacentes dentro de la misma portadora. Si el transmisor se conecta muy lento la trama de datos al comienzo de la ráfaga pueden perderse provocando la degradación en la calidad del enlace, y si los transmisores se desconectan muy lento, provocara que la siguiente trama de datos experimente interferencia.

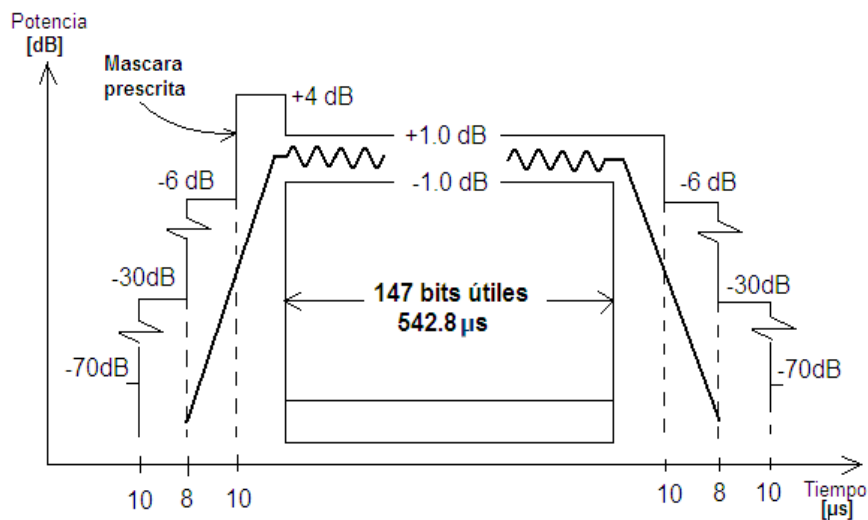
La máscara de potencia impuesta por el estándar GSM se muestra en la figura 8. En el eje horizontal el tiempo, la medida se referencia respecto a la

transición entre los bits de secuencia de entrenamiento y en el eje vertical la potencia, la medida se referencia respecto a la potencia media transmitida.

Los resultados esperados se miden con respecto a la potencia pico de la portadora transmitida. El propósito de la prueba es medir la incertidumbre de la potencia en el tiempo, para un canal TDMA de la trama GSM.

La señal TDMA de cada canal GSM o ranura de tiempo debe ser conmutada adecuadamente para evitar interferencias en los canales TDMA adyacentes dentro de la misma portadora.

Figura 8. Máscara de la ráfaga TDMA GSM.



2.2.1.4 Potencia media de portadora RF transmitida

Esta medición verifica el valor de la potencia de canal dentro de la trama GSM. Se inyecta al aparato con señales de control de incremento de potencia y se mide la respuesta.

La potencia de salida es una característica fundamental del transmisor y está relacionada directamente con el alcance. Los sistemas terminales GSM utilizan un control de potencia dinámico para asegurar que cada enlace se mantenga estable con un mínimo de potencia.

Los transmisores requieren un procedimiento de calibración para cumplir con las especificaciones GSM, esta calibración consiste en la construcción de una tabla de factores de calibración para las distintas potencias y frecuencias, de tal forma que se corrijan los efectos de la variación de los componentes.

Los resultados esperados se muestran en la tabla IV, la potencia máxima (control de potencia constante) radiada por el móvil.

Tabla IV. Potencia máxima radiada por el móvil

Clase Potencia	Potencia Salida Maxima Nominal			Tolerancia (dB)	
	GSM 400 - 850 - 900	DCS 1800	PCS 1900	normal	extrema
1	----	1W (30dBm)	1W (30dBm)	±2	±2.5
2	8W (39dBm)	0.25 (24dBm)	0.25 (24dBm)	±2	±2.5
3	5W (37dBm)	4W (36dBm)	2W (33dBm)	±2	±2.5
4	2W (33dBm)			±2	±2.5
5	0.8W (29dBm)			±2	±2.5

El control de potencia dinámico se especifica en la tabla V para terminales GSM 850MHz y para terminales GSM 1900MHz se especifican en la tabla VI.

Tabla V. Control de potencia para terminales GSM 850MHz.

Clase Potencia				Nivel de Control de Potencia	Potencia de Salida Transmitida (dBm)	Tolerancia (dB)	
2	3	4	5			Normal	Extrema
*				2	39	±2	±2.5
*	*			3	37	±3 (nota)	±4 (nota)
*	*	*		4	35	±3	±4
*	*	*	*	5	33	±3 (nota)	±4 (nota)
*	*	*	*	6	31	±3	±4
*	*	*	*	7	29	±3 (nota)	±4 (nota)
*	*	*	*	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	±3	±4
*	*	*	*	17	9	±3	±4
*	*	*	*	18	7	±3	±4
*	*	*	*	19	5	±3	±4

Nota: Cuando el nivel de control de potencia corresponde a la clase de potencia del terminal móvil, las tolerancias serán 2 dB bajo condiciones de pruebas normales y 2.5dB bajo condiciones de prueba extremas.

Tabla VI. Control de potencia para terminales GSM 1900MHz.

Clase Potencia			Nivel de Control de Potencia	Potencia de Salida Transmitida (dBm)	Tolerancia (dB)	
1	2	3			Normal	Extrema
		*	30	33	±2	±2.5
		*	31	32	±2	±2.5
*		*	0	30	±3 (nota)	±4 (nota)
*	*	*	1	28	±3	±4
*	*	*	2	26	±3	±4
*	*	*	3	24	±3 (nota)	±4 (nota)
*	*	*	4	22	±3	±4
*	*	*	5	20	±3	±4
*	*	*	6	18	±3	±4
*	*	*	7	16	±3	±4
*	*	*	8	14	±3	±4
*	*	*	9	12	±4	±5
*	*	*	10	10	±4	±5
*	*	*	11	8	±4	±5
*	*	*	12	6	±4	±5
*	*	*	13	4	±4	±5
*	*	*	14	2	±5	±6
*	*	*	15	0	±5	±6

Nota: Cuando el nivel de control de potencia corresponde a la clase de potencia del terminal móvil, las tolerancias serán 2 dB bajo condiciones de pruebas normales y 2.5dB bajo condiciones de prueba extremas.

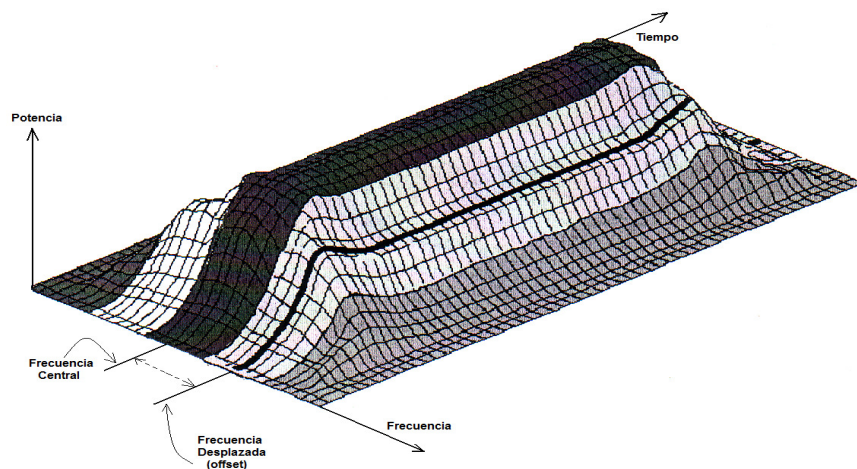
El propósito de la prueba es verificar los valores de potencia del canal GSM en cada paso de control de potencia, si no cumplen los requisitos de potencia máxima de canal, se corre el riesgo de crear interferencia entre móviles o tener menor cobertura de la proyectada.

2.2.1.5 Medida de frecuencias espurias

La modulación genera señales fuera del espectro deseado, esta medición determina la eliminación de las mismas antes de ser radiadas en la antena.

La figura 9 se muestra el comportamiento de las frecuencias desplazadas las cuales están fuera de fase con la frecuencia central generando interferencia a la banda, estos productos indeseados, que son nocivos, se pueden eliminar mediante filtrado, reduciendo la potencia de entrada de la señal o por combinación de dos o más mezcladores para formar un conjunto equilibrado.

Figura 9. Frecuencias espurias.



Las medidas se realizan por medio de un barrido en frecuencia, en el caso de las espurias de transmisión, la medida consiste en comprobar que el transmisor no genere interferencias a otras frecuencias de la propia banda de transmisión GSM: 925 – 960MHz. Por otro lado las espurias de recepción consisten en aquellas interferencias que un transmisor provoca en la banda de recepción GSM: 880 – 915MHz. Esta medida es muy importante debido a que un equipo transmisor puede envolver a su propio receptor.

Las especificaciones fijan un valor máximo de potencia interferente dado que el diplexor de antena utilizado para separar los sentidos de transmisión y recepción no es perfecto y posee un determinado valor de aislamiento finito, parte de la potencia transmitida se acopla al receptor

Los resultados esperados son especificados en la tabla VII, para sistemas GSM 850MHz.

Tabla VII. Espectro debido a la modulación < 1800KHz, para GSM 400, 700, 850, 900.

Nivel Potencia (dBm)	Nivel de potencia relativa en dB a medida FT				
	Frecuencia Desplazada "offset" (KHz)				
	0 -100	200	250	400	600 a <1800
39	0.5	-30	-33	-50	-66
37	0.5	-30	-33	-50	-64
35	0.5	-30	-33	-50	-62
≤ 33	0.5	-30	-33	-50	-60
Los valores estan sujetos a niveles minimos absolutos (dBm)					
	-35	-36	-36	-36	-51

Para terminales GSM 1900MHz, son especificados en la tabla VIII.

Tabla VIII. Espectro debido a la modulación < 1800KHz, PCS 1900.

Nivel Potencia (dBm)	Nivel de potencia relativa en dB a medida FT					
	Frecuencia Desplazada "offset" (KHz)					
	0 -100	200	250	400	600 a <1200	1200 a <1800
≤ 33	0.5	-30	-33	-60	-60	-60
Los valores estan sujetos a niveles minimos absolutos (dBm)						
	-36	-36	-36	-36	-56	-56

Donde la primera columna de la tabla VII y VIII es la potencia de prueba y las siguientes columnas representan la frecuencia en [KHz] a la que se realiza la medición con su respectivo nivel relativo con respecto a la transmisión del móvil.

El propósito de la prueba es verificar frecuencias radiadas fuera de la banda, debido a que la radiación de espurias fuera de banda puede interferir con otros móviles o equipos alojados en otras partes del espectro.

2.2.1.6 Sensibilidad

Esta medición es la más significativa de las mediciones de recepción con ella se prueba que el receptor pueda demodular y decodificar una señal de muy bajo nivel. La sensibilidad es una especificación del equipo por lo general -102 ó -104 dBm que indica el nivel de señal mínimo al que se obtiene una muestra de bit de error BER específico de un tren de datos modulado.

Los resultados esperados están definidos en la tabla IX que hace referencia al estándar GSM, para condiciones estáticas de prueba.

Tabla IX. Sensibilidad permitida.

Limites permitidos para BER/FER			
Nivel RF (dBm)	Teléfono	BER	FER
-100	Todas	0.00%	--
-104	$P > 2W$	$< 2.44\%$	--
-102	$P \leq 2W$	$< 2.44\%$	0.10%

La tasa de errores de bit BER, es el número de bits o bloques incorrectamente recibidos, con respecto al total de bits o bloques enviados durante un intervalo especificado de tiempo. Los valores mostrados en la tabla IX, indican que al existir un nivel de señal RF de -100dBm, el móvil sin importar a qué tipo de clase de potencia pertenezca no debe teóricamente existir ningún error de bit en la recepción, al contrario cuando exista un nivel de RF a -104dBm con un móvil de potencia mayor de 2W el nivel de BER debe ser menor de 2.44% al igual que con un nivel de RF a -102dBm con un móvil de potencia menor o igual a 2W la tasa de error de bit debe ser inferior a 2.44%. La tasa de errores de tramas FER, es una medida del número de tramas de datos que contuvieron errores y no podrán procesarse, lo cual establece que a -102dBm de señal de RF la tasa debe estar comprendida en 0.10% para poder ser procesada por completo las tramas recibidas.

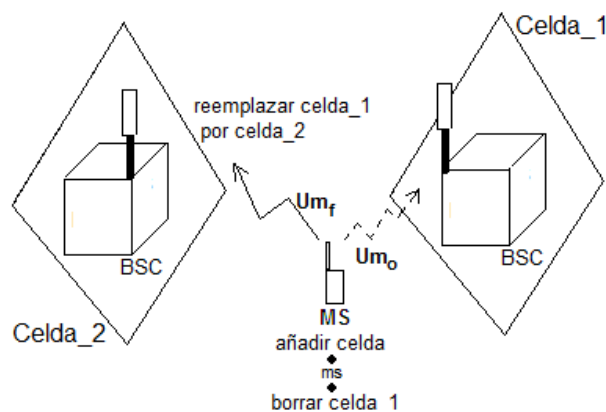
La prueba se realiza inyectando una señal modulada y midiendo las tasas de error recibidas con el móvil de prueba en la condición de lazo cerrado.

El propósito de la prueba es medir la sensibilidad a la interferencia adyacente del receptor móvil en condiciones de baja cobertura. La falla de este parámetro resulta en excesivas llamadas caídas en zonas de baja cobertura o en un incremento de interferencia debido a que el canal de la radio base debe transmitir una potencia considerable hacia el móvil.

2.2.1.7 Handover

Se denomina handover (también handoff), al sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente. Este mecanismo garantiza la realización del servicio cuando el móvil se traslada a lo largo de su zona de cobertura. En la Figura 10, se muestra el procedimiento utilizando handover.

Figura 10. Procedimiento de Handover.



El proceso Handover puede llevarse a cabo por diferentes motivos: 1) Cuando el móvil se está moviendo de un área cubierta por una celda y entra en otra área de cobertura de otra celda, la llamada es transferida a la segunda celda con la finalidad de evitar la terminación de la llamada. 2) Cuando la capacidad para la conexión de nuevas llamadas de una determinada celda se está utilizando y una existente o nueva llamada entra, que se encuentra en una zona superpuesta a otra celda, se transfiere a esta celda con el fin de liberar cierta capacidad en la primera celda. 3) Cuando el canal utilizado por el móvil pasa a ser interferido por otro móvil utilizando el mismo canal en una celda

diferente, la llamada se transfiere a un canal diferente en la misma celda o en un canal diferente en otra celda, a fin de evitar interferencia. 4) Cuando los cambios de comportamiento del usuario, por ejemplo, un viaje rápido del usuario, conectado a una celda grande, si se detiene, la llamada puede ser transferida a una macro celda más pequeña o incluso a una micro celda a fin de liberar capacidad en la celda por otros usuarios que se muevan también rápidamente y reducir las posibles interferencias a otras celdas o usuarios.

Esta medición se pone a prueba la capacidad del móvil de atender una orden del cambio de canal de radio ARFCN, dentro de la misma celda o ranura de tiempo dentro del mismo ARFCN.

Cuando el móvil recibe un comando de handover, debe estar listo para transmitir en el nuevo canal y poder después recibir el comando de handover. La verificación se podrá realizar a través del equipo de homologación de terminales forzando de manera manual ó automática el cambio de frecuencia de canal de manera exitosa sin que existan llamadas caídas en el 90% de las veces.

El propósito de la prueba es verificar el handover del móvil, si no se cumple adecuadamente el proceso de handover, se incrementa la probabilidad de llamadas caídas.

2.2.2 Cómo realizar las mediciones

Para poder realizar las pruebas paramétricas en móviles con bandas 850MHz y 1900MHz se debe de configurar el equipo de medición colocando los siguientes parámetros:

2.2.2.1 Parámetros globales

Se definen los parámetros globales como condiciones de la prueba, no todos los parámetros globales aplican a todas las pruebas.

1. Canales de control (*BCH*), configura el canal de control dependiendo el formato de medición.
 - BCH serving cell : GSM
 - BCH serving cell : GPRS

2. Operación en modo celular (*Cell Operating Modo*), se debe activar esta función para indicarle al equipo que se active en modo celda, ya que este simulará la función de una celda radiante.
 - Cell operating mode: active cell

3. *Canal de control BCH (Broadcast channel)*, se configura el rango del canal de transmisión dependiendo en que banda se realizara la prueba, debido a que este maneja la información básica y los parámetros del sistema para transmitir hacia el móvil los parámetros necesarios para identificar la red y conseguir el acceso a la misma.
 - GSM850 broadcast channel: 128 - 251
 - GSM1900 broadcast channel: 512 – 810

4. Banda celular GSM/GPRS (*Cell Band*), configurar la banda de transmisión de radiofrecuencia.
 - Traffic band GSM850
 - Traffic band PCS1900

5. Potencia celular (*Cell power*), se debe configurar la potencia de la celda, la cual determinara la cobertura de potencia que irradiara hacia el móvil se puede configurar en el siguiente rango de prueba.

- Cell power_{max} ≈ 40 dBm
- Cell power_{default} = - 85 dBm
- Cell power_{min} ≈ -162 dBm

La potencia de la celda dependerá en la realidad de donde esté ubicada el terminal móvil debido a que si se encuentra entre el margen de cobertura en desvanecimiento será de -162 dBm de lo contrario si se encuentra dentro de un rango de cobertura amplio será aproximadamente de 40dBm.

6. Canal de tráfico en llamada caída (*Traffic Channel on Dropper Call*), si una llamada se deja caer durante una prueba la llamada se restablece si este parámetro esta activo. Si una llamada se deja caer cuando este parámetro esta desactivada la prueba falla o se interrumpe.

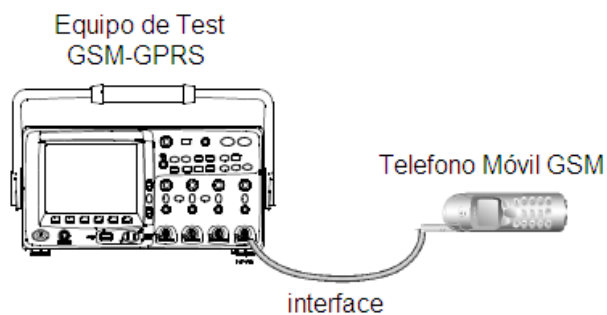
- Traffic channel on dropper call : Activada/Desactiva

7. Nivel de transmisión del móvil (*MS TX Level*), rango de nivel de potencia del terminal móvil (MS Tx Level), dependiendo en donde se encuentra ubicado la estación móvil la celda le indicara en que nivel de control debe colocarse para poder irradiar la potencia adecuada especificado en el estándar GSM de las tabla V y VI.

- MS TX level_{range} = 0 – 31
- MS TX level_{default} = 5

Para realizar las pruebas de laboratorio necesitamos una conexión básica entre el equipo de medición con la estación móvil por medio de una interface que se conecta directamente a la antena del móvil como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Conexión física para la homologación de terminales móviles GSM



Luego de que el terminal móvil muestra señal se inicia una llamada, el terminal llama al equipo de medición, estableciéndose un canal de comunicación entre el terminal y el equipo para poder realizar las pruebas, se establece como canal de registro inicial broadcast channel en 512 hasta el registro final 810. Las mediciones documentadas se realizaron en la banda de frecuencia 1900MHz.

2.2.2.2 Iniciando las pruebas

Se procede a realizar la medición de potencia media de portadora RF transmitida, iniciando un recorrido sobre los canales de la frecuencia 1900, se efectúa un set de pruebas en el canal 512 y luego se efectúan saltos de cincuenta en cincuenta para volver a efectuar las pruebas, así hasta llegar al

último canal del espectro de 1900 que es el canal 810. Esto se hace con la finalidad de probar el terminal en la mayoría del espectro.

Para poder ejemplificar la prueba se realizó únicamente en el canal 698 y se varió el nivel de transmisión del móvil MS TX level, con relación a la tabla VI, se puede visualizar los datos obtenidos en la figura 12 hasta la figura 15. A continuación declaramos los parámetros globales que se utilizaron para realizar las pruebas de medición.

Parámetros:

BCH serving cell: GSM

Cell Operating Mode: Active Cell

Broadcast Channel: 698

Traffic band: PCS

Cell power: -85 dBm

MS TX level: [31, 3, 9, 15]

Figura 12. Medición 1, potencia transmitida con MS TX level = 31.

Measurement/Instrument Screen										
Control	GSM/GPRS Transmit Power						TCH Parms			
	GSM Transmit Power 29.75 dBm Continuous						Downlink Traffic Power			
							Traffic Band	PCS		
							Traffic Channel	698		
	Loc	Measurement Selection								
Close Measurement	<input type="checkbox"/>	GSM/GPRS Transmit Power								
		Power vs Time								
		Phase & Frequency Error								
		Output RF Spectrum								
		IQ Tuning								
		GSM Fast Bit Error								
		GSM Bit Error								
Close Menu		GSM Analog Audio								
		Active Cell Connected			Sys Type: GSM			MS TX Level		
								31		
		IntRef			Offset			Channel Mode Setup		
								Return		
								1 of 2		

Figura 13. Medición 2, potencia transmitida con MS TX level = 3.

Control		Measurement/Instrument Screen				TCH Parms	
		GSM/GPRS Transmit Power				Downlink Traffic Power	
		GSM Transmit Power 24.53 dBm				Traffic Band PCS	
		Continuous				Traffic Channel 698	
		Loc Measurement Selection				MS TX Level 3	
Close Measurement		<input checked="" type="checkbox"/> GSM/GPRS Transmit Power				Channel Mode Setup	
		<input type="checkbox"/> Power vs Time				Return	
		<input type="checkbox"/> Phase & Frequency Error					
		<input type="checkbox"/> Output RF Spectrum					
		<input type="checkbox"/> IQ Tuning					
		<input type="checkbox"/> GSM Fast Bit Error					
Close Menu		<input type="checkbox"/> GSM Bit Error					
		<input type="checkbox"/> GSM Analog Audio					
		Active Cell Connected		Sys Type: GSM			
		IntRef		Offset		1 of 2	

Figura 14. Medición 3, potencia transmitida con MS TX level = 9.

Control		Measurement/Instrument Screen				TCH Parms	
		GSM/GPRS Transmit Power				Downlink Traffic Power	
		GSM Transmit Power 12.42 dBm				Traffic Band PCS	
		Continuous				Traffic Channel 698	
		Loc Measurement Selection				MS TX Level 9	
Close Measurement		<input checked="" type="checkbox"/> GSM/GPRS Transmit Power				Channel Mode Setup	
		<input type="checkbox"/> Power vs Time				Return	
		<input type="checkbox"/> Phase & Frequency Error					
		<input type="checkbox"/> Output RF Spectrum					
		<input type="checkbox"/> IQ Tuning					
		<input type="checkbox"/> GSM Fast Bit Error					
Close Menu		<input type="checkbox"/> GSM Bit Error					
		<input type="checkbox"/> GSM Analog Audio					
		Active Cell Connected		Sys Type: GSM			
		IntRef		Offset		1 of 2	

Figura 15. Medición 4, potencia transmitida con MS TX level = 15.

Measurement/Instrument Screen						
Control	GSM/GPRS Transmit Power				TCH Parms	
	GSMK Transmit Power 2.83 dBm Continuous				Downlink Traffic Power Traffic Band PCS Traffic Channel 698	
	Loc	Measurement Selection				MS TX Level
Close Measurement		GSM/GPRS Transmit Power Power vs Time Phase & Frequency Error Output RF Spectrum IQ Tuning GSM Fast Bit Error GSM Bit Error GSM Analog Audio				15
Close Menu						Channel Mode Setup
		Active Cell Connected		Sys Type: GSM		Return
		IntRef	Offset			1 of 2

Los valores obtenidos de la medición de potencia de transmitida deben compararse con la tabla VI, debido a que los valores entran en el margen de aceptación, la medición de potencia media de portadora RF transmitida se declara aceptada. Se realizó la prueba anterior para todos los diferentes niveles de MS TX level definidos, pero solamente se mostraron las 4 pantallas de medida de los valores máximo intermedio y mínimo pero al final de todas las pruebas se especificara un resumen de todas las pruebas efectuadas para su comparación.

A continuación se realiza la medición de error de fase y frecuencia, se declaran los siguientes parámetros globales que se utilizaron para realizar esta prueba, se puede observar la prueba en la figura 16.

Parámetros:

BCH serving cell: GSM

Cell Operating Mode: Active Cell

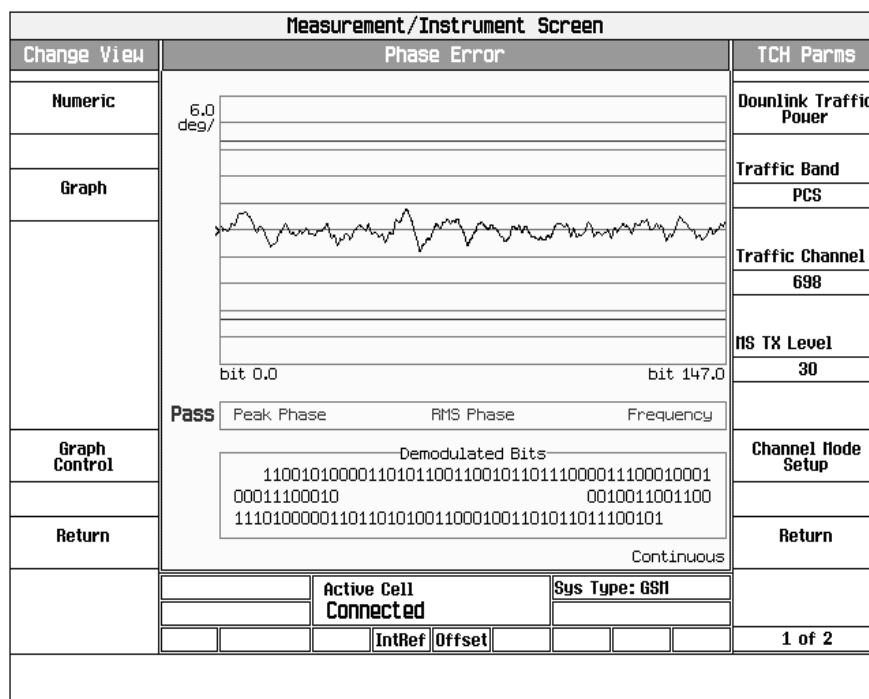
Broadcast Channel: 698

Traffic band: PCS

Cell power: -85 dBm

MS TX level: 30

Figura 16. Medición 5, error de fase y frecuencia.



Se puede observar en la figura 16, el error de fase $\Delta\Phi \rightarrow 0$, debido a que no se observa la señal con ninguna pendiente la cual no provoca ningún deterioro de la fase, es por eso que la señal no supera el umbral RMS de 5 grados estipulado por el estándar GSM.

A continuación se muestra en la figura 17, los valores numéricos de la prueba anterior indicándonos cuales fueron los valores obtenidos para el error de fase y frecuencia.

Figura 17. Medición 6, valores numéricos de error de fase y frecuencia.

Measurement/Instrument Screen						
Control	Phase & Frequency Error				TCH Params	
	Peak Phase 5.08° Pass		RMS Phase 1.49° Pass		Downlink Traffic Power	
	Frequency 0.61 Hz Pass				Traffic Band PCS	
	Continuous				Traffic Channel 698	
	Loc	Measurement Selection				MS TX Level 30
Close Measurement		GSM/GPRS Transmit Power				Channel Mode Setup
		Power vs Time				
		Phase & Frequency Error				Return
		Output RF Spectrum				
		IQ Tuning				
		GSM Fast Bit Error				
Close Menu		GSM Bit Error				
		GSM Analog Audio				
		Active Cell Connected		Sys Type: GSM		
			IntRef	Offset		1 of 2

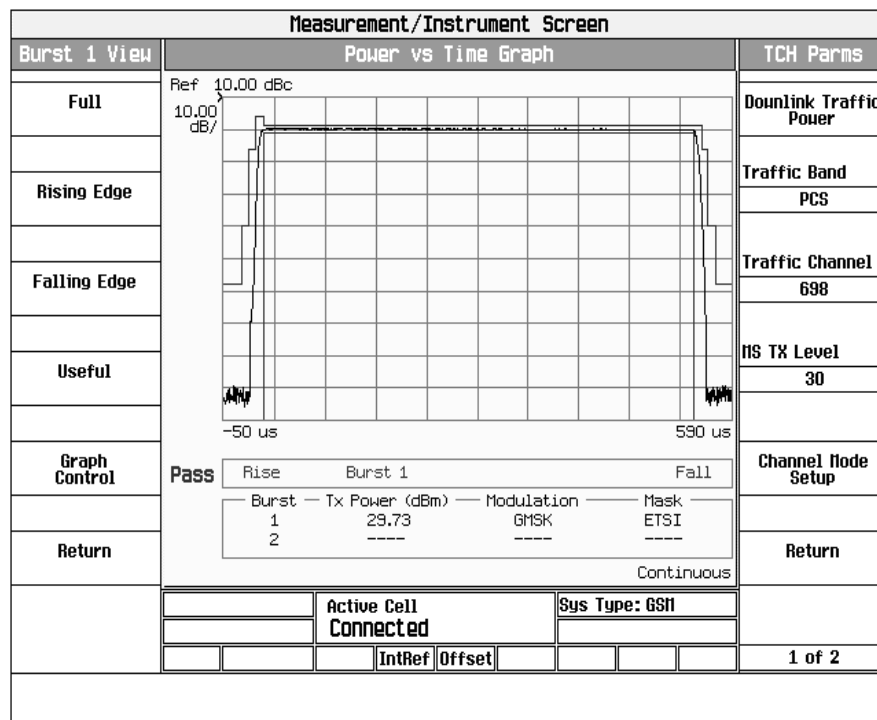
El error de fase pico se obtuvo el valor de 5.08° para el valor de fase RMS se obtuvo 1.49° y para el valor de error de frecuencia se obtuvo el valor de 0.61Hz, los valores obtenidos de la medición de error de fase y frecuencia deben compararse con la tabla II y III, debido a que los valores entran en los márgenes de aceptación la prueba de declara aceptada.

Nuestra tercera prueba es la realización de la medición de potencia de portadora de RF vrs tiempo, la cual garantiza que no habrá interferencia entre los canales de una misma portadora.

En la figura 18, se puede observar que la señal útil de 147 bits en ningún momento se desvía de la máscara prescrita por el estándar GSM declarado en la figura 8.

Los valores de los parámetros globales declarados para la realización de esta prueba son los mismos que los definidos en el error de fase y frecuencia.

Figura 18. Medición 7, potencia de portadora de RF vrs tiempo.



En la figura 19 y 20 se puede apreciar con claridad la vista lateral de la máscara de potencia vrs tiempo donde se muestra que la señal en ningún momento se desvía del los márgenes establecidos del estándar ETSI.

Figura 19. Medición 8, potencia vrs tiempo, vista lateral izquierda.

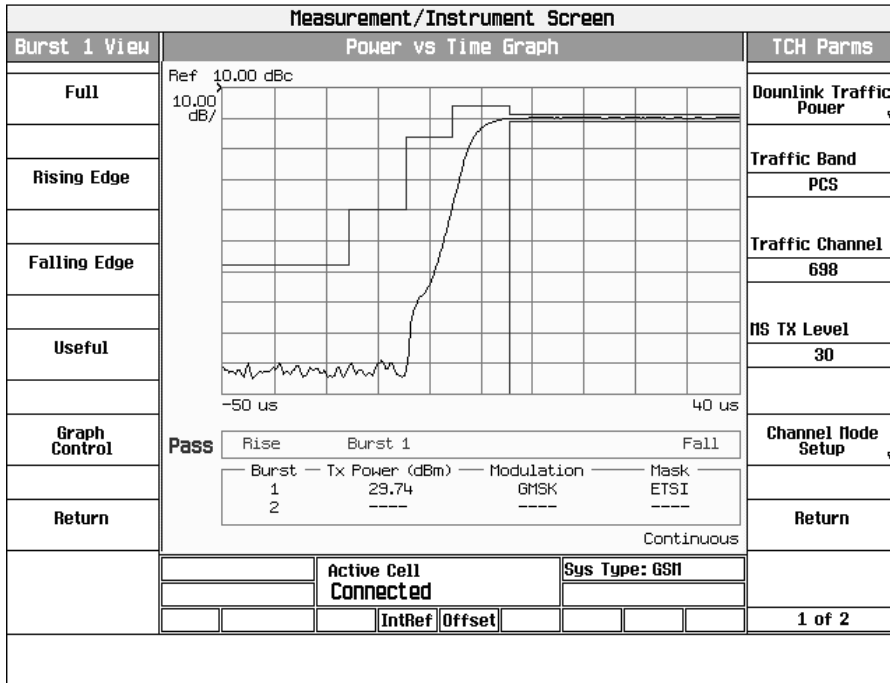
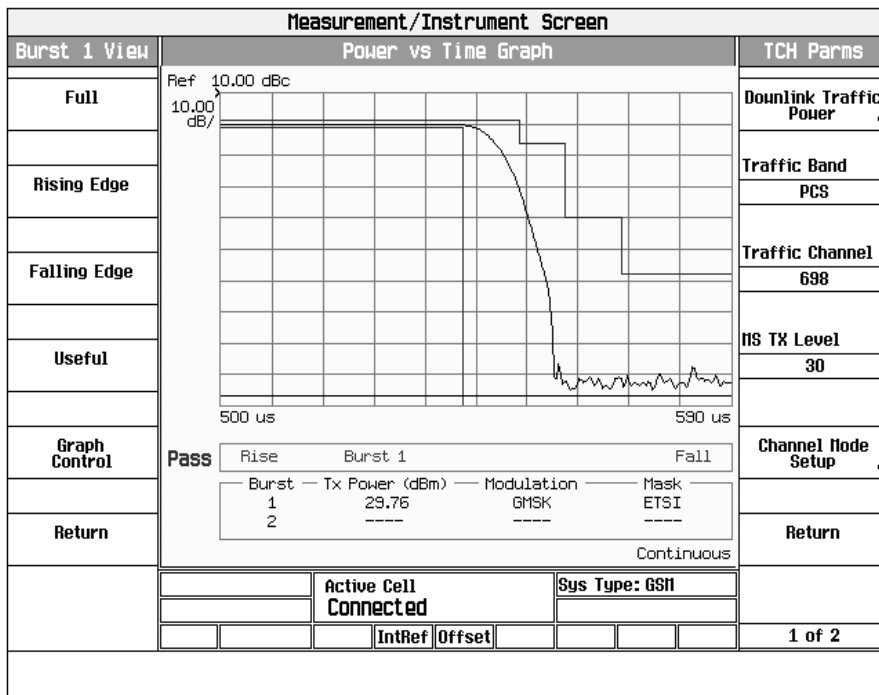


Figura 20. Medición 9, potencia vrs tiempo vista lateral derecha.



Los parámetros se ajustan a los establecido la prueba potencia de portadora de RF vrs tiempo, se declara aceptada.

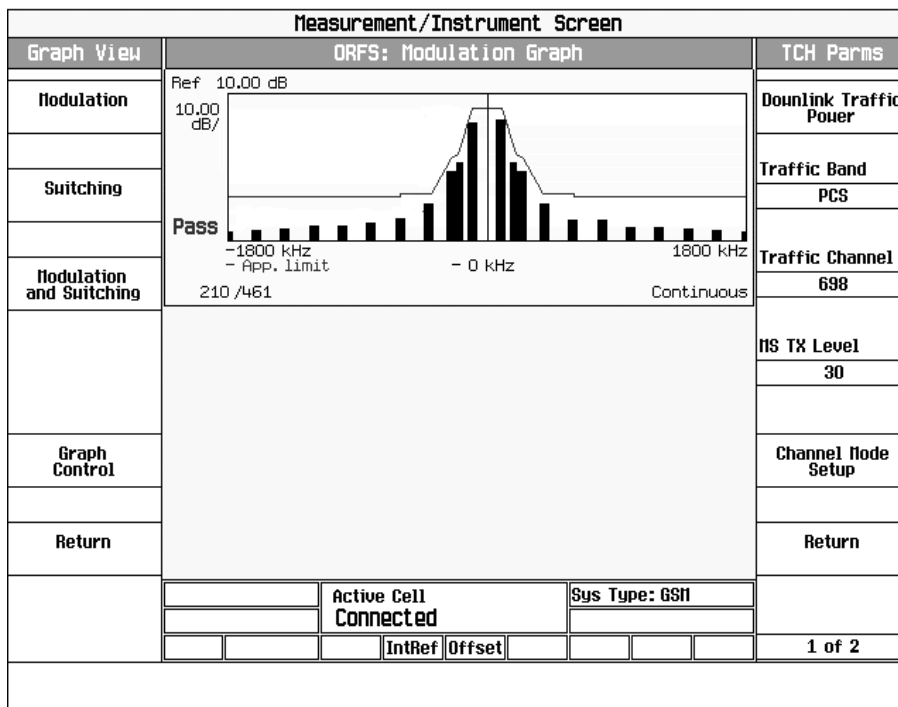
La siguiente prueba es la medición de las frecuencias espurias de la portadora para el asegurar que la potencia que se está generando fuera de la frecuencia central no sea demasiado alta así garantizar que no habrá ninguna interferencias en los canales vecinos, en la prueba de las frecuencias espurias se obtuvieron varias frecuencias desplazadas respecto a la frecuencia central determinado diferentes niveles de potencia de trasmisor en la figura 21, la configuración de los parámetros globales son los mismos configurados en la prueba de error de fase.

Figura 21. Medición 10, niveles de frecuencias espurias.

Measurement/Instrument Screen						
DRFS Setup	DRFS: Modulation Results				TCH Parms	
Measurement Setup ▾	Offset (kHz)	Level (dB)	Offset (kHz)	Level (dB)	Downlink Traffic Power ▾	
	400.00	-65.38	800.00	-77.31	Traffic Band	
	600.00	-76.56	-1000.00	-81.41	PCS	
Modulation Frequencies ▾	-100.00	-9.09	1000.00	-80.26	Traffic Channel	
	100.00	-9.67	-1200.00	-80.86	698	
	-200.00	-36.71	1200.00	-80.95	MS TX Level	
Switching Frequencies ▾	200.00	-36.44	-1400.00	-82.11	30	
	-250.00	-41.74	1400.00	-81.40	Channel Mode Setup ▾	
	250.00	-42.62	-1600.00	-82.34	Return	
Manual Mask Setup	-400.00	-65.16	1600.00	-82.59		
	-600.00	-75.07	-1800.00	-83.64		
	-800.00	-77.35	1800.00	-84.02		
Custom Limit Setup	Modulation: Pass		Modulation Type: GMSK			
	Switching: Pass		TX Power: 29.73 dBm			
Return			30 kHz BW Power: 21.93 dBm			
	180 /461		Continuous			
	Active Cell Connected			Sys Type: GSM		
			IntRef	Offset		
						1 of 2

Si analizamos los resultados anteriores, se puede concluir que la frecuencia central se ubico en 30KHz, generando una potencia del transmisor de 29.73 dBm, la cual a diferentes frecuencias espurias offset ningún nivel de potencia superó al de la frecuencia central, en la siguiente figura 22, se plotean los valores numéricos obtenidos en la medida 10.

Figura 22. Medición 11, niveles de frecuencias espurias.



Concluimos que en la anterior prueba al desplazar la frecuencia respecto a la frecuencia central no se generó ningún valor de potencia fuera de la máscara establecida generando una prueba aceptada.

Para realizar la prueba de sensibilidad necesitamos medir el bit de error BER y el FER porcentual el cual garantiza que existirá una comunicación dada siempre y cuando cumplan con los valores establecidos en la tabla IX por el estándar GSM ETSI, para poder realizar esta medida se configura el

cell power = -101 dBm, donde existe una cobertura de desvanecimiento para demostrar que la terminal móvil aún en extremas condiciones percibe recepción de señal producida por la celda radiada. Los parámetros globales utilizados son los siguientes:

Parámetros:

BCH serving cell: GSM

Cell Operating Mode: Active Cell

Broadcast Channel: 512

Traffic band: PCS

Cell power: -101 dBm

Figura 23. Medición 12, BER bit de error GSM.

Measurement/Instrument Screen		
Control	GSM Bit Error	BCH Params
	<p>Bit Error FER</p> <p>0.00 % 0.00 %</p> <p>Loopback Delay: 3.00</p> <p>Measurement Type: Residual Type II</p> <p>Rx Level: 9.00 (<-102 to -101 dBm)</p> <p>Rx Qual: 0.00 (<< 0.2 % BER)</p> <p>6240 / 10000 Continuous</p>	<p>Cell Power</p> <p>-101.00</p> <p>dBm</p> <p>Cell Band</p> <p>PCS</p> <p>Broadcast Chan</p> <p>512</p>
	<p>Loc Measurement Selection</p> <p>GSM/GPRS Transmit Power</p> <p>Power vs Time</p> <p>Phase & Frequency Error</p> <p>Output RF Spectrum</p> <p>IQ Tuning</p> <p>GSM Fast Bit Error</p> <p>GSM Bit Error</p> <p>GSM Analog Audio</p>	
Close Measurement		
Close Menu		Return
	<p>Active Cell Connected</p> <p>Sys Type: GSM</p> <p>IntRef Offset</p>	

Comparando el valor obtenido de la prueba con la tabla IX, se puede determinar que los valores están en el rango de aceptación por lo que se concluye que la prueba aún en condiciones de potencia baja radiada por la

celda existirá recepción generando un resultado aceptado. Al concluir todas las pruebas de laboratorio todos generaron resultados aceptables por lo que se determina que la terminal utilizada en estas pruebas generara satisfacción al usuario respaldando un buen funcionamiento dentro de la red.

2.2.3 Resumen de mediciones

En la tabla X, se presenta un resumen con todas las diferentes medidas realizadas en el laboratorio para un terminal móvil.

Tabla X. Resumen de medidas realizadas en el laboratorio.

Medidas de Homologación GSM 1900MHz		
Medidas del transmisor	Medidas estandar GSM	Medidas obtenidas
Error de frecuencia	≤ ± 180Hz	0.61 Hz
Error de fase RMS	< 5°	1.49°
Error de fase pico	< 20°	5.08°
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =31	33 dBm ± 2	29.75 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =30	32 dBm ± 2	29.78 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =0	30 dBm ± 3	29.77 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =1	28 dBm ± 3	28.25 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =2	26 dBm ± 3	26.65 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =3	24 dBm ± 2	24.53 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =4	22 dBm ± 2	22.46 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =5	20 dBm ± 2	20.66 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =6	18 dBm ± 2	18.40 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =7	16 dBm ± 2	16.46 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =8	14 dBm ± 3	14.48 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =9	12 dBm ± 4	12.42 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =10	10 dBm ± 4	10.63 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =11	8 dBm ± 4	8.47 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =12	6 dBm ± 4	6.93 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =13	4 dBm ± 4	5.37 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =14	2 dBm ± 5	4.12 dBm
Potencia media de portadora RF, nivel de potencia =15	0 dBm ± 5	2.83 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias 1800KHz	≤ 33 dBm	-84.02 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias 1600KHz	≤ 33 dBm	-82.59 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias 1400KHz	≤ 33 dBm	-81.40 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias 1200KHz	≤ 33 dBm	-80.95 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias 1000KHz	≤ 33 dBm	-80.26 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias 800KHz	≤ 33 dBm	-77.31 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias 600KHz	≤ 33 dBm	-76.56 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias 400KHz	≤ 33 dBm	-65.38 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias 250KHz	≤ 33 dBm	-42.62 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias 200KHz	≤ 33 dBm	-36.44 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias 100KHz	≤ 33 dBm	-9.67 dBm
Potencia debido a la frecuencia central 30KHz	≤ 33 dBm	21.93 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias -100KHz	≤ 33 dBm	-9.09 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias -200KHz	≤ 33 dBm	-36.71 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias -250KHz	≤ 33 dBm	-41.74 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias -400KHz	≤ 33 dBm	-65.16 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias -600KHz	≤ 33 dBm	-75.07 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias -800KHz	≤ 33 dBm	-77.35 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias -1000KHz	≤ 33 dBm	-81.41 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias -1200KHz	≤ 33 dBm	-80.86 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias -1400KHz	≤ 33 dBm	-82.11 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias -1600KHz	≤ 33 dBm	-82.34 dBm
Potencia interferente debido a la frecuencia espurias -1800KHz	≤ 33 dBm	-83.64 dBm
Medidas del receptor		
Tasa de error de bit BER, con nivel de RF de -102 dBm	< 2.44%	0.00%
Tasa de error de trama FER, con nivel de RF de -102 dBm	0.10%	0.00%

2.3 Requerimientos mínimos para el laboratorio de homologación.

El ambiente eléctrico para el laboratorio de homologación de terminales móviles incluye sus fuentes de energía, el sistema de tierra y las interfaces eléctricas con las líneas de comunicaciones, sistemas de aire acondicionado y los sistemas de seguridad industrial. También incluye el sistema de luminaria y otros equipos ubicados dentro de la sala de homologación.

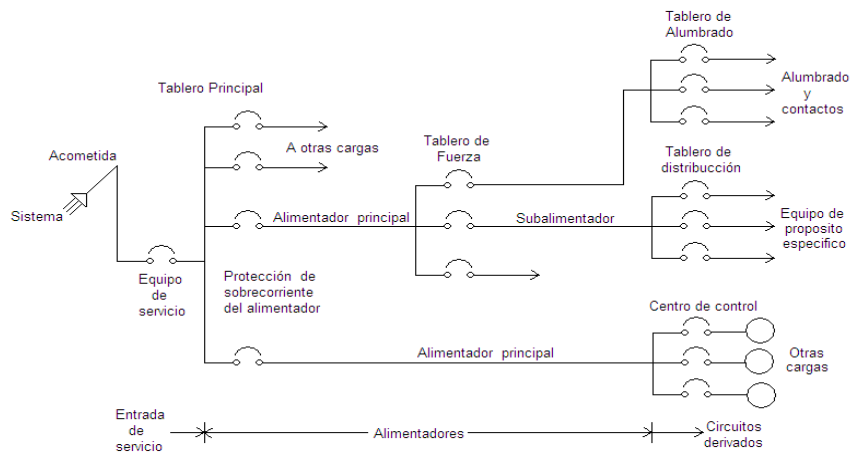
El ambiente eléctrico vecino a la sala de homologación, también debe de considerarse debido a que las perturbaciones eléctricas que se propagan a través de conductores, tubería, conductos metálicos y sobre las partes estructurales de las instalaciones o por la radiación electromagnética, como el caso de las ondas de radio. Debido a que ningún equipo electrónico es inmune totalmente a las interferencias y perturbaciones. Las interferencias o perturbaciones de alta energía pueden provocar fallas de mal funcionamiento de algunos componentes y las perturbaciones menores no dañan el equipo de medición pero provocan errores en los datos o señales.

2.3.1 Instalación eléctrica

Todo sistema eléctrico tiene el propósito común de proporcionar energía eléctrica al equipo de utilización, en forma segura, confiable y económica. El sistema se debe adecuar para entregar en el punto de localización de cada equipo, la energía necesaria sobre una base de continuidad, sin causar sobrecalentamiento o produciendo caídas de voltaje inaceptables.

La planeación inicial de un sistema involucra la preparación de un diagrama unifilar que muestra las interconexiones entre los componentes básicos como se muestra en la figura 24.

Figura 24. Diagrama unifilar de un sistema eléctrico básico.



En la instalación eléctrica se consideran dos circuitos de separados; fuerza e iluminación. Entre los circuitos de fuerza se encuentra el tomacorriente con polo a tierra o tomacorriente polarizado, es muy importante mantener la correcta polaridad y respetar la siguiente regla: el borne de tierra jamás se debe conectar al borne del neutro. Para determinar la correcta polaridad de un sistema se puede realizar las siguientes mediciones: entre fase y neutro = 120Vac, entre fase y tierra = 120Vac y entre neutro y tierra = 0V.

Existen sistemas especiales que se deben de considerar en la instalación del laboratorio de homologación.

- Tomas polarizados: para la conexión de equipos de medición, tester, soldadores especiales, etc.

- Tomas telefónicos: se presentan para 4 ó 6 hilos y todos bajo estándar de espiga modular RJ-11, para cualquier tipo de teléfono moderno.
- Tomas para sistemas informáticos: se encuentran sistemas coaxiales BNC, tomas del tipo DB9 y DB25, tomas para redes especiales twinaxiales y tomas para redes del tipo token ring y multiusuarios de conector RJ-45.
- Sistemas especiales: como lámparas de emergencia.

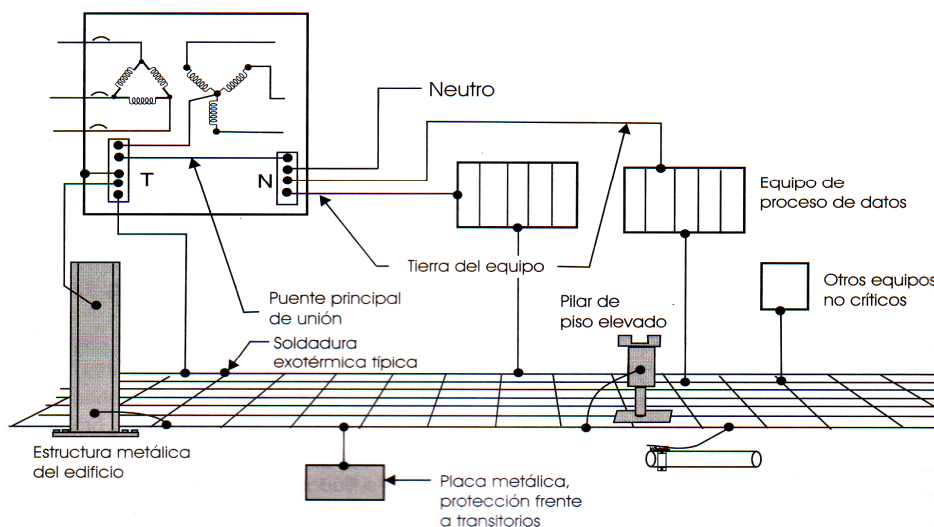
2.3.2 Protección

El concepto de punto único de conexión a tierra se ha establecido como estándar para realizar la conexión a tierra para equipo electrónico sensible. Debido a que es de suma importancia establecer un punto de referencia de tierra para lograr la confiabilidad del equipo y una satisfacción de operación del equipo de medición. La técnica se basa en el mantenimiento de un plano equipotencial para todos los equipos y así evitar diferencias perjudiciales de voltajes que pueden afectar el buen funcionamiento del equipo. El conductor de tierra aislada debe extenderse con los conductores de circuito, el neutro y la tierra de seguridad sin tocar ningún objeto metálico en toda su trayectoria. El conductor de tierra se conecta a barras aisladas de las carcasas metálicas de los paneles y termina en un receptáculo, especial para equipo electrónico sensible. Este conductor se origina desde el punto neutro-tierra del tablero principal o del secundario de una fuente derivada separadamente.

Se recomienda que el sistema de tierra del equipo electrónico en el laboratorio cuente con su electrodo de tierra local pero que sea interconectado al sistema de tierra de la instalación. Esto se hace para cortocircuitar el sistema

de tierra y mantenerlo al mismo potencial en caso de descargas atmosféricas o efectos causados por corrientes en la tierra. En la figura 25, se muestra el secundario del transformador ubicado cerca del equipo de procesamiento de señales; el secundario se conecta a tierra en un punto único y los equipos se conectan a este punto, que puede estar ubicado en el transformador o en un tablero secundario.

Figura 25. Sistema de único punto de conexión a tierra en el laboratorio de homologación.



Todos los materiales son de por sí eléctricamente neutros, pero el equilibrio se puede romper temporalmente produciéndose acumulaciones temporales de partículas cargadas, para evitar la generación de carga electrostática ESD se requieren los materiales y equipos de protección. Para evitar la generación de cargas en la estación de trabajo se requiere controlar:

- Controlar la humedad relativa.
- Evitar el uso de materiales sintéticos en alfombras, calzado y prendas de vestir.

- Reducir la resistencia superficial de los materiales aislantes mediante el empleo de revestimientos antiestáticos.
- Emplear plásticos conductores en las superficies de trabajo y en las cajas donde se guardan o transportan componentes o tarjetas electrónicas.

La protección ante cargas electrostáticas hace necesarios el uso de componentes ESD de las siguientes características:

- Guantes: se requieren en el ensamble y la reparación eliminando la electricidad estática, funciona en la electrónica, telecomunicación y manejo de semiconductores. Se fabrican de fibra de nylon y poliuretano.
- Zapatos: se diseñan para asegurar el drenaje constante de cargas estáticas del cuerpo a la tierra. Se fabrican con 60% de fibra del filamento del terylene, 40% de algodón, fibra conductora tipo tira de 12mm y planta del pie opcional de PU o PVC.
- Pulsera antiestática: es un dispositivo que se adapta a la muñeca y se conecta a una fuente de tierra (como la parte metálica de una caja) para mantenerlo libre de electricidad estática. Una pulsera antiestática tiene una resistencia de $1M\Omega$ dentro del broche.
- Pisos ESD: el control estático se instala asumiendo que éste evitara la acumulación estática y permitirá la descarga segura de cargas estáticas preexistentes en personas, carritos móviles, equipo, chasis y asientos. Se fabrica de una resistente capa de PVC antiderrapante sobre una base de esponja de neopreno ideal para descargar la estática.

El material para pisos por sí solo no debe medir más de 1.0×10^9 . Este criterio es fácil de satisfacer. El piso y la persona caminando en el mismo no deben de medir mas de 3.5×10^7 , el mismo estándar para las pulseras. La persona en movimiento nunca debe de generar un voltaje de más de 100 voltios corporales. El piso ideal mide entre un disipador y un conductor (1.0×10^5 y por debajo de 1.0×10^7). Las especificaciones siempre deben de crearse con la aplicación específica que se tenga en mente y deben de incluir parámetros eléctricos reales expresados en términos aritméticos.

Estos métodos de control y prevención tienen como objetivo disipar las cargas estáticas de cualquier conductor que se coloque encima de cualquier superficie de trabajo. La descarga debe efectuarse de una forma rápida para prevenir daños, pero la chispa o el salto del arco, lo que puede destruir los componentes. En estas superficies se emplean tres tipos de materiales:

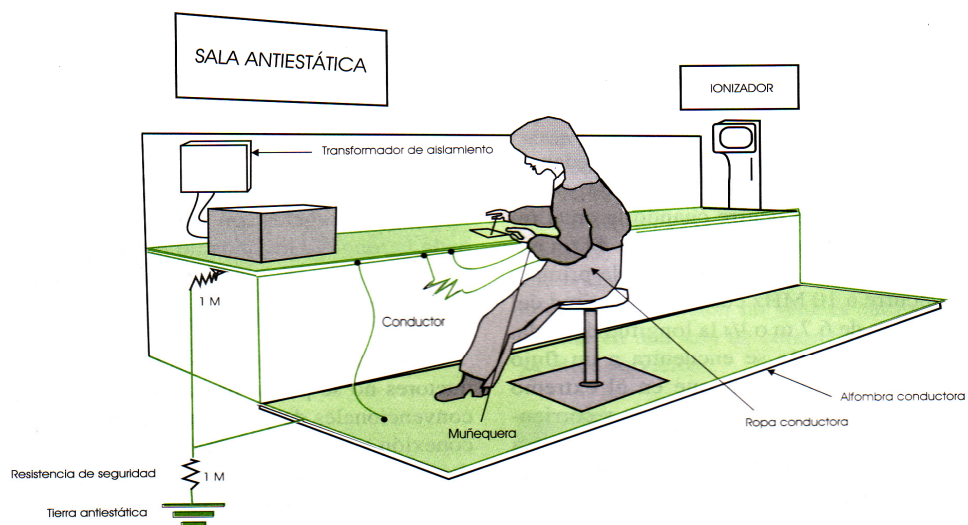
1. Conductores: material conductor, menor de 10^5 ohms por cuadrado.
2. Disipativas de estática: entre 10^5 ohms y 10^9 ohms por cuadrado.
3. Antiestáticas: entre 10^9 y 10^{14} ohms por cuadrado.

Se ha concluido que los materiales estáticos disipativos son ideales porque las mesas de superficie antiestática toman demasiado tiempo para disipar una carga estática, y las mesas que cuentan con superficies conductoras lo hacen demasiado rápido.

Los técnicos o ingenieros operadores en el campo de homologación de terminales deben tener todo el cuidado al realizar dichas pruebas ya que deben contar con muñequeras antiestáticas en la estación de trabajo para prevenir la formación de descarga estática en la superficie del banco de trabajo, conviene conectar a tierra las alfombras y las sillas conductoras, las placas metálicas de

contacto para las manos y que los operadores descarguen su cuerpo antes de tocar los equipos terminales, mediante el uso de muñequeras antiestáticas, ya que el objetivo es lograr un ambiente equipotencial balanceado. Todas las superficies de trabajo deben conectarse al sistema de tierra local por medio de resistores de impedancia no menor de $1\text{M}\Omega$ para limitar corrientes a un valor máximo de 5 miliamperios. La figura 26 muestra un banco o mesa típica de trabajo de laboratorio de homologación de terminales móviles, conectados a tierra contra las descargas electrostáticas.

Figura 26. Estación de trabajo protegido contra descargas electrostáticas ESD.



Desde el punto de vista electrostático la puesta a tierra es buena si tiene una resistencia inferior a $10\text{M}\Omega$. Esto permite incluir, en serie con la conexión a tierra de los operadores, un resistor con un valor mínimo de $250\text{K}\Omega$ para evitar posibles accidentes si aquellos entran en contacto con una tensión eléctrica. También se requiere un transformador de aislamiento para la protección de los instrumentos de medición, ya que la toma de tierra antiestática no puede ser común con la de los instrumentos.

Las sobretensiones son picos de tensión muy altos de corta duración y un crecimiento muy rápido. Las causas principales son las descargas directas y lejanas de rayo y las conmutaciones en la red eléctrica, Los pararrayos es una opción de protección externa a la instalaciones del laboratorio pero no protege internamente las instalaciones frente a las sobretensiones que puedan entrar a través de las líneas eléctricas cabe mencionar que una recomendación primordial es contar con un sistema de protección jaula de Faraday, El efecto de jaula de Faraday provoca que el campo electromagnético en el interior de un conductor en equilibrio sea nulo, anulando el efecto de los campos externos.

Ventajas de la jaula de Faraday:

1. Medio libre de interferencias.
2. Blindado contra interferencias de radiofrecuencias.
3. La Jaula aísla al receptor de las fuentes de radiación y permite observar con precisión el funcionamiento con señales débiles calibradas que se generan cuidadosamente en el interior de la jaula.

Desventajas:

1. Para protección de campos magnéticos, el material debe tener propiedades ferromagnéticas.
2. El blindaje interior y el exterior se deben conectar en un solo punto en común, lo cual requiere soldadura
3. Para evitar efectos de inducción de campo magnéticos por la penetración del blindaje por partes metálicas, se utilizan filtros en las entradas de todo alambre que penetre.

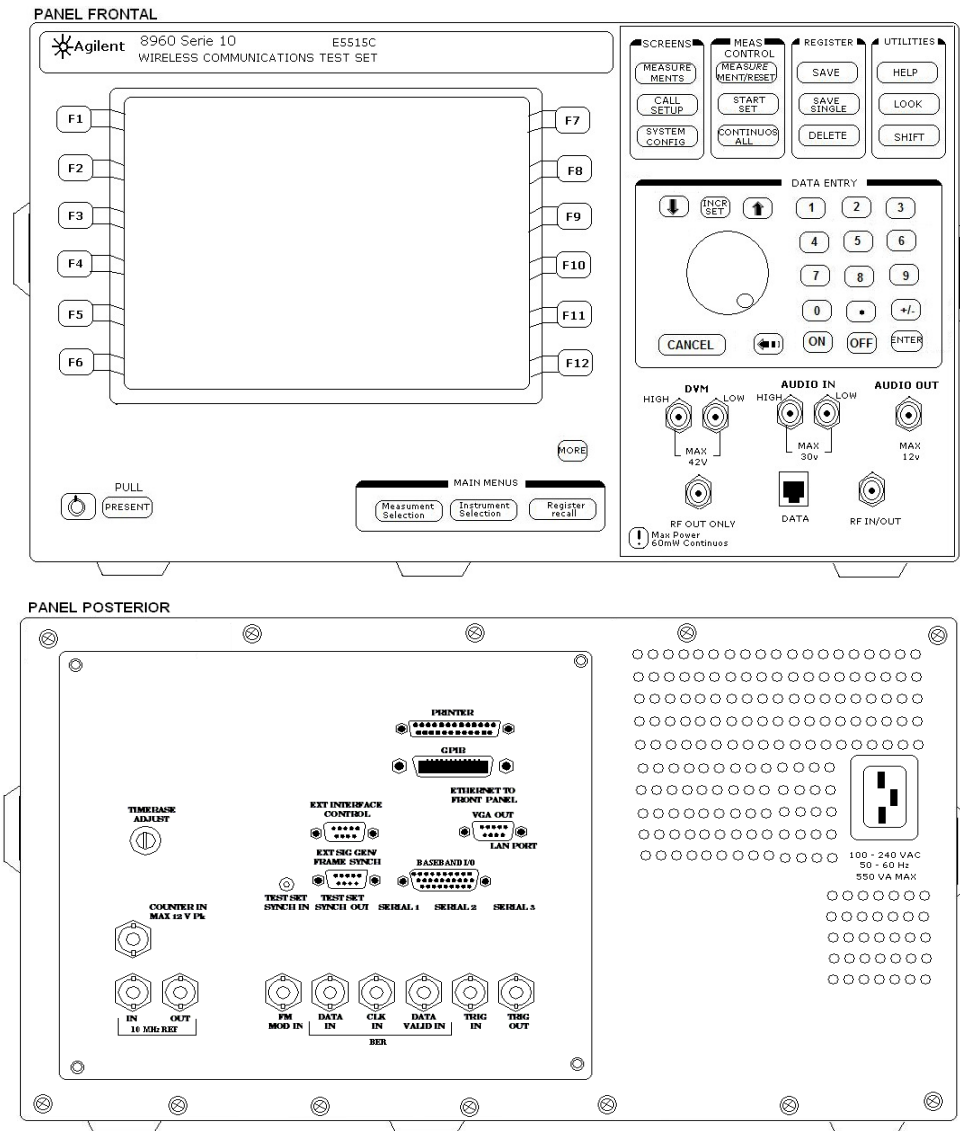
2.3.3 Equipo de medición y pruebas

El equipo de pruebas de medición GSM se caracteriza exactamente midiendo componentes con respecto a la amplitud y la fase de señales de prueba del barrido de frecuencia y el barrido de potencia. El equipo de prueba de comunicación ofrece las ventajas competitivas inmediatas al fabricante de terminales móviles para verificar su buen desempeño de la terminal móvil. El equipo ofrece a los fabricantes pruebas automatizadas por un proceso de exactitud, repetición, capacidad de pruebas a múltiples formatos de terminales móviles, facilidad de programar y arquitectura de fácil manejo. El equipo de medición utilizado en las pruebas realizadas de modelo Agilent 8960, con aplicaciones del laboratorio el cual proporciona herramientas a los ingenieros homólogos para realizar medidas de RF, emulación de la red, análisis protocolar en tiempo real, y capacidad de servicio por una variedad de tecnologías, esta flexibilidad ayuda a desarrollar un alto volumen de fabricación de terminales móviles y asegurar satisfacción al usuario final de las capacidades de multifunción de las terminales móviles en las condiciones del mundo real, el equipo está provisto de las siguientes características:

- Soporte a terminales móviles GSM, W-CDMA, HSPDA, CDMA200, 1XEV-DO, GPRS, EGPRS.
- Versión de Programa
- Interfaces GPIB/LAN
- Controlador remoto a través de la interfaz GPIB

A continuación se muestra en la figura 27, el panel frontal y el panel posterior del equipo de medición de modelo Agilent 8960.

Figura 27. Vista frontal y posterior, equipo de medición modelo Agilent 8960.



El analizador de espectro es un equipo de medición que permite visualizar en una pantalla componentes espectrales de señales presentes en la entrada, en el eje de ordenadas suele presentarse en una escala logarítmica el nivel en dB del contenido espectral de la señal, en el eje abscisas se representa la frecuencia, en una escala que es función de la separación temporal y el

número de muestras capturadas, el cual a su vez cuenta con las características técnicas básicas:

- Amplio rango de frecuencias de 292 a 2700MHz.
- Salida de potencia ampliada de -127 a -10dBm.
- Nivel de exactitud $\leq \pm 1.1$ dB.
- VSRW $< 1.14:1$ 400 a 1000MHz.

Descripción del panel frontal:

- Audio in: amplificador de entrada de audio diferencial con entrada a conector BNC.
- Audio out: generador de salida de audio y demodulador de señales de frecuencia modulada FM, con entrada a conector BNC.
- Data: conector de RJ-45 que proporciona el acceso a la red de área local LAN.
- RF in/out: conector predefinido para entrada y salida de señal RF.
- RF out only: puerto optativo para salida de señales RF.

Descripción del panel posterior:

- Baseband I/O: canal de entrada pin 9, canal de salida pin 26, canal de tierra pin 18 y 19.
- Ethernet to front panel: conector de RJ-45 usado para conectarse al puerto de datos de la red de área local.
- FM mod in: conector de BNC que permite usar una señal externa de frecuencia modulada al generador de RF, con sensibilidad a 20KHz y rango de frecuencia de 100Hz a 20KHz.

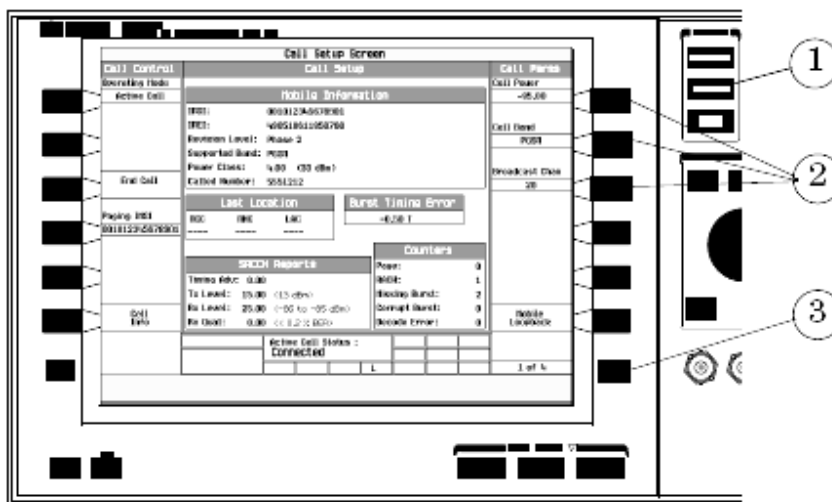
- GIPB: conector que permite conjunto de pruebas de control con dispositivos compatibles.
- Lan port: conector RJ-45 que mantiene conexión con equipo de cómputo para captura de imágenes en pantalla.
- Timebase adjust: permite la calibración de la base de tiempo.
- Trig in: conector de BNC que mantiene la capacidad de activar medidas o instrumentos de una fuente externa.
- Trig out: conector de BNC que permite sincronizar los instrumentos de fuente externa.
- VGA out: conector DB-15 que permite el despliegue de pantalla a otro monitor.
- 10MHz ref in: conector de BNC, acepta una señal externa de tiempo base de hasta 10MHz, con impedancia nominal de 50 ohm.
- 10MHz ref out: conector de BNC, proporciona una señal de tiempo base, impedancia de salida de 50 ohm y nivel típico de 0.5 vrms.

2.3.3.1 Configuración del equipo para realizar las pruebas

2.3.3.1.1 Configurar los parámetros de llamada

1. Presione la tecla **CALL SETUP**. Cuando el móvil está en llamada de voz o datos algunos parámetros no pueden cambiarse.
2. Presione **F7, F8** o **F9**.
3. Modifique los parámetros de interés y presione el botón.
4. Presione la tecla **MORE** para ver parámetros adicionales.

Figura 28. Configurar los parámetros de llamada.



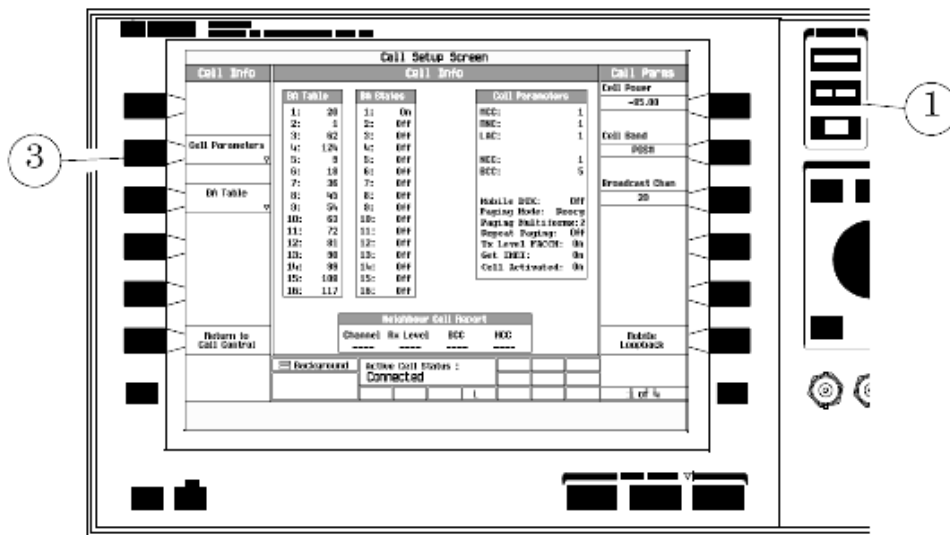
2.3.3.1.2 Cambiar los parámetros celulares

Seleccione el menú de los parámetros celular.

1. Presione la tecla **CALL SETUP**.
2. Presione la tecla **F5** información celular.

3. Presione la tecla **F2** parámetros celulares.

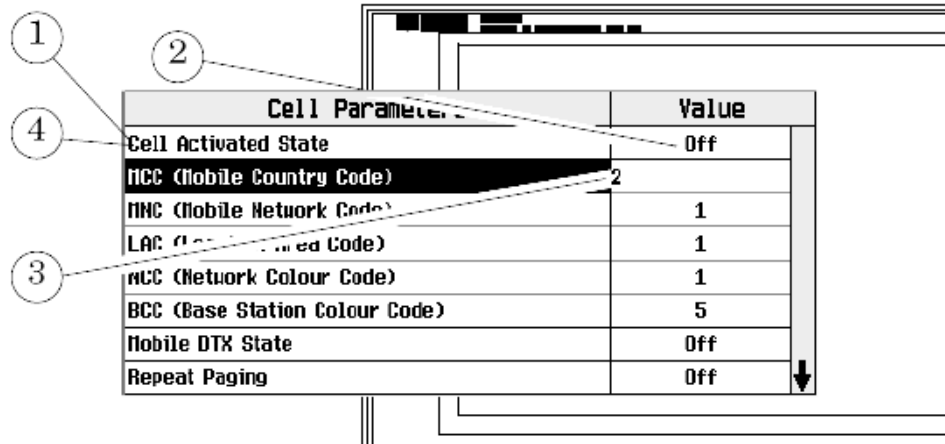
Figura 29. Cambiar los parámetros celulares.



Ya seleccionado el parámetro celular, modifique los parámetros celulares de la red.

1. Presione el botón **CELL ACTIVATED STATE**.
2. Seleccione **OFF** y el estado de celda estará desactivada.
3. Seleccione y modifique todos los parámetros de interés de la red.
4. Seleccione el botón **CELL ACTIVATED STATE**
5. Seleccione **ON** y el estado de celda estará activada.

Figura 30. Cambiando el parámetro celular de la red.

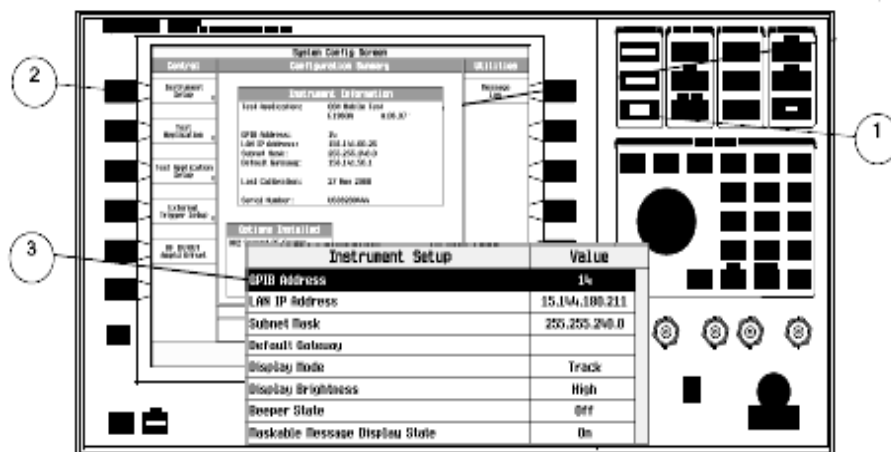


2.3.3.1.3 Configurar el set de prueba del instrumento

Configurar la información del instrumento y equipo.

1. Presionar la tecla **SYSTEM CONFIG**.
2. Presionar la tecla **F1** instrument setup.
3. Calibre el instrumento y configúrelo y presione **F6** para cerrar.

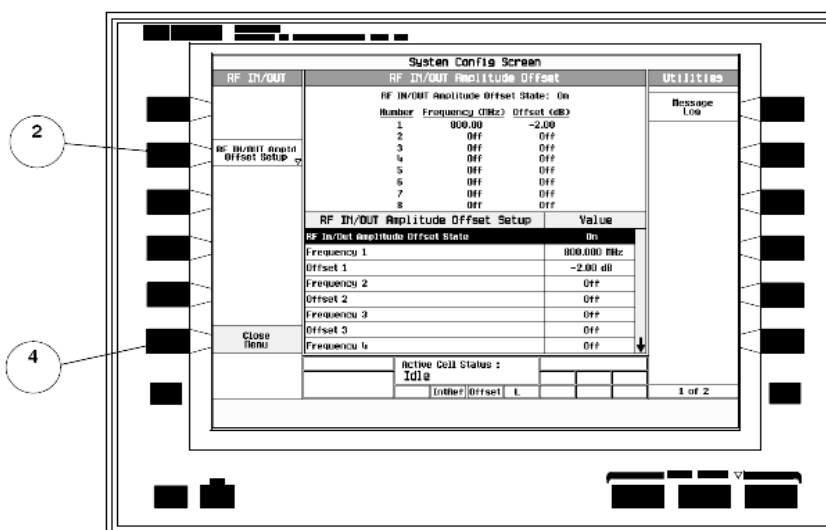
Figura 31. Configuración de instrumento y equipo.



2.3.3.1.4 Set de desplazamiento de amplitud

1. Para ingresar al sumario de configuración de pantalla, presione la tecla **F5**
2. Para configurar la amplitud de la señal RF de entrada y salida, presione la tecla **F2** RF in/out amptd offset.
3. Ingrese los valores de amplitud de las frecuencias a usar.
4. Presione la tecla **F6**, para cerrar el menú.
5. Presiones **F6**, para retornar al menú.

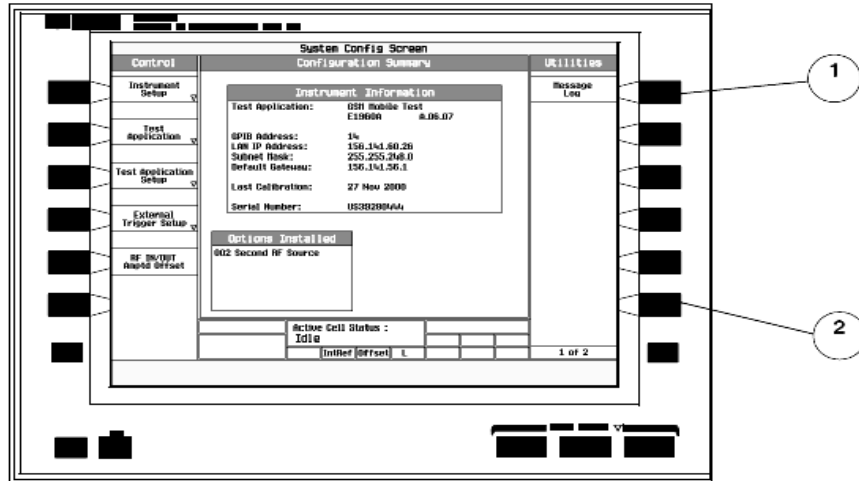
Figura 32. Configuración de la señal de RF.



Mensaje de verificación de las actividades del equipo.

1. Presione la tecla **F7**, message log y visualicé los mensajes de verificación del equipo.
2. Presione **F12** para retornar.

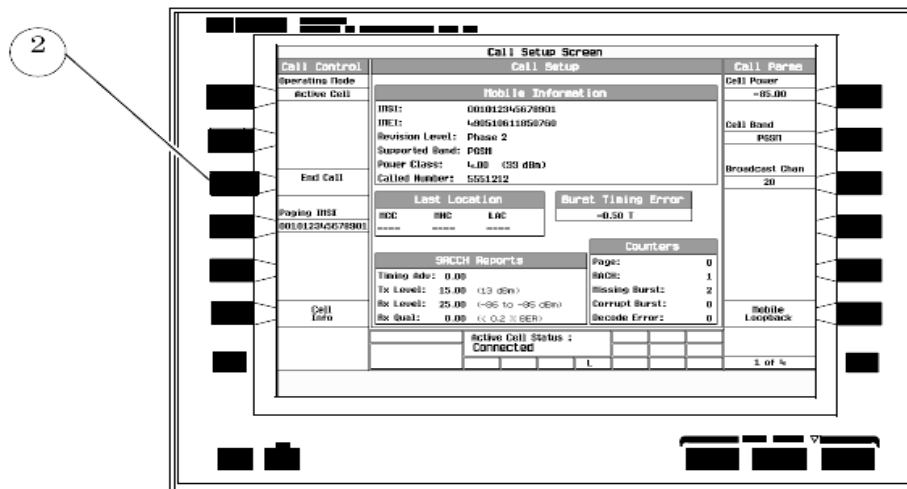
Figura 33. Configurar los mensajes de verificación de actividades del equipo.



2.3.3.1.5 Cómo finalizar una llamada

1. Presione la tecla **CALL SETUP**.
2. Presione la tecla **F3** end call.
3. Cheque el estado de la celda en estado desocupado.

Figura 34. Como finalizar una llamada

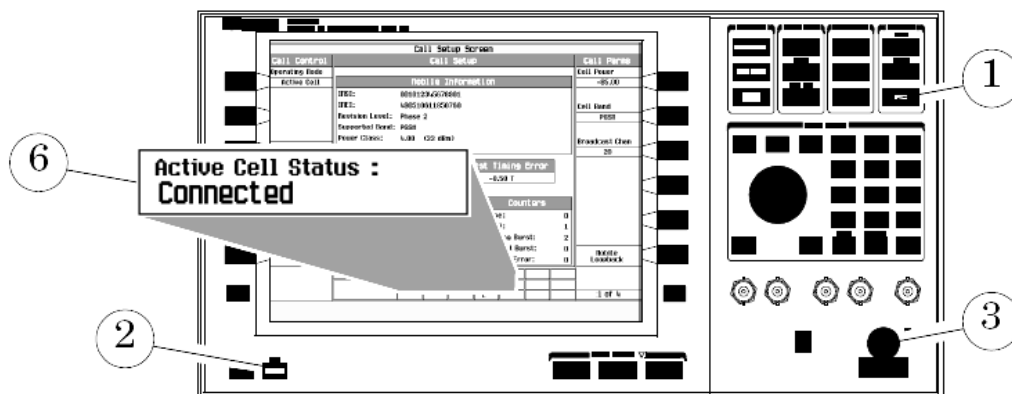


2.3.3.1.6 Cómo realizar una medida a un móvil

Estableciendo la llamada.

1. Presione la tecla azul **SHIFT**.
2. Presione la tecla verde **PRESET**,
3. Conecte el móvil.
4. Encienda el móvil y espera respuesta.

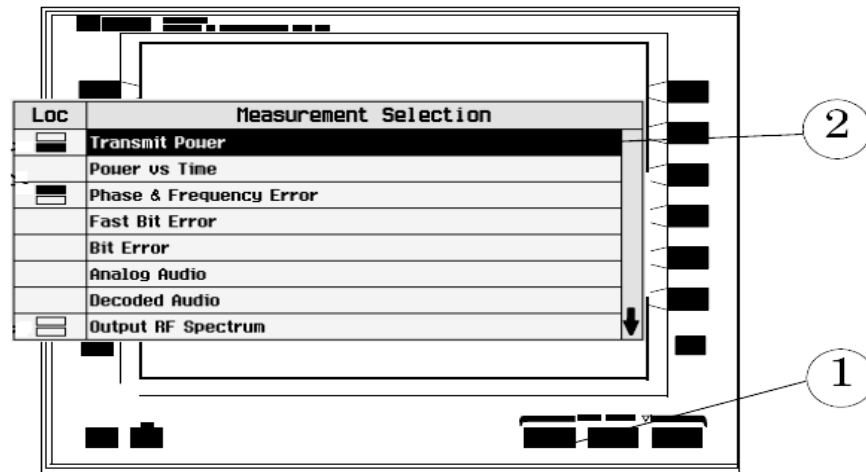
Figura 35. Estableciendo la llamada



Seleccionando la medida a realizar al móvil.

1. Presione la tecla **measurement selection**, la cual selecciona la medida a realizar.
2. Presione la medida de interés.
3. Repita los pasos 1 y 2 para adicionar otras medidas.

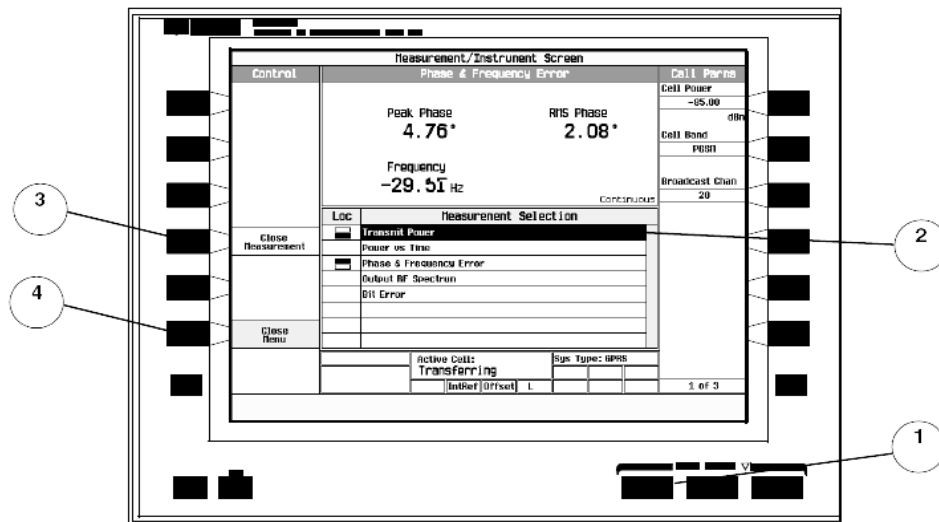
Figura 36. Seleccionando la medida a realizar



2.3.3.1.7 Cómo finalizar una medida

1. Presionar la tecla **measurement selection**.
2. Seleccione la medida que se desea apagar.
3. Presione la tecla **F4** close measurement, para finalizar la medida.
4. Presione la tecla **F6** close menú, para salir del menú de medidas.

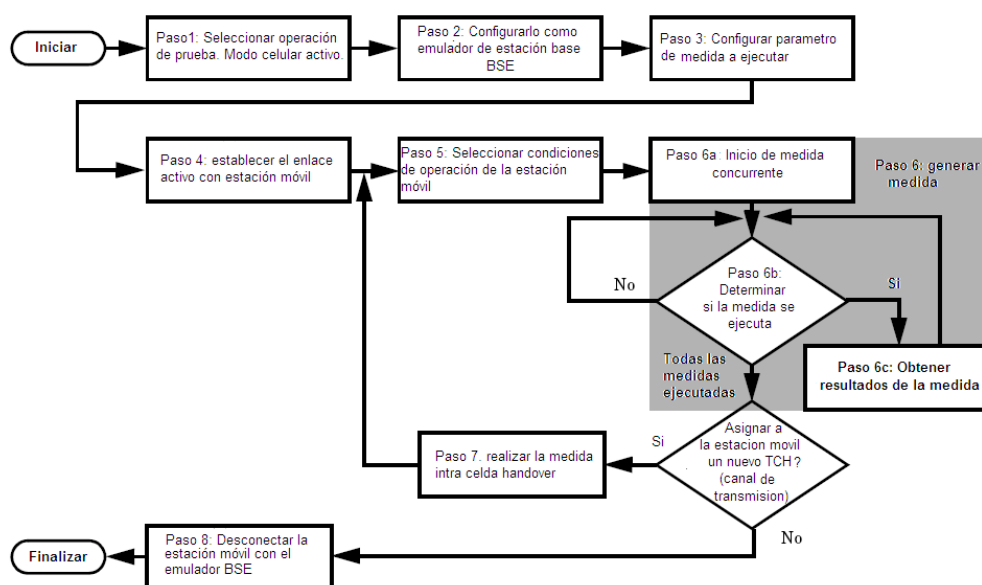
Figura 37. Finalización de la medida.



2.3.3.2 Automatizar las pruebas

Para poder realizar una secuencia automatizada de las pruebas de laboratorio se necesita un ordenamiento de tareas, las cuales definen al equipo un control de pasos lógicos a seguir, en la figura 38 se muestran un procedimiento lógico de realización de las medidas.

Figura 38. Programa de control, flujo de tareas realizadas.



Todos los equipos de laboratorio poseen un puerto que les permite conectarse a una red de computadoras denominada GIPB, esta red permite controlar equipos mediante un PC y automatizar medidas. A continuación se describe el programa utilizado para realizar las distintas medidas realizadas con anterioridad, para lo cual se requiere de la sintaxis de comandos GIPB, debido a que maneja su propia estructura de programación.

2.3.3.2.1 Programa de medida error de fase y frecuencia

```
10 OUTPUT 714; "SETUP:PFERROR:CONTINUOUS OFF"
20 OUTPUT 714; "SETUP:PFERROR:COUNT:NUMBER 100"
30 OUTPUT 714; "SETUP:PFERROR:TRIGGER:SOURCE AUTO"
40 OUTPUT 714; "SETUP:PFERROR:SYNC MIDAMBLE"
50 OUTPUT 714; "INITIATE:PFERROR"
60 REPEAT
70 OUTPUT 714; "INITIATE:DONE?"
80 ENTER 714; Meas_complete$
90 UNTIL 714 Meas_complete$="PFER"
100 OUTPUT 714; "FETCH:PFERROR:ALL?"
110 ENTER 714;Integrity, Max:phase_err, Max_peak_error, Worst_freq_err
120 END
```

2.3.3.2.2 Programa de medida potencia de portadora de RF vrs. tiempo

```
10 OUTPUT 714; "SETUP:PVTIME:CONTINUOUS OFF"
20 OUTPUT 714; "SETUP:PVTIME:COUNT:NUMBER 100"
30 OUTPUT 714; "SETUP:PVTIME:TRIGGER:SOURCE AUTO"
40 OUTPUT 714; "SETUP:PVTIME:SYNC MIDAMBLE"
50 OUTPUT 714; "SETUP:PVTIME:TIME:OFFSET -28US,-18US"
60 OUTPUT 714; "INITIATE:PVTIME"
70 REPEAT
80 OUTPUT 714; "INITIATE:DONE?"
90 ENTER 714; Meas_complete$
100 UNTIL 714 Meas_complete$="PVT"
110 OUTPUT 714; "FETCH:PVTIME:ALL?"
120 ENTER 714;Integrity,Pvt_mask,Pvt_power,Max_offset
130 END
```

2.3.3.2.3 Programa de medida potencia media de portadora RF transmitida

```
10 OUTPUT 714; "SETUP:TXPOWER:CONTINUOUS OFF"
20 OUTPUT 714; "SETUP:TXPOWER:COUNT:NUMBER 100"
30 OUTPUT 714; "SETUP:TXPOWER:TRIGGER:SOURCE AUTO"
40 OUTPUT 714; "INITIATE:TXPOWER"
50 REPEAT
60 OUTPUT 714; "INITIATE:DONE?"
70 ENTER 714; Meas_complete$
80 UNTIL 714 Meas_complete$="TXP"
90 OUTPUT 714; "FETCH: TXPOWER: ALL?"
100 ENTER 714; Integrity, Avg_tx_power
110 END
```

2.3.3.2.4 Programa de medida frecuencias espurias

```
10 OUTPUT 714; "SETUP:ORFSPECTRUM:CONTINUOUS OFF"
20 OUTPUT 714; "SETUP:ORFSPECTRUM:COUNT:STATE ON"
30 OUTPUT 714; "SETUP:ORFSPECTRUM:TRIGGER:SOURCE AUTO"
40 OUTPUT 714; "SETUP:ORFSPECTRUM:SWITCHING:COUNT:NUMBER 50"
50 OUTPUT 714; "SETUP:ORFSPECTRUM:SWITCHING:FREQUENCY 200KHZ,
400KHZ"
60 OUTPUT 714; "SETUP:ORFSPECTRUM:MODULATION:COUNT:NUMBER
100"
70 OUTPUT 714; "SETUP:ORFSPECTRUM:MODULATION:FREQUENCY
200KHZ"
80 OUTPUT 714; "INITIATE:ORFSPECTRUM"
90 REPEAT
100 OUTPUT 714; "INITIATE:DONE?"
110 ENTER 714; Meas_complete$
120 UNTIL 714 Meas_complete$="ORFS"
130 OUTPUT 714; "FETCH:ORFSPECTRUM:ALL?"
140 ENTER 714; Integrity, Tx_pwr, Max_swit_200, Max_swit_400, Bw_pwr,
Avg_mod_200
150 END
```

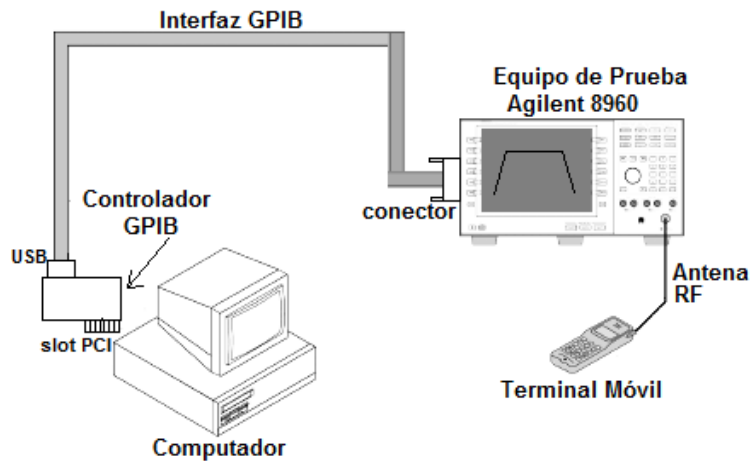
2.3.3.2.5 Programa de medida bit de error BER

```
10 OUTPUT 714; "SETUP:BERROR:TIMEOUT:TIME 5"
20 OUTPUT 714; "CALL:CELLPOWER:AMPLITUDE -102 DBM"
30 OUTPUT 714; "SETUP:BERROR:CONTINUOS OFF"
40 OUTPUT 714; "SETUP:BERROR:COUNT 10000"
50 OUTPUT 714; "SETUP:BERROR:CLSDELAY:STIME 500 MS"
60 OUTPUT 714; "SETUP:BERROR:TYPE TYPEIA"
70 OUTPUT 714; "SETUP:BERROR:LDCONTROL:AUTO OFF"
80 OUTPUT 714; "SETUP:BERROR:MANUAL:DELAY 6"
90 OUTPUT 714;"INITIATE:BERROR"
100 REPEAT
110 OUTPUT 714; "INITIATE:DONE?"
120 ENTER 714; Meas_comp$
130 PRINT Meas_comp$ = "BERR"
140 UNTIL 714 Meas_complete$="BERR"
150 OUTPUT 714; "FETCH: BERROR?"
160 ENTER 714; Integrity, Bits_tested, Bit_err_ratio, Bit_err_count
170 OUTPUT 714; "FETCH:BERROR:COUNT:CRC?"
180 ENTER 714; Crc_count
190 OUTPUT 714; "CALL:CELL:POWER:AMPLITUDE -85 DBM"
200 END
```

2.3.4 Equipo de trabajo

Para realizar las medidas al terminal móvil, es necesario del uso de equipo para trabajo mostrado en la figura 39.

Figura 39. Equipo de trabajo.



Descripción del equipo de trabajo.

- Conector de RF: es un componente electrónico pasivo, su modelo está determinado en cada caso por la potencia de los equipos. Los conectores, generalmente, están fabricados en bronce cromado con lamina activo de plata de 30 micrones y su impedancia es de 50Ω .
- Características del móvil de modo ingeniería:
 - Tecnología GSM.
 - Conector RF antena receptora.
 - Compatible voz y datos.
 - Instalación de programa de medición de parámetros de RF.
- GPIB: bus de interfaz de propósito general, bus de datos digital de 24 pines (8 datos, 5 gestión del bus, 3 handshake, 8 tierra) de corto rango, propósito específico conectar el analizador de espectro Agilent, para permitir una fácil conexión entre instrumentos y controladores del ordenador.

El proceso para la conexión física de la red formada en la figura 39, por la PC y el instrumento Agilent a controlar se realiza mediante los pasos que a continuación se indican.

1. Instalar un controlador de interfaz PCI GPIB de alta velocidad Agilent para Windows, con una velocidad de transferencia de hasta 900KB/s, la utilización de una conexión directa al ordenador a través del bus PCI permite reducir al mínimo la sobrecarga de administración, lo que permite alcanzar la máxima velocidad posible. El hardware es configurable por software y compatible con el estándar Plug-and-Play, lo que facilita su instalación.
2. La interfaz USB/GPIB de Agilent proporciona una conexión directa desde el puerto USB del ordenador portátil al instrumento de medición Agilent 8960, una vez cargado el software, el ordenador detecta automáticamente la interfaz. La interfaz USB/GPIB permite empezar a trabajar nada más enchufarla. Puede conectarse “en caliente”, es decir es posible enchufarla y desenchufarla con facilidad sin necesidad de apagar el ordenador. No necesita fuente de alimentación externa.
3. Conecte a la entrada del puerto GPIB que se encuentra en la parte posterior del equipo de medición Agilent con el conector GPIB para realizar la conexión directa entre el ordenador y el equipo de medida a través de la interfaz GPIB.
4. El software de conectividad de Agilent le ayuda a establecer una conexión en menos de 15 minutos. La versión 14.0 de la familia de librerías de entrada/salida IO elimina horas de esfuerzo de conexión y configuración de sistemas de prueba controlados desde la PC. Al instalar en la PC la librería IO libraries suite de Agilent y cablear al PC la interfaz la herramienta IO detectará la interface e instrumentos de medida automáticamente.

3. MEDICIONES Y PRUEBAS DE CAMPO PARA LA HOMOLOGACIÓN DE TERMINALES MÓVILES

3.1 Mediciones e interpretaciones

La necesidad creciente de los operadores de telecomunicaciones, en especial en el sector de comunicaciones móviles, ha generado una importante demanda de nuevos servicios de medida y soluciones tecnológicas. La respuesta a estas necesidades de medida y los importantes retos asociados requiere de pruebas de campo de terminales y servicios GSM para operadores, para garantizar el correcto funcionamiento del terminal móvil en un ambiente real dentro de la red.

Para poder efectuar las pruebas de campo que deben ser completadas exitosamente para dar como homologado un terminal móvil GSM, se requiere del equipo necesario el cual consta de un terminal móvil GSM de prueba llamándosele terminal en modo de ingeniería que captura y verifica el desempeño de la transmisión y recepción basándose en parámetros y datos útiles que sirven a los ingenieros en el campo de homologación a interpretar la interrelación entre el equipo radiante BTS y el terminal móvil, debido a que el terminal en modo de ingeniería es un terminal como cualquier otro excepto que en su memoria se almacena un programa que contiene toda la información esencial para determinar cómo se encuentra la red GSM, que estamos testeando en el preciso momento de activar este programa, lo que nos va a dar es una realidad de cómo se encuentra la red. Uno de los parámetros fundamentales corresponde a la cantidad de celdas que visualiza el receptor y que ha capturado, dándonos los siguientes parámetros:

1. Cantidad de celdas.
2. Identificación de canal correspondiente a las mismas.
3. Nivel de señal de cada una de ellas.
4. Cambio aleatorio para nuevas celdas.
5. Banda de operación de cada celda.
6. Celdas más estables para un determinado punto geográfico.
7. Cantidad de canales disponibles.
8. Encriptación que usa la red GSM.
9. Handover y Handoff de celda y canal.
10. Información detallada de hasta 8 celdas cercanas dependiendo de la versión de programa utilizado.

Estos parámetros se deberán de interpretar tal como se indican ya que será en realidad los datos dependiendo de cada zona geográfica a testear y esto nos permite analizar el comportamiento de la red y la percepción del usuario frente al servicio prestado. En la tabla XI, se muestran los parámetros principales que se dividen en grupos los cuales son mostrados en las pantallas de los terminales usados.

Tabla XI. Parámetros principales del terminal en modo de ingeniería.

Parámetro	Medida Ej.	Interpretación
1. Información del servicio de la celda "pantalla principal"		
Channel num	134	Indica que se encuentra en canal N°134
Rx level	-60	Indica el nivel de señal con que se recibe a la celda
Tx power level	xx	Indica solamente cuando el celular transmite
GPRS Attach	xx	Indica solamente cuando conectamos GPRS
TS/TA	0 0	Indica solamente cuando existe comunicación
Rx/Rtime	xx xx	Indica valores de Rx y activación de timer en BTS
C1/C2	27 19	Indica canales alternativos disponibles dentro BCCH
Band/Chty	85 CCCH	Indica banda en uso y BCHH (85=850MHz)
AMR/UAMR D	xx xx	Indica solamente cuando hay comunicación nivel de calidad

2. Información extra de la celda en servicio		
Paging mode	NO	Indica solamente cuando el celular está en Paging
Max RACH retr	2	Indica máximo de canales disponibles
Roaming ind	xxx	Indica solamente cuando se hace Roaming en otro prestador
BSCI value	B58	Indica valor del BSIC
CC cause	16	Indica valor de CC
Rx quality	xx	Indica valor de calidad de recepción en uso solamente
CRD/Hopping	20 10	Indica valores de CRD y Hopping
Pent/HCH	620 7	Indica valores de Pent y HCH
MAIO/HSN	xx xx	Indica valores de MAIO y HSN
3. Información de la celda en servicio, y celda vecina 1 & 2 en servicio		
Ch:134 C1:16 Rx:-69 C2:19		Indica que está en canal 134 usando los slot 16 y 19 con señal de -69dB
Ch:131 C1:34 Rx:-71 C2:22		Indica canal adyacente vecino1: 131 usando slot 34 y 22 son señal de -71dB
Ch:128 C1:41 Rx:-86 C2:47		Indica canal adyacente vecina2: 128 usando slot 41 y 47 son señal de -86dB
1 Neighbor AR	N	Indica celda disponible
2 Neighbor AR	N	Indica celda disponible
4. Información de la celda vecina 3,4 & 5 en servicio		
Ch:658 C1:113 Rx:-96 C2:116		Indica canal adyacente vecina3: 658 usando slot 113 y 116 son señal -96dB
Ch:142 C1:28 Rx:-99 C2:45		Indica canal adyacente vecina4: 142 usando slot 28 y 45 son señal -99dB
Ch:129 C1:33 Rx:-103 C2:39		Indica canal adyacente vecina5: 129 usando slot 33 y 39 son señal -103dB
3 Neighbor AR	N	Indica celda disponible
4 Neighbor AR	N	Indica celda disponible
5 Neighbor AR	N	Indica celda disponible
5. Información de la celda vecina 6,7 & 8 en servicio		
Ch:661 C1:104 Rx:-104 C2:66		Indica canal adyacente vecina6: 661 usando slot 104 y 66 son señal -104dB
Ch:xxx C1:xxx Rx:xxx C2:xx		Indica que no ve otra celda disponible
Ch:xxx C1:xxx Rx:xxx C2:xx		Indica que no ve otra celda disponible
6 Neighbor AR	N	Indica celda disponible
7 Neighbor AR	xx	Indica celda no disponible
8 Neighbor AR	xx	Indica celda no disponible
6. Visualización de la red seleccionada		
Last reg 1st forbidd	72234F 72235F	Indica últimos registros en redes
1st pref 2nd forbidd	334020	Indica registro anterior en red
2nd pref 3rd forbidd	33403F	Indica registro anterior en red
3rd pref 4th forbidd	732103	Indica registro anterior en red
7. Banderas de la celda actual		
Emergency call	1	Indica disponibilidad para llamadas de emergencia
Attach dettach	1	Indica disponibilidad para ocultar y mostrar
Half rate ch	1	Indica disponibilidad para handoff de canales
C2 broadcast	1	Indica disponibilidad de acceso a BCCH
SI 7G8 broad	0	Indica indisponibilidad de banda ancha
Cell broad	0	Indica no existe celda banda ancha
Call re-est	0	Indica indisponibilidad de re-llamada
BCSC/2-Ter	1	Indica disponibilidad de broadcasting de mensajes
M Band	3	Indica disponibilidad ambas bandas
8. Localización actual TMSI, PRP, T3212		
TMSI value	6500DA67	Indica valor del TMSI en hexadecimal
Current T3212	1	Indica disponibilidad de localización
Initial T3212	120	Indica slot de ubicación inicial

Paging repeat	5	Indica valor para paing
Channel num	705	Indica canal actual
9. Parámetros de la red		
Country code	722	Indica código de país
Network code	34F	Indica código de red (prestador de servicio)
Location code	20	Indica LAC (área de localización)
Channel num	705	Indica canal actual
Cell IDE	33803	Indica identidad de la celda
10. Codificación, saltos de frecuencia, estado de DTX de IMSI		
Ciphering value	A52	Indica valor de cifrado COM128
Hopping value	OFF	Indica habilitación/deshabilitación de hopping
DTX value	ON	Indica habilitación/deshabilitación de DTX
IMSI attach	ON	Indica habilitación/deshabilitación visualización IMSI
11. Modo de estado de alarma DTX		
DTX mode	Not allowed	Indica que no existe comunicación ni cipher A5
Default DTX	ON	Indica que SIM está predispuesta a DTX
DTX from BTS	USE	Indica inicio de DTX desde BTS
12. Estado de cambio de prueba de BTS		
BTS TEST	OFF	Estos parámetros solamente en algunas redes está permitido
13. Cambio de portadora de la celda		
CALL BEARER	Accepted	Indica que acepta llamadas

3.2 Pruebas de campo del transmisor, receptor y servicios suplementarios.

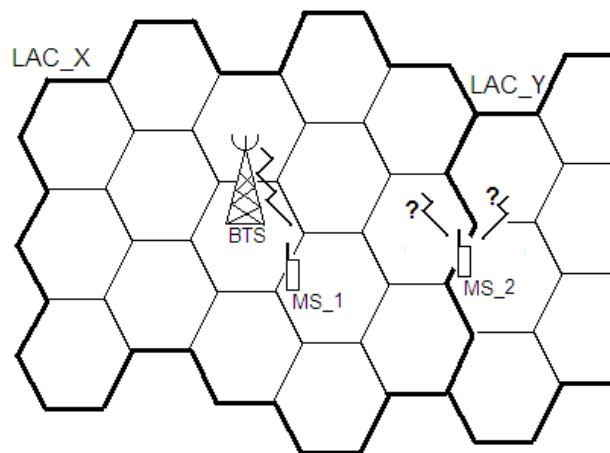
A continuación se indican las pruebas de campo que deberán ser completadas exitosamente con el objetivo de dar como homologado un terminal nuevo GSM. Las pruebas de campo se dividen en dos grupos:

1. Pruebas de interrelación con la red y el equipo terminal móvil: las cuales consisten en verificar los mecanismos básicos de interrelación del equipo móvil con la red, que incluyen pruebas de encendido/apagado del terminal, establecimiento de llamadas, cortes en la comunicación y otros.
2. Servicios suplementarios: las cuales consiste en verificar los teleservicios prestados dependiendo de cada operador de la red que presta el servicio, incluyendo llamadas de voz, fax, datos, mensajes cortos y otros.

3.2.1 Definición de prueba

A continuación se presentarán las pruebas de campo desarrolladas dentro de dos regiones de cobertura, definimos región verde al área de cobertura que se le dará al terminal móvil desplazado dentro de una misma LAC y región roja al área de cobertura límite dentro de dos LAC diferentes para poder determinar cuadros críticos de funcionamiento de los terminales móviles mostrado en la figura 40. Además de realizar dichas pruebas en diferentes puntos de cobertura se utilizaran distintos escenarios para realizar conclusiones comparativas.

Figura 40. Pruebas de campo realizadas en diferentes áreas de localización LAC's.



Región verde: terminal móvil MS_1 se encuentra dentro del LAC_X.
Región roja: terminal móvil MS_2 se encuentra en los límites del LAC_X y LAC_Y.

Las pruebas de campo realizadas, se basan en estudios básicos de homologación que comprueban de manera general el funcionamiento de la red relacionando a la terminal móvil.

3.2.1.1 Procedimiento prueba transmisor 1, llamada originada por el móvil hacia otro móvil.

Comprobar que el equipo móvil de prueba establece una llamada hacia otro móvil sin que existan fallos de conexión.

Procedimiento:

1. Verificar que el móvil de prueba esté conectado a la red y de que la potencia de la señal recibida de la red es suficiente.
2. Marcar el número del móvil destino y presionar la tecla enviar.
3. Confirmar que se escucha el tono de llamada en el móvil de destino.
4. Establecer la llamada.
5. Finalizar la llamada.

3.2.1.2 Procedimiento prueba transmisor 2, llamada originada por el móvil hacia un teléfono de la red fija.

Comprobar que el equipo móvil de prueba establece una llamada con un teléfono de la red fija.

Procedimiento:

1. Verificar que el móvil esté conectado a la red y de que la potencia de la señal recibida de la red es suficiente.
2. Marcar el número de teléfono de la red fija y presionar la tecla enviar.
3. Confirmar que se escucha el tono de llamada en el teléfono de destino.
4. Establecer la llamada.
5. Finalizar la llamada.

3.2.1.3 Procedimiento prueba transmisor 3, envío de mensajes cortos SMS hacia otro móvil.

Comprobar que el móvil permite enviar mensajes cortos a cualquier otro equipo de recepción de mensajes cortos.

Procedimiento:

1. Verificar la configuración del servicio de mensajes cortos en el móvil.
2. Editar el mensaje y enviarlo.
3. Verificar que la red confirma el envío del mensaje.
4. Indicar el mensaje que presenta el móvil en pantalla.
5. Verificar que el destino reciba el mensaje sin errores e inteligible.

3.2.1.4 Procedimiento prueba transmisor 4, llamada establecida por el móvil en desplazamiento.

Comprobar establecer una llamada cuando el móvil de prueba se desplaza de un punto hacia otro sin que se produzca una llamada caída.

Procedimiento:

1. Verificar que el móvil esté conectado a la red y de que la potencia de la señal recibida de la red es suficiente.
2. Marcar un número de otro teléfono y presionar la tecla enviar.
3. Confirmar que se escucha el tono de llamada en el teléfono de destino.
4. Establecer la llamada.
5. Desplazamiento del móvil.
6. Verificar si la señal es transmitida y establecida.
7. Finalizar la llamada.

3.2.1.5 Procedimiento prueba receptor 1, recepción de llamada efectuada por otro móvil.

Comprobar que el equipo móvil de prueba reciba llamadas desde otro teléfono móvil, sin importa que operador de el servicio prestado.

Procedimiento:

1. Verificar que el móvil de prueba esté conectado a la red y de que la potencia de la señal recibida de la red es suficiente.
2. Marcar el número del móvil de prueba desde otro móvil.
3. Confirmar que se escucha el tono de llamada en el móvil de prueba.
4. Establecer la llamada.
5. Finalizar la llamada.

3.2.1.6 Procedimiento prueba receptor 2, recepción de llamada efectuada por un teléfono de la red fija.

Comprobar que el equipo móvil de prueba reciba llamadas desde un teléfono de la red fija.

Procedimiento:

1. Verificar que el móvil de prueba esté conectado a la red y de que la potencia de la señal recibida de la red es suficiente.
2. Marcar el número del móvil de prueba desde el teléfono de la red fija.
3. Confirmar que se escucha el tono de llamada en el móvil de prueba.
4. Establecer la llamada.
5. Finalizar la llamada.

3.2.1.7 Procedimiento prueba receptor 3, recepción de mensajes cortos SMS efectuadas por otro móvil.

Comprobar si recibe mensajes cortos el móvil de prueba enviados por otro móvil, sin importa que operador de el servicio prestado.

Procedimiento:

1. Verificar la configuración del servicio de mensajes cortos en el móvil de prueba.
2. Editar el mensaje desde el otro móvil y enviarlo al móvil de prueba.
3. Verificar que la red confirma la recepción del mensaje.
4. Verificar si el mensaje enviado es inteligible y correcto.

3.2.1.8 Procedimiento prueba receptor 4, recepción de llamada en desplazamiento.

Comprobar que el móvil de prueba reciba y mantenga establecida la llamada aún cuando el móvil de prueba este desplazándose.

Procedimiento:

1. Verificar que el móvil de prueba esté conectado a la red y de que la potencia la señal recibida de la red es suficiente.
2. Marcar desde otro teléfono el número del móvil de prueba.
3. Confirmar que se escucha el tono de llamada en el móvil de prueba.
4. Establecer la llamada.
5. Desplazamiento de móvil prueba.
6. Verificar si la señal es recibida y establecida.
7. Finalizar la llamada.

3.2.1.9 Procedimiento prueba receptor 5, calidad de voz.

Comprobar que el móvil de prueba reciba y mantenga una calidad de voz inteligible dentro de un ambiente cerrado.

Procedimiento:

1. Verificar que el móvil de prueba esté conectado a la red y de que la potencia la señal recibida de la red es suficiente.
2. Marcar desde otro teléfono el número del móvil de prueba.
3. Confirmar que se escucha el tono de llamada en el móvil de prueba.
4. Establecer la llamada.
5. Verificar si la voz del transmisor en el móvil de prueba sea inteligible aún en circunstancias de aislamiento de señal.
6. Finalizar la llamada.

3.2.2 Procedimiento para efectuar la prueba

Para poder realizar las pruebas descritas con anterioridad necesitamos una planeación de prueba de campo, la cual nos indique el procedimiento que se debe seguir y las consideraciones que se deben de tomar en cuenta antes de realizar una prueba:

1. Equipo de medición.
2. Ruta o trayectoria geográfica de puntos de medición.
3. Escenarios de medición.

3.2.2.1 Equipo de medición

Como se ha comentado con anterioridad el terminal que se desee homologar debe ser configurado además debe ser activado en el menú del teléfono, en modo ingeniería como se muestra en la tabla XI, el cual nos permitirá medir los parámetros del teléfono y los parámetros de la red. Existen varias versiones de terminales de prueba en modo ingeniería pero depende del modelo del terminal a homologar y de las actualizaciones de versiones, pero los parámetros siguen siendo los mismos a medir, los terminales de prueba son proporcionados por la entidad que provee los terminales con el fin de que si se adquiere una cierta cantidad de terminales a homologar se pretenda realizar las pruebas a todos los distintos modelos y asegurar su correcto funcionamiento. El equipo básico requerido para poder efectuar las pruebas son:

- Terminal móvil de prueba, modo ingeniería
- Módulo de identificación del suscriptor SIM.
- Teléfonos con acceso a la red móvil y fija para establecimiento de llamadas y poder interactuar con el terminal de prueba.
- Computador para documentar las medidas obtenidas, algunos computadores cuentan con programas cargados específicos para análisis del móvil y de la red, como por ejemplo: análisis de completación de llamadas, fallas de acceso, calidad de voz, errores de frecuencia y de fase entre otros.

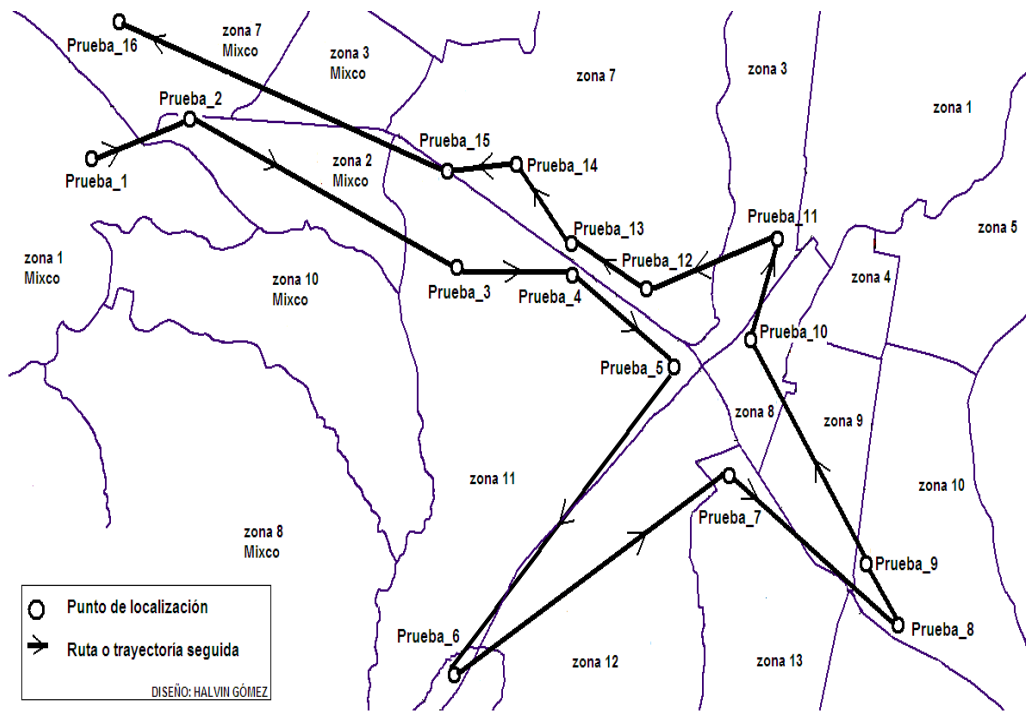
3.2.2.2 Ruta o trayectoria geográfica

La ruta o trayectoria geográfica en donde se desee realizar dichas pruebas es de suma importancia ya que dependiendo en qué punto estemos localizados determinara que zona de localización y zona celular nos preste

servicio para poder interactuar directamente con la red. Para tal efecto se mapeo una ruta indicando los puntos en los cuales fueron muestreadas las diferentes medidas dependiendo de las circunstancias en las que se propuso.

En la figura 41, se muestra la ruta o trayectoria que se siguió para la realización de las pruebas en cada punto de localización se determino una prueba de medida.

Figura 41. Ruta o trayectoria geográfica de puntos de medición.

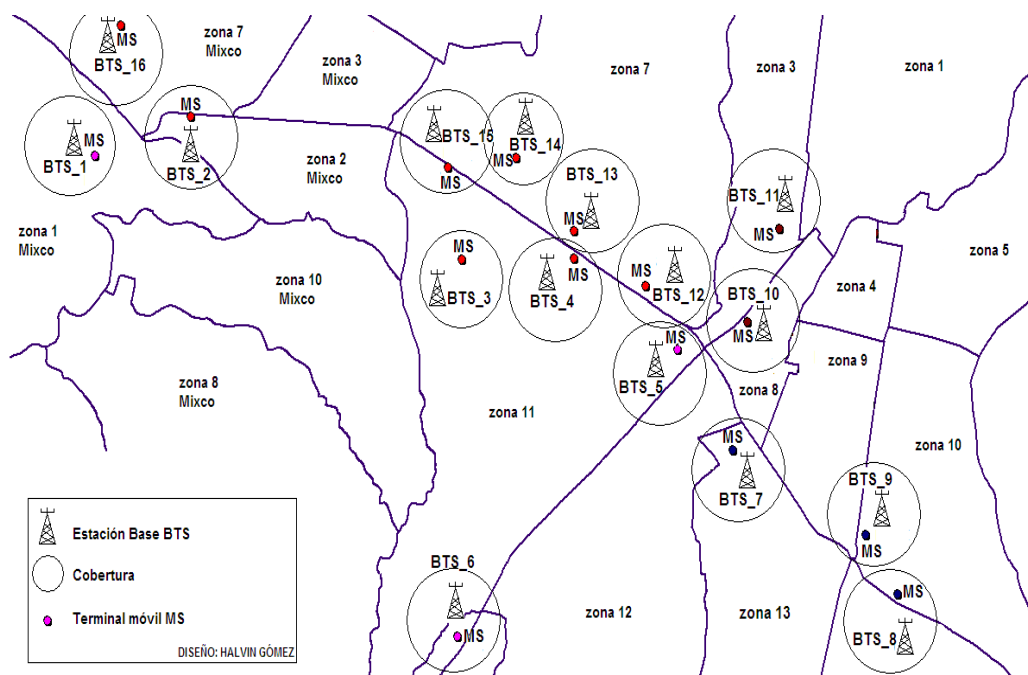


A continuación se presenta en la figura 42, la ubicación del terminal móvil y de la ubicación de la estación base transreceptora BTS, que presta el servicio, dependiendo en qué punto se encuentre el móvil será determinante observar que varían los parámetros de celda y los parámetros de red.

Respecto a los parámetros de celda, variara el número de canal, el nivel de potencia receptora, la clase de potencia transmitida debido a que dependiendo de lo cerca o lejos que nos encontremos de la celda será los valores obtenidos en el terminal, cada celda tiene un rango de cobertura estipulada y eso es lo que determina la calidad de servicio hacia el terminal móvil.

Respecto a los parámetros de red estos varían debido a que un cierto grupo de estaciones base se agrupan en una misma área de localización LAC, de modo que diferentes regiones del país están compuestas por diferentes LAC y queda a criterio de cada operador la distribución de celdas y de las áreas de localización, el único parámetro en común de los todos los operadores dentro del mismo país es el identificador o código de país.

Figura 42. Localización de estaciones base transreceptoras y áreas de cobertura.



3.2.2.3 Escenarios de medición

El escenario de medición es un factor de importancia debido a que determina las circunstancias en el momento que interactúa el terminal móvil con la red, dentro de los escenarios podemos mencionar:

- Escenario de cobertura:
El terminal bajo circunstancia de cobertura, se considera que se le brinda servicio celular, debido a que los parámetros de transmisión y recepción se consideran óptimos para interactuar con la red sin inconvenientes.

- Escenario sin cobertura:
El terminal con carencia de cobertura, se considera que no se le brinda servicio celular adecuado, debido a que los parámetros de transmisión y recepción no cumplen con los niveles mínimos para interactuar con la red sin inconvenientes.

- Escenario de clima:
El terminal interactúa diferente dependiendo de las circunstancias del clima en las que opere, debido a que si existe un clima lluvioso incluso en áreas de cobertura el servicio tiende a desvanecerse y es debido a la penetración de onda, la cual requiere de una mayor potencia tanto de la radio base como del terminal móvil para poder balancear las pérdidas provocadas.

- Escenario en estado de desplazamiento:
El terminal bajo circunstancia de desplazamiento, es sometido a desvanecimiento de la señal de transmisión y recepción producido

por los múltiples trayectos al que es sometido debido al tiempo de respuesta en la transferencia automática de una comunicación en progreso de una celda a otra, generando inconvenientes en la comunicación incluso provocando un incremento de factor de llamadas caídas.

- Escenario estado estático:

El terminal en estado estático, tiene una mayor probabilidad de un buen funcionamiento siempre y cuando sea sometido a un área de cobertura, debido a que en ese estado es más fácil la transmisión y recepción sin que exista el inconveniente de diversidad espacial.

El terminal móvil reacciona diferente bajo diferentes circunstancias, si se encuentra en un lugar sin cobertura no existirá servicio, si se encuentra en un clima lluvioso la transmisión y recepción será débil, si el móvil se encuentra en desplazamiento la cobertura de las celdas vecinas debe restablecerse en el momento que se realiza un handoff para seguir prestando el servicio sin interrupciones y sin generación de llamadas caídas.

3.2.3 Resultados e interpretación de pruebas

Los siguientes resultados de las pruebas de campo fueron realizados interactuando en tiempo real el terminal móvil de prueba con el operador de red, las rutas o caminos muestreados son determinados por la trayectoria definida en la figura 41, el servicio prestado y el orden de las mediciones en que se llevo a cabo se define en la figura 42, En la tabla XII se muestran los indicadores de referencia utilizados para interpretar mejor los resultados obtenidos en la pruebas.

Tabla XII. Indicadores de referencia

Indicadores	
Exitosa	✓
No exitosa	x
No se deseo efectuar	
Bueno	B
Regular	R
Malo	M

Los escenarios que se consideraron en las pruebas de campo dependiente del punto de medición se detallan en la tabla XIII.

Tabla XIII. Escenarios considerados en las pruebas de campo.

Escenario	BTS_1	BTS_2	BTS_3	BTS_4	BTS_5	BTS_6	BTS_7	BTS_8	BTS_9	BTS_10	BTS_11	BTS_12	BTS_13	BTS_14	BTS_15	BTS_16
Alta cobertura (aire libre)	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Baja cobertura (bajo sotano)				✓					✓							
Estado estatico	✓			✓		✓		✓	✓	✓			✓	✓		✓
Estado de desplazamiento		✓	✓		✓		✓				✓	✓			✓	
Clima Templado	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Se considera que se le brindo exitosamente servicio celular al terminal de prueba debido a que se sometido al escenario de cobertura cercano a las radio base BTS_1,2,3,5,6,7,8,10,11,12,13,14,15,16. Se consideró brindado un escenario sin cobertura cercano a las radio base BTS_4,9 esto fue provocado al desvanecimiento de señal debido a la ubicación física al realizar las pruebas dentro de sótanos de centros comerciales, el cual produjo pérdida total del servicio celular. Se realizaron pruebas exitosas en el escenario de estado estático en las radio bases BTS_4,6,8,9,10,13,14,16 esto con el fin de verificar las diferencia en la transmisión y recepción del terminal con el estado en desplazamiento también conocido como handover.

Todas las pruebas fueron generadas en un escenario de clima templado lo cual no produjo inconvenientes, los cuales pueden afectar su funcionamiento como lo mencionado en la descripción de los diferentes escenarios.

Los datos necesarios en el análisis de las pruebas de campo es definir cuales pruebas se realizaron en cada punto de localización de las BTS mostradas en la figura 42, en las tablas XIV y XV, se definen las pruebas efectuadas tanto para el transmisor como para el receptor.

Tabla XIV. Pruebas realizadas en el transmisor.

	BTS_1	BTS_2	BTS_3	BTS_4	BTS_5	BTS_6	BTS_7	BTS_8	BTS_9	BTS_10	BTS_11	BTS_12	BTS_13	BTS_14	BTS_15	BTS_16
Móvil prueba a móvil	✓	✓	✓	x		✓			x	✓		✓	✓			✓
Móvil prueba a fija	✓	✓	✓	x		✓			x	✓		✓	✓			✓
SMS móvil prueba a móvil	✓	✓	✓	x		✓			x	✓		✓	✓			✓
Móvil en desplazamiento	✓	✓	✓	x		✓			x	✓		✓	✓			✓
Intentos efectuados (1-5)	3	4	2	4	0	3	0	0	3	4	0	5	2	0	0	5
Establecidas	3	4	2	0	0	3	0	0	0	4	0	4	2	0	0	3
Caidas	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Fallas	0	0	0	4	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	2
%Calidad BTS	100%	100%	100%	0%	100%	67%	100%	100%	0%	100%	100%	60%	100%	100%	100%	40%

Se planificó realizar ciertas pruebas en el terminal de prueba tanto de transmisión como recepción, en los casos cercanos a las radio bases BTS_5,7,8,11,14,15 no se efectuaron ninguna prueba y fue intencionalmente para ver cuál es el estado del móvil en estado de espera, en el caso de las pruebas cercanas a las BTS_4,9 las pruebas se realizaron siendo no exitosas por estar en área sin cobertura, para las otras BTS restantes se realizaron las pruebas siendo exitosas, vale la pena aclarar que el terminal en todos los casos se encontraba encendido. En la tabla XIV se indica además los parámetros de intentos, establecidas, llamadas caídas, fallas de acceso y %calidad BTS esto tiene el objetivo de visualizar a grandes rangos a nivel estadístico cual es la tendencia de servicio de las BTS sin importar que terminal desee entrelazar una llamada.

- Intentos: Cantidad de veces que el usuario ejecuta una marcación hacia un número telefónico de destino.
- Establecidas: Cantidad de llamadas completadas exitosamente hacia un número de destino.
- Llamadas caídas: Cantidad de veces que se establece una llamada y después de establecida se pierde la comunicación con el destino por diferente razones.
- Fallas de acceso: Cantidad de llamadas no completadas exitosamente hacia un número de destino.
- Calidad BTS: índice de medición estadístico el cual comprueba la calidad de servicio que presta la radio base a cualquier terminal móvil que desee establecer una comunicación.

El objetivo de calidad BTS > 97% y se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Calidad_BTS = \left(1 - \frac{\text{Llamadas caídas}}{\text{Establecidas}}\right) \times \left(1 - \frac{\text{Fallas de acceso}}{\text{Intentos}}\right) \times 100\%$$

Observando los niveles de calidad BTS se puede observar que la radio bases BTS_4,9 tiene una calidad 0% y es debido a que ningún intentos se estableció exitosamente lo cual fue provocado al realizar las pruebas dentro de sótanos subterráneos donde perdía cobertura el móvil generando degradación total de la señal, ahora las radio bases BTS_6,12,16 tienen valores inferiores a los recomendados, el cual indica que existe degradación media debido a que se presentan llamadas caídas o fallas de acceso y las BTS restantes indican que todos los intentos se establecieron y finalizaron correctamente la comunicación obteniendo un porcentaje de calidad al 100%, lo que significa un buen servicio prestado en el perímetro de cobertura de dichas celdas.

Tabla XV. Pruebas obtenidas en el receptor.

Receptor	BTS 1	BTS 2	BTS 3	BTS 4	BTS 5	BTS 6	BTS 7	BTS 8	BTS 9	BTS 10	BTS 11	BTS 12	BTS 13	BTS 14	BTS 15	BTS 16
Móvil a móvil prueba	✓	✓	✓	x		✓			x	✓		✓	✓			✓
Teléfono fijo a móvil de prueba	✓	✓	✓	x		✓			x	✓		✓	✓			✓
SMS móvil a móvil de prueba	✓	✓	✓	x		✓			x	✓		✓	✓			✓
Móvil en desplazamiento	✓	✓	✓	x		✓			x	✓		✓	✓			✓
No se deseo recibir llamada ni recepción de SMS					✓		✓	✓			✓			✓	✓	
Calidad de voz	R	B	B	M	B	R	B	B	M	R	B	B	B	B	B	R

En la tabla XV se definen las pruebas que se realizaron funcionando el terminal de prueba como receptor, en las BTS marcadas como BTS_1,2,3,6,10,12,13,16 se recibieron llamadas tanto de otros móviles como de terminales fijas además se realizaron pruebas de paquetes de datos, en los casos del las BTS_4,9 se verifico nuevamente que no se contaba con servicio celular, y en las BTS_5,7,8,11,14,15 se decidió no realizar ninguna prueba. En la tabla XV se define en la última línea, la calidad de voz la cual está definido por las siguientes métricas $MOS > 4$ (bien), $MOS \geq 3.6 \ \& \ \leq 4$ (regular), $MOS < 3.6$ (malo) esto comprueba si el usuario capta inteligiblemente la señal de audio transmitida.

Los parámetros obtenidos de las pruebas de medición mostrados en la tabla XVI, con respecto a la “*información del servicio de la celda*” indicados en la tabla XI, donde “#Channel” definen el canal que está disponible en ese preciso momento para establecer la comunicación, en los casos para las BTS_1,2,3,6,10,12,13,16 se puede visualizar que se le antepone al número de canal una H lo cual significa que está disponible y está siendo utilizado, en los casos restantes solo significa que está disponible pero no están siendo utilizados. El nivel de recepción “RX” es el nivel de potencia de recepción generada por la celda en decibeles el rango de [-40, -107] dB se considera que existirá recepción ahora los que oscilen arriba y debajo de ese rango no se garantiza ningún tipo de recepción tal es el caso de las BTS que están sin

cobertura cercanas a las BTS_4,9. El control de potencia del transmisor “TX” se activa únicamente cuando el móvil empieza a transmitir los niveles oscilan desde [*1 - *5], siendo el nivel *5 el nivel superior y *1 el nivel inferior el cual depende del móvil requiera para transmitir. Los valores de las ranuras de tiempo “TS” y los tiempos de avance “TA”, los indicadores de canales alternativos “C1/C2”, la banda de frecuencia de transmisión y el parámetro “CHTY” que indica el estado del canal BCCH donde se define tres estados del canal: THR1= transmitiendo, NSPS = sin acceso a la red y CCCH = canal disponible o desocupado. Cabe mencionar que en las BTS_1,2,3,6,10,12,13,16 el canal estuvo en estado transmitiendo THR1, en las BTS_5,7,8,11,14,15 el canal estuvo disponible CCCH y en las BTS_4,9 por falta de cobertura estuvieron sin acceso a la red NSPS.

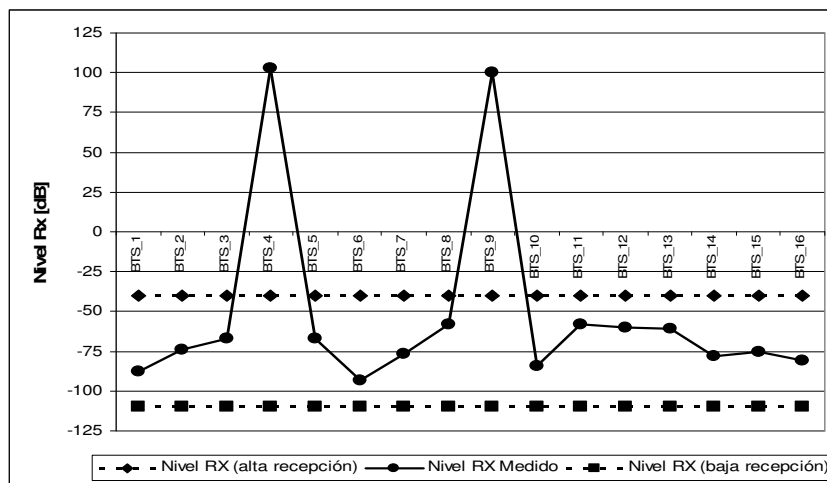
Tabla XVI. Información del servicio de la celda “pantalla principal”.

	BTS_1	BTS_2	BTS_3	BTS_4	BTS_5	BTS_6	BTS_7	BTS_8	BTS_9	BTS_10	BTS_11	BTS_12	BTS_13	BTS_14	BTS_15	BTS_16
# Channel	H680	H807	H639	581	716	H690	659	734	231	H661	661	H667	H663	665	667	H679
RX level	-88	-74	-67	103	-67	-93	-77	-58	100	-84	-58	-60	-61	-78	-75	-81
TX	*1	*2	*1	x	x	*4	x	x	x	x	x	x	*1	x	x	*1
TS	5	5	0	0	0	2	0	0	x	0	0	0	0	0	0	3
TA	2	1	2	1	1	1	1	1	x	3	3	1	2	3	1	2
RX	0	0	x	x	x	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4
Rtime	16	20	x	x	x	20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	20
C1	17	26	27	-4	33	14	21	20	-9	29	48	42	41	27	16	13
C2	17	26	27	-4	33	14	21	20	-9	29	48	42	41	27	16	13
Band	19	19	19	85	19	19	19	19	85	19	19	19	19	19	19	19
CHTY	THR1	THR1	THR1	NSPS	CCCH	THR1	CCCH	CCCH	NSPS	THR1	CCCH	THR1	THR1	CCCH	CCCH	THR1

El nivel de potencia recibida de las celdas es mostrada en la figura 43, el móvil de prueba oscilo casi en todos los puntos de medición dentro los rangos limites donde existe cobertura por parte de la celda, en los casos donde excedió el límite inferior, es debido a que en condiciones de baja cobertura prestada por la celda el nivel de señal de recepción se debilita aumentado los valores a niveles positivos en decibeles, para nuestro caso esto fue provocado dentro de

las condiciones indicadas en la tabla XIII, donde las pruebas realizadas para las BTS_4 y BTS_9, se realizaron dentro de sótanos donde la señal de servicio se perdió por completo, quedando satisfactoriamente debido a que en todos los puntos planificados existió niveles aceptables en la recepción del terminal.

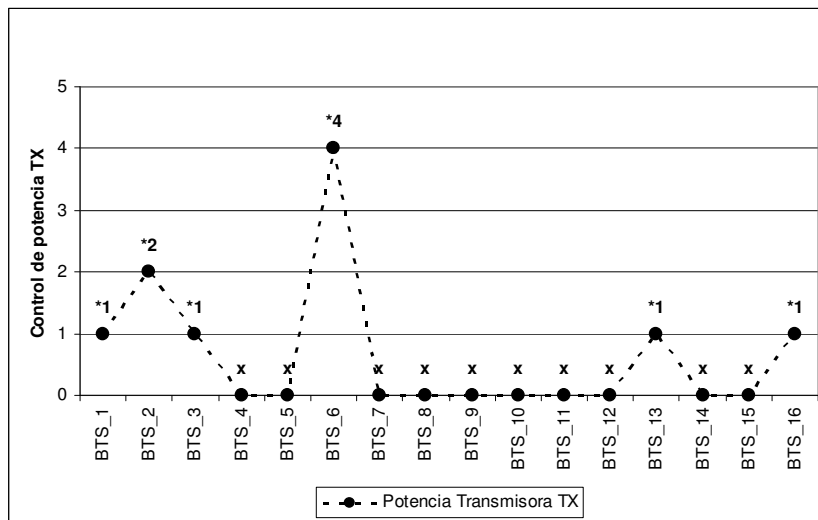
Figura 43. Niveles de potencia recibidos en el terminal de prueba.



Los niveles de potencia de transmisión del terminal móvil únicamente se activan cuando el terminal transmite, de lo contrario no existe ningún valor representativo para lo cual se indica como x, cuando el terminal móvil necesita transmitir con más potencia de la necesario los niveles de potencia TX se incrementa como es el caso de la prueba en la BTS_6 una de las razones justificables de este comportamiento es debido a que la prueba se realizó con el móvil en desplazamiento requiriendo elevar la potencia para no perder la comunicación, los otros niveles como el caso de las BTS_1,2,3,13,16 mantuvieron un nivel de potencia normal sin necesidad de demandar más potencia o esfuerzo para transmitir, vale la pena aclarar que los niveles donde existe x, es debido a que en esos puntos de medición no se realizó intentos de llamadas por lo que el valor se quedó indeterminado, excluyendo a las BTS_4,9 provocadas por pérdida de servicio indicadas en la tabla XIII en el escenario de

baja cobertura. En la figura 44, se muestran los niveles de potencia TX obtenidos.

Figura 44. Niveles de control de potencia del transmisor.



Otro parámetro de interés de la información de la celda, es el parámetro de la banda mostrada en la tabla XVI, en la que nos encontramos para todos los casos excluyendo las BTS_4,9, todas las pruebas indicaron en el parámetro “Band” una banda =19, que indica que todo el servicio fue prestado en la banda de frecuencia de 1900MHz, para los casos de las BTS_4,9 la banda mostrada fue la 85 equivalente a 850MHz, esto es debido a que la red que nos presta el servicio de 1900MHZ se perdió pero otro operador de red, nos proporciona la banda de 850MHz únicamente para establecer llamadas de emergencia.

En la tabla XVII, nos muestra los parámetros extras del servicio de la celda, la interpretación de los parámetros se muestran en la tabla XI. El parámetro “paging mode” indica cuando el celular esta transportando mensajes de búsqueda el cual advierte al móvil que puede estar siendo llamado, el

resultado fue (paging mode = NO) debido a que en el momento de las pruebas no se recibió ninguna llamada.

El parámetro “Max Rach retr” indica la cantidad de canales máximo que podrían ser disponibles, “BSIC value” es el código de identificación local que permite al móvil distinguir entre celdas vecinas. El parámetro “Rx quality” si se encuentra en x indica que el valor de calidad de recepción esta en uso. El parámetro “CDR” es un registro de cantidad de llamadas realizadas, el cual si se encuentra activo se indicara con un número entero de lo contrario se indicara con una x que significa que no realiza el conteo de llamadas realizadas debido a que no se encuentra activo. “Hopping” contador que indica los saltos en frecuencia. “MAIO” se le conoce como índice de desplazamiento de asignación al móvil, el cual es usado para indicar la cantidad de asignación de diferentes frecuencias para diferentes portadoras. El número de secuencia de saltos “HSN” puede oscilar entre [0 – 63], si es 0 se emplea saltos cíclicos y para cualquier otro número tenemos saltos aleatorios de frecuencias, este número es usado para distinguir las diferentes celdas dando a todos los canales dentro de una celda el mismo HSN.

Tabla XVII. Información extra del servicio de la celda.

	BTS_1	BTS_2	BTS_3	BTS_4	BTS_5	BTS_6	BTS_7	BTS_8	BTS_9	BTS_10	BTS_11	BTS_12	BTS_13	BTS_14	BTS_15	BTS_16
Paging mode	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Max Rach retr	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
BSC value	B15	B10	B16	B15	B19	B48	B20	B20	B20	B19	B19	B10	B15	B10	B10	B10
CC cause	16	17	18	12	17	16	17	17	17	17	17	17	12	17	17	17
Rx quality	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
CDR	x	x	x	x	x	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
hopping	x	x	x	x	x	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pent	x	x	x	x	x	0	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HCH	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAIO	3	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HSN	14	0	0	0	0	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En la tabla XVIII, se muestra a continuación la información de la red seleccionada, debido a que el servicio prestado fue del mismo operador se obtuvieron en todas las mediciones los mismos parámetros, ya que los datos de red no cambian a menos que visualicemos otro operador. El primer valor indica que la red está comprendida dentro del rango [70403 – F70401F] y los siguientes valores siempre están dentro del rango comprendido debido a que pertenecen a la misma red en todas las pruebas realizadas hacia todas las BTS.

Tabla XVIII. Visualización de la red seleccionada.

	BTS_1	BTS_2	BTS_3	BTS_4	BTS_5	BTS_6	BTS_7	BTS_8	BTS_9	BTS_10	BTS_11	BTS_12	BTS_13	BTS_14	BTS_15	BTS_16
Last =70403- F70401F	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1st = 70402F	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2nd = FFFFFFFF	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3rd = FFFFFFFF	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Con respecto a la información de celdas vecinas, indican que si los terminales móviles se mueven de un lugar a otro, puede cambiar de celda esto con la finalidad de que cada celda se anticipa en un estado de traspaso reservando un nuevo canal para el terminal móvil en la nueva estación base que brindara ahora el servicio con la finalidad de que la comunicación sea continua y sin generación de llamadas caídas. Los datos obtenidos están ordenados conforme a la tabla XI apartado de información de celda en servicio y celdas vecinas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, para efectos de comprobación únicamente se midieron los vecinos en las BTS_1 y 6 mostradas en la tabla XIX.

Tabla XIX. Información de celda en servicio y celdas vecinas.

	BTS_1	BTS_6
celda ch,C1,RX,C2	630, 17, -88, 17	648, 14, -71, 14
vecino1 ch,C1,RX,C2	665, 15, -83, 20	660, 49, -84, 19
vecino2 ch,C1,RX,C2	665, 15, -83, 21	643, 48, -88, 15
1 Neighbor	N	N
2 Neighbor	N	N
vecino3 ch,C1,RX,C2	646, 16, -96, 7	655, 48, -98, 8
vecino4 ch,C1,RX,C2	659, 15, -99, 2	666, 36, -99, 4
vecino5 ch,C1,RX,C2	638, xx, -109, 100	636, 49, -102, 2
3 Neighbor	N	N
4 Neighbor	N	N
5 Neighbor	N	N
vecino6 ch,C1,RX,C2	632,xx,-113, 100	636, 36,-104,100
vecino7 ch,C1,RX,C2	645,xx,- 113, 100	731, 34,-102,100
vecino8 ch,C1,RX,C2	662,15, -102, 1	636, 34,-108,100
6 Neighbor	N	N
7 Neighbor	N	N
8 Neighbor	N	N

Los datos obtenidos respecto a los vecinos que prestan servicio a las BTS_1 y BTS_6 se muestran en la tabla XIX, el comportamiento de los mismos se refleja en la figura 45 y 46. Para el caso de la BTS_1 figura 45, la tendencia de los vecinos que en cierto momento podrían darle el mismo nivel de servicio al terminal al momento de un traspaso serían los vecinos 1,2 los vecinos que prestarían servicio ya en los márgenes de desvanecimiento serían los vecinos 3,4 y 8, ahora los vecinos que quedan fuera del margen de servicio serían los vecinos 5,6,7 los cuales no serían los más recomendables al momento de realizar el traspaso debido a que el terminal se quedaría sin servicio.

Figura 45. Niveles de potencia recibidos por vecinos de la BTS_1.

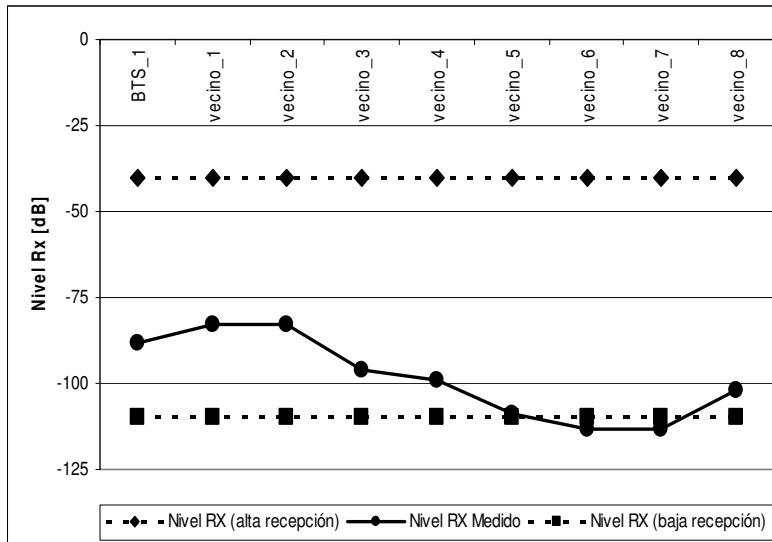
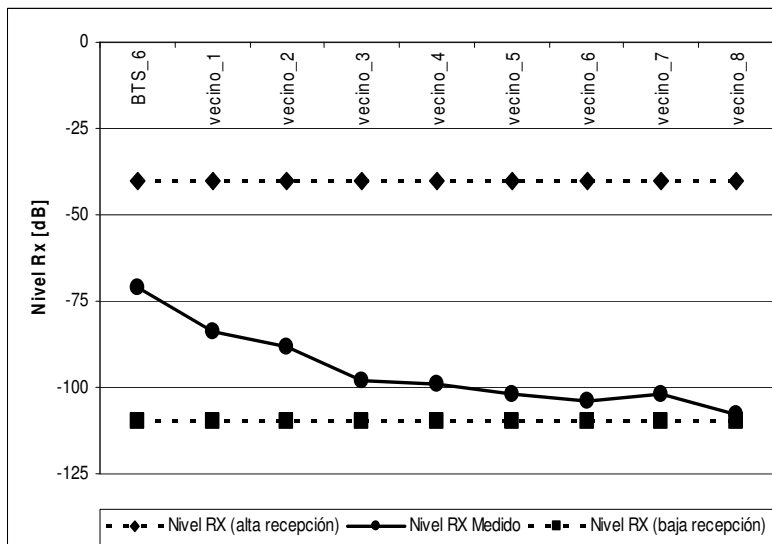


Figura 46. Niveles de potencia recibidos por vecinos de la BTS_6.



Para el caso de la BTS_6 figura 46, los vecinos 1,2,3,4,5,6,7 prestarían servicio al terminal, el vecino 8 queda en el margen por lo cual posiblemente tienda a darle cobertura que en cierto momento pueda llegar a perder debido a que se encuentra cercano al margen de desvanecimiento.

La tabla XX muestra las banderas activas de cada BTS, las cuales indican que todas excluyendo las BTS 4,9 prestan servicio de llamadas de emergencia, ver tabla XI, para referirse a cada parámetros de las banderas activas. “Attach” igual a 1 indica que está disponible para mostrar y 0 para ocultarse ante el móvil. “Half” igual a 1 indica si existe disponibilidad de canales para efectuar handover. “C2” igual a 1 indica si existe disponibilidad de acceso al BCCH. “SI 7G8” igual a 0 indica indisponibilidad de banda ancha. “Cell Broad” igual a 0 indica no existe celda de banda ancha disponible. El parámetro “Call re-est” igual a 0 indica indisponibilidad de re-llamada. “2-Term” igual 0 indica indisponibilidad de broadcasting de mensajes. “Mband” indica la cantidad de bandas disponibles. Para los casos donde existe “x” como resultado se entiende que puede ser ambas situaciones probables.

Tabla XX. Banderas de celda actual.

	BTS_1	BTS_2	BTS_3	BTS_4	BTS_5	BTS_6	BTS_7	BTS_8	BTS_9	BTS_10	BTS_11	BTS_12	BTS_13	BTS_14	BTS_15	BTS_16
Emergency	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Attach	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Half	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SI 7G8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cell Broad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Call re-est	x	x	x	x	x	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2Term	x	0	x	x	x	0	x	x	x	0	x	x	x	0	x	x
Mband	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dentro de los parámetros medidos se encuentran los parámetros de red indicados en la tabla XXI, que indican el código de país “country code”, el cual sin importar que proveedor de red nos preste servicio dentro del país este será siempre el mismo, para el caso de Guatemala el código de país es 704. Código de red “network code”, este código especifica de forma única al proveedor de red que presta el servicio, es decir si tenemos diferentes proveedores de

servicio móvil, tendremos diferentes códigos de red asignados para cada proveedor.

Código de localización de área “Location code”, comúnmente se le conoce como LAC, el LAC está definido como un área que presta servicio a un grupo de BTS, lo cual significa que dependiendo en que área se encuentre la BTS, esta pertenecerá a un LAC en especial dentro de la misma red. Los datos obtenidos muestran que las BTS_1,2,3,12,13,14,15,16 se encuentran dentro de un mismo LAC . La BTS_5,6 corresponden a otro LAC, al igual que las BTS7,8 y BTS_10,11 para el caso de las BTS_4,9 tanto el código de red, como el correspondiente número de LAC varían debido a que el servicio en estos puntos se dejó de recibir señal indicando que la red no era correspondiente a la misma.

El número de canal “channel num”, nuevamente se nos es indicado, al igual que en la tabla XVI, y el parámetro de identificación de celda “cell ide”, indica solamente que celda nos presta servicio y que sector nos brinda la cobertura en ese momento.

El identificador de celda únicamente lo estipula el proveedor de red, el cual queda a su discreción la asignación del número de celda y sector.

Tabla XXI. Parámetros de red.

	BTS 1	BTS 2	BTS 3	BTS 4	BTS 5	BTS 6	BTS 7	BTS 8	BTS 9	BTS 10	BTS 11	BTS 12	BTS 13	BTS 14	BTS 15	BTS 16
Country code	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704
Network code	NC03F	NC03F	NC03F	NC02F	NC03F	NC03F	NC03F	NC03F	NC02F	NC03F	NC03F	NC03F	NC03F	NC03F	NC03F	NC03F
Location code	38017	38017	38017	4002	38013	38013	38006	38006	4001	38000	38000	38017	38017	38017	38017	38017
Channel num	630	645	654	581	716	648	659	657	651	661	644	645	663	667	651	657
Cell IDE	471-2	67-3	124-1	923-1	422-1	44-1	42-1	151-3	12	3-2	3-3	04-1	292-3	6-3	181-2	516-3

Al concluir las pruebas de campo efectuadas al terminal de prueba se determinó que el terminal se encontró en su mayoría con cobertura siendo exitosas, exceptuando los casos justificados en los cuales se encontraba dentro de sótanos por lo cual perdía el servicio celular lo cual no es un problema del terminal en su recepción sino que es debido a la potencia de transmisión de la celda que presta servicio. En los escenarios de prueba en los cuales se sometió al terminal en los estados estático y en desplazamiento siempre existieron niveles de recepción aceptables dentro de los márgenes de aceptación para establecer comunicación siendo exitosas. Las pruebas en el escenario de clima se realizaron sin inconvenientes.

El terminal de prueba operando como transmisor, realizó pruebas de llamadas a otro móvil, llamadas a teléfonos fijos y envío de mensajes cortos siendo pruebas exitosas, el terminal como transmisor la celda encontró en todos los casos al móvil en estado THR1=transmitiendo, exceptuando en los casos donde no se deseó efectuar pruebas. Se obtuvo una calidad promedio excluyendo los casos para las BTS_4,9 igual a 90% siendo aceptable. Además se pudo observar que los niveles de "TX" que requirió el móvil para transmitir no demandaron demasiada potencia al terminal para interactuar con la celda generando mayor vida útil al terminal. En el momento de realizar pruebas como transmisor siempre mantuvo canales disponibles. El terminal de prueba operando como receptor, realizó pruebas de recepción de llamadas de otros móviles, recepción de teléfonos fijos y recepción de mensajes cortos siendo exitosas en todos los casos, los niveles de "RX" que el terminal de prueba capturaba con cobertura siempre fueron aceptables dentro del rango estipulado con anterioridad. Se observó que el terminal siempre mantuvo servicio celular a través otras celdas vecinas las cuales brindaron un "RX" aceptable al momento de realizar un handover. Se obtuvo un 75% en promedio en calidad de voz lo

cual significa que la señal se considero inteligible para el usuario siendo aceptable en cada momento.

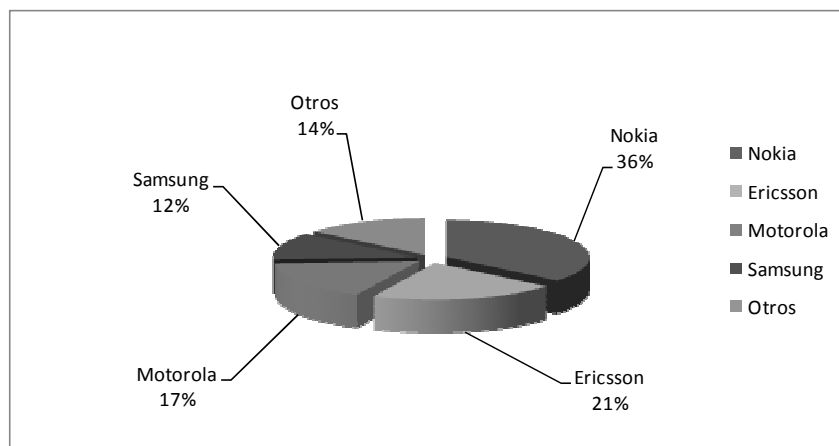
Los datos obtenidos en las pruebas de medición indican que el terminal aprobó las pruebas de homologación siendo exitosamente en todos los casos, como efecto de comprobación dicho procedimiento se comparo con los parámetros definidos dentro de la red que nos presto el servicio de cobertura, como una aprobación adicional.

4. COSTO DE HOMOLOGACIÓN DE TERMINALES MÓVILES

4.1 Costo operativo de la homologación como área de una empresa

La distribución de marcas de terminales móviles es un indicador fundamental que establece el nivel de preferencia por razones de funcionalidad, diseño, o simplemente un servicio que proporcione un valor al consumidor o usuario y sea susceptible a satisfacer una necesidad. A continuación se muestra en la figura 47, el índice de preferencia de teléfonos móviles como se puede observar Nokia es una de las marcas predominantes en ventas en Guatemala.

Figura 47. Índice de preferencia en marcas de terminales móviles.



Para obtener los minutos cursados durante un período de tiempo por medio del índice de preferencia de marcas se utiliza la siguiente fórmula, donde el tráfico de voz cursado tiene dimensiones de erlangs, y el tiempo en minutos.

$$\text{Minutos}_{\text{cursado}} = \text{tráfico} \times \text{tiempo}$$

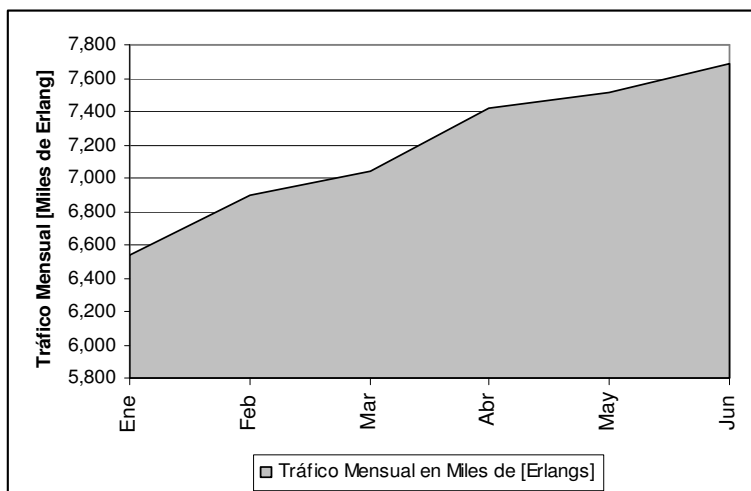
El tráfico de voz cursado aproximado que se ha obtenido durante los primeros seis meses del 2009, existente entre un operador de servicio de telefonía móvil en Guatemala, son los siguientes mostrados en la tabla XXII.

Tabla XXII. Tráfico de voz cursado aproximado entre un operador de telefonía móvil en Guatemala.

Año 2009	Tráfico Mensual en Miles de [Erlangs]
Ene	6,534
Feb	6,895
Mar	7,043
Abr	7,421
May	7,514
Jun	7,692
Promedio	7,183

En la figura 48 se muestra la evolución de tráfico de voz en los primeros meses, los cuales nos da una referencia del crecimiento y poder efectuar proyecciones con los mismos.

Figura 48. Tráfico de voz promedio cursado de un operador de telefonía móvil.



Obteniendo un tráfico de voz promedio de los primeros 6 meses de $7,183 \times 10^3$ erlangs se puede calcular los minutos cursados durante un mes, para lo cual un mes que consta de 31 días se tienen 44640 minutos.

$$\text{tráfico}_{\text{ mensual}} = 7183 \times 10^3 \text{ [erlangs]}$$

$$\text{tiempo} = 44640 \text{ [minutos]}$$

$$\text{Minutos}_{\text{ cursados}} = \text{tráfico} \times \text{tiempo}$$

$$\text{Minutos}_{\text{ cursados}} = (7183 \times 10^3)(44640)$$

$$\text{Minutos}_{\text{ cursados}} = 320.65 \times 10^9 \text{ minutos mensuales}$$

Durante un mes promedio se calcularon 320.65×10^9 minutos cursados lo cual implica que la distribución de minutos entre el índice de marcas es el siguiente mostrado en la tabla XXIII.

Tabla XXIII. Distribución aproximada de minutos cursados respecto al índice de marcas móviles.

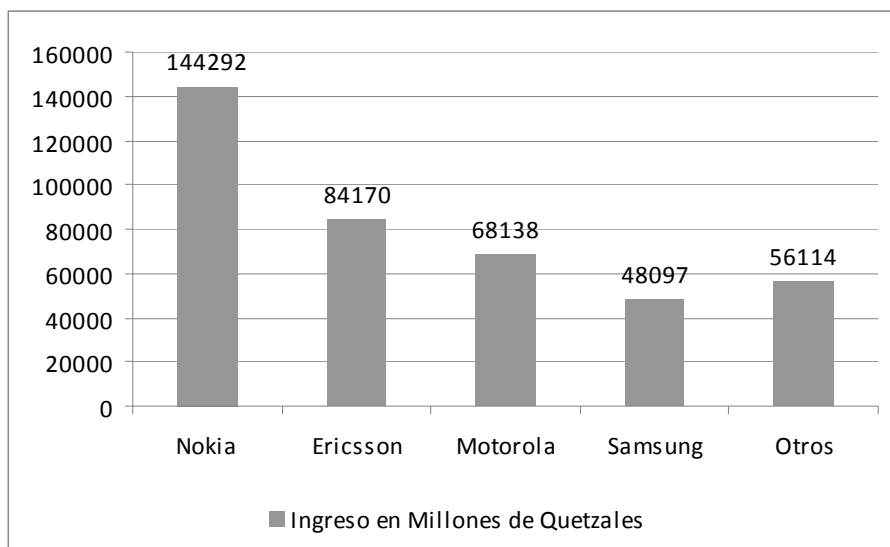
Marca	Indice	Miles de minutos cursados mensuales
Nokia	36%	115,436,362
Ericsson	21%	67,337,878
Motorola	17%	54,511,615
Samsung	12%	38,478,787
Otros	14%	44,891,918
Total	100%	320,656,560

Obtenidos los minutos cursados durante un mes se pueden calcular aproximadamente los ingresos monetarios generados por marca, por medio de los minutos cursados multiplicados por el costo por minuto promedio entre los operadores de servicio de red de telefonía móvil.

$$\text{Ingresos}_{\text{ monetarios}} = (\text{Minutos}_{\text{ cursados}}) \times (\text{costo}_{\text{ Minuto}})$$

En Guatemala el costo por minuto aproximado es de Q.1.25 lo que significa que los ingresos por marca se distribuyen como se muestra en la figura 49.

Figura 49. Ingreso monetario en millones de quetzales mensuales por marca.



Para obtener la cantidad de usuarios con respecto al tráfico, necesitamos evaluar el tráfico promedio en hora cargada, donde se define como el período de 60 minutos consecutivos del día donde el tráfico es mayor en comparación a las otras horas del día. Se calcula que un usuario utiliza un tráfico promedio de 0.012 Erlang para una llamada telefónica. La cantidad de usuarios se define por:

$$Cantidad_usuarios = \frac{(Tráfico_hora_cargada)}{(Tráfico_por_usuario)}$$

El tráfico de voz promedio en hora cargada obtenido durante los primeros 6 meses es de 19,726 erlangs, calculando la cantidad de usuarios promedio se obtiene.

$$\begin{aligned} \text{Tráfico_hora_cargada} &= 19726[\text{erlangs}] \\ \text{Tráfico_por_usuario_promedio} &= 0.012[\text{erlangs}] \\ \text{Usuarios} &= (\text{Tráfico_hora_cargada})/(\text{Tráfico_por_usuario}) \\ \text{Usuarios} &= (19726)/(0.012) \\ \text{Usuarios} &= 1643833 \end{aligned}$$

Se estima que la cantidad promedio de usuarios para un operador telefónico es aproximadamente de 1, 643,833. En la tabla XXIV se muestra el crecimiento promedio de usuarios mensualmente.

Tabla XXIV. Tráfico de voz promedio en hora carga y cantidad de usuarios estimados mensualmente.

Año 2009	Tráfico Mensual en Hora Pico [Erlangs]	Cantidad de usuarios
Ene	19,219	1,601,583
Feb	19,350	1,612,500
Mar	19,663	1,638,583
Abr	19,784	1,648,667
May	20,104	1,675,333
Jun	20,235	1,686,250
Promedio	19,726	1,643,833

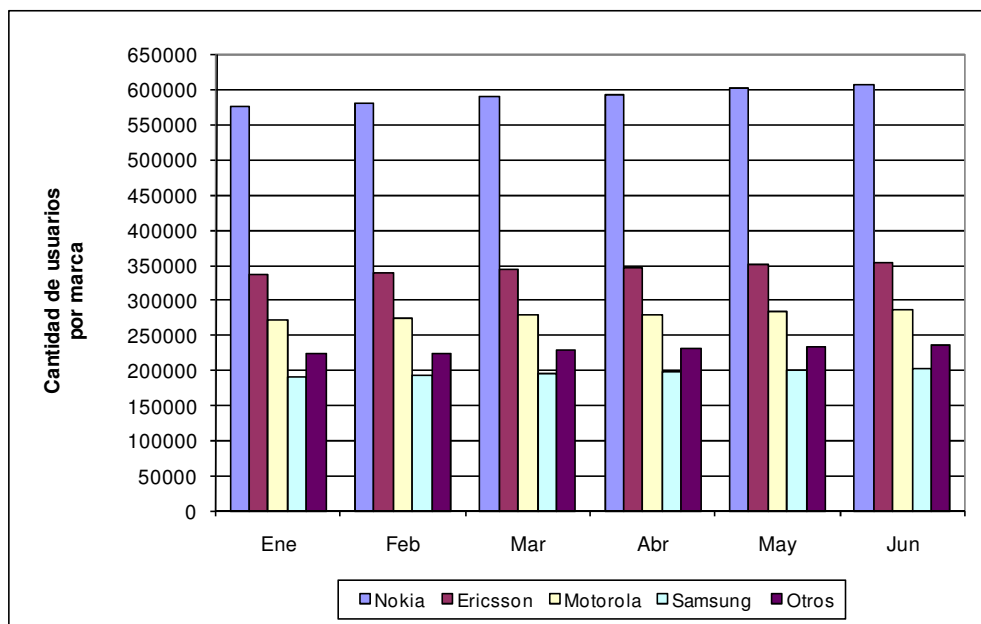
Estableciendo la cantidad de usuarios y definido el índice de preferencia por marca se obtiene el crecimiento de usuarios por marca definidos en la tabla XXV.

Tabla XXV. Crecimiento de usuarios con respecto al índice de preferencia por marca.

Mensual 2008	Marca					Total	Delta promedio crecimiento mensual x Usuario
	Nokia	Ericsson	Motorola	Samsung	Otros		
Ene	576,570	336,333	272,269	192,190	224,222	1,601,583	10,916.67
Feb	580,500	338,625	274,125	193,500	225,750	1,612,500	26,083.33
Mar	589,890	344,103	278,559	196,630	229,402	1,638,583	10,083.33
Abr	593,520	346,220	280,273	197,840	230,813	1,648,667	26,666.67
May	603,120	351,820	284,807	201,040	234,547	1,675,333	10,916.67
Jun	607,050	354,113	286,663	202,350	236,075	1,686,250	16,933.33
Promedio	591,780	345,205	279,452	197,260	230,137	1,643,833	18,136.67
Delta promedio crecimiento mensual de usuarios x marca	6,096.00	3,556.00	2,878.67	2,032.00	2,370.67	16,933.33	

En la figura 50, se muestra la comparación mensual por marca cuál es el crecimiento de usuarios, lo cual demuestra una pendiente positiva significando ganancia en los meses futuros.

Figura 50. Cantidad mensual de usuarios, por índice de marca.



Los costos operativos brindan una evaluación básica de la combinación de recursos usados para lograr los resultados buscados, y quizás el único sobre la que actualmente tenemos gobierno y podemos actuar, es necesario abordar un análisis de los mismos. A su vez, si tenemos en cuenta que es imposible medir lo que no se conoce, e imposible corregir algo que no se midió, nos encontramos ante la circunstancia de implicarnos en los costos operativos que rigen la homologación de terminales de modo de contribuir más eficientemente a la rentabilidad general y proponer caminos alternativos que devengan en beneficios como empresa.

Las características que con lleva una actividad de homologación es la agrupación de actividades que se deben ejecutar con secuencia lógica.

1. Método
2. Recurso
3. Tiempo
4. Costo

Para incrementar las utilidades en un ambiente competitivo hay que conocer el comportamiento de los costos. Esto nos ayudara a mejorar los procesos y por ende, las utilidades por esta razón se hace necesario adentrarnos en los sistemas de costeo como instrumentos que nos permiten aportar información para mejorar los gastos. Las herramientas apropiadas para producir información cuantitativa para medir y reportar la información financiera, y para ayudar a cumplir las metas institucionales. Los costos operativos están relacionados con factores que dependen directamente de ellos como se muestra en la figura 51.

Figura 51. Factores de costo.



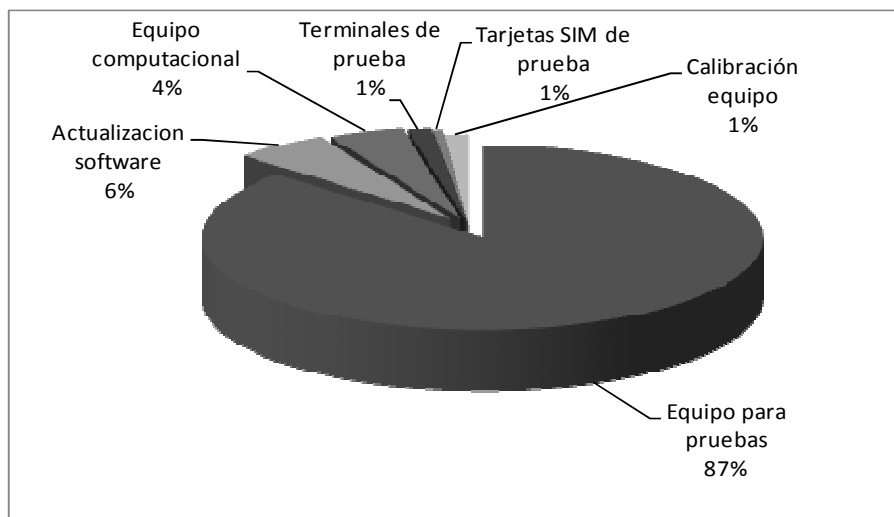
A continuación se presenta el estudio económico de los costos de equipo, requerido para poder implementar pruebas de homologación de laboratorio y de campo. Los costos operativos respecto al equipo, se muestran en la tabla XXVI.

Tabla XXVI. Costos del recurso de equipo

Equipo	Total [Quetzales]
Equipo para pruebas	637,500.00
Actualizacion software	40,000.00
Equipo computacional	32,000.00
Terminales de prueba	10,000.00
Tarjetas SIM de prueba	4,000.00
Calibración equipo	10,000.00
Total	733,500.00

Los costos representativos a los que equivalen cada uno de los equipos necesarios son representados en la figura 52, los cuales indican que el 87% del total solamente lo abarca el equipos de medición, el 6% lo comprende las actualizaciones de software y únicamente el 7% lo absorben todos los equipos complementarios.

Figura 52. Costos representativos del recurso de equipo.



Los costos representativos por servicios de tecnología son mostrados en la tabla XXVII, los cuales son necesarios para realizar pruebas con respecto a servicios complementarios como la navegación, servicios de mensajería corta SMS, los servicios de multimedia MMS, y los accesos a servicio telefónico celular y servicio de línea fija.

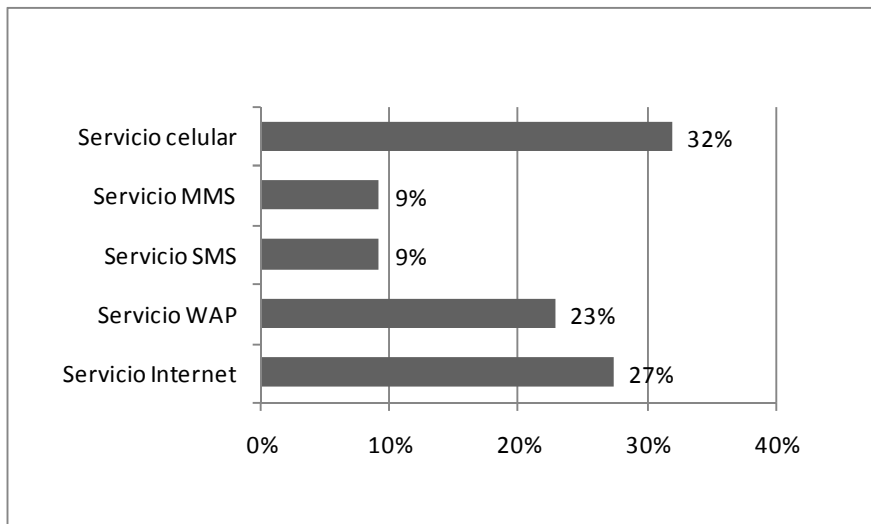
Tabla XXVII. Costos del recurso por tecnología

Tecnología	Total [Quetzales]
Servicio Internet	600.00
Servicio WAP	500.00
Servicio SMS	200.00
Servicio MMS	200.00
Servicio celular	700.00
Total	2,200.00

La utilización por el servicio celular es mayor que otros servicios para la realización de llamadas de prueba salientes como entrantes la utilización es de 32%, la utilización del servicio de internet ocupa la segunda posición con un 27% y los servicios restantes para realizar pruebas GPRS, con una utilización

del 41%. La utilización representativa de servicios por tecnología es mostrada en la figura 53.

Figura 53. Utilización representativa de servicios por tecnología.



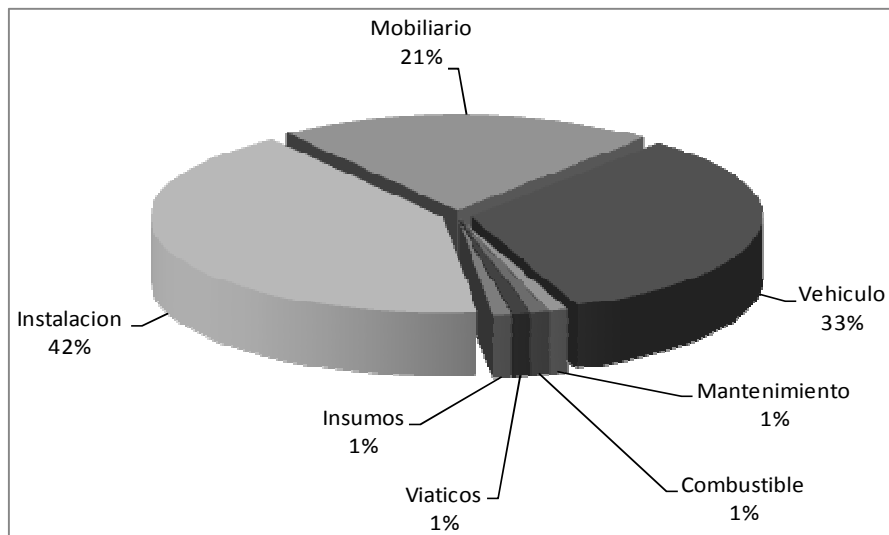
Dentro de los costos debido a suministros, se deben de incluir todos los gastos que se incurren en el proceso de la homologación, podemos mencionar gastos provocados por la movilización al efectuar la prueba, la frecuencia que se realizan las pruebas, la distancia de los puntos de prueba, alojamiento y alimentación debido al tiempo de alojamiento provocado por pruebas en puntos distantes, a continuación se presenta en la tabla XXVIII, los costos provocados respecto a los suministros, todos los costos están proyectados dentro de un tiempo de un mes.

Tabla XXVIII. Costos de recurso de suministros e instalación.

Suministros e Instalaciones	Total [Quetzales]
Vehiculo	230,000.00
Mantenimiento	1,600.00
Combustible	1,000.00
Viaticos	1,000.00
Insumos	2,500.00
Instalacion	300,000.00
Mobiliario	150,000.00
Total	686,100.00

El 34% de los gastos por suministros es absorbido por la adquisición de vehículo de transporte, el 42% es con respecto a los gastos en la compra de un inmueble donde se ubicaran las instalaciones, el 21% correspondientes a los mobiliario estaciones base, mobiliario de oficina entre otros y el complemento 4% es debido a los costos por mantenimiento del vehículo, combustible, alojamiento, alimentación, e insumos necesarios de oficina, la utilización representativa de suministros e instalaciones, es mostrada en la figura 54.

Figura 54. Utilización representativa de suministros e instalaciones.



Los dos últimos recursos y uno de los más importantes es el recurso humano, el cual se requiere para desarrollar y efectuar pruebas dentro del laboratorio como pruebas de campo, el recurso humano debe cumplir ciertos requisitos de conocimiento con respecto al tema tecnológico orientado a telecomunicaciones, el cual debe ser capacitado en su oportunidad con base a nuevas tecnologías de ingreso, nuevas herramientas de programas y de medición, esto con el objetivo de innovar a la empresa para las futuras tecnologías. Dependiendo de la demanda y del requerimiento de las pruebas a realizarse variara el nivel de recurso humano requerido.

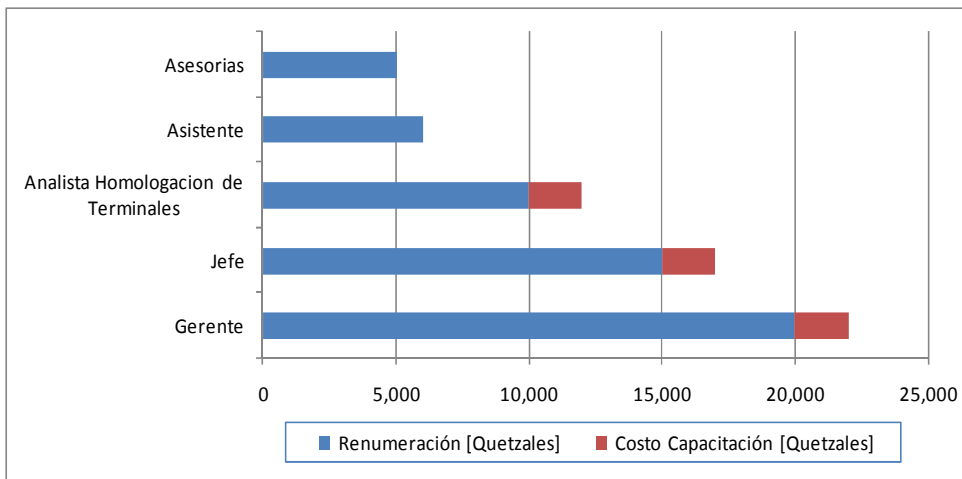
En la tabla XXIX, se presenta los niveles jerárquicos básicos, necesarios para ejecutar y desarrollar por el personal humano especializado, los procesos de homologación de terminales móviles.

Tabla XXIX. Costo de recurso humano y apoyo gerencial.

Recurso Humano y Apoyo Gerencial	Remuneración [Quetzales]
Gerente	20,000
Jefe	15,000
Analista Homologacion de Terminales	10,000
Asistente	6,000
Asesorias	5,000
Capacitaciones	2,000
Total	58,000

En la figura 55, se representa los niveles con respecto a la remuneración individual correspondiente a cada nivel dentro de un grupo como departamento o área de homologación de terminales móviles, el dimensionamiento salarial es una aproximación tomando en cuenta, el nivel académico, la experiencia y la efectividad de resolución a conflictos con respecto a temas administrativos como tecnológicos.

Figura 55. Remuneración representativa del recurso humano y apoyo gerencial.



En siguiente estudio nos ayudara a entender, comprender y poder calcular el flujo efectivo de la homologación de terminales como área de una empresa. En la tabla XXV, se obtuvo el crecimiento promedio mensual de usuarios por marca y el crecimiento promedio mensual por usuarios. Utilizando las siguientes formulas se obtienen el precio de compra de terminales sin homologar y el precio de venta de terminales ya homologadas.

$$\text{Precio compra terminal} = Q 50.00$$

$$\text{Precio venta terminal homologada} = Q.150$$

$$\text{Compra terminal} = \sum(\text{Crec. mens. usuarios por marca}) \times (\text{Precio compra terminal})$$

$$\text{Compra terminal} = (16,933.33) \times (50) = 846,666.67$$

$$\text{Venta terminal homologada} = \sum(\text{Crec. mens. usuario por marca}) \times (\text{Precio venta terminal})$$

$$\text{Venta terminal homologada} = (16,933.33) \times (150) = 2,540,000.00$$

Con los datos obtenidos se completa la información del flujo efectivo durante el año uno, en el segmento de ingresos todas las dimensionales están en quetzales.

Para calcular la compra de terminales sin homologar anual, para el año 2 se obtendrá del delta promedio de crecimiento mensual por usuario de la tabla XXV, utilizando el delta mensual se estimara la compra anual de terminales sin homologar, esto debido a que al año no se homologan terminales cada mes pero si es más probable que al año se homologuen otras diferentes terminales.

$$\text{Precio compra terminal} = Q 50.00$$

$$\text{Precio venta terminal homologada} = Q.150$$

$$\text{Compra terminal} = \Delta(\text{Prom. Crec. mens. por usuario}) \times (\text{Precio compra terminal})$$

$$\text{Compra terminal} = (10,917.67) \times (50) = 545,833.33$$

$$\text{Venta terminal homologada} = \Delta(\text{Prom. Crec. mens. por usuario}) \times (\text{Precio venta terminal})$$

$$\text{Venta terminal homologada} = (10,917.67) \times (150) = 1,637,500.00$$

A continuación en la tabla XXX, se presenta el flujo efectivo proyectado durante los próximos seis años, con respecto a un operador de telefonía móvil que se dedica a homologar terminales móviles. El flujo de caja incluye los datos de ingresos y egresos, los datos de egresos se obtienen de los costos calculados necesarios para la realización de las pruebas y los ingresos se obtienen de los datos del crecimiento de usuarios con respecto al índice de preferencia por marca.

Tabla XXX. Flujo efectivo, área de homologación de terminales móviles.

HOMOLOGACIÓN DE TERMINALES MÓVILES							
FLUJO DE CAJA PROYECTADO A 6 AÑOS POR UN OPERADOR DE TELEFONÍA MÓVIL							
(VALORES EXPRESADOS EN QUETZALES)							
CUENTA	0 2009	1 2010	2 2011	3 2012	4 2013	5 2014	6 2015
COSTOS DE EQUIPO	723,500.00						
COSTOS DE SUMINISTRO	236,100.00						
COSTOS DE INSTALACIONES	450,000.00						
COMPRA DE TERMINALES MÓVILES	846,666.67						
INVERSION	2,256,266.67						
INGRESOS		2,540,000.00	1,637,500.00	3,912,500.00	1,512,500.00	4,000,000.00	1,637,500.00
VENTA CELULAR NOKIA	914,400.00	589,500.00	1,408,500.00	544,500.00	1,440,000.00	589,500.00	
VENTA CELULAR ERICSSON	533,400.00	343,875.00	821,625.00	317,625.00	840,000.00	343,875.00	
VENTA CELULAR MOTOROLA	431,800.00	278,375.00	665,125.00	257,125.00	680,000.00	278,375.00	
VENTA CELULAR SAMSUNG	304,800.00	196,500.00	469,500.00	181,500.00	480,000.00	196,500.00	
VENTA CELULAR OTROS MARCAS	355,600.00	229,250.00	547,750.00	211,750.00	560,000.00	229,250.00	
EGRESOS		1,188,174.17	1,422,679.17	1,619,399.17	1,404,054.17	1,666,304.17	1,115,974.17
GASTOS DE TERMINALES MÓVILES	846,666.67	545,833.33	1,304,166.67	504,166.67	1,333,333.33	545,833.33	846,666.67
COMPRA CELULAR SIN HOMOLOGAR	846,666.67	545,833.33	1,304,166.67	504,166.67	1,333,333.33	545,833.33	846,666.67
GASTOS DE EQUIPO	723,500.00			50,000.00		50,000.00	
EQUIPO PARA PRUEBAS	637,500.00						
ACTUALIZACIÓN DE SOFTWARE	40,000.00			40,000.00		40,000.00	
EQUIPO COMPUTACIONAL	32,000.00						
TARJETAS SIM DE PRUEBA	4,000.00						
CALIBRACIÓN DE EQUIPO	10,000.00			10,000.00		10,000.00	
GASTOS DE TECNOLOGIA		2,200.00	2,200.00	2,200.00	2,200.00	2,200.00	2,200.00
SERVICIO INTERNET		600.00	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
SERVICIO WAP		500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
SERVICIO SMS		200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
SERVICIO MMS		200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
SERVICIO CELULAR		700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00
GASTOS DE SUMINISTRO	236,100.00	6,100.00	6,100.00	6,100.00	6,100.00	6,100.00	6,100.00
VEHICULO	230,000.00						
MANTENIMIENTO	1,600.00	1,600.00	1,600.00	1,600.00	1,600.00	1,600.00	1,600.00
COMBUSTIBLE	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
VIATICOS	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
INSUMOS	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00
GASTOS DE INSTALACIONES	450,000.00						
INSTALACION	300,000.00						
MOBILIARIO	150,000.00						
GASTOS DE RECURSO HUMANO		61,000.00	61,000.00	61,000.00	61,000.00	61,000.00	61,000.00
(1)GERENTE		20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00
(1)JEFE		15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00
(2)ANALISTA		20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00
(1)ASISTENTE		6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00
GASTOS DE APOYO GERENCIAL		13,000.00		13,000.00			13,000.00
(1)ASESORIAS		5,000.00		5,000.00			5,000.00
(4)CAPACITACIONES		8,000.00		8,000.00			8,000.00
GASTOS PUBLICOS		560,040.84	49,212.50	982,932.50	1,420.83	1,001,170.83	187,007.50
ISR 31%		560,040.84	49,212.50	982,932.50	1,420.83	1,001,170.83	187,007.50
FLUJO DE EFECTIVO NETO DE OPERACIÓN		Q 791,785.00	Q 165,608.33	Q 1,310,168.33	Q 107,025.00	Q 1,332,525.00	Q 334,518.33
FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO DE OPERACIÓN		Q 791,785.00	Q 957,393.33	Q 2,267,561.66	Q 2,374,586.66	Q 3,707,111.66	Q 4,041,629.99
ESTADO DE RESULTADO							
INGRESOS		2,540,000.00	1,637,500.00	3,912,500.00	1,512,500.00	4,000,000.00	1,637,500.00
(-) EGRESOS (no incluye ISR 31%)		628,133.33	1,373,466.67	636,466.67	1,402,633.33	665,133.33	928,966.67
(-) INTERESES BANCARIOS PRESTAMO NUEVO		-	-	-	-	-	-
(-) DEPRECIACION LINEAL VEHICULOS a 6 años (16.67% anual)		38,333.33	38,333.33	38,333.33	38,333.33	38,333.33	38,333.33
(-) DEPRECIACION LINEAL EQUIPO DE MEDICIÓN a 6 años (10% anual)		63,750.00	63,750.00	63,750.00	63,750.00	63,750.00	63,750.00
(-) DEPRECIACION LINEAL EQUIPO DE COMPUTACIONAL a 6 años (10% anual)		3,200.00	3,200.00	3,200.00	3,200.00	3,200.00	3,200.00
(=) RESULTADO ANTES DE IMPUESTO		1,806,583.34	158,750.00	3,170,750.00	4,583.34	3,229,583.34	603,250.00
(-) ISR (31%)		560,040.84	49,212.50	982,932.50	1,420.83	1,001,170.83	187,007.50
(=) RESULTADO DESPUES DE ISR		1,246,542.50	109,537.50	2,187,817.50	3,162.50	2,228,412.50	416,242.50

Dentro del análisis del flujo efectivo se tomo en consideración la depreciación en forma lineal proyectada en 6 años, depreciación de vehiculo 16.67% anual, depreciación del equipo de medición Agilent 10% anual y depreciación del equipo computacional 10% anual. Además se procederá a calcular el valor actual neto VAN, presente de la inversión a partir de una tasa de descuento y una serie de pagos futuros (valores negativos) e ingresos (valores positivos). El VAN se utilizara para determinar la rentabilidad de la inversión. Con las siguientes condiciones:

1. $VAN > 0$: La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida, el proyecto puede aceptarse.
2. $VAN < 0$: La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida, el proyecto debería rechazarse.
3. $VAN = 0$: La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas. Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

$$VAN = - inversión\ Inicial + VNA(tasa\ de\ descuento; valor\ 1; valor\ 2, valor\ 3, \dots valor_n)$$

Donde:

valor 1,2,3...n = Flujo efectivo neto de operación por año

Tasa de descuento = 10%

Inversión Inicial = Q.2,256,266.67

$VAN = - Inversión\ Inicial + VNA(tasa\ de\ descuento; valor\ 1; valor\ 2, valor\ 3, \dots valor_n)$

$VAN = (- 2256266.67) + VNA(10%; 791785.00; 165608.33; 1310168.33; 107025.00; 1332525.00; 334518.33)$

$VAN = (- 2256266.67) + 2930339.37$

$VAN = 674,072.70$

Después de haber obtenido el flujo efectivo proyectado a 6 años después de año cero (inversión), se incluye además todos los gastos anualmente requeridos entre los cuales tenemos los gastos de equipo, gastos por tecnología, gastos por suministro, gastos por instalaciones, gastos por recurso humano, gastos por apoyo gerencial y los gastos de terminales móviles, todos estos gastos son básicamente necesarios para que funcione de forma satisfactoria cada año el departamento de homologación. Los ingresos que se obtendrán indicados en el flujo efectivo son aquellos ingresos debido a la venta de las terminales móviles previo de la realización de las pruebas tanto de laboratorio como de campo que determinan la funcionalidad del terminal dentro de la red de telefonía.

Con los datos obtenidos de los ingresos por ventas y egresos por gastos anuales se pudo obtener por cálculo el valor de rentabilidad del proyecto, el cual fue a su vez mayor a cero, lo que nos indica que la inversión del proyecto en el año cero producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida, indicándonos que dicho proyecto será aceptable en términos financieros como área de homologación de terminales dentro de una empresa por el elevado índice de ganancias que ha su vez está determinado por la tecnología que se homologará, por el continuo crecimiento de usuario y por la demanda de futuras tecnologías a ser homologadas.

CONCLUSIONES

1. Cumpliendo con las especificaciones de GSM tanto en la red como en el teléfono y sometiendo al móvil a un período de homologación bajo los estándares de GSM, garantiza la interoperabilidad del mismo en la red.
2. Al someter a los móviles a un período de homologación, se minimiza el impacto a nivel técnico, comercial y de servicio al cliente que puedan castigar las partes financieras y de imagen de las empresas de servicio de telefonía móvil.
3. Someter al móvil a los dos ambientes de prueba (laboratorio y campo), coadyuva a brindar una mejor conclusión del análisis que se le hace al móvil sobre su funcionamiento de todos los servicios ofrecidos por el operador.
4. Una evaluación financiera sobre el área de homologación que opera dentro de una empresa, brinda una radiografía del comportamiento y funcionamiento de la misma. Detectándose, que por factores e indicadores financieros ésta es debidamente factible; con lo cual agrega valor a la organización minimizando los costos que ayuden a maximizar las utilidades y garantizando la calidad de servicio al usuario final.
5. Gestionar la calidad es uno de los aspectos más importantes, que hacen diferenciación en el usuario final al momento de adquirir un servicio prestado por un operador de telecomunicaciones, la homologación cumple y respalda ese ícono.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario apoyarse con información brindada por los fabricantes, antes de iniciar las pruebas de homologación, con el propósito de efectuar las pruebas satisfactoriamente tomando en cuenta las características técnicas y de operación.
2. Calibrar el equipo de medición Agilent con el propósito de obtener datos con exactitud y precisión, con el fin de realizar las pruebas sin errores, además vale aclarar que los equipos deben contar con soporte técnico con el propósito de poder actualizar versiones de software si en algún momento se requiere.
3. Automatizar las pruebas de laboratorio, y contar con pruebas rutinarias con el fin de realizarla más eficientemente, almacenándolas en la memoria del equipo de medición, con el propósito de poder variar los parámetros de medición para obtener diferentes escenarios a medir.
4. Los ingenieros en el área de homologación, antes de realizar las pruebas de campo, deben contar con el equipo básico de medición, la ruta o trayectoria a medir, los distintos escenarios a medir y los procedimientos de prueba tanto para el terminal móvil como para la medición de la celda radiante.
5. Durante y después de efectuar pruebas de homologación, es necesario someter los resultados obtenidos a una serie de análisis y de comparación con las especificaciones GSM.

6. Considerar que para el laboratorio de homologación, las instalaciones físicas, eléctricas, la protección de ESD, equipos de pruebas estén bajo los estándares de normas internacionales (NEC, IEC, IEEE, etc.).

7. Realizar estudios de mercado tecnológico, con el propósito de cuantificar la demanda de terminales móviles que se adquieren por parte de los usuarios finales con respecto a diferentes criterios, entre los cuales se puede mencionar la marca y modelo de preferencia, variedad de servicios utilizados por el abonado, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. Hernando Rábanos, José María. **Comunicaciones Móviles GSM.** Barcelona España: Editorial Fundación Airtel, 1999.
2. Reading Ian. **Pruebas para Unidades Celulares / Servicios de Comunicaciones Personales PCS.** Hewlett Packard, 1996.
3. García, Rogelio. **Puesta a Tierra de Instalaciones Eléctricas.** Barcelona España: Editorial Marcombo, 1999.
4. Diaz, Pablo. **Soluciones Prácticas para la Puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos de Distribución.** McGraw-Hill, 2001.
5. **UMTS MS Measurements for Engineers Using the 8960.** Agilent Technologies, 2006.