



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE NORMATIVA TÉCNICA PARA LA
CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS INHIBIDORES DE SEÑAL
CELULAR (SMA) Y RECOMENDACIONES PARA SU
INSTALACIÓN EN ENTIDADES FINANCIERAS PARA EL
ECUADOR**

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

MARLON XAVIER PUMA USHIÑA
marlon.pnegro.puma@gmail.com

DIRECTOR: MSc. RICARDO XAVIER LLUGSI CAÑAR
ricardo.llugsi@epn.edu.ec

Quito, agosto 2016

DECLARACIÓN

Yo, Marlon Xavier Puma Ushiña, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Marlon Xavier Puma Ushiña

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Marlon Xavier Puma Ushiña,
bajo mi supervisión

MSc. Ricardo Llugsi

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento eterno a mis padres, que día a día lucharon junto a mi, siempre apoyándome incondicionalmente frente a todas las adversidades, forjando el hombre que ahora soy y enseñándome ante todo la humildad en mis triunfos y la paciencia, fuerza para levantarme y aceptar mis derrotas.

A Dios que me dio el regalo de la vida, la fuerza, inteligencia, el amor, el respeto, la paciencia, etc. Gracias a los dones que me brindó pude culminar con éxito mi carrera profesional, y cuento con ello en los retos futuros que me impondré.

A la Escuela Politécnica Nacional e ingenieros por impartirme su conocimiento que conllevó a mi formación profesional y como ser humano lleno de valores, expectativas y una fuerza incansable por adquirir el conocimiento.

A la Dirección de Certificación de Equipos de Telecomunicaciones, que me ayudaron y me tendieron una mano para la realización y culminación de este proyecto, facilitándome todos los instrumentos necesarios con los cuales finalicé mis estudios.

MARLON

DEDICATORIA

A mis padres inspiración de
esfuerzo y dedicación
por su apoyo incondicional
y consejos que me llevaron
a la culminación
de una parte fundamental
de mi vida como profesional

Marlon

ÍNDICE

1	Marco teórico	1
1.1	Marco histórico.....	1
1.1.1	Desarrollo histórico de las comunicaciones	1
1.2	Historia de la telefonía móvil.....	3
1.2.1	Primera generación (1G).....	4
1.2.2	Segunda generación (2G)	6
1.2.3	Generación 2.5G y 2.75G.....	8
1.2.4	Tercera generación (3G)	8
1.2.5	Cuarta generación (4G o LTE)	9
1.3	Arquitectura del sistema celular	11
1.3.1	Estación móvil (<i>Mobile Station</i> , MS).....	14
1.3.2	Subsistema de estaciones base (<i>Base Station Subsystem</i> , BSS)	15
1.3.3	Subsistema de conmutación y red	16
1.3.4	<i>Network Management Center</i>	19
1.3.5	Comparación con arquitectura UMTS	20
1.3.5.1	Núcleo de red.....	21
1.3.5.2	Red de radio acceso	21
1.4	Celda celular	21
1.5	Red celular	21
1.6	Re-uso de frecuencias	22
1.7	Tipos de celdas.....	23
1.7.1	Macroceldas	23
1.7.2	Microceldas	23
1.7.3	Celdas <i>umbrella</i>	24
1.8	Telefonía móvil celular en Ecuador	24
1.8.1	CONECEL (Claro)	24
1.8.2	OTECCEL (Movistar)	25
1.8.3	CNT EP	26
1.9	Bandas de frecuencia para telefonía móvil celular	26
1.9.1	Bandas de frecuencia asignadas en el Ecuador mediante el Plan Nacional de Frecuencias	28

1.9.1.1	Asignación banda de 800 y 1900 MHz	29
1.9.2	Usuarios de telefonía móvil celular en el Ecuador	32
2	Análisis de los sistemas inhibidores (<i>Jammer</i>)	38
2.1	Antenas	38
2.1.1	Funcionamiento de una antena	40
2.1.2	Parámetros fundamentales de una antena	41
2.1.2.1	Diagrama de radiación	41
2.1.2.2	Densidad de potencia	42
2.1.2.3	Directividad	42
2.1.2.4	Ganancia	43
2.1.2.5	Polarización	43
2.1.2.6	Eficiencia	44
2.1.2.7	Impedancia	44
2.1.3	Tipos de antenas	44
2.1.3.1	Antenas de hilo	45
2.1.3.2	Antenas de apertura	45
2.1.3.3	Antenas planas	46
2.2	Propagación de radio frecuencia	46
2.2.1	Refracción	47
2.2.2	Reflexión	47
2.2.3	Difracción	48
2.2.4	Efectos que degradan la señal	49
2.2.4.1	<i>Path Loss</i>	49
2.2.4.2	Efecto Doppler	50
2.3	Métodos de propagación	50
2.3.1	Modelo Okumura-Hata	51
2.3.2	Método ITU para interiores	52
2.3.2.1	Modelos generales dependiendo el lugar de instalación	52
2.4	Características generales de los sistemas de inhibición	54
2.5	Jamming	56
2.5.1	<i>Jamming</i> por ruido	57
2.5.1.1	<i>Jamming</i> por ruido de banda ancha o banda completa	58
2.5.1.2	<i>Jamming</i> por ruido de banda parcial	58

2.5.1.3	<i>Jamming</i> por ruido de banda angosta.....	59
2.5.2	<i>Jamming</i> por tonos	59
2.5.3	<i>Jamming</i> por pulsos	60
2.5.4	<i>Jamming</i> por barrido.....	60
2.5.5	<i>Jamming</i> por seguimiento	61
2.5.6	<i>Jamming</i> inteligente.....	62
2.6	Clasificación de los <i>Jammer</i>	62
2.6.1	<i>Jammer</i> constante	63
2.6.2	<i>Jammer</i> de engaño.....	63
2.6.3	<i>Jammer</i> aleatorio	63
2.6.4	<i>Jammer</i> reactivo	63
3	Análisis de la normativa técnica para equipos inhibidores	66
3.1	Historia de reglamentos nacionales.....	66
3.2	Regulación de las telecomunicaciones presente en la Constitución de la República del Ecuador	70
3.3	Ley Orgánica de las Telecomunicaciones con respecto a la homologación de equipos.....	71
3.3.1	Creación de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.....	71
3.3.2	Términos de telecomunicaciones	72
3.3.2.1	Definición de telecomunicaciones.....	72
3.3.2.2	Espectro radioeléctrico.....	72
3.3.2.3	Homologación	72
3.3.2.4	Radiaciones no ionizantes	73
3.3.3	Equipos de telecomunicaciones	73
3.3.3.1	Homologación y certificación	73
3.3.4	Ámbito regulatorio frente a señales que perturban las telecomunicaciones	73
3.4	Aspectos claves para la homologación de equipos terminales de telecomunicaciones.....	75
3.5	Acuerdo de generación del reglamento para el registro de equipos inhibidores de señal celular.....	76

3.5.1	Análisis del instructivo para la aplicación del proceso de expedición del certificado de registro de equipos inhibidores en la Superintendencia de Telecomunicaciones	78
3.5.1.1	Consideraciones generales.....	78
3.5.1.1.1	Objeto	78
3.5.1.1.2	Responsabilidad	78
3.5.1.2	Condiciones mínimas.....	78
3.5.1.3	Procedimiento de certificación	79
3.6	Análisis técnico de la normativa internacional	81
3.6.1	GSMA (<i>Signal Inhibitors in Latin America</i>)	81
3.6.1.1	Aspectos técnicos	82
3.6.1.1.1	Limitación a un área específica de uso.....	82
3.6.1.1.2	Decremento de la cobertura móvil	83
3.6.1.1.3	Salud y radiaciones no ionizantes	83
3.6.1.1.4	Servicios afectados	83
3.6.1.2	Recomendaciones de la GSMA	83
3.6.1.2.1	Coordinación y regulación	83
3.6.1.2.2	Alternativas al uso de inhibidores	84
3.6.2	Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos UIT-T K.52.....	86
3.6.2.1	Radiaciones ionizantes	86
3.6.2.2	Radiaciones no ionizantes	86
3.6.2.3	Definición de términos con respecto a exposición a los campos electromagnéticos	87
3.6.2.3.1	Densidad de potencia	87
3.6.2.3.2	Exposición ocupacional	87
3.6.2.3.3	Exposición poblacional	88
3.6.2.3.4	Límites máximos de exposición	88
3.6.2.3.5	Potencia isotrópica radiada efectiva (PIRE)	88
3.6.2.4	Límite de exposición a radiaciones no ionizantes.....	88
3.6.3	Emisiones no deseadas en el dominio esencial UIT-R SM.329.....	90
3.6.3.1	Términos y definiciones	90
3.6.3.1.1	Emisión no esencial	90

3.6.3.1.2 Emisión armónica	90
3.6.3.1.3 Radiación parásita	90
3.6.3.1.4 Intermodulación	91
3.6.3.2 Categorías de las emisiones no esenciales en dominio esencial	91
3.6.4 Situación en otros países sobre la utilización de inhibidores	94
4 Pruebas técnicas realizadas a los equipos inhibidores	98
4.1 Laboratorio de certificación de equipos	98
4.1.1 Equipamiento de medición	100
4.1.1.1 Analizador de espectros N9010A.....	100
4.1.1.1.1 Componentes del equipo	102
4.1.1.2 Analizador digital de señales DSA90804A.....	103
4.1.1.3 Generador de señales vectoriales	104
4.1.1.3.1 Características del generador de señales	105
4.1.1.3.2 Modulación y barrido del equipo	105
4.1.1.3.3 Generación de banda base y creación de la señal	105
4.1.1.3.4 Automatización y comunicación de interfaz.....	105
4.1.1.4 Simulador de estación transceptora base.....	106
4.1.1.4.1 Características del simulador de radio base.....	107
4.1.1.4.2 Especificaciones del simulador de radio base	107
4.1.1.5 Analizador de redes	107
4.1.1.5.1 Características y especificaciones del analizador de redes ..	108
4.1.1.6 Narda SRM 3000	108
4.1.1.6.1 Características	109
4.1.1.6.2 Especificaciones	109
4.1.1.6.3 Aplicación.....	110
4.1.1.7 Invex NxC PC.....	111
4.1.1.7.1 Conexión de los equipos.....	112
4.2 Metodología de medición de pérdidas de conexión y análisis de resultados	113
4.2.1 Calibración del analizador de redes E5071C	113
4.2.2 Resultado de las pruebas.....	119
4.2.2.1 Elementos de conexión a medir.....	120
4.3 Equipos inhibidores de señal celular puestos a prueba.....	127

4.3.1	Equipos inhibidores	128
4.3.1.1	Phantom <i>Technologies</i> P804290	128
4.3.1.2	Phantom <i>Technologies</i> P804288	130
4.3.1.3	KAVIT <i>Electronics Industries</i>	131
4.3.1.4	<i>Signal Knight</i>	132
4.4	Medición con el analizador de señales N9010A.....	133
4.4.1	Configuraciones del analizador N9010A	135
4.4.2	Resultado de las pruebas del analizador de señales N9010A.....	139
4.5	Medición con el analizador digital de señales DSA90804A.....	144
4.5.1	Resultado de las pruebas del analizador digital de Señales DSA90804A.....	149
4.6	Medición con el equipo Narda SMR 3000	154
4.6.1	Resultado de las pruebas del equipo Narda SMR 3000	156
4.7	Medición con el equipo Invex NxC PC.....	170
4.7.1	Configuración Invex NxC PC.....	171
4.7.2	Ambiente de pruebas para Invex NxC PC.....	177
4.7.3	Resultado de las pruebas con el Invex NxC PC.....	178
4.8	Pruebas de polarización de la antena del inhibidor celular.....	186
4.8.1	Resultado de las pruebas de polarización.....	186
4.8.1.1	Polarización horizontal.....	187
4.8.1.2	Polarización 45°	190
4.8.1.3	Polarización vertical	193
5	Propuesta de normativa técnica para la certificación de inhibidores	197
5.1	Análisis de la respuesta en frecuencia de la señal en función de la distancia	198
5.2	Análisis de la señal celular mediante el método Okumura-Hata	204
5.3	Propuesta de normativa técnica para la certificación de equipos inhibidores 208	
6	Conclusiones y Recomendaciones	213
6.1	Conclusiones	213
6.2	Recomendaciones	214
	ANEXOS.....	216

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1. 1 ACCESO A LA RED FDMA	5
FIGURA 1. 2 ACCESO A LA RED TDMA	6
FIGURA 1. 3 MÉTODOS DE ACCESO A LA RED CELULAR.....	7
FIGURA 1. 4 EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA CELULAR	9
FIGURA 1. 5 TECNOLOGÍAS CELULARES.....	10
FIGURA 1. 6 ARQUITECTURA GSM	14
FIGURA 1. 7 ILUSTRACIÓN DE LA CELDA CELULAR.....	22
FIGURA 1. 8 RE-USO DE FRECUENCIAS	23
FIGURA 1. 9 ÍNDICE DE PENETRACIÓN MÓVIL PARA AMÉRICA LATINA.....	28
FIGURA 1. 10 FRECUENCIAS ASIGNADAS PARA LA BANDA DE 850 MHZ.....	31
FIGURA 1. 11 DENSIDAD NACIONAL DE LÍNEAS ACTIVAS.....	34
FIGURA 1. 12 DENSIDAD DE INTERNET MÓVIL EN EL ECUADOR [18].....	34

CAPÍTULO II

FIGURA 2. 1 ANTENA RECEPTORA TERRENA.....	39
FIGURA 2. 2 CAMPO MAGNÉTICO CON UNA CORRIENTE INVARIANTE.....	40
FIGURA 2. 3 CAMPO MAGNÉTICO CON UNA CORRIENTE SENOIDAL	40
FIGURA 2. 5 ANTENAS DE HILOS	45
FIGURA 2. 6 ANTENAS DE APERTURA	45
FIGURA 2. 7 ANTENA PLANA SINTÉTICA.....	46
FIGURA 2. 8 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE RADIACIÓN DE LAS ANTENAS	46
FIGURA 2. 9 PROPAGACIÓN DE UNA ONDA CON LÍNEA DE VISTA	47
FIGURA 2. 10 ONDA INCIDENTE, REFRACTADA, REFLEJADA	48
FIGURA 2. 11 EFECTO DE PROPAGACIÓN MULTITRAYECTORIA	48
FIGURA 2. 12 CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE <i>JAMMING</i>	64

CAPÍTULO III

FIGURA 3. 1 FRECUENCIAS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	87
--	----

CAPÍTULO IV

FIGURA 4. 1 ANALIZADOR DE ESPECTROS N9010A.....	100
FIGURA 4. 2 COMPONENTES DEL ANALIZADOR DE ESPECTROS.....	102
FIGURA 4. 3 ANALIZADOR DIGITAL DE SEÑALES DSA90804A.....	103
FIGURA 4. 4 FUNCIONES SOPORTADAS POR EL ANALIZADOR DIGITAL DE SEÑALES	104
FIGURA 4. 5 GENERADOR DE SEÑALES VECTORIALES	104
FIGURA 4. 6 SIMULADOR DE ESTACIÓN TRANSCÉPTORA BASE	106
FIGURA 4. 7 ANALIZADOR DE REDES.....	108
FIGURA 4. 8 EQUIPO DE MEDICIÓN NARDA 3000	110
FIGURA 4. 9 ANTENA DE MEDICIÓN <i>THREE-AXIS</i>	111
FIGURA 4. 10 DISTRIBUCIÓN DE LOS PUERTOS DE CONEXIÓN	112
FIGURA 4. 11 DISPOSITIVOS DE TELEFONÍA MÓVIL PARA MEDICIÓN DE PARÁMETROS.....	112
FIGURA 4. 12 BOTÓN ENCENDIDO DEL ANALIZADOR DE REDES E5071C	114
FIGURA 4. 13 INICIALIZACIÓN CON EL SISTEMA OPERATIVO WINDOWS	114
FIGURA 4. 14 BOTÓN DE INICIALIZACIÓN PARA LA CALIBRACIÓN	115
FIGURA 4. 15 SELECCIÓN DEL KIT DE CALIBRACIÓN	115
FIGURA 4. 16 KIT DE CALIBRACIÓN 85052D	116
FIGURA 4. 17 INICIALIZACIÓN DE LA CALIBRACIÓN	116
FIGURA 4. 18 CALIBRACIÓN PUERTO 1.....	117
FIGURA 4. 19 CAJA DEL KIT DE CALIBRACIÓN 85052 D VISTA EXTERNA.....	117
FIGURA 4. 20 CAJA KIT DE CALIBRACIÓN 85052 D VISTA INTERNA	117
FIGURA 4. 21 CONECTOR SIMULADOR DE CIRCUITO ABIERTO	118
FIGURA 4. 22 CONECTOR SIMULADOR DE CIRCUITO CON CARGA.....	118
FIGURA 4. 23 CONECTOR SIMULADOR DE CIRCUITO CERRADO.....	118
FIGURA 4. 24 EJEMPLO DE CONEXIÓN DE LAS TERMINACIONES	118
FIGURA 4. 25 CALIBRACIÓN DEL EQUIPO E5071C EXITOSA	119
FIGURA 4. 26 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN	120
FIGURA 4. 27 ATENUADOR DE 30 DB A 10MHZ	121
FIGURA 4. 28 ATENUADOR DE 10 DB	121
FIGURA 4. 29 CONECTOR DE PRECISIÓN HEMBRA	121
FIGURA 4. 30 CONECTOR DE PRECISIÓN MACHO	121
FIGURA 4. 31 CABLE ARMONIZADO DE 48”.....	121

FIGURA 4. 32 CABLE RF DE PRECISIÓN.....	121
FIGURA 4. 33 MEDICIÓN DE CONECTOR DE PRECISIÓN.....	121
FIGURA 4. 34 MEDICIÓN DE ATENUADOR 10DB	121
FIGURA 4. 35 MEDICIÓN DE ATENUADOR 30 DB	121
FIGURA 4. 36 MEDICIÓN DE PÉRDIDAS ENTRE EL PUERTO 1 Y PUERTO 2.....	122
FIGURA 4. 37 PÉRDIDA DE CONECTOR DE PRECISIÓN HEMBRA	123
FIGURA 4. 38 PÉRDIDAS CABLE ARMONIZADO	124
FIGURA 4. 39 PÉRDIDAS POR ATENUADOR DE 10 DB	125
FIGURA 4. 40 PÉRDIDAS POR ATENUADOR DE 30 DB	126
FIGURA 4. 41 ESTADÍSTICA DE INHIBIDORES EN EL PAÍS	128
FIGURA 4. 42 VISTA SUPERIOR P804290	129
FIGURA 4. 43 VISTA POSTERIOR P804290	129
FIGURA 4. 44 VISTA FRONTAL P804290	129
FIGURA 4. 45 SALIDAS DE POTENCIA P804290	129
FIGURA 4. 46 VISTA NÚMERO DE SERIE P804290	129
FIGURA 4. 47 VISTA MARCA P804290	129
FIGURA 4. 48 VISTA SUPERIOR P804288	130
FIGURA 4. 49 VISTA POSTERIOR P804288	130
FIGURA 4. 50 VISTA FRONTAL P804288	130
FIGURA 4. 51 SALIDAS DE POTENCIA P804288	130
FIGURA 4. 52 VISTA NÚMERO DE SERIE P804288	130
FIGURA 4. 53 VISTA MARCA P804288	130
FIGURA 4. 54 VISTA SUPERIOR P804288	131
FIGURA 4. 55 VISTA POSTERIOR P804288	131
FIGURA 4. 56 VISTA FRONTAL P804288	131
FIGURA 4. 57 SALIDAS DE POTENCIA P804288	131
FIGURA 4. 58 VISTA NÚMERO DE SERIE P804288	131
FIGURA 4. 59 VISTA MARCA P804288	131
FIGURA 4. 60 VISTA FRONTAL.....	132
FIGURA 4. 61 VISTA SUPERIOR.....	132
FIGURA 4. 62 VISTA ETIQUETA.....	132
FIGURA 4. 63 VISTA LATERAL.....	132
FIGURA 4. 64 PARTES DEL ANALIZADOR N9010A.....	133
FIGURA 4. 65 SOFTWARE DE MEDICIÓN DE SEÑALES	134
FIGURA 4. 66 DIAGRAMA DE CONEXIÓN ANALIZADOR N9010A.....	134
FIGURA 4. 67 PANEL DE CONTROL N9010A.....	135

FIGURA 4. 68 FUNCIONES DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS.....	136
FIGURA 4. 69 SELECCIÓN DEL MARCADOR	137
FIGURA 4. 70 CONFIGURACIÓN DE FRECUENCIA CENTRAL Y MARCADORES	138
FIGURA 4. 71 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE COMPENSACIÓN DE PÉRDIDAS	138
FIGURA 4. 72 PHANTOM P804288 EN LA FRECUENCIA 850 MHZ	139
FIGURA 4. 73 PHANTOM P804288 EN LA FRECUENCIA 1900 MHZ	140
FIGURA 4. 74 PHANTOM P804290 EN LA FRECUENCIA 850 MHZ	140
FIGURA 4. 75 PHANTOM P804290 EN LA FRECUENCIA 1900 MHZ	141
FIGURA 4. 76 KAVIT 42308 EN LA FRECUENCIA 850 MHZ	141
FIGURA 4. 77 KAVIT 42308 EN LA FRECUENCIA 1900 MHZ	142
FIGURA 4. 78 INHIBIDOR 01107635 EN LA FRECUENCIA 850 MHZ.....	142
FIGURA 4. 79 INHIBIDOR 01107635 EN LA FRECUENCIA 1900 MHZ.....	143
FIGURA 4. 80 INICIALIZACIÓN Y PARTES DEL ANALIZADOR DIGITAL	144
FIGURA 4. 81 PANTALLA DE INICIALIZACIÓN DEL ANALIZADOR DIGITAL	145
FIGURA 4. 82 PANTALLA PARA SELECCIONAR LA FORMA DE ONDA	145
FIGURA 4. 83 OPCIÓN DE FUNCIONES MATEMÁTICAS PARA SEÑALES	146
FIGURA 4. 84 PANTALLA DE FUNCIONES PARA APLICAR A UNA SEÑAL	147
FIGURA 4. 85 CONFIGURACIÓN DEL ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE LA SEÑAL...	147
FIGURA 4. 86 INSERCIÓN DE MARCADORES DEL ANALIZADOR DIGITAL	148
FIGURA 4. 87 CONFIGURACIÓN DE MARCADORES.....	148
FIGURA 4. 88 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL ANALIZADOR DIGITAL.....	148
FIGURA 4. 89 SEÑAL EN EL TIEMPO KAVIT 42308.....	149
FIGURA 4. 90 SEÑAL EN FRECUENCIA KAVIT 42308	149
FIGURA 4. 91 SEÑAL EN EL TIEMPO 850 MHZ PHANTOM P804288.....	150
FIGURA 4. 92 SEÑAL EN EL TIEMPO 1900 MHZ PHANTOM P804288.....	150
FIGURA 4. 93 SEÑAL EN FRECUENCIA 850 MHZ PHANTOM P804288.....	151
FIGURA 4. 94 SEÑAL EN FRECUENCIA 1900 MHZ PHANTOM P804288.....	151
FIGURA 4. 95 SEÑAL EN EL TIEMPO 850 MHZ PHANTOM P804290	152
FIGURA 4. 96 SEÑAL EN EL TIEMPO 1900 MHZ PHANTOM P804290	152
FIGURA 4. 97 SEÑAL EN FRECUENCIA 850 MHZ PHANTOM P804290.....	153
FIGURA 4. 98 SEÑAL EN FRECUENCIA 1900 MHZ PHANTOM P804290.....	153
FIGURA 4. 99 NARDA SMR 3000	154
FIGURA 4. 100 PARTES DEL EQUIPO NARDA SMR 3000	155
FIGURA 4. 101 POSICIONES PARA LA MEDICIÓN CON EL EQUIPO NARDA SMR 3000.....	156

FIGURA 4. 102 CONECTORIZACIÓN Y PUERTOS DISPONIBLES INVEX	170
FIGURA 4. 103 MEMORIA USB CON LAS LICENCIAS INVEX NXC PC	171
FIGURA 4. 104 TELÉFONOS CELULARES PARA CADA UNA DE LAS OPERADORAS	171
FIGURA 4. 105 INICIALIZACIÓN Y RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO INVEX	172
FIGURA 4. 106 RECONOCIMIENTO DE DISPOSITIVOS CONECTADOS AL INVEX..	172
FIGURA 4. 107 CONEXIÓN CORRECTA DE LOS DISPOSITIVOS AL INVEX.....	173
FIGURA 4. 108 CONFIGURACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA CONEXIÓN INVEX	174
FIGURA 4. 109 SELECCIÓN DE PROPIEDADES PARA LOS DISPOSITIVOS.....	175
FIGURA 4. 110 CONFIGURACIÓN LLAMADA PERIÓDICA OPERADORA CLARO	176
FIGURA 4. 111 CONFIGURACIÓN LLAMADA PERIÓDICA OPERADORA MOVISTAR	176
FIGURA 4. 112 CONFIGURACIÓN LLAMADA PERIÓDICA OPERADORA CNT. EP..	176
FIGURA 4. 113 COORDINACIÓN ZONAL II TERRAZA VISTA INTERNA.....	177
FIGURA 4. 114 ANTENA MÓVIL CNT	178
FIGURA 4. 115 ANTENA MÓVIL MOVISTAR	178
FIGURA 4. 116 ANTENA MÓVIL CLARO	178
FIGURA 4. 117 PARÁMETROS DE CALIDAD CELULAR SIN SEÑAL DE INHIBICIÓN	179
FIGURA 4. 118 RECORRIDO DEL PISO EN LA COORDINACIÓN ZONAL DE PARÁMETROS DE CALIDAD	179
FIGURA 4. 119 INHIBIDOR <i>SIGNAL KNIGHT</i> , MODELO: 505BF	180
FIGURA 4. 120 INHIBIDOR CON POLARIZACIÓN VERTICAL	180
FIGURA 4. 122 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 1	181
FIGURA 4. 123 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 2	181
FIGURA 4. 124 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 3	182
FIGURA 4. 125 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 4	182
FIGURA 4. 126 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 5	182
FIGURA 4. 127 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 6	183
FIGURA 4. 128 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 7	183
FIGURA 4. 129 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 8	183
FIGURA 4. 130 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 9	184
FIGURA 4. 131 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 10	184
FIGURA 4. 132 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 11	184
FIGURA 4. 133 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 12	185
FIGURA 4. 134 PRUEBAS CALIDAD CON INHIBIDOR DE SEÑAL 13	185

FIGURA 4. 135 ANALIZADOR DE ESPECTROS Y ANTENA RECEPTORA	186
FIGURA 4. 136 INHIBIDOR CON ANTENA EN POLARIZACIÓN HORIZONTAL	187
FIGURA 4. 137 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 2 [M] POLARIZACIÓN HORIZONTAL 850 MHZ	187
FIGURA 4. 138 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 4 [M] POLARIZACIÓN HORIZONTAL 850 MHZ	188
FIGURA 4. 139 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 8 [M] POLARIZACIÓN HORIZONTAL 850 MHZ	188
FIGURA 4. 140 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 2 [M] POLARIZACIÓN HORIZONTAL 1900 MHZ	189
FIGURA 4. 141 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 4 [M] POLARIZACIÓN HORIZONTAL 1900 MHZ	189
FIGURA 4. 142 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 8 [M] POLARIZACIÓN HORIZONTAL 1900 MHZ	190
FIGURA 4. 143 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 2 [M] POLARIZACIÓN 45° 850 MHZ	190
FIGURA 4. 144 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 4 [M] POLARIZACIÓN 45° 850 MHZ	191
FIGURA 4. 145 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 8 [M] POLARIZACIÓN 45° 850 MHZ	191
FIGURA 4. 146 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 2 [M] POLARIZACIÓN 45° 1900 MHZ	192
FIGURA 4. 147 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 4 [M] POLARIZACIÓN 45° 1900 MHZ	192
FIGURA 4. 148 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 8 [M] POLARIZACIÓN 45° 1900 MHZ	193
FIGURA 4. 149 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 2 [M] POLARIZACIÓN VERTICAL 850 MHZ	193
FIGURA 4. 150 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 4 [M] POLARIZACIÓN VERTICAL 850 MHZ	194
FIGURA 4. 151 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 8 [M] POLARIZACIÓN VERTICAL 850 MHZ	194
FIGURA 4. 152 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 2 [M] POLARIZACIÓN VERTICAL 1900 MHZ	195
FIGURA 4. 153 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 4 [M] POLARIZACIÓN VERTICAL 1900 MHZ	195

FIGURA 4. 154 MEDICIÓN EN FRECUENCIA DISTANCIA 8 [M] POLARIZACIÓN VERTICAL 1900 MHZ	196
--	-----

CAPÍTULO V

FIGURA 5. 1 RELACIÓN POTENCIA VS DISTANCIA	203
FIGURA 5. 2 MODELO OKUMURA-HATA 850 MHZ	208
FIGURA 5. 3 MODELO OKUMURA-HATA 1900 MHZ	208

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

TABLA 1. 1 NÚMERO DE CANALES SOPORTADOS POR GENERACIONES 1G	5
TABLA 1. 2 TECNOLOGÍA Y NÚMERO DE USUARIOS HASTA EL AÑO DE 2001	7
TABLA 1. 3 VELOCIDADES Y FRECUENCIAS DE LOS SISTEMAS 2.5G	8
TABLA 1. 4 RESUMEN TÉCNICO DE LAS TECNOLOGÍAS	11
TABLA 1. 5 BANDAS ASIGNADAS PARA AMÉRICA LATINA.....	27
TABLA 1. 6 BANDAS ASIGNADAS PARA TELEFONÍA MÓVIL CELULAR.....	32
TABLA 1. 7 NÚMERO DE ABONADOS MÓVILES POR AÑO	33

CAPÍTULO II

TABLA 2. 1 COEFICIENTES DE PÉRDIDA DE POTENCIA, N , PARA EL CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN EN INTERIORES.	53
TABLA 2. 2 FACTORES DE PÉRDIDA DE PENETRACIÓN EN EL SUELO L_F (DB), SIENDO N EL NÚMERO DE PISOS PENETRADOS, PARA EL CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN.....	54

CAPÍTULO III

TABLA 3. 1 LÍMITES DE EXPOSICIÓN A RADIACIONES NO IONIZANTES.....	89
TABLA 3. 2 FRECUENCIAS DE MEDICIÓN PARA EMISIONES EN EL DOMINIO NO ESENCIAL	92
TABLA 3. 3 ATENUACIÓN EN EL DOMINIO NO ESENCIAL POR DEBAJO DEL <i>CARRIER</i>	93

CAPÍTULO IV

TABLA 4. 1 APLICACIONES DE MEDICIÓN DE SEÑAL	102
TABLA 4. 2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS NARDA SRM-3000	110
TABLA 4. 3 ELEMENTOS DE CONEXIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN	121
TABLA 4. 4 VALOR DE PÉRDIDAS POR CABLE RF DE PRECISIÓN	122
TABLA 4. 5 VALOR DE PÉRDIDAS POR CONECTORES DE PRECISIÓN.....	123
TABLA 4. 6 VALOR DE PÉRDIDAS POR CABLE ARMONIZADO.....	124

TABLA 4. 7 VALOR DE PÉRDIDAS POR ATENUADOR DE 10 DB	125
TABLA 4. 8 VALOR DE PÉRDIDAS POR ATENUADOR DE 30 DB	126
TABLA 4. 9 REGISTRO DE INHIBIDORES POR PARTE DE LA ARCOTEL	127
TABLA 4. 10 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN POR EL ANALIZADOR DE SEÑALES	143
TABLA 4. 11 GRÁFICAS DE MEDICIÓN PARA RADIACIONES NO IONIZANTE ÁNGULO 0°	157
TABLA 4. 12 MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES ÁNGULO 0°	157
TABLA 4. 13 GRÁFICAS DE MEDICIÓN PARA RADIACIONES NO IONIZANTE ÁNGULO 30°	158
TABLA 4. 14 MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES ÁNGULO 30°	158
TABLA 4. 15 GRÁFICAS DE MEDICIÓN PARA RADIACIONES NO IONIZANTE ÁNGULO 60°	159
TABLA 4. 16 MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES ÁNGULO 60°	159
TABLA 4. 17 GRÁFICAS DE MEDICIÓN PARA RADIACIONES NO IONIZANTE ÁNGULO 90°	160
TABLA 4. 18 MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES ÁNGULO 90°	160
TABLA 4. 19 GRÁFICAS DE MEDICIÓN PARA RADIACIONES NO IONIZANTE ÁNGULO 120°	161
TABLA 4. 20 MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES ÁNGULO 120°	161
TABLA 4. 21 GRÁFICAS DE MEDICIÓN PARA RADIACIONES NO IONIZANTE ÁNGULO 150°	162
TABLA 4. 22 MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES ÁNGULO 150°	162
TABLA 4. 23 GRÁFICAS DE MEDICIÓN PARA RADIACIONES NO IONIZANTE ÁNGULO 180°	163
TABLA 4. 24 MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES ÁNGULO 180°	163
TABLA 4. 25 GRÁFICAS DE MEDICIÓN PARA RADIACIONES NO IONIZANTE ÁNGULO 210°	164
TABLA 4. 26 MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES ÁNGULO 210°	164
TABLA 4. 27 GRÁFICAS DE MEDICIÓN PARA RADIACIONES NO IONIZANTE ÁNGULO 240°	165
TABLA 4. 28 MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES ÁNGULO 240°	165
TABLA 4. 29 GRÁFICAS DE MEDICIÓN PARA RADIACIONES NO IONIZANTE ÁNGULO 270°	166
TABLA 4. 30 MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES ÁNGULO 270°	166

TABLA 4. 31 GRÁFICAS DE MEDICIÓN PARA RADIACIONES NO IONIZANTE	
ÁNGULO 300°	167
TABLA 4. 32 MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES ÁNGULO 300°	167
TABLA 4. 33 GRÁFICAS DE MEDICIÓN PARA RADIACIONES NO IONIZANTE	
ÁNGULO 330°	168
TABLA 4. 34 MEDICIÓN DE RADIACIONES NO IONIZANTES ÁNGULO 330°	168
TABLA 4. 35 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL SERVICIO MÓVIL SIN INHIBIDOR ..	179

CAPÍTULO V

TABLA 5. 1 MEDIDA DE POTENCIA A LA DISTANCIA DE 2 [M]	198
TABLA 5. 2 MEDIDA DE POTENCIA A LA DISTANCIA DE 4 [M]	199
TABLA 5. 3 MEDIDA DE POTENCIA A LA DISTANCIA DE 8 [M]	200
TABLA 5. 4 VALORES PARA EL CÁLCULO DE LA REGRESIÓN LINEAL	201
TABLA 5. 5 RESULTADOS DEL MODELO OKUMURA-HATA	207

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 MARCO HISTÓRICO

La evolución de las comunicaciones a lo largo de la historia ha sido una búsqueda inagotable de conocimiento, con el fin de poder comunicarse con otras personas a largas distancias de una manera más rápida y eficiente .

1.1.1 DESARROLLO HISTÓRICO DE LAS COMUNICACIONES

A lo largo del tiempo el ser humano se ha visto en la necesidad de comunicarse con los individuos que se encontraban a su alrededor, por tanto ha ido desarrollando métodos, lenguajes, expresiones con las cuales desea comunicar a otro individuo un hecho de la realidad.

Con el pasar de los años los métodos utilizados eran cada vez más sofisticados, lenguajes complejos con los que se podía interpretar cada hecho de su entorno, la interpretación de los hechos y transmisión hacia otro individuo u objeto se denomina comunicación.

En años posteriores a los 3500 AC se utilizaba signos hechos en papel u hojas de árboles, con los cuales se lograba transmitir la información. Para los años 1500 AC la comunicación se realizaba mediante señales de fuego. Se presentaron diferentes situaciones en las cuales se necesitaba una comunicación a distancia como las guerras o para el comercio, un ejemplo eran los mensajeros que tenían

que recorrer largas distancias llevando consigo los mensajes que tenían que ser transmitidos.

En épocas antiguas los métodos utilizados para la comunicación a distancia eran las señales de humo, señales acústicas mediante el uso de tambores o cuernos.

Es así que, las comunicaciones fueron tomando mucha mayor complejidad no solamente en el método de transmisión sino que también en la complejidad de la información transmitida, mediante lenguajes, señales ópticas, señales eléctricas, señales acústicas.

Una de las épocas más oscuras de la humanidad fue la precursora de los avances tecnológicos más importantes realizados en las telecomunicaciones y en muchas otras áreas del desarrollo intelectual del hombre. La guerra mundial le dio un gran impulso al desarrollo de los dispositivos empleados en la comunicación.

El término telecomunicación fue definido por primera vez en la reunión conjunta de la XIII Conferencia de la UTI (Unión Telegráfica Internacional) y de la III Conferencia de la URI (Unión Radiotelegráfica Internacional) que se realizó en Madrid el 3 de septiembre de 1932.

El nacimiento de la telefonía celular es muestra de la necesidad que tiene el ser humano por comunicarse y relacionarse con su entorno, mediante un dispositivo móvil que permita la comunicación a largas distancias, el cual brinda mayor eficiencia, agilidad y libertad.

El primer sistema de comunicación móvil apareció en 1921 y fue utilizado por el departamento de policía de Detroit, eran equipos grandes que se conectaban a las baterías de los autos. En la actualidad existe una variedad muy amplia de equipos de telecomunicaciones y sobre todo de equipos especializados en la telefonía móvil con amplias prestaciones al alcance de cada persona.

1.2 HISTORIA DE LA TELEFONÍA MÓVIL

En 1973 Martin Cooper se ganó el calificativo de padre de la telefonía móvil o telefonía celular, al crear el primer teléfono inalámbrico el cual funcionaba con baterías incorporadas mientras era el Gerente de Motorola y fue de hecho la primera persona en realizar una llamada desde un teléfono inalámbrico a su principal competencia AT&T¹(*American Telephone and Telegraph*, Telegrafía y Telefonía Americana).

Pero los orígenes de la telefonía celular se remontan al año 1947, en el cual se inicia con las ideas de desarrollar un sistema móvil con el uso de células o celdas para brindar servicio a los usuarios en cualquier punto que se encuentren.

En 1950 fue presentado en Estados Unidos la telefonía móvil en versión analógica, el cual tenía una estación base de alta potencia y un receptor, originándose así el primer estándar conocido como MTS²(*Mobile Telephone System*, Sistema de Telefonía Móvil).

No es hasta el año de 1979 que aparecieron en Tokio los primeros sistemas móviles comerciales presentados por la compañía NTT³(*Nippon Telegraph and Telephone Corporation*, Corporación Telefónica y Telegráfica Nippon). En 1981 los países nórdicos introducen un sistema similar AMPS⁴ (*Advanced Mobile Phone System*, Sistema de Telefonía Móvil Avanzado).

La popularización de los sistemas telefónicos móviles ocasionó rápidamente una saturación del servicio. Se tenía que pensar en nuevas e innovadoras formas de acceso a la red, sistemas más eficientes, mayores anchos de banda, cambiar los sistemas de analógico a digital, etc.

¹ (*American Telephone and Telegraph*). Compañía estadounidense de telecomunicaciones.

² (*Mobile Telephone System*). Primer estándar para telefonía móvil.

³ (*Nippon Telegraph and Telephone Corporation*). Empresa de telecomunicaciones líder en el Japón.

⁴ *Advanced Mobile Phone System*. Tecnología Celular de primera generación.

Esto llevó al avance tecnológico no sólo a nivel electrónico (con la creación de teléfonos de mayores prestaciones, miniaturización, teléfonos *SMART*, pantallas táctiles y de colores) sino además a nivel estructural y de software.

El concepto de no sólo tener acceso a llamadas de voz, sino la transmisión de cualquier tipo de datos como imágenes, videos, mensajería y todo tipo de hechos que pueda transmitirse como información digitalizada fue uno de los logros más importantes que rompió paradigmas a inicios de este siglo.

En cada avance tecnológico se busca alcanzar mayores tasas de transmisión para la información. Es así que podemos dividir a la telefonía celular en las siguientes etapas de acuerdo a su evolución:

1.2.1 PRIMERA GENERACIÓN (1G)

La aparición de la tecnología en telefonía 1G se dio en el año de 1979, caracterizada por una comunicación totalmente analógica y estrictamente para voz, la tecnología predominante de esta generación es AMPS. Con enlaces de calidad muy baja que poseían velocidades de 2.400 baudios⁵

Referente a la transferencia de información entre celdas, era muy imprecisa ya que contaban con una baja capacidad basadas en sistemas FDMA (*Frequency Division Multiple Access*, Acceso Múltiple por división de frecuencia) como se muestra en la Figura 1.1, además, no existía ningún tipo de seguridad en la comunicación.

⁵ Baudios, unidad de medida de telecomunicaciones que representa el número de símbolos por segundo en un medio de transmisión.

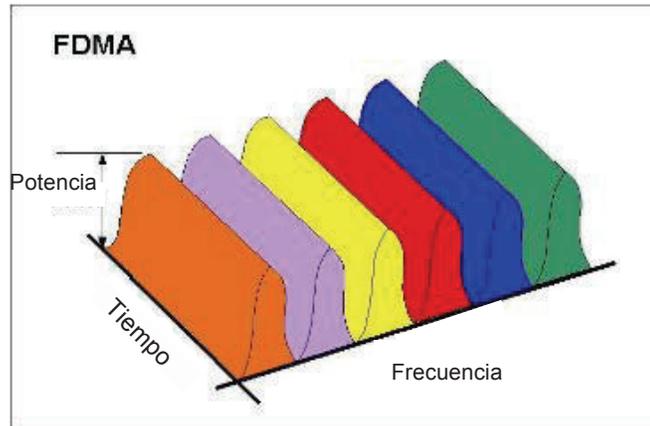


Figura 1. 1 Acceso a la red FDMA

Existían otros estándares de 1G como NMT (*Nordic Mobile Telephone*, Telefonía Móvil Nórdica), usado inicialmente en los países Nórdicos, y después de un tiempo en Holanda, Europa del Este y Rusia, entre otros.

La tecnología predominante AMPS fue usada en los Estados Unidos, TACS (*Total Access Communications System*, Sistema de Comunicación de Acceso Total) en el Reino Unido, C-450 en Alemania Oriental, Portugal y el Sur de África, Radiocom 2000 en Francia.

La Tabla 1.1 muestra el número de canales soportados y el ancho de banda que poseía cada uno de los estándares adoptados en los diferentes países para la tecnología 1G naciente.

Sistema	País	Canales	Ancho del Canal
AMPS	ESTADOS UNIDOS	832	30
NMT	ESCANDINAVIA	180	25
NTT	JAPÓN	2400	6.25
TACS	REINO UNIDO	1000	12.5

TABLA 1. 1 Número de canales soportados por generaciones 1G

1.2.2 SEGUNDA GENERACIÓN (2G)

Las tecnologías 2G arribaron en el año de 1990 con un diferencia fundamental a la primera generación, ya que se caracterizó por ser totalmente digital.

La tecnología predominante en esta época es: GSM⁶ (*Global System for Mobile Communications*, Sistema Global para las Comunicaciones Móviles) la cual utiliza como método de acceso a la red TDMA (*Time Division Multiple Access*, Acceso Múltiple por División de Tiempo) que se muestra en la Figura 1.2.

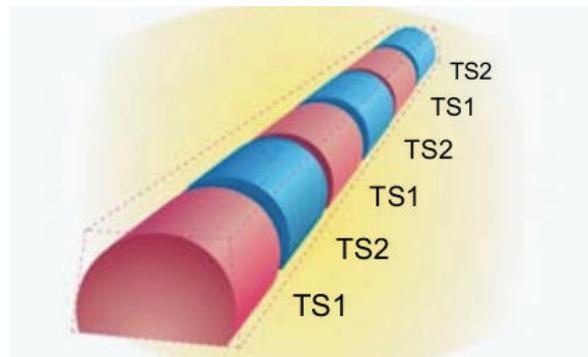


Figura 1. 2 Acceso a la red TDMA

Existen otras tecnologías celulares consideradas 2G como: PCS/IS-136⁷ (*Personal Communications System / Interim Standard*, Sistema de Comunicación Personal / Estándar Provisional) que utiliza TDMA, IS-95 / cdmaONE que utiliza CDMA (*Code Division Multiple Access*, Acceso Múltiple por División de Código).

La Figura 1.3 muestra los diferentes métodos de acceso a la red utilizados por la telefonía móvil.

⁶ *Global System for Mobile Communications*, tecnología predominante en la generación 2G.

⁷ *Personal Communications System*, nombre que se le da a la banda de los 1900 MHz para la telefonía móvil celular.

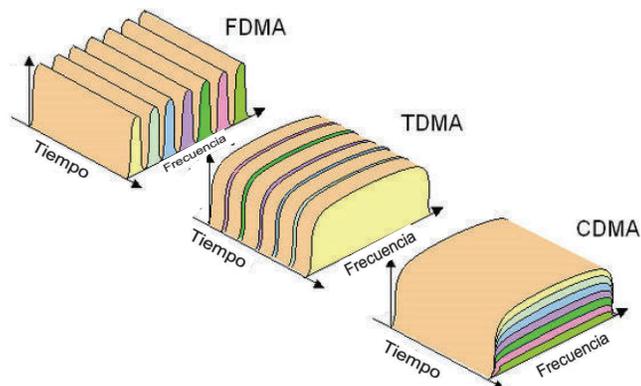


Figura 1. 3 Métodos de acceso a la red celular

En esta generación las velocidades de información soportadas son más altas para voz, debido a la digitalización de la información que se utiliza en los sistemas de telefonía 2G, pero aún limitados respecto a la comunicación de datos. Se pueden brindar servicios auxiliares, como datos, fax y SMS⁸.

Los protocolos empleados para 2G ofrecen una diversidad de capas o niveles de encriptación con los que se puede brindar un nivel de seguridad. En Estados Unidos y otros países se conoce a 2G como PCS. La Tabla 1.2 muestra los tipos de estándares para las tecnologías 2G, números de usuarios y el año en que surgió la tecnología.

Estándares	Tecnologías	Usuarios/Millones	Año	Porcentaje
GSM (900,1800,1900)	TDMA avanzado	70.2	1991	62.2%
PDC	TDMA básico	26.8	1992	24.1%
ANSI 54/136 (800, 1900)	TDMA básico	6.9	1991	6.2%
ANSI 95 (800, 1900)	Banda estrecha CDMA	7.1	1991	6.4%

TABLA 1. 2 Tecnología y número de usuarios hasta el año de 2001 [1]

⁸ *Short Message Service*, servicio de mensajería que se brinda como un servicio adicional a la transmisión de voz.

1.2.3 GENERACIÓN 2.5G Y 2.75G

Respecto a las tecnologías 2.5G o 2.75G no existe ningún estándar que avale su existencia, pero se los llegó a llamar de esa manera por las incorporaciones de las mejoras como son GPRS⁹ (*General Packet Radio Service*, Paquete General de Radio Servicio) y EDGE¹⁰ (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*, Velocidades de Datos Mejoradas para la Evolución de GSM) que tienen mejores tasas de transmisión que las especificadas en 2G, teóricamente se podría transmitir a tasas de hasta 384 Kbps como se muestra en la Tabla 1.3,

ESTÁNDAR	BANDAS DE FRECUENCIAS (MHz)	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN (Kbps)
GPRS / EDGE	800/900/1800/1900	115-384
IS-95B / IS-95C	800/1900	115-144

Tabla 1. 3 Velocidades y frecuencias de los sistemas 2.5G

1.2.4 TERCERA GENERACIÓN (3G)

Telefonía móvil para transmisión mediante UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*, Sistema de Telecomunicaciones Móvil Universal), en la cual se proporciona la facilidad de transmitir tanto voz como datos simultáneamente, es decir, tanto llamadas de voz como video-llamadas, además de datos sin voz como es el acceso a internet descarga de archivos, comunicación mediante correos electrónicos, etc.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) definió las demandas de redes 3G con el estándar IMT2000¹¹ (*International Mobile Telecommunications*, Telecomunicaciones Móviles Internacionales).

⁹ *General Packet Radio Service*, mejora de las tasas de transmisión para las tecnologías 2G

¹⁰ *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*, considerada la evolución de GPRS que brinda una tasa de datos mejorada para la tecnología GSM.

¹¹ *Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000*, estándar global para la tercera generación de comunicaciones inalámbricas.

El desarrollo del estándar se dio mediante un sistema móvil llamado UMTS, el cual, está basado a partir de WCDMA, tecnología de telefonía móvil que incrementa las tasas de transmisión de información de datos en comparación con los sistemas GSM, utilizando CDMA para la interfaz inalámbrica en lugar de TDMA, es por ello que 3G brinda velocidades mucho más elevadas de datos en equipos inalámbricos portátiles. La Figura 1.4 muestra la evolución de las tecnologías para telefonía celular.

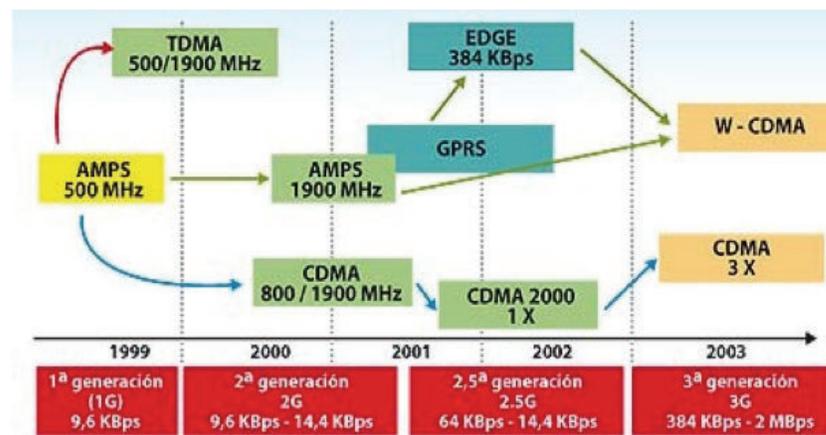


Figura 1. 4 Evolución de la tecnología celular

1.2.5 CUARTA GENERACIÓN (4G O LTE)

Las siglas LTE vienen de un término inglés (*Long Term Evolution*, Evolución de Largo Plazo). La cual implementa mayores velocidades de transmisión de datos que las que poseía 3G, con lo cual se tiene transmisión de datos de alta velocidad, teóricamente se indican velocidades de hasta de 100 Mbps para un receptor móvil y de 1 Gbps para un receptor estático.

Cabe recalcar que el estándar LTE de la norma 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*, Proyecto de Asociación de Tercera Generación), no es tecnología 4G, esto debido a que no cumple con los requisitos definidos por la *IMT-Advanced* en las características de velocidades pico de transmisión y

eficiencia espectral. Sin embargo la UIT determinó en 2010 que las tecnologías candidatas a 4G, como es el mencionado LTE, podían publicitarse como 4G.

La Figura 1.5 muestra el avance tecnológico para la telefonía móvil hasta llegar a LTE, y la Tabla 1.4 muestra un resumen de las principales características de la evolución de tecnologías celulares.

Entre las ventajas más importantes que 4G presenta se puede citar disponibilidad de velocidades mayores a las de 301 Mbps con un radio de 8 MHz y el uso de técnicas avanzadas de eficiencia y rendimiento de radiación como MIMO, OFDM, entre otras.

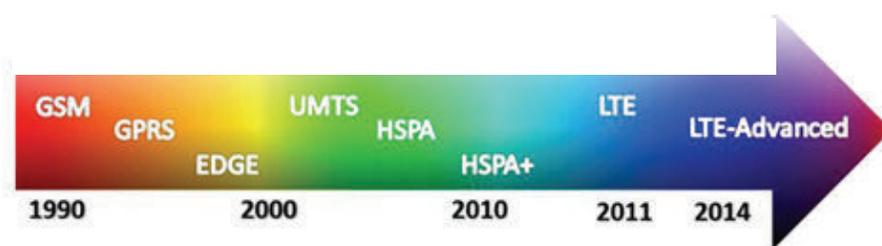


Figura 1. 5 Tecnologías celulares

Tecnologías	1G	2G	2.5G	3G	4G
Año de Creación	1970/1984	1980/1991	1985/1999	1990/2002	2000/2006
Velocidad de Transmisión	1.9 kbps	14.4 kbps	14.4 kbps	2 Mbps	200 Mbps
Tecnología	AMPS	TDMA, CDMA, GSM	GPRS, EDGE	UMTS, CDMA – 2000	Único Estándar unificado (LTE)
Servicio	Telefonía Móvil (voz)	Voz digital, Mensajes Cortos	Alta capacidad , Datos empaquet ados	Alta calidad de Audio Integrado, Video y Datos	Información de Acceso Dinámica,

Multiplexación	FDMA	TDMA, CDMA	TDMA, CDMA	CDMA	CDMA
Conmutación	Circuitos	Circuitos	Circuitos para la Red de Acceso y la interfaz de aire; Paquetes para el Núcleo de la red y datos	Paquetes excepto circuito para la interfaz de aire	Todos los Paquetes
Core de la Red	PSTN	PSTN	PSTN y Red de Paquetes	Red de Paquetes	Internet
Handoff¹²	Horizonta	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal y Vertical

TABLA 1. 4 Resumen técnico de las tecnologías [2]

1.3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA CELULAR

En el Ecuador se ofrece servicio de telefonía celular con tecnologías 2G y 3G para voz y datos, y con tecnologías de hasta 4G para datos, dado que la tecnología 4G es relativamente nueva en el Ecuador no se posee equipos inhibidores para las bandas de frecuencia asignadas a las operadoras, por tanto el enfoque del proyecto de titulación se realizará en base a la arquitectura celular GSM y sobre la base estructural de esta tecnología analizar los cambios en la tecnología 3G.

¹² *Handover o Handoff*, Cambio de una celda y los canales de frecuencia utilizados a otros diferentes en otra celda con el fin de mantener la calidad de la llamada cuando el abonado entra o sale del rango de cobertura de la estación base.

El sistema celular se distribuye como una red de estaciones de radio que proporcionan cobertura a un área de servicio. Cada estación base denominada BTS¹³ (*Base Transceiver Station*, Transceptor de Estación Base) tiene un área de cobertura denominada celda. Cada celda opera en canales de frecuencia diferentes a los que operan las celdas adyacentes, con el propósito de realizar re-uso de frecuencias.

Un grupo de BTSs se encuentran conectadas a un controlador denominado BSC¹⁴ (*Base Station Controller*, Controlador de Estación Base), encargado de aspectos tales como el handover o handoff, así como también *power control*¹⁵ y *timing advanced*¹⁶ con el cual controla tiempos y potencias de transmisión haciendo a la red más eficiente.

Una o varias BSCs se conectan a una red central de conmutación MSC¹⁷ (*Mobile Switching Center*, Centro de Conmutación Móvil), la cual es la responsable de la inicialización, enrutamiento y finalización de las llamadas, así como de los datos sobre tarificación del servicio prestado. La información sobre los usuarios se encuentra en bases de datos, HLR (*Home Location Register*, registro de posiciones base) y la VLR (*Visitor Location Register*, registro de posiciones de visitantes), estos elementos se describen con mayor profundidad en la sección 1.3.3 del presente proyecto de titulación.

Para el análisis más detallado se puede dividir a los elementos del sistema celular en cuatro grupos fundamentales, ver Figura 1.6:

I. MS (*Mobile Station*, Estación Móvil).

En este grupo se encuentran los siguientes elementos:

¹³ *Base Transceiver Station*, Estación Base que proporciona la cobertura Celular.

¹⁴ *Base Station Controller*, Controlador de las BTSs, encargado del *Handover*, potencia, *time advance*.

¹⁵ *Power Control*, Controla la potencia dependiendo de la distancia a la que el dispositivo móvil se encuentre de la radio base, con el fin de ahorrar energía.

¹⁶ *Timing advanced*, Control de tiempo para sincronismo cuando el usuario se aleja o se acerca a una radio base.

¹⁷ MSC, *Mobile Switching Center*, Centro de convergencia de todas las llamadas móviles.

- ME (*Mobile Equipment*, Equipo móvil).
- SIM (*Subscriber Identity Module*, Módulo de Identificación del Suscriptor).

II. **BSS (*Base Station Sub-System*, Subsistema de Estación Base).**

En este grupo se encuentran los siguientes elementos:

- BSC.
- BTS.

III. **NSS (*Network and Switching Subsystem*, Subsistema de Red y Conmutación).**

En este grupo se encuentran los siguientes elementos:

- MSC.
- GMSC (*Gateway Mobile Switching Center*).
- VLR.
- HLR.
- AuC.
- EIR (*Equipment Identity Register*, Registro de Identificación del Equipo).

IV. **NMC (*Network Management Center*, Centro de Administración de Red).**

En este grupo se encuentran los siguientes elementos:

- OMC (*Operation and Maintenance Center*, Centro de Operación y Mantenimiento)

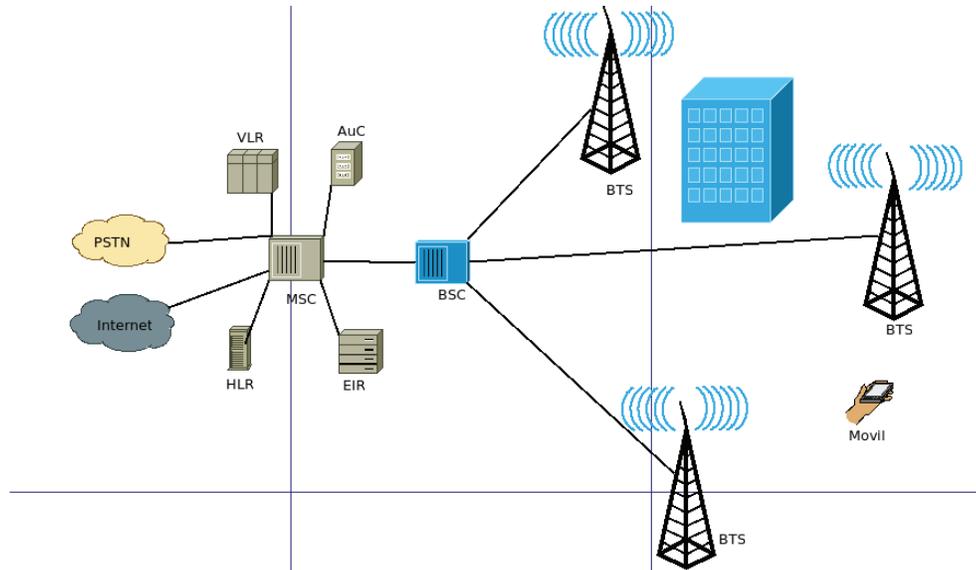


Figura 1. 6 Arquitectura GSM

A continuación se realizará un breve análisis de los ítems expuestos anteriormente.

1.3.1 ESTACIÓN MÓVIL (*MOBILE STATION, MS*)

Es el sistema que ofrece el servicio al usuario final, consta de dos partes fundamentales. El dispositivo móvil y la tarjeta SIM.

- ***Mobile Equipment (ME)***

Es el dispositivo celular que se puede identificar en una red celular por el IMEI (*International Mobile Equipment Identity*, Identificador Internacional del Equipo Móvil), el cual es un número de quince dígitos estructurados de la siguiente forma:

$$\text{IMEI} = \text{TAC} / \text{FAC} / \text{SNR} / \text{sp}$$

Donde:

TAC (*Type Approval Code*, Código de Homologación) = 6 CIFRAS.

FAC (*Final Assembly Code*, Código Final de Ensamblaje)= identifica al fabricante
2 cifras.

SNR (*Serial Number*, Número Serial) = 6 cifras.

sp (*Supplementary*, Suplementario) = Cifra suplementaria de reserva 1 cifra

- **SIM (*Subscriber Identity Module*)**

SIM es una pequeña tarjeta inteligente que se coloca en los teléfonos móviles, que posee memoria y un microprocesador que sirve para identificar al abonado. La tarjeta SIM es desmontable y se coloca en el interior del dispositivo móvil, que permite al usuario acceder a todos los servicios que se ofrecen por parte de su operador.

Dada la flexibilidad que presenta la tarjeta SIM al ser desmontable puede colocarse en diferentes equipos telefónicos, por tanto el abonado puede acceder al servicio con su mismo identificador de red, consecuentemente podrá recibir y enviar mensajes, realizar y recibir llamadas, es decir podrá obtener el acceso a la red con normalidad utilizando otro dispositivo.

La tarjeta SIM contiene el IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*, Identificador Internacional del Suscriptor Móvil), usado para identificar y validar al abonado en cualquier sistema GSM. Además, contiene los procedimientos de criptografía para la confidencialidad de la información del suscriptor o las memorias del teléfono (alfanuméricas o para mensajes de texto, SMS).

1.3.2 SUBSISTEMA DE ESTACIONES BASE (*BASE STATION SUBSYSTEM*, BSS)

Sirve para conectar a las estaciones móviles con los NSS, responsable del tráfico y señalización entre el dispositivo móvil y el NSS, además de ser el encargado de la transmisión y recepción de la información. Consta de dos elementos diferenciados: la estación base o BTS y la BSC.

- ***Base Transceiver Station***

Infraestructura fija de telecomunicaciones que facilita la comunicación inalámbrica entre el dispositivo suscriptor y el operador de la red de telecomunicaciones, en la cual se encuentran todos los receptores/transmisores que dan servicio a una celda y sirven para comunicar uno o más teléfonos celulares, realiza el enlace con el usuario para efectuar llamadas o para el envío de mensajes con un teléfono móvil, abasteciendo una interfaz física entre la estación móvil y la BSC. El tamaño de cobertura que brinda la celda está definido por la potencia del transmisor, altura que se encuentra la antena y geografía donde fue instalada.

- ***Base Station Controller***

Es el encargado de la conexión entre varias BTSs para la asignación, utilización y liberación de las frecuencias, *handovers* y funcionamiento con saltos de frecuencias, controlando la conexión entre las BTSs y las MSCs.

1.3.3 SUBSISTEMA DE CONMUTACIÓN Y RED

Está formado por un conjunto de elementos que se encargan de la administración de los enlaces que se realizan entre los miembros de la red. La NSS se divide en 7 sistemas diferentes, los cuales son:

- ***Mobile Switching Center***

La MSC es el elemento central del NSS que tiene como labor principal la realización de la conmutación de los dispositivos móviles situados en su área de servicio y la PSTN (*Public Switched Telephone Network*, Red Telefónica Pública Conmutada), en consecuencia permite a los teléfonos móviles establecer conexión con otros dispositivos dentro o fuera de su propia red, así como de proporcionar la conexión con otras redes de telefonía. Además posee funciones adicionales necesarias para sustentar la movilidad y organizar la asignación de

los recursos radioeléctricos. Las funciones más destacadas del MSC son las siguientes:

- Procedimientos para la localización, registro de abonados y actualización.
- Gestión y aviso a la estación móvil de llamadas entrantes.
- Procedimientos para el traspaso de llamadas (*handovers*).
- Recopilación de datos de tráfico y facturación.

▪ ***Gateway Mobile Switching Center***

La GMSC es una MSC encargada de los protocolos entre la red telefónica fija y la red móvil, todas las llamadas que se dirigen de la PSTN al móvil son enrutadas a través de la GMSC, además permite la medición de tráfico y la tarificación entre las centrales telefónicas.

La GMSC se encarga de preguntar al HLR la posición del equipo móvil al que va remitida la llamada para posteriormente enrutar la llamada hacia la MSC correspondiente desde la red de telefonía fija hacia la móvil.

▪ ***Home Location Register***

La HLR es una base de datos que contiene la información y datos del suscriptor, información acerca de la identidad del usuario, número de teléfono, el servicio asociado e información general acerca de la localización del abonado. En el HLR se realizan los controles para saber si el suscriptor está *Online / Offline*. Además cada HLR es responsable de una serie de números que identifican e informan a la MSC cuál HLR está relacionada con el suscriptor y a su vez el HLR conoce qué VLR está relacionada con el suscriptor por tanto se puede conocer su ubicación en la Red [3].

- ***Visitor Location Register***

Es el que posee los datos temporales sobre los usuarios de la red, servicios suplementarios y localización de un suscriptor que se encuentra o al menos se encontraba recientemente visitando el área gestionada por el MSC.

Esta base de datos dispone también de información relativa a si el abonado se encuentra activo o no, evitando el uso improductivo de la red (envío de señales a un equipo que se encuentra desconectado).

- ***Authentication Center (AuC)***

El centro de autenticación (AuC) trabaja asociado al HLR, la función primaria es proveer información para la generación del cifrado, que es usada por la MSC/VLR para la autenticación del suscriptor, además el establecimiento del procedimiento de cifrado en la comunicación radiada entre la red y el dispositivo móvil.

La información que provee la AuC es llamada un triplete y consiste en:

- Un número aleatorio no predecible
- Una respuesta firmada
- Una llave de cifrado

Con el triplete se realiza la autenticación del dispositivo móvil con la red y generación del cifrado para el envío de información.

- ***Equipment Identity Register (EIR)***

La EIR es una base de datos en la cual se realiza la agregación y consulta de dispositivos ordenados en listas según ciertas consideraciones las cuales son:

- Lista blanca
- Lista negra
- Lista gris

En las listas blancas o positivas se encuentran los terminales móviles que tienen un correcto funcionamiento, en consecuencia acceso a la red y sus servicios.

En las listas negras o negativas se encuentran los terminales robados, con IMEIs duplicados o cuyo funcionamiento afecta al correcto funcionamiento de la red. Estos dispositivos tienen bloqueado el acceso a la red.

En la lista gris se encuentran los dispositivos que están siendo monitoreados por problemas sea de conexión o funcionamiento.

1.3.4 NETWORK MANAGEMENT CENTER

El NMC es un sistema de operación que utiliza jerarquías dentro del sistema de explotación. De este centro dependen todos los demás centros de operación y mantenimiento OMC. Estos centros tienen las siguientes funciones:

- Acceso remoto a todos los elementos que componen la red GSM (BSS, MSC, VLR, HLR, EIR y AuC).
- Gestión de las alarmas y del estado del sistema con posibilidad de efectuar varios tipos de pruebas para analizar las prestaciones y verificar el correcto funcionamiento del NMC.
- Análisis de todos los datos relativos al tráfico de los abonados necesarios para la facturación.
- Supervisión del flujo de tráfico a través de las centrales.

- Visualización de la configuración de la red con posibilidad de cambiarla por control remoto.
- Administración de los abonados y posibilidad de poder conocer su posición dentro del área de cobertura.

En redes de telefonía de grandes dimensiones pueden existir más de un OMC que forman parte del NMC.

En este caso existirá un OMC general desde el que es posible controlarlo todo y otros OMC limitados al control de algunas zonas.

1.3.5 COMPARACIÓN CON ARQUITECTURA UMTS

La estructura en las redes UMTS se agrupan en dos grandes subredes las cuales son: la red netamente de telecomunicaciones y la red de gestión. La primera red se encarga de la comunicación entre los dos extremos para realizar la conexión. La segunda red se encarga de la tarificación y facturación de la comunicación de los abonados, gestión y seguridad del manejo de los datos, así como la operación de los elementos de la red.

En comparación con la red 2G se tiene que el NMC es similar a la red de gestión para la tecnología 3G. Además que la red de telecomunicaciones es la agrupación de los elementos antes mencionados para la comunicación en la tecnología 2G con algunas diferencias que se citan a continuación:

UMTS se basa en una comunicación de interfaz terrestre denominada UTRA (*UMTS Terrestrial Radio Access*, Acceso de Radio Terrestre UMTS) la cual se compone de los siguientes elementos:

1.3.5.1 Núcleo de Red

Es el que soporta la información tanto de tráfico como de señalización, incluida la conmutación. A través del núcleo de la red UMTS se realiza la conexión no sólo con redes UMTS sino que además con otras redes de telecomunicaciones, de forma que la conexión no sea solamente entre usuarios UMTS sino que con usuarios de otras redes.

1.3.5.2 Red de radio acceso

La red de radio acceso proporciona la conexión entre el terminal móvil y el núcleo de la red. Esta red está compuesta a su vez por varios RNS (*Radio Network Subsystem*, Red de Subsistema de Radio) que es responsable de los recursos de transmisión y recepción de un conjunto de celdas, a su vez el RNS está compuesto por el RNC (*Radio Network Controller*, Controlador de Red de Radio) que es equivalente a la BSC en la arquitectura GSM, la RNC está formada por uno o varios nodos B que su equivalencia en la red GSM son BTS.

1.4 CELDA CELULAR

La celda celular es la unidad básica de cobertura en que se divide un sistema celular. Una celda cubre una zona geográfica mediante un transmisor o un pequeño grupo de transmisores. La potencia, banda de frecuencia del transmisor, altura y posición de la antena es la que define su cobertura y tamaño.

1.5 RED CELULAR

Grupo de celdas geográficamente ubicadas con los cuales se brinda coberturas mayores al usuario final. Difieren según la densidad de usuarios de una zona en específico. Para fines teóricos se ilustra la cobertura de una celda como un hexágono, ver Figura 1.7.

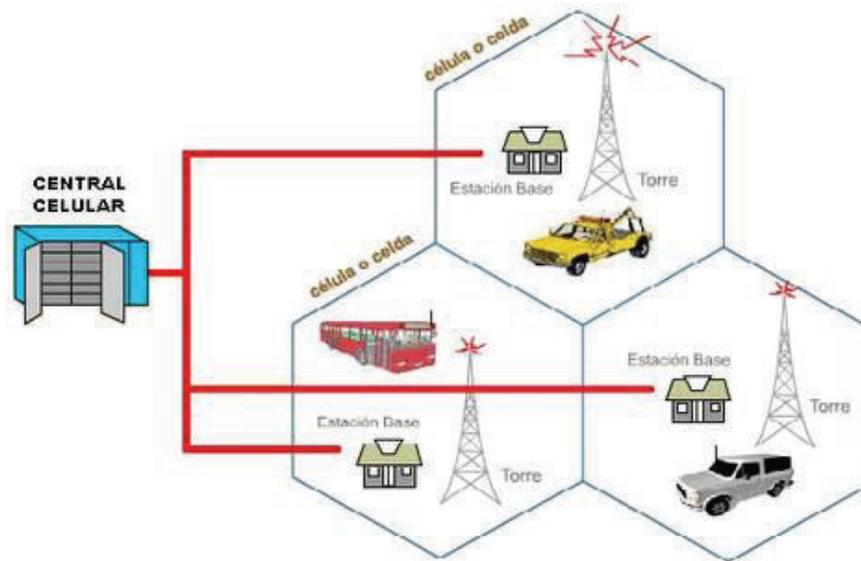


Figura 1. 7 Ilustración de la Celda Celular

En la realidad las celdas celulares tienen coberturas irregulares dependiendo de la geografía del lugar. Se toma la forma geométrica hexagonal con el fin de diseño de la red celular y realizar aproximaciones de cobertura.

1.6 RE-USO DE FRECUENCIAS

El re-uso es la utilización de las mismas frecuencias portadoras en celdas diferentes, con una separación geográfica lo bastante alejada para evitar la interferencia que se podría ocasionar por usar la misma frecuencia portadora en distintos transmisores, dicha interferencia se denomina co-canal.

La función principal del re-uso es utilizar las mismas frecuencias en diferentes celdas pero sin que entre ellas se ocasione interferencia, en lugar de usar un solo transmisor de alta potencia y ocupando todo el ancho de banda disponible se tienen varios transmisores de baja potencia usando frecuencias ya usadas en otras zonas geográficas. Con ello se logra obtener grandes coberturas con un ancho de banda limitado. A continuación en la Figura 1.8 se muestra un patrón de re-uso de frecuencias en una red celular.

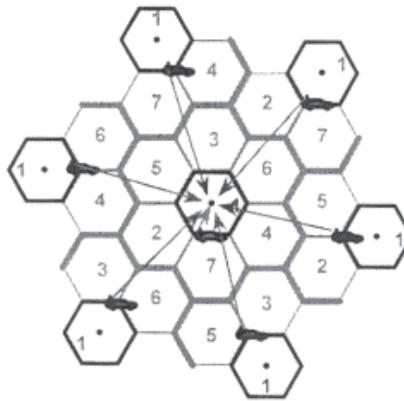


Figura 1. 8 Re-uso de Frecuencias

1.7 TIPOS DE CELDAS

La densidad poblacional es variada para diferentes zonas geográficas y aún más en diferentes países, dado que el tipo de celda que se requiere utilizar depende en su mayor parte del número de abonados al que se desee brindar el servicio, se crean distintos tipos de celdas para satisfacer el número de usuarios, las cuales son:

1.7.1 MACROCELDAS

Celdas de gran alcance de cobertura, pero con áreas de baja población. Se tiene un nivel alto de potencia, consecuentemente la distancia entre celdas co-canal aumenta.

1.7.2 MICROCELDAS

Las microceldas poseen pequeñas zonas de cobertura y son utilizadas en áreas densamente pobladas. Esto debido a que, siendo la cobertura pequeña el número de celdas aumenta para una área geográfica, por tanto la capacidad y número de

abonados a los que se puede brindar el servicio. El nivel de potencia es menor por tanto se reduce la posibilidad de interferencia co-canal que se produciría por el re-uso de frecuencias.

1.7.3 CELDAS *UMBRELLA*

Son celdas que se superponen sobre microceldas, minimizan el número de *handoffs* cuando los usuarios se encuentran viajando a altas velocidades además se pueden utilizar para desviar el tráfico de celdas que se encuentran sobrecargadas.

1.8 TELEFONÍA MÓVIL CELULAR EN ECUADOR

En el Anexo A se encuentra detallado la historia de las telecomunicaciones en el Ecuador que ayudan a conocer el desarrollo de la telefonía móvil en el país.

Los operadores de telefonía móvil que prestan el servicio en el Ecuador son: Conecel S.A (Claro), Otecel (Movistar) y CNT EP. A los cuales se les ha asignado ciertas bandas de radio frecuencia para su respectiva operación.

Las Operadoras que prestan el servicio de telefonía móvil en el Ecuador son:

1.8.1 CONECCEL (CLARO)

CONECCEL en el Ecuador es mejor conocido por su nombre comercial Claro. Este operador ha evolucionado con el pasar de los años, cambiando de tecnologías de acceso. En los primeros años de operación, desde agosto de 1993, operaba con tecnología AMPS, para luego en 1997 migrar a la tecnología D-AMPS de 2G.

Desde mayo del 2003 la operadora migró a la tecnología mundial GSM para las bandas de frecuencia de 850 MHz y en el mismo año culmina con la instalación y configuración del portador GPRS para datos.

En el año 2006 el gobierno del Ecuador le concede un espectro de 10 MHz en la banda de los 1900 MHz. En el año 2008 y 2009 Claro entra en negociaciones con el Gobierno Nacional para la renovación de la concesión del espectro por 15 años para el servicio móvil avanzado (SMA).

Conecel hasta finales del año 2009 ya brindaba servicios con tecnologías 3G con UMTS y hasta tecnologías 3.5G con HSDPA [4].

Finalmente, para el año 2015 Conecel inició los servicios para tecnologías 4G en la banda concesionada AWS (*Advanced Wireless Service*, Servicio Inalámbrico Avanzado) 1700/2100 MHz.

1.8.2 OTECEL (MOVISTAR)

En noviembre de 1993 y bajo el nombre de *Cellular Power* la empresa obtuvo la concesión para brindar el servicio de telefonía móvil celular, en un inicio operaba con redes de tecnología analógica AMPS de primera generación.

Entre los años de 1996 y 1997 lanza su primera red digital con TDMA como método de acceso a la red en la frecuencia de los 800 MHz (D-AMPS) y para esos años con el nombre de Bellsouth.

En sus inicios para las tecnologías 2 y 3G optó por acoger la tecnología CDMA en diciembre del 2002 y para 2003 actualizando su red a CDMA 1X para la transmisión de datos. Pero en octubre del 2004 la empresa pasa a manos de Telefónica de España, dando un giro de tecnologías adoptando las recomendaciones de la 3GPP que son GSM, GPRS y EDGE y operando en la banda de 850 MHz.

El 17 de abril de 2008 Otecel y el Gobierno Nacional llegaron a un acuerdo para la renovación del contrato de concesión para brindar el servicio de telefonía móvil avanzada. Para el 2009 la operadora brindaba servicios de banda ancha inalámbrica con 3.5G en las tecnologías UMTS / HSDPA en la banda de 1900 MHz [5].

Finalmente, en febrero del 2015 el estado ecuatoriano y Otecel firmaron el acuerdo de concesión para brindar tecnologías 4G y el 22 de mayo del mismo año mediante un comunicado Otecel informó a sus usuarios que se encontraba disponible el acceso a la red 4G.

1.8.3 CNT EP

La empresa Alegro PCS en diciembre de 2003 ingresó al mercado ecuatoriano brindando el servicio que tiene como denominación servicio móvil avanzado, se denominó de esta forma ya que supone un avance superior a un servicio celular normal. Se le asignó la banda de 1900 MHz que hace referencia a PCS.

Con el avance tecnológico Alegro PCS toma la decisión de lanzar para el año 2005 la tecnología CDMA 1X (EV-DO) en la misma banda de 1900 MHz, brindando transmisión de datos y acceso a internet.

Al adoptar tecnología celular norteamericana CDMA que era muy costosa, empezó a perder competitividad frente a los otros operadores y en el año 2007 tuvo que rentar redes de Otecel, con las cuales brindaba telefonía móvil con tecnología GSM.

La empresa tras años de malos manejos tecnológicos al implementar tecnologías que redujeron su competitividad se declaró insolvente, es así que CNT EP de telefonía fija absorbe la deteriorada empresa y la mantiene operativa. Actualmente CNT EP brinda telefonía móvil celular con tecnologías LTE, además de ser la primera empresa en ingresar con esta tecnología en el Ecuador [6].

1.9 BANDAS DE FRECUENCIA PARA TELEFONÍA MÓVIL CELULAR

Para junio del 2013 América del Norte, Central, Sur incluyendo el Caribe tuvieron la cifra de más de un billón de suscriptores inalámbricos, que representa el 16 % de todos los suscriptores del mundo [7].

En América Latina, la banda de 850 MHz es el espectro más común utilizado por el mercado de toda la región; sin embargo, la banda de los 1900 MHz también ha sido asignada a la mayoría de los operadores móviles de cada país [7].

A continuación se muestra la Tabla 1.5 correspondiente a las bandas de frecuencia asignadas en los diferentes países de América del Sur hasta el año 2013 para el servicio móvil avanzado.

Banda de frecuencia	700	850	900	1800	1900	1700/ 2100	2100	1900/ 2100	2300	2500
Argentina	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-
Bolivia	X	X	-	-	X	X	-	-	-	-
Brasil	-	X	X	X	X	-	-	X	-	X
Chile	-	X	-	-	X	X	-	-	-	X
Colombia	-	X	-	-	X	X	-	-	-	X
Costa Rica	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-
Rep. Dominicana	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-
Ecuador	X	X	-	-	X	X	-	-	-	-
El Salvador	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-
Guatemala	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-
Honduras	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-
México	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-
Nicaragua	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-
Panamá	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-
Paraguay	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-
Perú	-	X	X	-	X	X	-	-	-	-
Puerto Rico	X	X	X	-	X	X	-	-	X	-
Uruguay	-	X	X	X	X	X	-	X	-	-
Venezuela	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-

Tabla 1. 5 Bandas asignadas para América Latina [8]

El nivel de penetración móvil supera el 100 % para los países de América Latina y el Caribe, un estudio para el nivel de penetración de la telefonía móvil en el año 2012 dio como resultado que la región tiene un índice de penetración por encima del 130 % [9], dado tan alto grado de penetración móvil algunos mercados presionan a los gobiernos constituidos a licitar más bandas de frecuencia para la telefonía móvil y lograr brindar servicios a un mayor número de suscriptores.

El estudio realizado en el año 2012 arrojó el siguiente resultado para América Latina y el Caribe respecto al índice de penetración del servicio móvil avanzado como se muestra en la Figura 1.9.

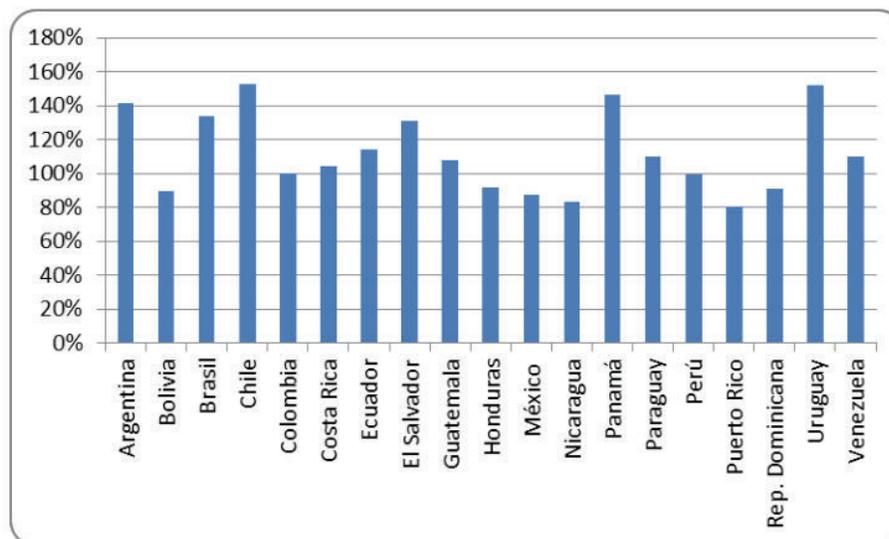


Figura 1. 9 Índice de penetración móvil para América Latina y el Caribe [9]

1.9.1 BANDAS DE FRECUENCIA ASIGNADAS EN EL ECUADOR MEDIANTE EL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS

Para 2012 el Ecuador tenía una población de 14'883.000 de habitantes y una tasa de penetración móvil reportada del 114.35 % en el mercado con tres operados móviles (Claro, CNT, Movistar). Todos los operadores ofrecen servicios de banda ancha móvil mediante tecnologías UMTS / HSPA+ en todo el país [10].

En la Constitución de la República del Ecuador aprobada por la Asamblea Constituyente (2008), el **capítulo quinto, sectores estratégicos, servicios y empresas** en el **artículo 313** se menciona lo siguiente: “El estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política, o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.

Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el **espectro radioeléctrico**, el agua, y los demás que determine la ley” [11].

Además en la **sección cuarta, recursos naturales** en el **artículo 408** se menciona: “Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el **espectro radioeléctrico**. Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución” [12].

La asignación de las bandas de frecuencias para la operadoras que brindan el servicio de telefonía móvil avanzado se acogen al Plan Nacional de Frecuencias para las siguientes bandas:

1.9.1.1 Asignación banda de 800 y 1900 MHz

De acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias las bandas de los 850 MHz y 1900 MHz se encuentran asignadas por las notas EQA.80 y EQA.85 en las cuales se expresa lo siguiente:

EQA.80.- “En las bandas 806 – 824 MHz, 851 – 869 MHz, 896 – 898MHz, 932 – 934 MHz y 935 – 937 MHz, operan sistemas Troncalizados para los servicios FIJO y MÓVIL” [13].

EQA.85.- “En las bandas 698 – 806 MHz, 824 – 849 MHz, 869–894MHz, 1710–2025MHz, 2 110 – 2 200 MHz y 2 500 – 2690 MHz, operan exclusivamente sistemas IMT (*International Mobile Telecommunications*) para los servicios FIJO y MÓVIL” [14].

Es necesario considerar las notas a la Región 2 del cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias, el cual en la nota “**5.318 atribución adicional**, en Canadá, Estados Unidos y México, las bandas 849-851 MHz y 894-896 MHz están además atribuidas al servicio móvil aeronáutico a título primario para la correspondencia pública con aeronaves.

La utilización de la banda 849-851 MHz se limita a las transmisiones desde estaciones aeronáuticas y la utilización de la banda 894-896 MHz se limita a las transmisiones desde estaciones de aeronave”.

Las bandas de frecuencias asignadas a las operadoras móviles en le Ecuador son las que se detallan a continuación:

- Operadora Conecel (Claro)

Banda 850 MHz

Banda A: 824 – 835 MHz y 845 – 846.5 MHz

Banda A': 869 – 880 MHz y 890 – 891.5 MHz

Banda 1900 MHz

Banda UP¹⁸: 1880 – 1895 MHz

Banda DL¹⁹: 1960 – 1975 MHz

¹⁸ UP (*Up Link*): Enlace de subida

¹⁹ DL (*Down Link*): Enlace de bajada

- Operadora Otecel (Movistar)

Banda 850 MHz

Banda B: 835 – 845 MHz y 846.5 – 849 MHz

Banda B': 880 – 890 MHz y 891.5 – 894 MHz

Banda 1900 MHz

Banda UP: 1850 – 1880 MHz

Banda DL: 1930 – 1960 MHz

- Operadora CNT

Banda 1900 MHz

Banda UP: 1895 – 1910 MHz

Banda DL: 1975 – 1990 MHz

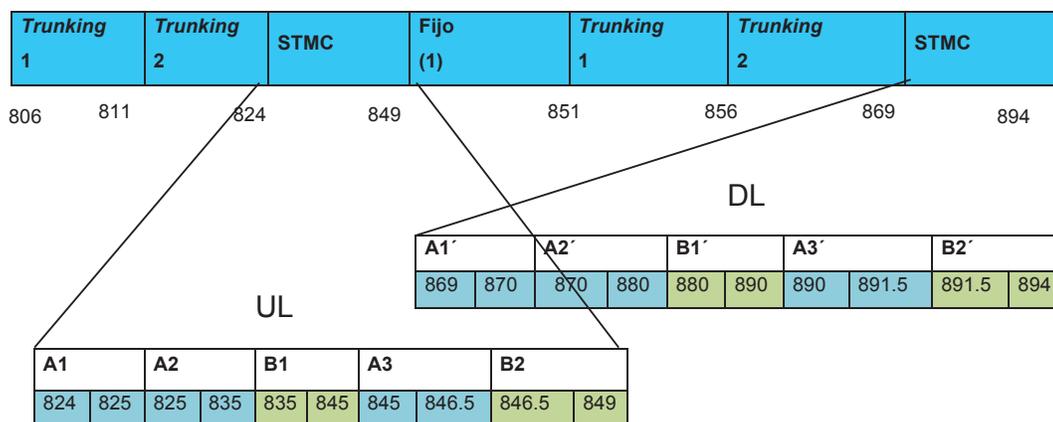


Figura 1. 10 Frecuencias asignadas para la banda de 850 MHz

RANGO	BANDA 3GPP		BLOQUES	LÍMITE INFERIOR (MHz)	LÍMITE SUPERIOR (MHz)	AB (MHz)	PRESTADOR	
	UMTS	LTE						
1900 MHz	2	2	A1	1850	1855	5	OTECEL	
			A2	1855	1860	5		
			A3	1860	1865	5		
			D	1865	1870	5		
			B1	1870	1875	5		
			B2	1875	1880	5		
			B3	1880	1885	5	CONECEL	
			E	1885	1890	5		
			F	1890	1895	5		
			C	1895	1910	15	CNT	Arrendado
			A1'	1930	1935	5	OTECEL	
			A2'	1935	1940	5		
			A3'	1940	1945	5		
			D	1945	1950	5		
			B1'	1950	1955	5		
			B2'	1955	1960	5		
			B3'	1960	1965	5	CONECEL	
			E	1965	1970	5		
			F	1970	1975	5		
C	1975	1990	15	CNT	Arrendado			
						TOTAL	120	

Tabla 1. 6 Bandas asignadas para telefonía móvil celular[15]

La Figura 1.10 y la Tabla 1.6 muestran las bandas de frecuencia asignadas en el Ecuador para las tecnologías 2G, 3G y LTE.

1.9.2 USUARIOS DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR EN EL ECUADOR

El avance a pasos agigantados de la tecnología en el Ecuador ha posibilitado que para el año 2013, según el Informe de Rendición de Cuentas del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, se tienen registrados un total de 17'429.706 líneas activas, en comparación con el año 2006 en el cual se tenían 8'485.050 líneas activas. Del total de los 17'429.706 abonados de señal

celular: 11'968.444 corresponden a Conecel (Claro), 5'098.702 corresponden a Otecel (Movistar), 362.560 a CNT [16].

Las estadísticas finales tomadas de la página oficial de la ARCOTEL indican que el número de abonados ha decrecido en el último año, pero el número de líneas activas para la operadora CNT ha crecido paulatinamente, como se puede observar en la siguiente Tabla 1.7.

AÑO	CLARO	MOVISTAR	CNT E.P	TOTAL LINEAS ACTIVAS DEL SMA	DENSIDAD LINEAS ACTIVAS DEL SMA
2001	483.982	375.170	-	859.152	6,88%
2002	920.878	639.983	-	1.560.861	12,33%
2003	1.533.015	861.342	3.804	2.398.161	18,67%
2004	2.317.061	1.119.757	107.356	3.544.174	27,21%
2005	4.088.350	1.931.630	226.352	6.246.332	47,27%
2006	5.636.395	2.490.002	358.653	8.485.050	63,28%
2007	6.907.911	2.582.436	433.275	9.923.622	72,94%
2008	8.156.359	3.211.922	323.967	11.692.248	84,70%
2009	9.291.268	3.806.432	356.900	13.454.600	96,07%
2010	10.470.502	4.314.599	333.730	15.118.831	104,39%
2011	11.057.316	4.513.874	303.368	15.874.558	107,51%
2012	11.757.906	5.019.686	309.271	17.086.863	110,09%
2013	12.030.886	5.148.308	362.560	17.541.754	111,20%
2014	11.772.020	5.055.645	776.892	17.604.557	109,84%
abr-15	10.293.002	4.688.985	1.072.376	16.054.363	99,65%

Tabla 1. 7 Número de abonados móviles por año [17]

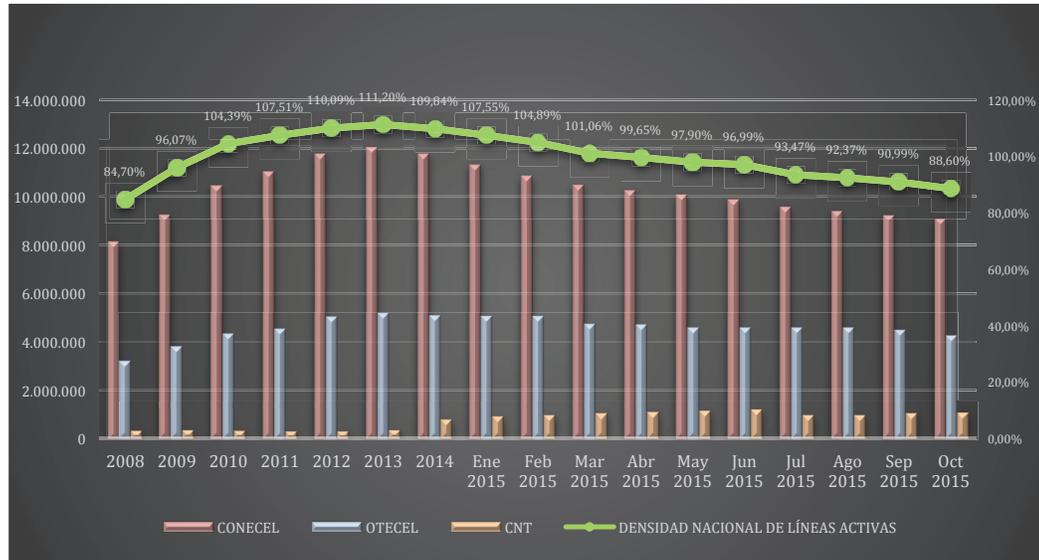


Figura 1.11 Densidad nacional de líneas activas

Como se observa en la Figura 1.11 el índice de penetración de la telefonía móvil celular ha ido decreciendo en los últimos años y sobre todo en el 2015 para todas las operadoras que brindan el servicio de telefonía móvil avanzado.

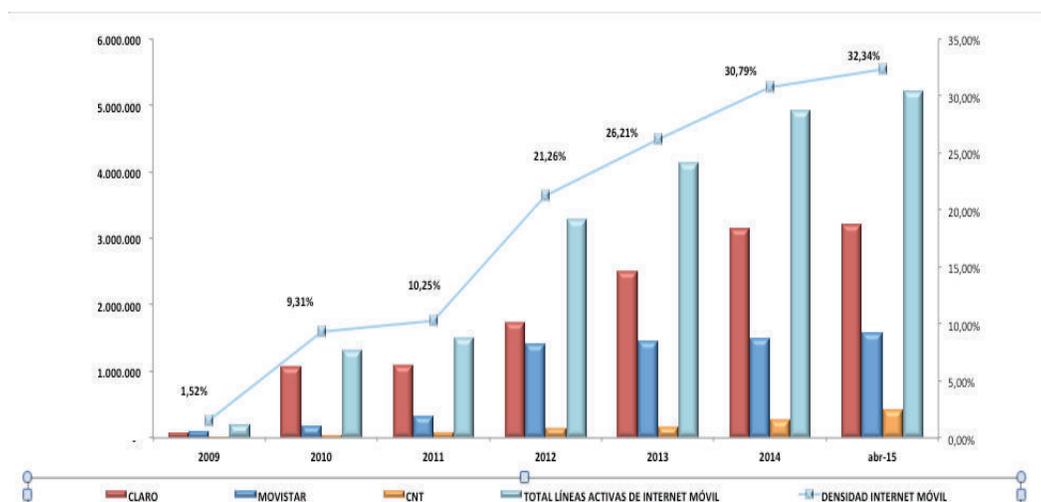


Figura 1.12 Densidad de internet móvil en el Ecuador [18]

En la Figura 1.12 se observa la densidad de abonados que utilizan el servicio de internet móvil y su crecimiento a lo largo de los años desde su inicio en el año 2009.

Las bandas de frecuencia asignadas a las operadoras en Ecuador son las que los equipos inhibidores tienen que bloquear estrictamente en la banda de *Down Link*, ya que se ha podido observar mediante estudios que es la que menor potencia radiada posee, por tanto el inhibidor de telefonía móvil avanzada tiene una menor potencia requerida, esto se afirma ya que la antena de transmisión de la radio base se encuentra normalmente en puntos más lejanos del inhibidor de lo que se encontraría el dispositivo móvil.

REFERENCIAS

- [1] *GSM Switching, Services and Protocols (2001)*. Jörg Eberspächer, Hans-Jörg Vögel and Christian Bettstetter. JOHN WILEY & SONS LTD.
- [2] *LTE for UMTS: OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access (2009)*. H. Holma and A. Toskala, Jhon Whisley & Sons.
- [3] *Home Location Register (HLR) dedicated for Short Message Service (SMS)*. Niklas Romnblom, Johan Vikman. UPPSALA UNIVERSITET.
- [4] Telecomunicaciones en la República del Ecuador. Conecel (Claro), https://es.wikipedia.org/wiki/Telecomunicaciones_en_la_Rep%C3%BAblica_del_Ecuador.
- [5] Telecomunicaciones en la República del Ecuador. Otecel (Movistar), https://es.wikipedia.org/wiki/Telecomunicaciones_en_la_Rep%C3%BAblica_del_Ecuador
- [6] Telecomunicaciones en la República del Ecuador. CNT EP, https://es.wikipedia.org/wiki/Telecomunicaciones_en_la_Rep%C3%BAblica_del_Ecuador
- [7] *Analysis of ITU Spectrum Recommendations in the Latin American Region (2013)*, 4G Américas.
- [8] *Signals Telecom Consulting (2013)*, 4G Américas.
- [9] *Signals Telecom Consulting (2013)*, 4G Américas.
- [10] *Analysis of ITU Spectrum Recommendations in the Latin American Region (2013)*, 4G Américas.
- [11] Constitución Nacional de la República del Ecuador (2008), Asamblea Constituyente, Sectores estratégicos, servicios y empresas.
- [12] Constitución Nacional de la República del Ecuador (2008), Asamblea Constituyente, Recursos Naturales.
- [13] Plan Nacional de Frecuencias (2012), Asamblea Constituyente, Notas Nacionales.

[14] Plan Nacional de Frecuencias (2012), Asamblea Constituyente, Notas Nacionales.

[15] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, Distribución del espectro radioeléctrico para el Servicio Móvil Avanzado para las operadoras móviles.

[16] Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, Informe Rendición de Cuentas 2013

[17] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, Estadísticas, Resumen Gráficas.

[18] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, Estadísticas, Resumen Gráficas.

CAPÍTULO II

2 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS INHIBIDORES (*JAMMER*)

En el presente capítulo se analizan los parámetros técnicos que poseen los equipos de inhibición para la propagación de ondas, que servirá para la comparación teórica mediante modelos de propagación que utilizan dichos parámetros, además de tipos de inhibidores existentes y su respectiva utilidad.

2.1 ANTENAS

Parte fundamental del sistema de inhibición son las antenas cuya función es radiar la potencia total entregada por el equipo, del estudio y análisis de dicha radiación se podrá obtener una idea mas amplia de la cobertura que posee.

Cuando se requiere establecer una comunicación inalámbrica, además de un método o lenguaje de entendimiento entre el transmisor y el receptor debe existir un elemento radiante que envíe la información a través del medio de propagación, que en este caso es el aire.

Las antenas son elementos que realizan la labor de radiar la potencia que el sistema le suministra, y dependiendo de las características de la antena será la cobertura que posee.

El IEEE²⁰ (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) define una antena como “aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñada específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas”[1].

Conociendo que no se puede introducir indistintamente cualquier tipo de antena, ya que depende de la banda de frecuencia en la cual trabaja, respecto a la dimensión requerida, como se puede observar en la Figura 2.1.

Toda señal que se propaga por el espacio libre se caracteriza por tener una frecuencia y longitud de onda y es definida por la ecuación 2.1. La velocidad con la que se propaga para fines teóricos se toma como la velocidad de la luz en el vacío.

$$c = \lambda * f$$

(ecuación 2.1)

$$\text{Donde } c = 3 * 10^8 \text{ m/s}$$



Figura 2. 1 Antena receptora terrena

²⁰ IEEE: *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, organización mundial que realiza la estandarización en áreas técnicas.

2.1.1 FUNCIONAMIENTO DE UNA ANTENA

La radiación de una antena se produce por la circulación de corriente a través de un elemento metálico con el cual se genera un campo magnético que envuelve al conductor y al plano perpendicular mostrado en la Figura 2.2.

Si colocamos una corriente variable el campo magnético generado también será variable, por tanto si la corriente varía a una frecuencia de la misma manera el campo magnético producido varía en función a la frecuencia de la corriente.

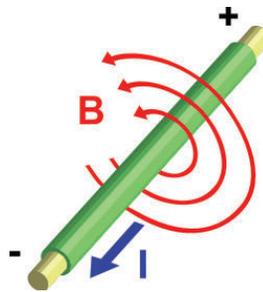


Figura 2. 2 Campo magnético con una corriente invariante

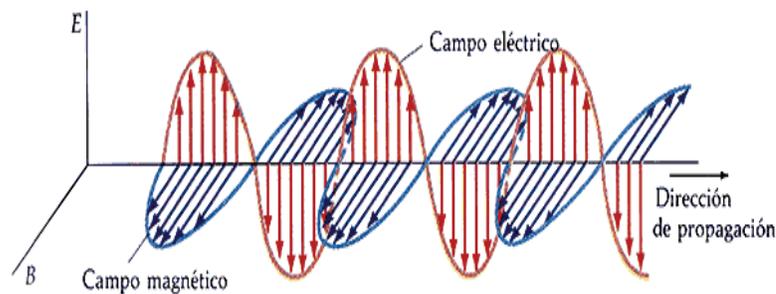


Figura 2. 3 Campo magnético con una corriente senoidal

Como se observa en las Figuras 2.2 y 2.3 se forma un campo magnético cuando una corriente atraviesa un elemento metálico, la energía que desaparece del conductor fluye a través del espacio libre, este fenómeno se conoce como radiación. El fenómeno ocurre cuando la corriente que circula a través del conductor es variable en función del tiempo.

2.1.2 PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE UNA ANTENA

La antena tiene parámetros medibles, que permiten describir y evaluar el efecto que dicha antena tiene sobre un sistema de radiocomunicaciones, o bien especificar el comportamiento deseado de una antena para incluirla en el sistema.

2.1.2.1 Diagrama de Radiación

Se considera como la representación gráfica de las características de radiación que posee una antena, normalmente se emplea un sistema de coordenadas esféricas. Con la antena situada en el origen y manteniendo constante la distancia se expresará el campo eléctrico en función de variables angulares.

Mediante el diagrama de radiación se puede definir una clasificación general de los tipos de las antena.

Los parámetros importantes del diagrama de radiación son:

- Dirección de apuntamiento: Es la que posee la máxima radiación, directividad y ganancia.
- Lóbulo principal: Margen angular que proporciona la dirección máxima de radiación
- Ancho de Haz: Margen angular en las que el diagrama del haz tiene un valor de 3dB por debajo de la máxima radiación [2].

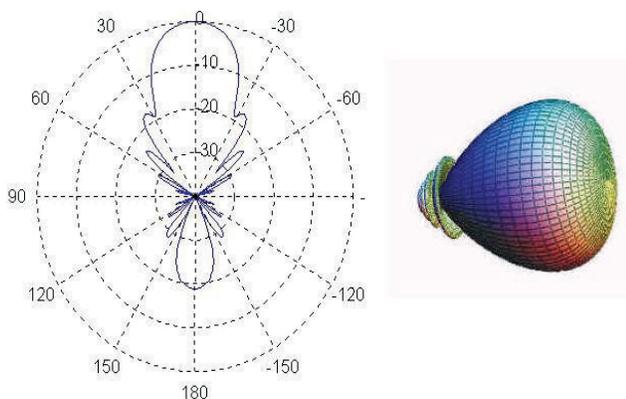


Figura 2. 4 Diagrama de radiación de una antena

2.1.2.2 Densidad de Potencia

La densidad de potencia se define como la medición de potencia por unidad de superficie con una dirección como se expresa en la ecuación 2.2 [2]. Teóricamente se las puede obtener del cálculo tomando en cuenta los valores eficaces del campo eléctrico.

$$S = E^2/Z_a = H^2*Z_a \quad (\text{ecuación 2.2})$$

Donde:

$$S = \text{Densidad de Potencia} [W/m^2]$$

$$E = \text{Campo eléctrico} [V/m]$$

$$H = \text{Campo magnético} [A/m]$$

$$Z_a = \text{Impedancia característica} [\Omega]$$

2.1.2.3 Directividad

Técnicamente la directividad (D) de una antena se define como la relación entre la intensidad de radiación de la antena en su dirección del punto máximo con respecto a la intensidad de radiación de una antena isotrópica que radia con la misma potencia total y se expresa en la ecuación 2.3 [2].

$$D = U(max)/U(iso) \quad (\text{ecuación 2.3})$$

La directividad se puede obtener, en general, con el conocimiento del diagrama de radiación de la antena, un segundo parámetro directamente relacionado con la directividad es la ganancia. La ganancia y la directividad están relacionadas, en consecuencia, por la eficiencia de la antena [3].

2.1.2.4 Ganancia

La ganancia tiene una definición similar a la directividad pero la relación no se establece con la potencia radiada, si no con la potencia entregada a la antena. Esto permite tomar en cuenta las posibles pérdidas de la misma.

La unidad de ganancia (G) de la antena puede ser expresada en dBd o dBi, dependiendo si está referida a un dipolo o una antena isotrópica [2]. La ecuación 2.4 muestra la relación que existe entre ganancia y la directividad.

$$G = \eta_r D_i \quad (\text{ecuación 2.4})$$

Donde:

η_r = Eficiencia

D_i = Directividad antena isotrópica

La ganancia pone de manifiesto el hecho de que un antena real no radia toda la potencia que se le suministra, si no que parte de ésta se disipa en forma de calor [4].

2.1.2.5 Polarización

La polarización es una indicación de la orientación del vector campo eléctrico en un punto fijo del espacio al transcurrir el tiempo. Puede clasificarse como lineal, circular y elíptica.

La polarización lineal toma las orientaciones horizontal, vertical, +45°, -45°, la polarización circular o elíptica pueden tomar las orientaciones dextrógiras (derecha) o levógiras (izquierda), según el sentido del giro que tenga el campo [2].

2.1.2.6 Eficiencia

Definida como la relación que existe entre la potencia radiada y la potencia entregada a la antena, otra forma de definirlo es mediante la relación entre la ganancia y la directividad como se muestra en la ecuación 2.5.

$$\eta_r = \frac{P(r)}{P(in)} = G/D$$

(ecuación 2.5)

2.1.2.7 Impedancia

La impedancia de una antena se encuentra definida como la relación entre la tensión y la corriente que se encuentra entre sus terminales de entrada. Por lo general la impedancia es compleja, en consecuencia la parte real se denomina resistencia de la antena y la parte imaginaria se denomina reactancia como se observa en la ecuación 2.6.

$$Z = \frac{V}{I} = R(\omega) + jX(\omega)$$

(ecuación 2.6)

Donde:

$Z = Impedancia$

$V = Voltaje$

$I = Corriente$

$R(\omega) = Resistencia$

$X(\omega) = Reactancia$

2.1.3 TIPOS DE ANTENAS

La clasificación clásica del tipo de antenas según su geometría son: antenas de hilo, antenas de apertura y antenas planas.

2.1.3.1 Antenas de hilo

Son las que tienen por elementos de radiación a conductores de hilos que tienen una sección despreciable en comparación con la longitud de onda que poseen. Una característica principal de este tipo de antenas es que sus dimensiones suelen ser menores ó como máximo una longitud de onda. Las bandas de frecuencias para las cuales son utilizadas son MF, HF, VHF, UHF.

Ejemplos son los dipolos, monopolos, espiras, helicoides. Como se puede observar en la siguiente Figura 2.5.

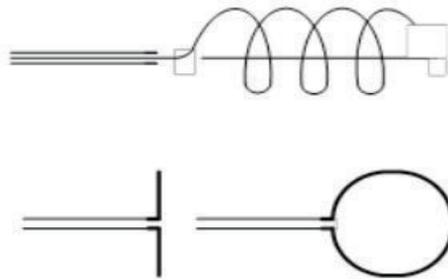


Figura 2. 5 Antenas de hilos

2.1.3.2 Antenas de apertura

La Figura 2.6 muestra antenas de apertura tipo bocina, las cuales concentran la radiación de emisión o recepción de un sistema radiante en una dirección. A mayor tamaño mayor ganancia se posee. Uno de los ejemplos clásicos que la mayoría de personas conoce es la antena parabólica para comunicaciones satelitales.

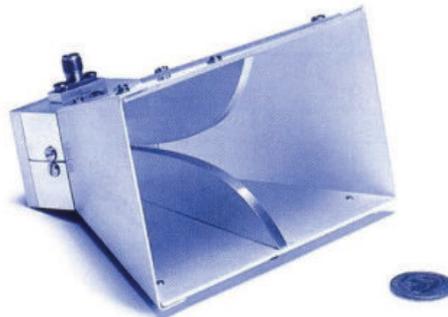


Figura 2. 6 Antenas de apertura

2.1.3.3 Antenas planas

Un tipo particular de antena plana son las antenas de apertura sintética, típicas de los radares de apertura [5]. La Figura 2.7 muestra un antena plana para conexiones satelitales.



Figura 2. 7 Antena plana sintética



Figura 2. 8 Representación gráfica de las características de radiación de las antenas[6]

2.2 PROPAGACIÓN DE RADIO FRECUENCIA

La propagación de radio frecuencia se da en el rango de 30 KHz y 300 GHz entre una antena transmisora y una antena receptora con la que se realiza una comunicación.

El sistema de comunicación puede o no tener línea de vista LOS (*Line of sight*, Línea de Vista).

En el caso que el sistema de comunicación tenga línea de vista se realizará una propagación directa entre el transmisor y receptor como se muestra en la Figura 2.9.

Pero en el caso que el sistema no tenga línea de vista la comunicación es de tipo multiruta o multitrayectoria, donde la señal sufre diferentes efectos como refracción, reflexión, difracción y dispersión que provoca que la señal llegue por diferentes rutas al receptor.

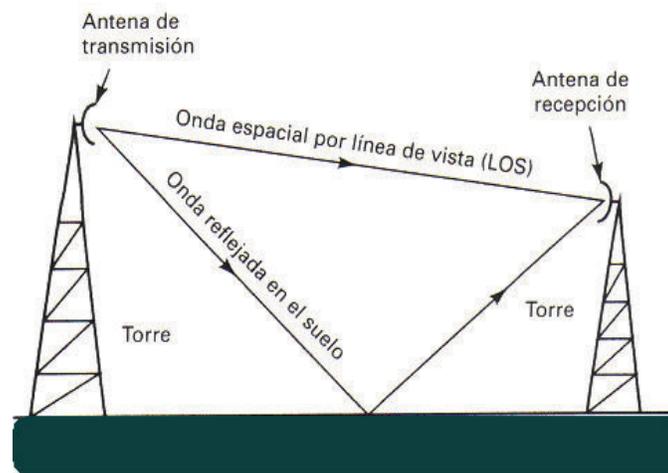


Figura 2. 9 Propagación de una onda con línea de vista

2.2.1 REFRACCIÓN

Es un efecto que se produce cuando una onda pasa de un medio a otro diferente siempre y cuando tengan índices de refracción distintos.

2.2.2 REFLEXIÓN

Este efecto se produce cuando la señal choca con un objeto de mayores dimensiones que la longitud de onda, y regresa al medio del cual proviene con el mismo ángulo de incidencia.

2.2.3 DIFRACCIÓN

Efecto en que las ondas se desvían o cambian de dirección al encontrar un obstáculo, por lo general esta propagación es muy útil en ambientes donde no existe línea de vista.

La Figura 2.10 muestra los efectos que se producen en una onda cuando cambia de medio.

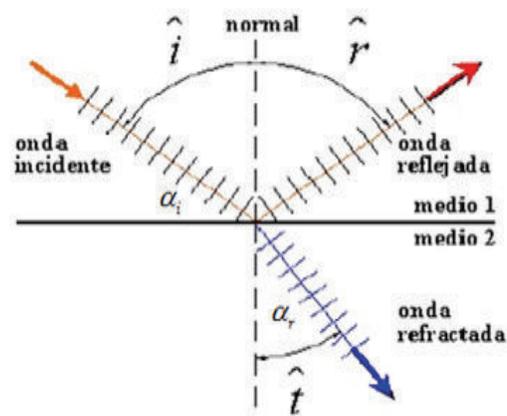


Figura 2. 10 Onda incidente, refractada, reflejada

Cuando la señal experimenta los diferentes tipos de propagación expresados anteriormente, las señales resultantes provienen de diferentes rutas y no llegan al mismo tiempo, ni la misma intensidad. Como consecuencia se producen desfases. Las rutas que toma la señal para llegar al lugar de destino se denominan multiruta, obsérvese en la Figura 2.11.

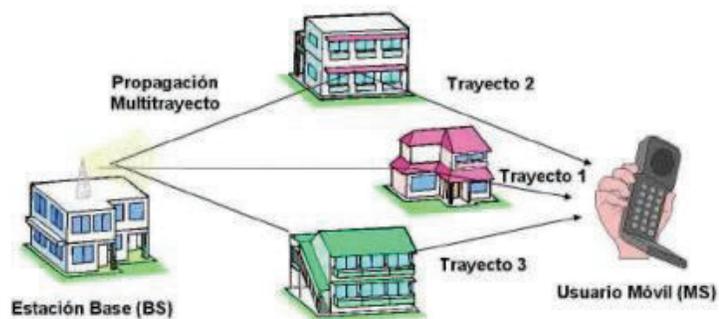


Figura 2. 11 Efecto de propagación multirrayectoria

La relación señal a ruido SNR (*Signal to Noise Ratio*, Relación Señal a Ruido) es la que determina la calidad de señal con la que el receptor realiza la comunicación, y estará directamente relacionado a los efectos de propagación que sufre en el ambiente.

La importancia del estudio de los efectos de propagación es que sirve para determinar qué nivel de señal llega al receptor.

2.2.4 EFECTOS QUE DEGRADAN LA SEÑAL

La señal desde que es creada hasta llegar al receptor se ve afectada por diversos efectos que degradan su nivel, el ruido que se introduce en el sistema es aditivo, por lo que la relación señal a ruido se ve degrada paulatinamente.

Existen otros eventos que deben ser tomados en cuenta en un sistema inalámbrico y que definen la calidad de señal que llegará al receptor.

2.2.4.1 *Path Loss*

El *Path Loss* es la reducción en densidad de potencia (atenuación) de una onda electromagnética que se propaga a través del espacio. También es influenciado por la geografía del terreno, el ambiente (urbano o rural), humedad, el aire, la distancia entre el transmisor y el receptor, la localización de las antenas. Se la puede expresar con la ecuación 2.7:

$$L_p(dB) = P_{Tx} - P_{Rx} \quad (\text{ecuación 2.7})$$

Donde:

P_{Tx} = Potencia transmitida

P_{Rx} = Potencia Recibida

2.2.4.2 Efecto Doppler

Ocurre cuando el receptor o transmisor se encuentran en movimiento. En el momento que el receptor y transmisor se acercan las ondas se comprimen, es decir producen una onda de mayor frecuencia, en el caso inverso en el cual el receptor y transmisor se acercan la onda se expanden.

Se puede experimentar claramente con el sonido, cuando un automóvil se acerca a una persona pitando el sonido se vuelve más agudo conforme se va acercando al observador, pero cuando se aleja del observador el sonido del pito se vuelve más grave.

El mismo efecto se puede observar en el momento de medir la velocidad y distancias a las que se encuentran las galaxias. Este efecto se llama Corrimiento al Rojo o Azul.

2.3 MÉTODOS DE PROPAGACIÓN

Por el momento se ha hecho referencia a la teoría de propagación de ondas electromagnéticas y de comportamientos cuando la onda pasa a medios diferentes, además de sistemas de radiación y sus características fundamentales con las que se realiza el envío de la información mediante antenas.

Los modelos de propagación predicen las pérdidas que existen en una comunicación inalámbrica, normalmente las pérdidas se las predicen en decibeles. Los modelos se basan en métodos probabilísticos los cuales calculan la cantidad de señal entre dos puntos, y con qué pérdidas se presenta al final de la comunicación.

Los modelos más representativos que servirán para la predicción son: Modelo Okumura-Hata (Exteriores) y Modelo ITU (Interiores).

2.3.1 MODELO OKUMURA-HATA

El modelo se idealizó para ambientes urbanos en los cuales la señal se propaga por multitrayectoria. La fórmula que define las pérdidas se muestra en la ecuación 2.8.

$$L_{50}(\text{urbano})(dB) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d$$

(ecuación 2.8)

Donde:

f_c : Frecuencia de la portadora en MHz

h_{te} : Altura de la antena transmisora en metros para un rango de 30 a 200 metros.

h_{re} : Altura de la antena receptora en el rango de 1 a 10 metros

$a(h_{re})$: Factor de corrección por la altura efectiva del móvil que es función del tipo de área de servicio.

d : Distancia entre el transmisor y el receptor en kilómetros.

Donde se debe tener en cuenta los siguientes rangos:

- $150 \text{ MHz} < f_c < 1920 \text{ [MHz]}$
- $30 \text{ m} < h_{te} < 200 \text{ [m]}$
- $1 \text{ m} < h_{re} < 10 \text{ [m]}$

La variable del factor de corrección por la altura efectiva del móvil $a(h_{re})$, se la puede definir por la ecuación 2.9 para sectores urbanos.

$$a(h_{re})_{dB} = (1.1 \log f_c - 0.7)(h_{re}) - (1.56 \log f_c - 0.8)$$

(ecuación 2.9)

Para ciudades grandes, se tiene dos expresiones que dependen del valor de la frecuencia definidos por la ecuación 2.10 y la ecuación 2.11:

$$(1) \quad a(h_{re})_{dB} = 8.29(\log 1.54h_{re})^2 - 1.1$$

(ecuación 2.10)

para $f_c < 300\text{MHz}$

$$(2) \quad a(h_{re})_{dB} = 3.2(\log 11.75h_{re})^2 - 4.97$$

(ecuación 2.11)

para $f_c > 300MHz$

2.3.2 MÉTODO ITU PARA INTERIORES

Los resultados de predicción que se obtienen en el sistema de radiación para interiores difiere un poco con las predicción de sistemas radioeléctricos en exteriores, esto debido a que en el modelo de propagación en exteriores se desea garantizar un rango de cobertura a una zona sin interferencias y de manera eficaz.

La diferencia con los modelos para interiores es que, en estos casos la cobertura depende de la geometría del edificio, el número de plantas o pisos, el material con que se encuentran hechas las paredes y una serie de factores que inciden en la propagación de la onda electromagnética.

2.3.2.1 Modelos generales dependiendo el lugar de instalación

A continuación se describen modelos generales dependiendo de la instalación, esto referente a la poca información que se necesita sobre trayecto y lugar de instalación.

Las especificaciones que se toman en cuenta en este modelo están asociadas al desvanecimiento debido a sombras en múltiples paredes y pisos. Por tanto se podrá aplicar varios modelos de pérdida dependiendo de la atenuación de cada uno de ellos.

En el modelo que se muestra en la siguiente fórmula se considera la pérdida a través de varias plantas, con esto se logra tener presente las características tales como la reutilización de frecuencias para distintas plantas. Los coeficientes de pérdida de potencia respecto a la distancia que se indican a continuación, en los

cuales se tienen en cuenta implícitamente la transmisión a través de paredes así como de obstáculos y por encima de éstos; también otros factores de pérdidas que tienden a manifestarse en un solo piso de un edificio.

El estudio de los modelos que se utilizan para una finalidad en específico pueden ofrecer la posible incorporación de pérdidas que se introducen en cada pared que se encuentre en el lugar, contrario a métodos basados en distancia. El modelo de propagación viene definido por la ecuación 2.12:

$$L_{total} = 20 \log_{10} f + N \log_{10} d + L_f(n) - 28 \text{ dB}$$

(ecuación 2.12)

Donde:

- N : coeficiente de pérdida de potencia debida a la distancia
- f : frecuencia en [MHz]
- d : distancia de separación en [m] entre la estación de base y el terminal portátil (donde $d > 1$ [m])
- L_f : factor de pérdida de penetración en el suelo [dB]
- n : número de pisos entre la estación de base y el terminal portátil ($n \geq 1$).

Frecuencia	Edificio residencial	Edificio de oficinas	Edificio comercial
900 MHz	-	33	20
1,2-1,3 GHz	-	32	22
1,8-2 GHz	28	30	22
4 GHz	-	28	22
5,2 GHz	-	31	-
60 GHz⁽¹⁾	-	22	17

Tabla 2. 1 Coeficientes de pérdida de potencia, N , para el cálculo de la pérdida de transmisión en interiores

Frecuencia	Edificio residencial	Edificio de oficinas	Edificio comercial
900 MHz	–	9 (1 piso) 19 (2 pisos) 24 (3 pisos)	–
1,8-2 GHz	$4n$	$15 + 4(n - 1)$	$6 + 3(n - 1)$
5,2 GHz	–	16 (1 piso)	–

Tabla 2. 2 Factores de pérdida de penetración en el suelo L_f (dB), siendo n el número de pisos penetrados, para el cálculo de la pérdida de transmisión

En la Tabla 2.1 y la Tabla 2.2 se indican los parámetros típicos basados en el resultado de algunas medidas que se han realizado para los parámetros del modelo de propagación.

2.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE INHIBICIÓN

El espectro electromagnético ha sido utilizado no solamente con fines tecnológicos sino también con fines militares.

Los sistemas de inhibición de señales de radio frecuencia como muchos de los avances tecnológicos fueron creados con fines bélicos, que consistía en anular cualquier posible comunicación proveniente de las líneas enemigas.

En la actualidad la tecnología de inhibición se utiliza con el fin de bloquear señal celular en un área en específico y con fines gubernamentales.

El inhibidor celular trabaja emitiendo ondas de radio en las frecuencias utilizadas por las empresas que prestan el servicio móvil. Al introducir ruido dentro del enlace se pierde la conexión con la estación base, esto se puede verificar con el terminal móvil, en el cual, dependiendo del tipo de teléfono se observará “Sin Servicio”, “Sin Red” o simplemente permanecerá en estado activo pero no podrá recibir ni hacer llamadas o conexión de datos.

Dependiendo del lugar geográfico, distancia a la que el inhibidor se encuentre de la estación-base y la potencia con la que se emita el ruido se podrá tener una idea de la zona que no poseerá cobertura.

Normalmente al inhibidor es conocido con otros nombres como bloqueador, *Jammer*, anulador, pero la función primordial es bloquear la señal celular en un lugar geográfico.

Siendo el inhibidor un punto muy sensible para la armonía de las telecomunicaciones, ya que impide a los usuarios finales poseer el servicio celular que las operadoras lo brindan; es primordial crear una norma que deberán cumplir en los casos especiales para los cuales se los utiliza.

En Ecuador se permite el uso de inhibidores únicamente para precautelar la seguridad de los ciudadanos, por tanto las instituciones que pueden utilizar los inhibidores son los Centros de Rehabilitación Social y las Entidades Financieras. Esto se debe a que las personas privadas de la libertad por el cometimiento de diferentes delitos, los siguen cometiendo dentro de los Centros de Rehabilitación con la utilización de teléfonos celulares introducidos ilícitamente, con los cuales dan las órdenes de a quien extorsionar, robar e incluso matar.

En la actualidad han ocurrido casos en los que en Entidades Financieras, cuando una persona se acerca con el afán de retirar una suma grande de dinero, informantes dentro de la entidad pueden enviar datos exactos de la persona, rasgos característicos, vestimenta, etc., una vez fuera de la entidad financiera la interceptan y prosiguen a despojarle de sus pertenencias.

Para bloquear la señal celular también existen otras formas mucho más eficaces, pero que implican una mayor tecnología implementada para la interrupción de la señal celular.

Una de ellas sería la utilización de triangulación de radio bases, esta técnica se la utiliza para posicionar teléfonos móviles en un lugar geográfico. Conociendo la ubicación geográfica del establecimiento se podría denegar el acceso a la red a usuarios que se encuentren dentro de dicha entidad.

Otra forma sería la creación de jaulas de Faraday en la infraestructura con lo cual ninguna señal podrá entrar ni salir del espacio que la conforma. Esto conlleva un análisis inicial desde la concepción de la infraestructura y su posterior construcción, además que debe saberse de antemano la ubicación en la que se colocará la jaula de Faraday para el área de cajas.

El método utilizado por las Entidades Financieras es la colocación de inhibidores de señal celular, dichos equipos se remiten al laboratorio de homologación perteneciente a ARCOTEL normalmente tienen una salida física para la conexión de la antena por cada una de las frecuencias, es decir una para 850 MHz y otra para 1900 MHz. Pero también existen equipos inhibidores que tienen una sola salida física para la conexión de la antena en la cual se mezclan las dos señales para lograr obtener el bloqueo celular.

Los efectos que producen los equipos inhibidores pueden variar por diferentes factores ya que depende de la potencia con la que la señal celular llega a un punto. Si la ubicación del equipo se encuentra a menor distancia de la estación base, el inhibidor debe emitir una mayor potencia a fin de que el ruido introducido sea mayor a la señal celular, otros factores que influyen en la cobertura del equipo son la presencia de edificios, temperatura, humedad.

2.5 JAMMING

Con el avance tecnológico se han creado varias formas para poder introducir señales de ruido a un sistema, dependiendo de la aplicación, potencia y nivel de inteligencia del sistema para actuar contra señales de ruido. Cuando existe un sistema protegido contra las señales de *jamming*, se debe emplear métodos

avanzados, como emitir una señal portadora en la banda base que se modula por impulsos o una señal propia de ruido.

Es importante tener en cuenta que el requerimiento para lograr la interrupción de una señal es que se degrade un 30% de la información de voz, que conlleva un bloqueo significativo haciendo el mensaje casi incomprensible. Para una interferencia eficaz de un mensaje de datos se requiere de un 70% de interrupción.

Además de esto, la eficiencia del bloqueo estará determinada por otros factores que hay que tomar en cuenta como son:

- * Potencia efectiva radiada por el *Jammer*.
- * Potencia efectiva radiada por el transmisor hacia el receptor.
- * Orientación de la antena receptora relacionada con la orientación de la antena del *Jammer*.
- * El terreno, temperatura, humedad, obstáculos.

En forma independiente a la comunicación que se desea bloquear o eliminar, el dispositivo radia energía en forma de ondas electromagnéticas, los cuales se dirigen hacia los receptores con el fin de interferirlos. A continuación se presentan las técnicas de *Jamming*:

2.5.1 JAMMING POR RUIDO

En este caso el ruido que se introduce puede ocupar ya sea todo el ancho de banda empleado por la señal, o en otros casos ocupar parte de él. Esto se debe a que no siempre se necesita introducir la señal en todo el ancho de banda para interrumpir de manera eficaz la comunicación.

Según la consideración anterior el *Jamming* por ruido se divide en *Jamming* por ruido de banda-ancha, *Jamming* por ruido de banda-parcial y *Jamming* por ruido de banda-angosta.

2.5.1.1 *Jamming* por ruido de banda ancha o banda completa

El BBN (*Broadband noise*, Ruido de Banda Ancha) introduce la señal a través de todo el ancho del espectro de frecuencias en el que opere la aplicación. Tomando en cuenta que el equipo emite ruido en toda la banda de frecuencia se utiliza para cualquier tipo de señal que tenga protección contra ruido, como es el caso de FHSS²¹ (*Frequency Hopping Spread Spectrum*, Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia) que es una señal que tiene protección contra el ruido.

El nivel de potencia de *Jamming* se denomina J_0 , y está medido en Watts/Hertz.[7]. Una de las principales desventajas de este tipo de *Jamming* es que no posee eficiencia, ya que toda la potencia que puede emitir el dispositivo es repartida en todo el ancho de banda con lo cual la J_0 disminuye, por tanto el buen funcionamiento del dispositivo depende de la potencia que pueda emitir.

2.5.1.2 *Jamming* por ruido de banda parcial

En este tipo de *Jamming* conocido como PBN (*Partial-band noise*, Ruido de Banda Parcial). Se introduce la señal solo en una parte específica del espectro, es así que solo se cubren algunos canales de transmisión de la señal total.

Este tipo de *Jamming* al no distribuir la potencia por todo el espectro de frecuencias es más eficiente. En la mayoría de casos no se necesita introducir una señal de ruido en todo el espectro de frecuencias en las que se realiza la comunicación, solamente en los canales que llevan la información de sincronización o información de registro, con lo cual la comunicación se bloqueará.

²¹ FHSS: *Frequency Hopping spread Spectrum*, es una técnica de modulación en espectro ensanchado en la que la señal emite en frecuencias pseudo-aleatorias.

2.5.1.3 *Jamming* por ruido de banda angosta

Este *Jamming* también se conoce como NBN (*Narrowband noise*, Ruido de Banda Angosta). Este tipo de *Jamming* introduce ruido solo en un canal específico. Es claro que para lograr este tipo de interferencia de señal se debe con antelación estudiar el sistema al que se desea inhibir para saber en qué canal se debe atacar y qué frecuencias posee. Como en el tipo de *Jamming* anterior, la diferencia está en la optimización de la potencia al transmitir en un espectro reducido. Con la canalización de la potencia en una sola parte del espectro se logra mayor eficiencia del sistema y por tanto un menor consumo de energía.

2.5.2 JAMMING POR TONOS

La técnica consiste en colocar tonos a lo largo del ancho de espectro, pueden ser de un solo tono en cuyo caso se conoce como ST (*Single-Tone*, Tono Simple), o varios tonos, en este caso la técnica es MT (*Multiple-Tone*, Múltiple-Tono). Dependiendo de en qué lugar se coloquen los tonos será la eficacia de este método y por consecuencia el nivel de interferencia generado. Un ejemplo claro son los sistemas que utilizan DSSS²² (*Direct Sequence Spread Spectrum*, Espectro ensanchado por Secuencia Directa) y mediante el estudio de frecuencias en las que trabaja se puede insertar un tono simple con el cual se logra modificar el *offset* en los receptores, esto ocasiona que se sobrepase el nivel máximo permitido de señal.

En un caso de MT si los tonos se colocan en canales continuos, el desempeño del jammer será teóricamente igual al desempeño de *Jamming* por ruido de banda parcial. Esto se debe a que los tonos se colocan en canales continuos; se conoce a este particular caso de MT como “*Comb Jamming*”.

El que se produzca una interferencia eficaz depende de que el tono se coloque en una parte del espectro en donde exista una señal que represente un símbolo y tener la suficiente potencia para bloquearlo, además dependerá de que una vez

²² DSSS: *Direct Sequence Spread Spectrum*, conocido también como DS-CDMA (Acceso múltiple por división de código en secuencia directa).

que el tono del *jammer* esté en la frecuencia del símbolo, la fase entre ellos sea igual. Este tipo de *Jamming* no es eficiente para sistemas que utilizan FHSS debido a que depende del salto de frecuencia en la modulación del espectro ensanchado y de la frecuencia del tono que deben estar en el mismo punto de salto[8].

2.5.3 JAMMING POR PULSOS

Esta técnica tiene similares resultados de interferencia a las que se obtienen en la técnica por ruido de banda-parcial. La parte fundamental en la que difieren es que una toma como principio la frecuencia y la otra el tiempo, la frecuencia en función del ancho del espectro para crear un ruido en una banda específica y el tiempo en lo que respecta a mantener la señal todo el tiempo encendida.

Al reducir el tiempo en que la señal de interferencia está presente se logra un ahorro de energía considerable, aunque primero se tiene que estudiar la sincronización con el sistema para que actúe en los momentos indicados.

2.5.4 JAMMING POR BARRIDO

La técnica es similar a la que se utiliza en el *Jamming* de ruido por banda-ancha o por banda-parcial, es así que se la considera como un complemento. Se introduce una señal de ruido en una parte pequeña del espectro y se barre la señal por todo el ancho del espectro de la señal que se desea bloquear.

Este tipo de métodos son utilizados en sistemas que poseen FHSS, ya que en este tipo de modulación se tienen saltos de frecuencias pseudo-aleatorias, pero al tener un barrido completo en el espectro se logra coincidir en algún punto con la frecuencia en la que se envía la información y por tanto perturbarla, e indudablemente perder la comunicación.

Algo que se debe tener en cuenta y es importante es que el barrido debe ser tan rápido como la frecuencia de salto, ya que solo en ese caso el espectro de barrido

puede coincidir con una frecuencia de salto en un tiempo determinado e introducir ruido. Un ejemplo que es claro y se puede analizar sería cuando se modula la señal con SFH (*Slow Frequency Hopping*, Salto de Frecuencia Lenta) en el que el salto no es tan rápido, en ese escenario no es muy crítica la velocidad con la que tiene que barrerse todo el espectro, ya que en un instante de tiempo las frecuencias se encontrarán en un mismo punto.

Colocando datos para hacer un ejercicio práctico y suponiendo que para lograr interferir un sistema de comunicación se debe tener un BER de 10^{-1} que significa bloquear la transmisión de un bit de diez que han sido enviados, o para un sistema que está mandando datos a una velocidad de 20 kbps, la transmisión de 2000 bits debe ser bloqueada para alcanzar este BER.

Si este sistema es de tipo SFH y maneja 100 saltos por segundo, cada salto contendrá 200 bits (sin considerar el tiempo entre saltos). De ahí que se necesite aplicar de manera exitosa *Jamming* sobre 10 saltos por segundo.

Este método es más eficiente que el de ruido de banda ancha ya que la potencia no se esparce en todo el espectro sino que toda la potencia está en una pequeña parte del espectro en un instante de tiempo sobre la señal que se desea bloquear[9].

2.5.5 JAMMING POR SEGUIMIENTO

En este tipo de *Jamming* se estudia la señal y se encuentra la frecuencia a la que saltó la portadora de información, con ello se identifica el blanco para emplear el *Jamming* de tonos o pulsos. Lo mencionado anteriormente deja claro que este tipo de *Jamming* se utiliza para sistemas que utilizan FHSS.

Se encontraron restricciones al utilizar este tipo de técnica como la limitación con respecto al tiempo de procesamiento que tarda el sistema en conocer el salto de frecuencia en el que se encuentra, este procesamiento se realiza midiendo energía de todo el espectro para saber si se han producido ganancias o pérdidas.

En el punto que detecte la mayor cantidad de energía se puede concluir que es la nueva frecuencias de salto, aunque no es totalmente cierto ya que depende de la velocidad de salto, por tanto el nuevo blanco de frecuencias a ser atacado es difícil de averiguar.

Otro problema involucra la potencia, esto ocurre cuando se desea bloquear más de un canal al mismo tiempo, ya que la potencia se divide para el número de canales que se desea bloquear, por tanto la eficiencia del dispositivo disminuye y no se tiene la certeza que con la potencia suministrada se bloquea adecuadamente a la señal.

2.5.6 JAMMING INTELIGENTE

Este sistema es común para señales que tienen buena defensa frente a señales de ruido, sistemas conocido como Anti *Jamming*. Es un método que analiza la señal a ser ataca la señal optimizando los recursos que se le proporcionan.

Un ejemplo claro serían sistemas de telefonía móvil en los cuales solo bastaría con atacar el sistema de señalización para que los dispositivos móviles pierdan la comunicación.

En el caso de IS-95 en el cual se usa un canal codificado por códigos *Wash* que es el que se encarga de la sincronización, bastaría con identificar el canal y bloquearlo, para interrumpir de manera más eficiente la comunicación.

2.6 CLASIFICACIÓN DE LOS JAMMER

De la clasificación de los sistemas *Jamming* se derivan principalmente cuatro tipos de *Jammers* según el tipo de señal que se desea anular dependerá la elección del *Jammer* a ser utilizado.

2.6.1 *JAMMER* CONSTANTE

La potencia que requiere este tipo de *Jammer* es grande debido a que se emplean estrategias de banda ancha, banda angosta o de barrido. La principal ventaja que posee este tipo de dispositivos es que son de fácil implementación ya que no requieren un estudio detallado del sistema al que se desea inhibir.

La desventaja es que puede ser de fácil detección, por tanto si el deseo es pasar desapercibido el sistema detectará ruido que excede los niveles comunes y encontrará la fuente que lo genera.

2.6.2 *JAMMER* DE ENGAÑO

Este tipo de *jammer* envía señales que para el sistema pasan como legítimas, en lugar de enviar bits aleatorios, el *jammer* inyecta constantemente paquetes regulares al canal sin ningún espacio entre las transmisiones de paquetes subsiguientes. El resultado es la creencia de que un paquete legítimo se envió para que permanezca en estado de recepción, perdiendo la comunicación[9].

2.6.3 *JAMMER* ALEATORIO

En lugar de enviar continuamente una señal de radio, funciona por un determinado período de tiempo y lo deja de hacer por otro. El tiempo de encendido y apagado son programados para obtener los resultados requeridos. La ventaja es que utiliza una menor cantidad de potencia, por tanto es más eficiente que el *jammer* constante ya que no requiere estar todo el tiempo encendido, pero dependerá de la programación de tiempos que se le aplique al dispositivo[11].

2.6.4 *JAMMER* REACTIVO

Los tres modelos de *Jammer* discutidos anteriormente son inhibidores de señal activos en el sentido que tratan de bloquear el canal independientemente del

REFERENCIAS

- [1] IEEE *Standard Definitions of Terms for Antennas*, Std 145-1983, *Revision of ANSI/IEEE Std 145-1973*.
- [2] Antenas, Wikipedia enciclopedia libre, <https://es.wikipedia.org/wiki/Antena>.
- [3] Ángel Cardama Aznar, Lluís Jofre Roca, Juan Manuel Rius Casals, *ANTENAS*, Universidad Politécnica de Catalunya, Segunda Edición, 2002.
- [4] Teoría de Antenas, Universidad Ramon Llull, Jaume Anguera y Antonio Pérez, 2008, pág 44.
- [5] Antenas, Wikipedia enciclopedia libre, <https://es.wikipedia.org/wiki/Antena>.
- [6] John D. Kraus, *Antennas*, McGraw-Hill, Second Edition, 1973, pág 27.
- [7] Diseño y Elaboración de un *Jammer*, Escuela Superior de Ingeniería mecánica y eléctrica(2011), México.
- [8] Poisel, Richard, *Modern Communication Jamming Principles and Techniques*, Artech House, (2004).
- [9] Diseño e Implementación de una *Jammer* capaz de bloquear la señal Celular de Alegro, Escuela Politécnica del Ejército, 2009.
- [10] Xu, Wenyuan, Wade Trappe, Yanyong Zhang, and Timothy Word. *The Feasibility of Launching and Detecting Jamming Attacks in Wireless Networks*, 2006, pág 3.
- [11] Xu, Wenyuan, Wade Trappe, Yanyong Zhang and Timothy Word. *The Feasibility of Launching and Detecting Jamming Attacks in Wireless Networks*, 2006, pág 3.
- [12] Xu, Wenyuan, Wade Trappe, Yanyong Zhang and Timothy Word. *The Feasibility of Launching and Detecting Jamming Attacks in Wireless Networks*, 2006, pág 3.

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS DE LA NORMATIVA TÉCNICA PARA EQUIPOS INHIBIDORES

En el presente capítulo se analizarán reglamentos nacionales respecto a la utilización, regulación, control y gestión del espectro radioeléctrico por parte del ente regulador de las telecomunicaciones, así como también regulación internacional respecto a normas y recomendaciones que se deben tener presentes en equipos que utilizan el espectro radioeléctrico.

3.1 HISTORIA DE REGLAMENTOS NACIONALES

Actualmente la Dirección Técnica de Homologación de Equipos de la ARCOTEL es la encargada de homologar equipos terminales de telecomunicaciones y emitir los certificados de registro a los equipos inhibidores de señal celular. Es así que los equipos son sometidos a pruebas técnicas con las cuales se intenta controlar el correcto funcionamiento y posterior utilización en los casos que así lo requieran.

Teniendo en cuenta que la instalación de equipos inhibidores de señal celular no se puede realizar en cualquier lugar o entidad, sino que sólo en los casos en que la ARCOTEL así lo defina, es importante conocer qué entidades tienen la aprobación de utilizar dichos equipos, además realizar un análisis detallado en relación a las necesidades de cobertura en que se desee bloquear la señal.

Es importante que la certificación de equipos inhibidores sea un proceso actualizado respecto a la realidad nacional y totalmente transparente así como regularizado con normativa técnica clara que rijan su correcto funcionamiento dentro del ambiente de comunicaciones.

Dada la poca información e investigación que se poseía acerca de los equipos inhibidores de señal celular, se creó un instructivo simple que no se regía por aspectos totalmente técnicos sino por experiencias adquiridas en el manejo e instalación de inhibidores.

En el Ecuador la utilización de estos dispositivos es prohibida excepto en los casos que la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) lo permita. Las entidades que pueden y deben colocar equipos que bloquean la señal celular son las Entidades Financieras y Entidades de Reclusión Social, ya que dentro de dichos establecimientos se pueden cometer actos ilícitos con la utilización de la red celular.

La normativa técnica ayudará a crear un ambiente de confiabilidad, con el afán de ser reconocidos como un sistema claro y de calidad no solo en el ámbito nacional, sino también internacional, que permita posicionarnos como una entidad con métodos validados, normativa acorde a la realidad nacional, respaldado con patrones confiables de trazabilidad en los sistemas de mediciones internacionales, a fin de realizar informes con un criterio de mayor tecnicidad.

En el Ecuador al momento no se posee una normativa técnica nacional para el registro de inhibidores de señal celular, motivo por el cual en base a reglamentos y recomendaciones nacionales y acogiéndose a la normativa internacional se las adaptará a las condiciones y realidad del país.

Además se debe considerar que no existen normas internacionales específicas para la utilización, instalación y control de estos equipos por razones lógicas, ya que en la mayoría de países se encuentra prohibido todo tipo de equipos que interfieran con la armonía de las telecomunicaciones.

Con el análisis del capítulo anterior queda claro que los equipos inhibidores de señal celular son un punto sensible para la armonía de las comunicaciones, ya que no solamente afectan a un equipo en específico sino que con la mala utilización se podría perturbar otros sistemas de comunicación que posean frecuencias adyacentes.

El Estado Ecuatoriano tiene como funciones primordiales administrar, controlar y comprobar el correcto funcionamiento de los diferentes dispositivos que utilicen el espectro radioeléctrico.

Estas atribuciones que se señalan en el artículo 3 de la Ley Especial de Telecomunicaciones derogada con la actual Ley Orgánica de Telecomunicaciones en la que se señala: “Las facultades de gestión, administración y control del espectro radioeléctrico comprenden, entre otras, las actividades de planificación y coordinación, la atribución del cuadro de frecuencias, la asignación y verificación de frecuencias, el otorgamiento de autorizaciones para su utilización, la protección y defensa del espectro, la comprobación técnica de emisiones radioeléctricas, la identificación, localización y eliminación de interferencias perjudiciales, el establecimiento de condiciones técnicas de equipos terminales y redes que utilicen cualquier forma del espectro, la detección de infracciones, irregularidades y perturbaciones, y la adopción de medidas tendientes a establecer el correcto y racional uso del espectro, y a restablecerlo en caso de perturbación o irregularidades”[1].

En el artículo 5 se señala: “El Estado formulará, dictará y promulgará reglamentos de normalización de uso de frecuencias, explotación de servicios, industrialización de equipos y comercialización de servicios, en el área de telecomunicaciones, así como normas de homologación de equipos terminales y otros equipos que se considere conveniente acordes con los avances tecnológicos, que aseguren la interconexión entre las redes y el desarrollo armónico de los servicios de telecomunicaciones” [2].

En el artículo 14 se señala: “El Estado garantiza el derecho al secreto y a la privacidad de las telecomunicaciones. Es prohibido a terceras personas interceptar, interferir, publicar o divulgar sin consentimiento de las partes la información cursada mediante los servicios de telecomunicaciones ”[3].

En su artículo 28 de la ley en el numeral f se señala: “Constituyen infracciones a la presente Ley: La importación, fabricación, distribución, venta o exposición para la venta de equipos o aparatos que no dispongan de los certificados de homologación y de cumplimiento de las especificaciones técnicas que se establezcan en los Reglamentos”, además en el numeral 1 y numeral 2 de infracciones graves: “La producción deliberada de interferencias definidas como perjudiciales en el Convenio internacional de Telecomunicaciones. La violación a la prohibición constante en el artículo 14 de la presente Ley”[4].

En el artículo 47 del Reglamento General a la Ley Especial de las Telecomunicaciones Reformada señala: “El espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado perteneciente al dominio público del Estado; en consecuencia es inalienable e imprescriptible. La planificación, administración y control de su uso corresponde al Estado a través del CONATEL, la Secretaría y la Superintendencia en los términos de la Ley Especial de Telecomunicaciones, sus reformas y este reglamento y observando las normas y recomendaciones de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones” [5].

Ya que la normativa antes expuesta se derogó mediante la expedición de la nueva Ley Orgánica de Telecomunicaciones en el 2015, es necesario considerar que se hacen referencia a entidades ya no existentes pero cuyas funciones las realizará la nueva entidad, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL.

A continuación se hace un análisis a la Constitución de la República referente a temas que regulan en las telecomunicaciones.

3.2 REGULACIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES PRESENTE EN LA CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Conociendo que es el Estado Ecuatoriano quien tiene la obligación de controlar, administrar y regular el ámbito de las telecomunicaciones, ya que es un sector estratégico para el avance y crecimiento de la nación, se poseen leyes en el ámbito referente a telecomunicaciones.

Es así que la Constitución de la República Ecuatoriana en su artículo 261, numeral 10, se determina que el “Estado Central tendrá competencias exclusivas sobre: El espectro radioeléctrico y el régimen general de comunicaciones y telecomunicaciones; puertos y aeropuertos. Que el recurso de radio frecuencia se considera como sector estratégico junto con la energía en todas su formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico antes mencionado, el agua y los demás que determine la ley, reservando al Estado, el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos” [6].

La Constitución de la República en su artículo 408, determina que “el espectro radioeléctrico es un recurso natural de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado” [7].

Finalmente en el artículo 84 de la Constitución de la República se determina que: “La Asamblea Nacional y todo órgano con potestad normativa tendrá la obligación de adecuar, formal y materialmente, las leyes y demás normas jurídicas a los derechos previstos en la Constitución y los tratados internacionales y los que sean necesarios para garantizar la dignidad del ser humano o de las comunidades, pueblos y nacionalidades. En ningún caso, la reforma de la Constitución, las leyes, otras normas jurídicas ni los actos del poder público atentarán contra los derechos que reconoce la constitución” [8].

3.3 LEY ORGÁNICA DE LAS TELECOMUNICACIONES CON RESPECTO A LA HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS

La Asamblea Nacional de conformidad con las atribuciones que le confiere la Constitución de la República del Ecuador y la Ley Orgánica de la Función legislativa, discutió y aprobó el PROYECTO DE LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES, la misma que fue publicada en el Registro Oficial N° 439, el día miércoles 18 de febrero de 2015 en el cual se dispone lo siguiente:

3.3.1 CREACIÓN DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones es el ente encargado del control sobre equipos que utilicen el espectro radioeléctrico. Es así que se creó la nueva entidad, especificándose en el artículo 142.- Creación y Naturaleza: “Créase la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) como persona jurídica de derecho público, con autonomía administrativa, técnica, económica, financiera y patrimonio propio, adscrita al Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información”[12].

“Esto conlleva a ciertas competencias que se otorga a la Agencia como, emitir las regulaciones, normas técnicas, planes técnicos y demás actos que sean necesarios en el ejercicio de sus competencias, para que la provisión de los servicios de telecomunicaciones cumplan con lo dispuesto en la Constitución de la República y los objetivos y principios previstos en esta Ley, de conformidad con las políticas que dicte el Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información” [13].

Creado el nuevo órgano de control de las telecomunicaciones se declara en las Disposiciones Derogatorias: derogar la Ley Especial de Telecomunicaciones y todas sus reformas y el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, la Ley de Radiodifusión y Televisión y su

Reglamento General, así como las disposiciones contenidas en reglamentos, ordenanzas y demás normas que se opongan a la presente Ley.

3.3.2 TÉRMINOS DE TELECOMUNICACIONES

A continuación se presentan términos que se utiliza en el ámbito de las telecomunicaciones.

3.3.2.1 Definición de telecomunicaciones

Se entiende por telecomunicaciones toda transmisión emisión o recepción de signos, señales, textos, video, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza, por sistemas alámbricos, ópticos o inalámbricos, inventados o por inventarse.

3.3.2.2 Espectro radioeléctrico

Conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin necesidad de guía artificial, utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora y televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, entre otros.

La utilización responde a los principios y disposiciones constitucionales.

3.3.2.3 Homologación

Es el proceso por el que un equipo terminal de una clase, marca y modelo es sometido a verificación técnica para determinar si es adecuado para operar en una red de telecomunicaciones específica.

3.3.2.4 Radiaciones no ionizantes

Para fines de aplicación, se entenderá como la radiación generada por el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico que no es capaz de impartir directamente energía a una molécula o incluso a un átomo, de modo que pueda remover electrones o romper enlaces químicos.

3.3.3 EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES

3.3.3.1 Homologación y certificación

Todos los equipos terminales de telecomunicaciones que utilicen el espectro radioeléctrico y se conecten a redes públicas de telecomunicaciones deben contar con la homologación o en el caso de los inhibidores de señal celular con su certificación, realizadas de conformidad con las normas aplicables, a fin de prevenir daños a las redes, evitar la afectación de los servicios de telecomunicaciones, evitar la generación de interferencias perjudiciales, garantizar los derechos de los usuarios y prestadores de servicios de telecomunicaciones.

Además, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones podrá establecer como puntos adicionales regulaciones vinculadas con la homologación y certificación de otros equipos de telecomunicaciones.

3.3.4 ÁMBITO REGULATORIO FRENTE A SEÑALES QUE PERTURBAN LAS TELECOMUNICACIONES

La ARCOTEL tiene como punto principal controlar el correcto funcionamiento de los dispositivos electrónicos que utilicen el espectro radioeléctrico, por lo tanto en el artículo 87 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, numeral 1 se señala: “Queda expresamente prohibido: El uso y comercialización de equipos terminales que utilicen el espectro radioeléctrico, que puedan impedir o interrumpir la prestación de los servicios, degradar su calidad, causar daños a usuarios o redes,

generar interferencias perjudiciales o que de cualquier forma afecten la prestación de los servicios o los derechos de los usuarios” [11].

En el artículo 1 de la Ley Orgánica de las Telecomunicaciones se señala: “La Ley tiene por objeto desarrollar, el régimen general de telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico como sectores estratégicos del Estado que comprende las potestades de administración, regulación, control y gestión de todo el territorio nacional, bajo principios y derechos constitucionales establecidos”. [9]

Adicionalmente, uno de los puntos importantes en la presente normativa técnica es la cancelación del registro del equipo inhibidor referido en el artículo 23 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, el numeral 5 señala: “No realizar alteraciones a los equipos que puedan causar interferencias o daños a las redes y servicios de telecomunicaciones en general”.

En el artículo 24 de la Ley Orgánica de las Telecomunicaciones, numeral 3 se determina: “Cumplir y respetar esta Ley, sus reglamentos, los planes técnicos, normas técnicas y demás actos generales o particulares emitidos por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y el Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información así como lo dispuesto en los títulos habilitantes” [10].

Además, en el mismo artículo 24, numeral 23 se determina: “Cumplir con las normas sobre emisión de radiaciones no ionizantes y reglas de seguridad relacionadas con el uso del espectro radioeléctrico”.

Adicionalmente, se señala que queda totalmente prohibida la comercialización de los equipos que utilicen el espectro radioeléctrico y que no hayan sido respectivamente homologados y certificados por la ARCOTEL.

Finalmente, en el artículo 94 de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, numeral 6 se determina que: “La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones debe garantizar el uso de las frecuencias sin interferencias

perjudiciales, consecuentemente se implementarán adecuados sistemas de monitoreo y control”.

3.4 ASPECTOS CLAVES PARA LA HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS TERMINALES DE TELECOMUNICACIONES

Sabiendo que todos los equipos de telecomunicaciones que utilicen el espectro radioeléctrico deben ser controlados por el ente rector de las telecomunicaciones y sociedad de la información (ARCOTEL) se crea el reglamento para la homologación de equipos terminales de telecomunicaciones.

El reglamento establece un procedimiento por el cual, los equipos terminales de telecomunicaciones y que ocupan el espectro radioeléctrico se homologan a través de requisitos mínimos que deben cumplir para obtener dicha homologación. Esto se realiza con el fin de prevenir daños a las redes de telecomunicaciones, evitar perturbaciones o deterioros a los servicios que se brindan.

La ARCOTEL emite el certificado de homologación que es genérico por clase²³, marca y modelo, el cual contendrá las especificaciones técnicas de operación del dispositivo. La Agencia lleva un registro de todos los certificados de homologación emitidos, que serán públicos, de libre acceso a través de internet en su página Web.

En caso que se requiera de normas técnicas para la homologación de equipos terminales de telecomunicaciones u otros, serán elaboradas por el órgano Regulatorio y de Control de las Telecomunicaciones. Por tal motivo al no existir una norma que pueda aplicarse a un dispositivo bloqueador de señales se realizará el análisis y creación dicha norma.

²³ Clase: Un equipo de telecomunicaciones con una aplicación específica se entenderá como perteneciente a una clase determinada (ejemplo: Terminales para el servicio Móvil Avanzado en el caso de celulares).

3.5 ACUERDO DE GENERACIÓN DEL REGLAMENTO PARA EL REGISTRO DE EQUIPOS INHIBIDORES DE SEÑAL CELULAR

Mediante el análisis de varias problemáticas que han ocurrido con la instalación de los equipos de inhibición se emitió en el 2011 la Resolución 001-TEL-C-CONATEL-2011, la cual recogiendo varias recomendaciones de instalación y revisiones que se han realizado a lo largo del tiempo en el ámbito de Inhibidores de señal celular, determina:

Acoger la resolución No. 133-05-CONATEL-2007 de 22 de febrero de 2007, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones prohibió la utilización y comercialización de equipos inhibidores de señal celular, en todo el territorio ecuatoriano, salvo los casos excepcionales autorizados por el CONATEL actualmente la ARCOTEL, previo informe técnico y legal al respecto, elaborado por la Ex-Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, ya que las funciones las ejecutará la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

Posteriormente acoger la resolución No 263-08-CONATEL-2008 de 13 de mayo de 2008, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones negó la solicitud realizada por el Banco Bolivariano para la utilización de equipos inhibidores de señal, en función del informe presentado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, el cual manifestó que provoca la interrupción y pérdida en la continuidad de las telecomunicaciones, lo que afecta el derecho de todos los ciudadanos de comunicarse, por lo que tiene el efecto de materialización de un delito que es sancionado por la legislación.

Además entre los fundamentos expuestos para las peticiones en la instalación de inhibidores en Centros Penitenciarios se indica que el Gobierno Nacional declara en estado de emergencia en diciembre de 2007 a los centros de rehabilitación social, debido al crimen, la violencia, extorsión y los actos de corrupción y demás actividades delictivas debido al uso el servicio móvil avanzado.

Adicionalmente que el Ministro del Interior con oficio 2011-DMI de 5 de enero del 2011, solicita se autorice la instalación de operación de inhibidores de señal en las matrices, agencias y sucursales del Sistema Financiero Nacional, así como, en los Centros de Rehabilitación Social con el objeto de erradicar la delincuencia y crimen organizado.

Finalmente se determina: Permitir la instalación y operación de antenas inhibidoras de señal celular en los Centros de Rehabilitación Social a cargo de la Dirección Nacional de Rehabilitación Social, así como en las agencias o locales de las entidades públicas y privadas del Sistema Financiero Nacional.

Las antenas inhibidoras de señal autorizadas en la resolución, no podrán exceder el área de operación correspondiente a los Centros de Rehabilitación Social, ni del área designada para la atención a los usuarios de las agencias o locales de las entidades del Sistema Financiero Nacional público y privado [14].

Por tanto mediante la aprobación de la resolución a la que se hace alusión se decreta aprobar el instructivo para el registro de equipos inhibidores mediante la siguiente determinación:

La Superintendencia de Telecomunicaciones mediante Resolución No ST-2011-0376 de 22 de agosto de 2011, decidió expedir el “INSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCESO DE EXPEDICIÓN DEL CERTIFICADO DE REGISTRO DE EQUIPOS INHIBIDORES EN LA SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES”.

Es necesario actualizar la normativa interna del organismo técnico de control, con la finalidad de optimizar sus recursos y lograr una mayor eficiencia institucional y dar cumplimiento al “PROCEDIMIENTO DE REGISTRO, REQUISITO Y CONDICIONES DE OPERACIÓN PAR LA IMPLEMENTACIÓN Y USO DE LOS EQUIPOS INHIBIDORES DE SEÑAL”.

3.5.1 ANÁLISIS DEL INSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN DEL PROCESO DE EXPEDICIÓN DEL CERTIFICADO DE REGISTRO DE EQUIPOS INHIBIDORES EN LA SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES

A continuación se analiza el instructivo expedido mediante la Resolución ST-2011-0376 para el registro de inhibidores.

3.5.1.1 Consideraciones generales

El instructivo crea un ambiente técnico para el control y regulación de los sistemas de inhibición, en el cual se da límites y responsabilidades sobre su instalación. Pero no se lo realizó mediante un estudio técnico exhaustivo.

3.5.1.1.1 Objeto

En base a la normativa vigente, y mediante el presente instructivo se establece los procedimientos para la aplicación del proceso de registro de equipos inhibidores para el organismo técnico de control.

3.5.1.1.2 Responsabilidad

El Intendente Técnico de Control será quien suscriba el Certificado de Registro de Equipos Inhibidores de Señal y las comunicaciones a los solicitantes; la Dirección Nacional de Control del Espectro Radioeléctrico y Homologación, junto con la Secretaría General de esta Superintendencia, los cuales son los órganos administrativos responsables del proceso de registro de equipos inhibidores, según se lo detalla a continuación.

3.5.1.2 Condiciones mínimas

Conforme se dispone en el procedimiento de registros y condiciones de operación para la implementación de equipos inhibidores de señal establecidas por la EX-Supertel Y la Ex-Senatel (actualmente la ARCOTEL) en cumplimiento de la Resolución 001-TEL-C-CONATEL-2011 de 10 de enero del 2011, los equipos a

ser registrados tendrán que cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- ❖ Operar exclusivamente en las bandas de frecuencia de Down Link en las cuales opera el servicio móvil avanzado en nuestro país:
(869 – 894 MHz) Down Link
(1930 – 1990 MHz) Down Link

- ❖ Los equipos deberán ser regulables en potencia; la potencia máxima de salida no deberá ser mayor a 500 mW, exclusivamente para equipos los inhibidores a ser instalados en las agencia o locales de Entidades Públicas y Privadas del Sistema Financiero Nacional.

3.5.1.3 Procedimiento de certificación

Determina el procedimiento a ser seguido para la expedición del certificado de registro de equipos inhibidores de señal, como se indica a continuación.

- 1) Las personas que representen a los Centros de Rehabilitación Social o Agencias del Sistema Financiero Nacional que deseen registrar equipos inhibidores de señal celular, deberán presentar en la Secretaría General del Organismo Técnico de Control encargado, los requisitos que se muestran:
 - Solicitud dirigida al Intendente Técnico de Control, en la que se solicita el proceso de registro de equipos inhibidores a instalar por cada entidad pública o privada parte del Sistema Financiero Nacional, indicando la persona responsable de la parte técnica.

 - Presentar los equipos inhibidores de señal celular con su respectiva marca modelo y serie legibles en cada uno de ellos.

 - Especificar el lugar (dirección) en donde van a ser instalados los equipos inhibidores.

- Documentación detallada: manuales técnicos, características de funcionamiento, modo de conexión e inhibición de la red.
- 2) Si remitirán los documentos y equipos a la Dirección Nacional de Certificación de Equipos de Telecomunicaciones para su respectivo análisis.
- 3) La Dirección de Certificación de Equipos de Telecomunicaciones procederá a:
- a) Revisar toda la documentación ingresada por el solicitante.
Si durante la revisión de la documentación existen inconsistencias, la Dirección de Certificación de Equipos de Telecomunicaciones preparará el proyecto de oficio hacia el solicitante, para la respectiva firma del Intendente Nacional Técnico de Control, mediante el cual el trámite será devuelto para que se solventen las inconsistencias encontradas.
 - b) Se realizarán pruebas técnicas guiadas a los equipos remitidos para determinar el cumplimiento de los requisitos mínimos expuestos.
 - c) Realizada la revisión por parte de la Dirección de Certificación de Equipos de Telecomunicaciones y verificando el cumplimiento de los requisitos mínimos se generarán los siguientes documentos para la revisión de la Intendencia de Control Técnico:
 - Informe de verificación técnica sobre el cumplimiento de los parámetros técnicos requeridos.
 - Certificado de registro de los equipos inhibidores de señal por marca, modelo y serie.
 - Oficio que se comunica al solicitante que se ha emitido el certificado de registro de equipos inhibidores de señal.
 - d) En caso de verificarse el no cumplimiento de los requerimientos técnicos mínimos, no se emitirá el certificado del registro de equipos inhibidores de señal, en cuyo caso la Dirección de Certificación de Equipos de

Telecomunicaciones en base informe técnico realizado, preparará un oficio para la firma del Intendente de Control Técnico, en la que se comunicará al solicitante el no cumplimiento del mismo [15].

3.6 ANÁLISIS TÉCNICO DE LA NORMATIVA INTERNACIONAL

La normativa internacional es un punto fundamental para la certificación de equipos ya que se poseen tablas y valores pre-establecidos por organismos internacionales, quienes han realizado innumerables estudios para lograr salvaguardar la armonía de las telecomunicaciones y de las personas que los utilizan.

Esto conlleva al estudio de normas que deben cumplir todos los dispositivos que utilicen el espectro para la comunicación o emisión de señales a través del espacio libre.

Parte fundamental por la que se realizará este tipo de control es salvaguardar la integridad de las personas, ya que si el equipo posee potencias muy elevadas podría dañar directamente al ser humano generando enfermedades por exposiciones a radiación de alta energía.

Además se obtienen recomendaciones sobre la utilización de los equipos que se desea colocar, aspectos técnicos que se deben tener en cuenta para su utilización, situación mundial de los dispositivos y recomendación de instalación etc.

3.6.1 GSMA (*SIGNAL INHIBITORS IN LATIN AMERICA*)

La asociación GSM de América Latina ha seguido con interés y mucha preocupación la utilización de los inhibidores de señal, pues en la mayoría de los países se pueden comercializar con mucha facilidad, son de fácil acceso y las empresas lo utilizan para que sus clientes o incluso los empleados no tengan acceso a la red celular.

Las operadoras de redes móviles realizan grandes inversiones con el fin de proporcionar cobertura y capacidad en todos los sectores mediante la instalación de estaciones de radio base. El uso indiscriminado de inhibidores afectan las inversiones que realizan, ya que los usuarios no logran tener acceso a la red en el área de cobertura del bloqueador de señal.

El objetivo de la GSMA es realizar un análisis detallado sobre la utilización de estos dispositivos, consensuar y ofrecer posiciones en común entre organismos internacionales, las entidades encargadas de la regulación y control de las telecomunicaciones y los ministerios de telecomunicaciones y regulación.

3.6.1.1 ASPECTOS TÉCNICOS

3.6.1.1.1 Limitación a un área específica de uso

La naturaleza de las señales de radio hace prácticamente imposible garantizar que la operación de los inhibidores pueda estar confinada, por ejemplo, dentro de los límites de un edificio. Existen estudios desde el principio de su utilización que reflejan casos de interferencias con las estaciones base situadas hasta 670 metros de distancia de los bloqueadores, con lo que se producen efectos colaterales de interrumpir el servicio a usuarios legítimos que podrían no ser conscientes de la causa de la interrupción del mismo.

Recientemente, se han realizado pruebas que indicarían que los operadores están experimentado afectaciones de la señal móvil incluso a más de un kilómetro de distancia. Esto causa perjuicios a los clientes fuera del área a bloquear con las consecuentes reclamaciones, y a los operadores una mala imagen por degradación del servicio y pérdidas económicas considerables, además de que pueden propiciar que los operadores incumplan con los niveles mínimos que alguna norma de calidad del servicio establecida [16].

3.6.1.1.2 Decremento de la cobertura móvil

Los pilares básicos que poseen los prestadores de servicio móvil avanzado es el incremento de su cobertura constantemente, tanto en el sentido vertical como horizontal, esto en lo que respecta a edificios. Si colocamos dispositivos que bloquean la señal celular vamos en contra de los intereses de los operadores, y afectando el servicio, así mismo como los indicadores de calidad que toma el gobierno con el cual se pueden tomar medidas sancionatorias.

3.6.1.1.3 Salud y radiaciones no ionizantes

Todos los dispositivos móviles pasan por rigurosas pruebas y certificaciones, en las que mediante estándares internacionales de exposición humana a radio frecuencia y radiaciones no ionizantes, se ha demostrado que pueden llegar a existir problemas en las altas potencias que podrían afectar la salud humana [17].

3.6.1.1.4 Servicios afectados

Estudios realizados por las operadoras han demostrado que el uso de inhibidores no solamente afectan o bloquean a servicios móviles, algunos equipos tienen fallas que pueden llegar a afectar otros servicios de telecomunicaciones que están cercanas en las bandas que opera el servicio móvil avanzado.

3.6.1.2 RECOMENDACIONES DE LA GSMA

Todo lo anteriormente expuesto considera las situaciones perjudiciales que podrían afectar las telecomunicaciones y la salud debido al uso de inhibidores. Es por lo que GSMA realiza recomendaciones para el correcto funcionamiento de los equipos inhibidores o en su defecto alternativas al uso de inhibidores.

3.6.1.2.1 Coordinación y regulación

La recomendación generada por parte del organismo GSMA, ya que no se posee una normativa técnica que permita la coordinación y control de este tipo de

dispositivos, es la colaboración en la implementación con los operadores que brindan el servicio de telefonía móvil avanzado, consecuentemente se logrará disminuir sustancialmente las perturbaciones no deseadas dentro del espectro. Por tanto la GSMA brinda una serie de recomendaciones para el correcto funcionamiento y armonía de las telecomunicaciones como son las siguientes:

- Frecuencias de transmisión a bloquear.
- Especificaciones técnicas de los equipos usados en el bloqueo de señal.
- Orientación que deben tener los bloqueadores para lograr eficacia en el bloqueo en las áreas deseadas y no afectar a clientes colindantes con derecho a contar con el servicio.
- Establecimiento de mecanismos y/o procedimientos para resolver potenciales interferencias a los sistemas móviles y afectaciones a los usuarios.
- Registro de ubicación y configuración de los bloqueadores, y notificación a los operadores.
- Exigencia de certificado de homologación del equipo bloqueador a ser utilizado.
- Lineamientos normativos para que la utilización y comercialización de bloqueadores no se realice arbitrariamente, debiendo contar con una autorización específica, conforme a la regulación local, limitando su ámbito de acción al área que cumpla la necesidad de seguridad legítima.
- Instalación apropiada de acuerdo con buenas prácticas de ingeniería.
- Señalización de la instalación de bloqueadores a efectos de informar a los usuarios [17].

3.6.1.2.2 Alternativas al uso de inhibidores

En concordancia con el avance tecnológico que se ha tenido en los últimos tiempos y la necesidad de bloquear la comunicación celular, se puede recomendar varias formas para no permitir el acceso a la red celular en lugares específicos. Una de ellas es por métodos de ubicación en triangulación que se realiza por medio de las radio bases, pero que tiene un alto costo tecnológico y de

implementación, además se tiene que realizar en coordinación con las operadoras que brindan el servicio.

Consiste en sincronizar la ubicación de una entidad que requiera el bloqueo del servicio, por tanto no se introduciría ruido al sistema sino que únicamente se negaría el acceso a la red celular a los dispositivos que se encuentren en esa zona de cobertura, consecuentemente no se podría perturbar servicios de telecomunicaciones adyacentes.

Otro método que es aún más costoso pero que podría ser posible es rediseñar la red celular, es decir rediseño de cobertura para que en el lugar que se desea bloquear el acceso a la red no se posea señal por parte de los operadores. Esto es un poco más improbable pero algo que se podría implementar.

Métodos más avanzados como el seguimiento de mensajería en el cual encontrar palabras clave que se utilicen para cometer delitos, la ubicación de los dispositivos implicados o el bloqueo de los mismos, con el cual poder evitar actos delictivos futuros.

En cualquiera de los casos anteriores son alternativas basadas en el avance de la tecnología, además de la coordinación con las operadoras que brindan el servicio.

Pero también existen métodos no tecnológicos con los cuales bloquear señal o en su defecto evitar ser víctima de la delincuencia, uno de los casos es planificación anticipada, esto se refiere a infraestructura. Si se posee el conocimiento de que una entidad financiera o penitenciaria va a construirse, realizar el estudio necesario con el cual poder imitar jaulas de Faraday y evitar que señales salgan o entren de dichas entidades. Esto ayudaría a no perturbar sistemas de comunicaciones aledaños debido a equipos que generen señales de ruido.

Un método que ha ganado espacio es informar a la población sobre el *modus operandi* de los delincuentes para que con ello la ciudadanía tome las precauciones pertinentes que pueden ayudar a salvaguardar su integridad.

3.6.2 ORIENTACIÓN SOBRE EL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES DE EXPOSICIÓN DE LAS PERSONAS A LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS UIT-T K.52

Mediante la siguiente recomendación, se pretende facilitar el cumplimiento de los límites de seguridad que deben tener los equipos de telecomunicaciones y teléfonos celulares o cualquier dispositivo que utilice el espectro radioeléctrico para la comunicación y que se utilizan próximos a la cabeza, dado que ocurre una exposición de las personas a los campos electromagnéticos que generan este tipo de dispositivos.

Los límites de seguridad son proporcionados por la ICNIRP²⁴ (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*, Comisión Internacional en la Protección de Radiaciones no Ionizantes) en los que se toma como parámetros básicos para determinar si una instalación es segura, la accesibilidad que se posea hacia el dispositivo, propiedades de la antena y la potencia con la que el equipo trabaja con el fin de precautelar la integridad y la salud humana.

Existen dos tipos de Radiaciones a las que los organismos vivos podemos exponernos que son: radiaciones ionizantes y radiaciones no ionizantes.

3.6.2.1 Radiaciones ionizantes

Este tipo de radiación contiene una alta energía en su propagación que puede romper enlaces atómicos o moleculares dentro de los seres vivos. Los sistemas que emiten este tipo de radiación generan frecuencias muy altas.

3.6.2.2 Radiaciones no ionizantes

Este tipo de radiación no posee la suficiente energía para romper enlaces covalentes ó remover un electrón de su órbita atómica, por tanto no logran producir ionización en los humanos y demás seres vivos.

²⁴ ICNIRP: Comisión Internacional en la Protección de Radiaciones no Ionizantes encargada de las recomendaciones para precautelar la salud humana.

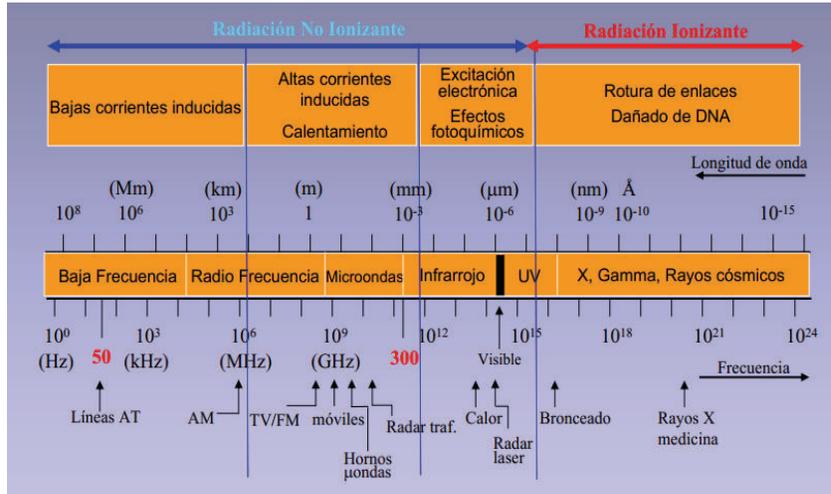


Figura 3. 1 Frecuencias del espectro electromagnético

3.6.2.3 Definición de términos con respecto a exposición a los campos electromagnéticos

3.6.2.3.1 Densidad de potencia

Se define como la cantidad de potencia por unidad de superficie normal a la dirección de propagación de la onda electromagnética, sus unidades viene expresadas en watts por metro cuadrado [W/m^2].

3.6.2.3.2 Exposición ocupacional

Este tipo de exposición es aplicada en situaciones en que las personas son expuestas a radiaciones no ionizantes como consecuencia del trabajo que realizan y que han sido advertidas con anterioridad, por tanto pueden ejercer control sobre la misma.

Otro caso de exposición ocupacional es aplicado a un ente de naturaleza transitoria, es decir en lugares que se excede el límite de radiaciones no ionizantes y que es resultado del paso ocasional del personal por dicho lugar.

3.6.2.3.3 Exposición poblacional

Se define exposición poblacional a los niveles de radiación no ionizante que se aplican a la población o público en general que están expuestas y no pueden ejercer control sobre dicha exposición.

3.6.2.3.4 Límites máximos de exposición

Se refiere a los valores máximos de intensidad de campo eléctrico y magnético o densidad de potencia asociada con estos campos, a los cuales una persona puede estar expuesta [18].

3.6.2.3.5 Potencia isotrópica radiada efectiva (PIRE)

Producto de la potencia suministrada a la antena y la máxima ganancia de la antena respecto a una antena isotrópica [19].

3.6.2.4 Límite de exposición a radiaciones no ionizantes

La tabla que se muestra a continuación (Tabla 3.1) muestra los límites máximos para la exposición a radiaciones no ionizantes para los ambientes ocupacionales y públicos que dependen de la frecuencia de exposición.

Características de la exposición	Rango de Frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Intensidad de campo magnético (A/m)	Densidad de Potencia de onda Plana equivalente $S_{eq}(W/m^2)$
Exposición ocupacional	hasta 1 Hz	--	2×10^5	--
	1 - 8 Hz	20000	$2 \times 10^5 / f^2$	--
	8 Hz - 25 Hz	20000	$2 \times 10^4 / f$	--
	25 Hz - 0,82 KHz	$500 / f$	$20 / f$	--
	0,82 KHz - 65 KHz	610	24,4	--
	65 KHz - 1 MHz	610	$1,6 / f$	--
	1 MHz - 10 MHz	$610 / f$	$1,6 / f$	--

	10 MHz - 400 MHz	61	0,16	10
	400 MHz - 2 GHz	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$	$f/40$
	2 GHz - 300 GHz	137	0,36	50
Exposición al público en general	hasta 1 Hz	--	2×10^4	--
	1 - 8 Hz	10000	$2 \times 10^4 / f^2$	--
	8 Hz - 25 Hz	10000	$5000 / f$	--
	25 Hz - 0,8 KHz	$250 / f$	$4 / f$	--
	0,8 KHz - 3 KHz	$250 / f$	5	--
	3 KHz - 150 KHz	87	5	--
	0,15 MHz - 1 MHz	87	$0,73 / f$	--
	1 MHz - 10 MHz	$87f^{1/2}$	$0,73 / f$	--
	10 MHz - 400 MHz	28	0,073	2
		400 MHz - 2 GHz	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$
	2 GHz - 300 GHz	61	0,16	10

Tabla 3. 1 Límites de exposición a radiaciones no ionizantes

Nota 1 - f es la indicada en la columna de gama de frecuencias.

Nota 2 - Para frecuencias entre 100 KHz y 10 GHz, el tiempo de promediación es de 6 minutos.

Nota 3 - Para frecuencias hasta 100 KHz, los valores de cresta pueden obtenerse multiplicando el valor eficaz por $\sqrt{2}$. Para impulsos de duración t_p , la frecuencia equivalente aplicable debe calcularse como $f = 1/(2t_p)$.

Nota 4 - Entre 100 KHz y 10 MHz, los valores de cresta de las intensidades de campo se obtiene por interpolación desde 1,5 veces la cresta a 100 MHz hasta 32 veces la cresta a 10 MHz. Para valores que sobrepasen 10 MHz, se sugiere que la densidad de potencia de onda plana equivalente de cresta, promediada a lo largo de la anchura del impulso, no sobrepase 1000 veces el límite S_{eq} , o que la intensidad de campo no sobrepase los niveles de exposición de intensidad de campo indicados en el cuadro.

Nota 5 - Para frecuencias superiores a 10 GHz, el tiempo de promediación es de $68/f^{-1,05}$ minutos (f en GHz) [20].

3.6.3 EMISIONES NO DESEADAS EN EL DOMINIO ESENCIAL UIT-R SM.329

Las siguientes recomendaciones se dan con el motivo de precautelar el buen funcionamiento y armonía de los equipos de radiocomunicaciones, por tanto se debe realizar el mayor esfuerzo posible para que los límites de las emisiones no deseadas en el dominio fuera de la banda requerida y no esencial, en cualquier servicio de telecomunicaciones, tenga los valores más bajos posibles tendiendo a cero además de suprimir emisiones armónicas procedente de transmisores de alta potencia. Una vez conocido el objetivo primordial en el que se envuelve esta recomendación se hará un breve reconocimiento de definiciones que se utilizarán para definir los parámetros máximos requeridos para el presente proyecto.

3.6.3.1 Términos y definiciones

3.6.3.1.1 Emisión no esencial

Emisión de una o varias frecuencias situadas fuera del ancho de banda deseado, cuyo nivel puede reducirse con el fin de no afectar la transmisión de la información pertinente. Dentro del grupo de emisiones no esenciales se encuentran las emisiones armónicas, las emisiones parásitas, los productos de intermodulación y productos de conversión de frecuencia.

3.6.3.1.2 Emisión armónica

Es la emisión no esencial que se produce en frecuencias múltiplos enteros de la emisión de frecuencia central que se desea.

3.6.3.1.3 Radiación parásita

Es la emisión no esencial que se produce de una forma accidental en frecuencias independientes de la frecuencia central, y de las frecuencias de los osciladores que ayudan a la generación de la frecuencia portadora.

3.6.3.1.4 Intermodulación

Las emisiones por intermodulación se producen por:

- Las oscilaciones resultantes de generar la frecuencia portadora o central.
- Las oscilaciones de naturaleza de la misma emisión, procedente del transmisor o de sistemas de transmisores.

3.6.3.2 Categorías de las emisiones no esenciales en el dominio esencial.

La Tabla 3.2 que se muestra a continuación, representa la gama de frecuencias en las que se debe realizar mediciones, dependiendo de la frecuencia que emite el *Carrier*, tanto para el límite superior como para el inferior, con el fin de precautelar que las emisiones que no se desean sean lo suficientemente bajas dentro del rango establecido.

Cabe mencionar que los equipos inhibidores de señal celular para las tecnologías 2G y 3G en el Ecuador trabajan en el rango de frecuencias en 850 MHz y 1900 MHz, por tanto para el límite inferior se debe medir hasta 30 MHz y el límite superior hasta el quinto armónico.

Gama de frecuencias fundamentales		Gama de frecuencias para mediciones	
		Límite superior (La prueba debe incluir toda la banda de armónicos y no debe truncarse en el límite superior de frecuencia preciso indicado)	
9 kHz-100 MHz	9 kHz		1 GHz
100 MHz-300 MHz	9 kHz		10 ^{mo} armónico

300 MHz-600 MHz	30 MHz	3 GHz
600 MHz-5,2 GHz	30 MHz	5 ^{to} armónico
5,2 GHz-13 GHz	30 MHz	26 GHz
13 GHz-150 GHz	30 MHz	2 ^{do} armónico
150 GHz-300 GHz	30 MHz	300 GHz

Tabla 3. 2 Frecuencias de medición para emisiones en el dominio no esencial

Una vez analizado el rango de frecuencias en las que se debe medir los armónicos se procede a establecer los límites de atenuación por debajo de la potencia que suministra el *Carrier* mediante la Tabla 3.3 que se muestra a continuación, analizando que la atenuación de las emisiones en el dominio no esencial deben estar por debajo del valor $43 + 10\log(P_w)$, o 70 dBc .

Categoría de servicio conforme al Artículo 1 del RR, o tipo de equipo	Atenuación (dB) por debajo de la potencia (W) suministrada a la línea de transmisión de antena
Todos los servicios excepto los indicados a continuación	$43 + 10 \log (P)$, o 70 dBc , cualquiera sea el menos estricto
Servicios espaciales (estaciones terrenas móviles)	$43 + 10 \log (P)$, o 60 dBc , cualquiera sea el menos estricto
Servicios espaciales (estaciones terrenas fijas)	$43 + 10 \log (P)$, o 60 dBc , cualquiera sea el menos estricto
Servicios espaciales (estaciones espaciales)	$43 + 10 \log (P)$, o 60 dBc , cualquiera sea el menos estricto
Radio determinación	$43 + 10 \log (PEP)$, o 60 dBc , cualquiera sea el menos estricto
Radiodifusión de televisión	$46 + 10 \log (P)$, o 60 dBc , cualquier sea el menos estricto, sin superar el nivel de potencia media absoluta de 1 [mW] para estaciones en ondas métricas o de 12 [mW] .

Categoría de servicio conforme al Artículo 1 del RR, o tipo de equipo	Atenuación (dB) por debajo de la potencia (W) suministrada a la línea de transmisión de antena
Radiodifusión en MF	46 + 10 log (P), dBc, cualquiera sea el menos estricto; no se debe rebasar el nivel de potencia media absoluta de 1 [mW].
Radiodifusión en ondas hectométricas / decamétricas	No se debe rebasar 50 dBc ni el nivel de potencia media absoluta de 50 [mW]
BLU para estaciones móviles	43 dB por debajo de la PEP
Servicios de radioaficionados que funcionan por debajo de 30 MHz (incluidos servicios en BLU)	43 + 10 log (PEP), o 50 dB, cualquiera sea el menos estricto
Servicios que funcionan por debajo de 30 MHz, excepto los servicios espaciales, de radio determinación, de radiodifusión, los que utilizan BLU en estaciones móviles, y de radioaficionados	43 + 10 log (X), o 60 dBc, cualquiera sea el menos estricto, donde: X = PEP para modulación en BLU X = P para otros tipos de modulación
Equipo radioeléctrico de baja potencia	56 + 10 log (P), o 40 dBc, cualquiera sea el menos estricto
Radiobaliza de localización de siniestros (RLS), transmisor localizador de siniestros (ELT), baliza de localización personal (PLB), transpondedor de búsqueda y salvamento (SART),	Sin límites

Tabla 3. 3 Atenuación en el dominio no esencial por debajo del *Carrier*

3.6.4 SITUACIÓN EN OTROS PAÍSES SOBRE LA UTILIZACIÓN DE INHIBIDORES

A continuación se realiza una breve reseña sobre países del mundo y de América Latina respecto a la normativa y la utilización de equipos inhibidores de señal celular.

- **Colombia:** El capítulo VII, artículo 10 del nuevo código penitenciario posee la normativa que se aplica para el uso de inhibidores de señal celular. La motivación de utilizar estos equipos es bloquear la señal celular en entidades penitenciarias y en cárceles únicamente. Pero se ha realizado investigaciones y se está identificando una afectación al servicio prestado por las operadoras hacia el consumidor final, que se ve expresada en llamadas caídas y deterioro del servicio de voz.
- **Honduras:** Los equipos inhibidores se encuentran normados mediante el Decreto Número 255-2013, pero también por el Reglamento de la Ley de Limitación de servicios de Telefonía Móvil Celular y Comunicaciones Personales en los Centros Penales, Penitenciarias Nacionales y Centro de Internamiento de menores a nivel Nacional del nueve de mayo de 2014.
- **Perú:** El decreto Supremo del Ministerio de Economía y Finanzas 012-2012-MTC señala el uso de la normativa aplicable para la utilización de dispositivos inhibidores de señal celular, mediante la cual se ordena la instalación de estos dispositivos en treinta y tres centros de reclusión del país.
- **Estados Unidos:** Se prohíbe la publicación, venta o uso de dispositivos cuyo propósito sea bloquear, congestionar o interferir comunicaciones inalámbricas
- **México:** La utilización de bloqueadores de señal es permitida mediante un exhaustivo control, pruebas previas, operatividad y funcionalidad,

consecuentemente precautelar el correcto funcionamiento de las comunicaciones. Esto conlleva la necesidad de involucrar a las autoridades y que dicho bloqueo no supere los 20 metros fuera de las instalaciones.

- **Reino Unido:** Se prohíbe la instalación o uso de equipos bloqueadores, si no se obtiene una licencia apropiada. Si se desobedece dicha regulación podría conllevar a una pena máxima de dos años de prisión y multas.
- **Uruguay:** Mediante la resolución dictada por la Dirección Nacional de Comunicaciones se dispuso no homologar ni autorizar la instalación y operación de inhibidores o de cualquier equipo que produzca interferencia en una gama de frecuencias en el territorio.

Analizando la información anterior se conoce que en algunos países se autoriza la utilización de equipos inhibidores, pero en casos especiales en los que las normativas internas rigen el uso de estos dispositivos.

En el Ecuador el uso de estos dispositivos se encuentra restringido, salvo en los casos en que la ARCOTEL lo permita, limitados únicamente a Entidades Financieras y Centros de Rehabilitación Social.

REFERENCIAS

- [1] Ecuador, Ley Especial de las Telecomunicaciones, artículo 3.- ADMINISTRACION DEL ESPECTRO.
- [2] Ecuador, Ley Especial de las Telecomunicaciones, artículo 5.- NORMALIZACION Y HOMOLOGACION.
- [3] Ecuador, Ley Especial de las Telecomunicaciones, artículo 14.- DERECHO A SECRETO DE LAS TELECOMUNICACIONES.
- [4] Ecuador, Ley Especial de las Telecomunicaciones, artículo 28.- INFRACCIONES.
- [5] Ecuador, Reglamento General a la Ley Especial de las Telecomunicaciones Reformada, artículo 47.-
- [6] Ecuador, Constitución Nacional de la República Ecuatoriana, artículo 261, numeral 10.
- [7] Ecuador, Constitución Nacional de la República Ecuatoriana, artículo 408.
- [8] Ecuador, Constitución Nacional de la República Ecuatoriana, artículo 84.
- [9] Ecuador, Ley Orgánica de Telecomunicaciones, artículo 142, Creación y naturaleza.
- [10] Ecuador, Ley Orgánica de Telecomunicaciones, artículo 144, Competencias de la Agencia.
- [11] Ecuador, Ley Orgánica de Telecomunicaciones, artículo 87, Prohibiciones.
- [12] Ecuador, Ley Orgánica de Telecomunicaciones, artículo 1, OBJETO.
- [13] Ecuador, Ley Orgánica de Telecomunicaciones, artículo 24, OBLIGACIONES DE LOS PRESTADORES DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES.
- [14] Ecuador, Resolución 001-TEL-C-CONATEL-2011, Inhibidores de Señal Celular.
- [15] Ecuador, Resolución ST-001-0376 Instructivo para la aplicación del proceso de expedición del certificado de registro de equipos inhibidores, 2011.
- [16] GSMA, *Common position proposal on signal inhibitors in Latin America*, pág 5
- [17] GSMA, *Common position proposal on signal inhibitors in Latin America*, pág 9
- [18] Corporación de Estudios y Publicaciones, Ley Especial de Telecomunicaciones, Tomo I versión 2012

[19] Corporación de Estudios y Publicaciones, Ley Especial de Telecomunicaciones, Tomo I versión 2012

[20] UIT – T K.52, Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos, 2004.

CAPÍTULO IV

4 PRUEBAS TÉCNICAS REALIZADAS A LOS EQUIPOS INHIBIDORES

4.1 LABORATORIO DE CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS

El desarrollo de nuevos servicios de telecomunicaciones han hecho que todos los equipos enfrenten una evolución inevitable. Brindando facilidades a los usuarios, servicios y aplicaciones que están acorde a los requerimientos actuales integrando todo en un mismo equipo de tal forma que se han convertido en una herramienta indispensable.

Existen servicios que utilizan diferentes segmentos del espectro radioeléctrico, que deben ser aprovechados de la mejor manera, la atribución, organización y control es indispensable.

Consecuentemente, todo equipo que utilice el espectro radioeléctrico, debe funcionar adecuadamente sin perturbar a las redes de telecomunicaciones y demás equipos que también lo utilicen, considerando todos los parámetros técnicos, funcionales y operativos que demande el uso del mismo.

Es por ello que es indispensable que los equipos terminales utilizados en el país deben ser debidamente homologados a fin de garantizar la interoperabilidad en las redes de telecomunicaciones.

Acorde a la necesidad de verificación y homologación técnica de equipos de telecomunicaciones, existen laboratorios internacionales que de manera independiente o asociada, realizan pruebas de comprobación y posterior certificación y homologación de todo equipo de telecomunicaciones. Estos laboratorios están debidamente avalados por organismos de acreditación internacionales al cumplir con sus estándares.

La Dirección Técnica de Homologación de equipos de la ARCOTEL es la encargada de la homologación de toda clase de equipos terminales de telecomunicaciones. Es importante para la dirección y para los usuarios, que la homologación sea un proceso transparente y actualizado y de rigor técnico de acuerdo a la evolución que presentan los equipos en cuanto a sus características técnicas y de funcionamiento.

Además es imprescindible contar con un laboratorio avalado y reconocido por organismos nacionales e internacionales, para certificar equipos terminales de telecomunicaciones que conllevaría a ser un ente internacional para la certificación de equipos de telecomunicaciones.

Es importante que en el Ecuador se establezcan normas para regular la exposición del cuerpo humano a radiaciones generadas por equipos de comunicaciones que utilizan el espectro electromagnético, siendo uno de los objetivos fundamentales de los laboratorios de homologación, los cuales realizan pruebas de radio frecuencia y verificación de SAR (*Specific Absortion Rate*, Tasa de Absorción Específica) a equipos terminales para el servicio móvil avanzado, terminales troncalizados, terminales comunales, sistemas de modulación digital de banda ancha, terminales para sistemas satelitales, módems y otros equipamientos.

Conociendo que mediante la expedición de la nueva Ley Orgánica de Telecomunicaciones aprobada por la Asamblea Nacional el nuevo ente de control y regulación de las Telecomunicaciones es la ARCOTEL, y que el laboratorio forma parte de la misma, le compete la regulación y emisión de los permisos

requeridos por los equipos que se comuniquen utilizando el espectro radioeléctrico.

4.1.1 EQUIPAMIENTO DE MEDICIÓN

El laboratorio de certificación y homologación de equipos de la ARCOTEL cuenta con una variedad de equipos que le permiten realizar las mediciones pertinentes para emitir la correspondiente certificación técnica, los cuales se detallan a continuación.

4.1.1.1 Analizador de espectros N9010A

El equipo analizador de señales, marca *Agilent Technologies* que se muestra en la Figura 4.1, puede operar en la banda de frecuencia desde 9 KHz hasta los 13.6 GHz y muestra la respuesta de señal en frecuencia de un sistema.

Ya que algunas señales es mejor manejarlas en el dominio de la frecuencia, se tiene que la medición mostrada en la pantalla está dada por las componentes de frecuencia expresadas en niveles de potencia de una señal eléctrica.



Figura 4. 1 Analizador de espectros N9010A

Aplicación	Descripción
N9073A-2FP	<i>HSDPA/HSUPA Measurement application, fixed perpetual license</i>
N9073A-3FP	<i>HSPA+ Measurement application, fixed perpetual license</i>
N9073A-XFP	<i>Single Acquisition Combined W-CDMA Measurement Application</i>
N9074A-XFP	<i>Single Acquisition Combined fixed WiMAX Measurement application, fixed perpetual license</i>
N9075A-2FP	<i>802.16 OFDMA Measurement application, fixed perpetual license</i>
N9077A-XFP	<i>Single Acquisition Combined WLAN Measurement application, fixed perpetual license</i>
N9080A-1FP	<i>LTE-FDD Measurement Application, fixed perpetual license</i>
N9082A-1FP	<i>LTE-TDD Measurement Application, fixed perpetual license</i>
N9010A-513	<i>Frequency range, 10 Hz a 13.6 GHz</i>
N9010A-B25	<i>Analysis bandwidth, 25 MHz</i>
N9010A-P07	<i>Preamplifier, 7GHz</i>
N9010A-MLP	<i>Minimum loss pad, 50 to 75 ohm</i>
N6155A-2FP	<i>ISDB-T Measurement Application, fixed perpetual license</i>
N9063A-2FP	<i>Analog Demodulation Measurement application, fixed perpetual license</i>
N9068A-2FP	<i>Phase Noise Measurement application, fixed perpetual license</i>
N9071A-2FP	<i>GSM/EDGE Measurement application, fixed perpetual license</i>
N9071A-3FP	<i>EDGE Evolution Measurement application, fixed perpetual license</i>

N9071A- XFP	<i>Single Acquisition Combined GSM/EDGE Measurement Application</i>
----------------	---

Tabla 4. 1 Aplicaciones de medición de señal

La Tabla 4.1 muestra como el equipo posee una diversidad de aplicaciones en función de los parámetros que se desean medir, dando una flexibilidad para la realización de pruebas a los dispositivos de radio frecuencia.

4.1.1.1 Componentes del equipo

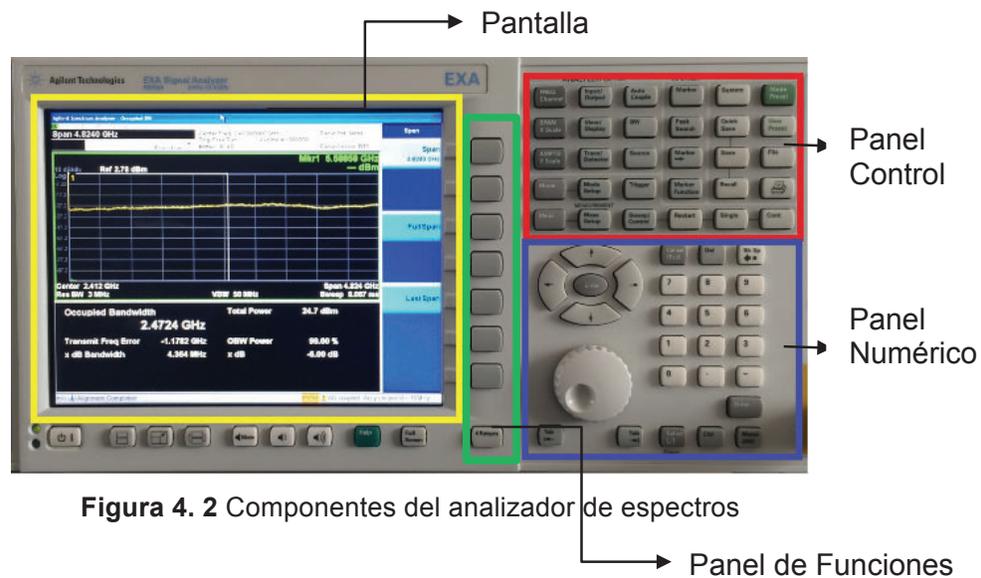


Figura 4. 2 Componentes del analizador de espectros

En la Figura 4.2 se detalla las partes de las que se compone el equipo para su posterior manipulación y medición.

El analizador de señales posee las siguientes aplicaciones para mediciones:

1. Demodulación del estándar WiMAX²⁵ fijo y móvil (OFDM²⁶ y OFDMA²⁷).
2. Demodulación del estándar ISDB-T²⁸ y medidor de MER²⁹.

²⁵ WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microonda)

²⁶ OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal)

²⁷ OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*, Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal)

²⁸ ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial*, Difusión Digital de Servicios Integrados Terrestres)

²⁹ MER (*Modulation Error Rate*, Tasa de Error de Modulación)

3. Aplicación para medición de ruido de fase.
4. Demodulación de los estándares GSM, GPRS, EDGE, WCDMA, HSDPA, HSDPA+ y LTE.
5. El equipo además posee funcionalidades (modos) extras como:
6. Analizador IQ (básico).
7. Demodulación analógica AM y FM.
8. WLAN, IEEE 802.11 a/b/g/n.

4.1.1.2 Analizador digital de señales DSA90804A

El analizador digital de señales es un equipo con una inigualable precisión de medición en tiempo real para señales eléctricas de hasta 8 GHz como se observa en la Figura 4.3. Posee cuatro entradas de señal independientes que son manipulables.

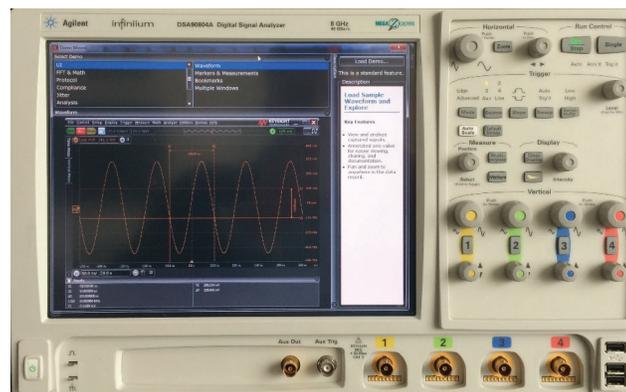


Figura 4. 3 Analizador digital de señales DSA90804A

No solamente es una herramienta de medición potente, sino que además nos permite manipular y realizar operaciones con las señales, sumarlas, dividir las, multiplicarlas, invertirlas e infinidad de aplicaciones con las cuales obtener una apreciación más completa del tipo de señal. Posee una pantalla táctil, basada en un sistema operativo *Windows*, que permite un entorno amigable al usuario para su manipulación.

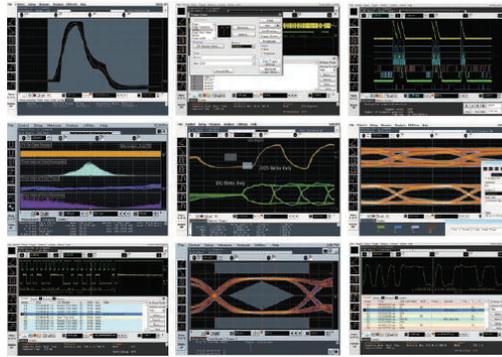


Figura 4. 4 Funciones soportadas por el analizador digital de señales

La Figura 4.4 muestra las diferentes aplicaciones que proporciona la herramienta para manipular señales mediante el analizador digital, como se observa se puede analizar la señal en tiempo real, diagramas del ojo, *jitter*, modulación y demodulación de señales digitales, protocolos *Ethernet* 10BASE-T, *Ethernet* 100BASE-TX, medición en múltiples ventanas en el dominio tanto del tiempo como en el dominio de la frecuencia, etc.

4.1.1.3 Generador de señales vectoriales

El generador de señales vectoriales, marca *Agilent Technologies*, modelo N5182A, familia MXG. Está optimizado para las comunicaciones celulares, la conectividad inalámbrica y la fabricación de sus componentes mostrado en la Figura 4.5.

El generador de señal MXG se configura fácilmente para satisfacer las necesidades de pruebas específicas. Cuando se combina con herramientas de creación flexible de señales.



Figura 4. 5 Generador de señales vectoriales

4.1.1.3.1 Características del generador de señales

- Rango de generación de señales entre 100 kHz a 6 GHz.
- Máximos permitidos +23 dBm hasta 3 GHz utilizando una conmutación rápida altamente confiable.
- Para W-CDMA el rango dinámico: ≤ -73 dBm a +5 dBm de potencia de salida.

4.1.1.3.2 Modulación y barrido del equipo

- AM(Modulación en Amplitud), FM(Modulación en Frecuencia), PM(Modulación en fase) y pulso.
- ASK(*Amplitude Shift Keying*, Modulación por desplazamiento de amplitud), FSK(*Frequency Shift Keying*, Modulación por desplazamiento de Frecuencia), MSK(*Minimum Shift Keying*, Modulación por desplazamiento mínimo), PSK(*Phase Shift Keying*, Modulación por desplazamiento de Fase) y QAM(*Quadrature Amplitude Modulation*, Modulación de Amplitud en Cuadratura).

4.1.1.3.3 Generación de banda base y creación de la señal

- Generador interno de banda de base de 100 MHz con ecualización en tiempo real para un excelente rendimiento.
- Creación de señales de referencia: LTE, HSPA +, WiMAX [™], WLAN, MATLAB, entre otras.
- Generación de banda base de varios canales, E/S digital, MIMO fading.

4.1.1.3.4 Automatización y comunicación de interfaz

- 100Base T LAN, LXI clase-B, USB 2.0 y GPIB.ASK, FSK, MSK, PSK y QAM.
- Drivers SCPI y IVI-COM.
- Compatible con todos los ESG, PSG, 8648 y otros generadores de señales vectoriales.

4.1.1.4 Simulador de estación transceptora base

El equipo “*Wireless Communications Test Set*”, marca Agilent Technologies, modelo E5515C, familia 8960 Series 10, es un simulador de radio base. El simulador de radio base es la solución para la fabricación de dispositivos inalámbricos, pruebas de comunicación inalámbrica, pruebas de diseño RF y verificación técnica.

Las aplicaciones del simulador de radio base ofrecen una alta velocidad, precisión, repetitividad y facilidad de programación. Para el fabricante de teléfonos móviles, esto representa menores costos de prueba y mayor rendimiento de la producción para satisfacer la demanda del cliente.

El WTM (*Wireless Test Manager*, Manejo de Pruebas Inalámbricas) para pruebas paramétricas de RF de estándares mínimos de rendimiento 3GPP y 3GPP2, encuentra problemas rápidamente. El software incluye pruebas predefinidas que se ajustan a los estándares tecnológicos individuales y pueden ser configurados o modificados.

El 8960 Series 10 es la plataforma de pruebas con mediciones de RF sólidas y precisas. La emulación de red flexible y un alto índice de rendimiento de datos permiten las pruebas técnicas del dispositivo inalámbrico en todo el ciclo de desarrollo. El simulador de radio base E5515C 8960 Series 10 es el equipo de pruebas técnicas de telefonía móvil más confiable, se muestra en la Figura 4.6.

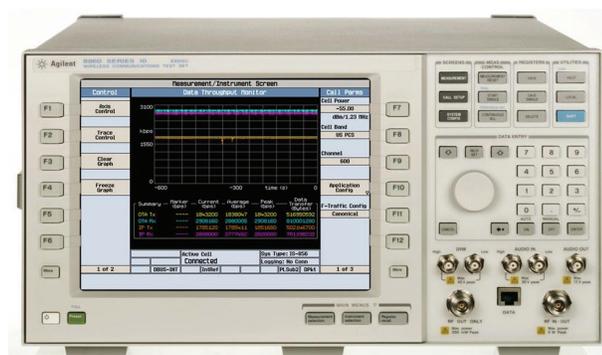


Figura 4. 6 Simulador de estación transceptora base

4.1.1.4.1 Características del simulador de radio base

- Soporta GSM/GPRS/EGPRS/E-EDGE, W-CDMA/HSPA/ HSPA +, cdma2000®/1xEV-DO/eHRPD, TD-SCDMA/TD-HSDPA/TD-HSUPA, IS-95, TIA/EIA-136 y AMPS para pruebas de dispositivos inalámbricos.
- Software actualizable para un rápido acceso a nuevas funcionalidades.
- Integración con el software WTM para la automatización rápida de pruebas paramétricas de RF y pruebas técnicas.
- Control a distancia a través de la interfaz GPIB.

4.1.1.4.2 Especificaciones del simulador de radio base

- Rango de frecuencias desde 292 MHz a 2700 MHz, incluye todas las bandas de frecuencia comercial 3GPP y 3GPP2.
- Nivel de salida con modulación en el rango de -110 dBm a -13 dBm.
- VSWR < 1.2:1 (400 a 2000 MHz).
- $\pm 1,0$ dB la precisión al medir la potencia del canal.

4.1.1.5 Analizador de redes

El analizador de redes, marca *Agilent Technologies*, modelo E5071C que se observa en la Figura 4.7. Tiene el rendimiento de RF más alto y la velocidad más rápida, con una amplia gama de frecuencias y funciones versátiles. El analizador de redes E5071C es ideal para la evaluación de los componentes RF y circuitos en el rango de frecuencias hasta 14 GHz.

El analizador de redes tiene configuraciones flexibles. Se puede seleccionar el número de puertos, la frecuencia y las pruebas de polarización para adaptarse a la aplicación. El E5071C ENA proporciona la capacidad de actualización de software y hardware. Tiene una configuración de dos puertos.

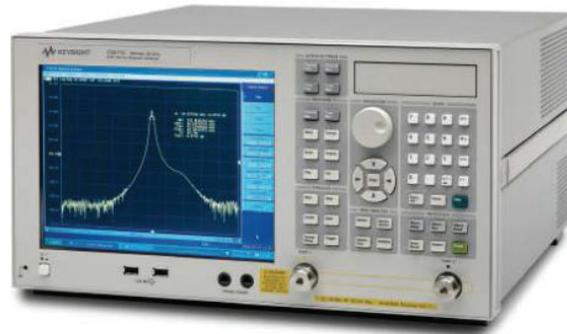


Figura 4. 7 Analizador de Redes

4.1.1.5.1 Características y especificaciones del analizador de redes

- Selección de varios conjuntos de prueba.
- 2 puertos, 300 kHz a 14 GHz.
- Bajo ruido de traza: 0.004 dB rms a 70 KHz.
- Amplio rango dinámico: >123 dB.
- Rápida velocidad de medición: 8 ms.
- Alta estabilidad de temperatura: 0,005 dB/°C.

4.1.1.6 Narda SRM 3000

El Narda SRM-3000 es un dispositivo de medición portátil para el análisis de la seguridad de los campos electromagnéticos de radio frecuencia y de microondas. También se puede utilizar como un analizador de espectro de RF convencional.

A su vez puede ser utilizado para medir selectivamente la exposición de campo producido por los servicios de telecomunicaciones individuales, y evaluar los resultados de acuerdo con las mediciones y estándares más aplicables exigidos en el sector móvil.

Es un equipo portátil de fácil uso y que tiene la disponibilidad de obtener una medición inmediata en determinado sitio o dispositivo.

4.1.1.6.1 Características

- Solución completa para la medición selectiva de los campos electromagnéticos de radio frecuencia y de microondas (100 KHz a 3 GHz)
- Proporciona una medición isotrópica (no direccional) mediante una antena triaxial (75 MHz a 3 GHz)
- Excelente inmunidad para la operación a altas elevadas intensidades de campo.
- Correlación automática de los resultados con los servicios de telecomunicaciones (por ejemplo, GSM, UMTS) basado en tablas definidas por el usuario
- Anchos de banda de resolución (RBWs) de hasta 5 MHz para UMTS y W-CDMA
- Modo de demodulación UMTS P-CPICH D

4.1.1.6.2 Especificaciones

En la Tabla 4.2 se muestran las características técnicas del equipo:

SRM-3000		
Rango de frecuencia	100 KHz a 3 GHz	
Modos	Análisis de espectro mediante evaluación segura	
	UMTS - Análisis P-CPICH Demodulación	
Frecuencia	El ruido de fase (SSB)	Separación de portadoras 30 kHz <- 85 dBc (1 Hz) separación de portadoras 100 kHz <- 105 dBc (1 Hz) separación de portadoras 1 MHz <- 120dBc (1 Hz)
	Frecuencia de referencia	Desviación original <1,5 ppm Envejecimiento <0,5 ppm / año Deriva térmica <2,0 ppm (dentro del rango de temperatura especificado)

Amplitud	Límite superior del rango de medida (MR)	-27 dBm a 23 dBm (en pasos de 1 dB)
	Rango de visualización	Desde el ruido hasta 26 dBm
	Máxima potencia de RF	+30 dBm
	Tensión máxima DC	50 V
	Ruido intrínseco	-120 DBm para 1 kHz RBW, $f > 20$ MHz y sin atenuación RF
	Atenuación de RF	0 a 50 dB en pasos de 1 dB
	Productos de intermodulación de segundo orden	= -57 DBc por dos señales de nivel 9 dB por debajo de la RM y un espaciado de línea espectral de más de 100 kHz
	Los productos de intermodulación de orden tercero	= -70 DBc por dos señales de nivel 9 dB por debajo de la RM y un espaciado de línea espectral de más de 500 kHz
Entrada de RF	Tipo	Conector N, 50 Ω
	Pérdida de retorno	<11dB para $f = 2.4$ GHz

Tabla 4. 2 Especificaciones técnicas Narda SRM-3000

4.1.1.6.3 Aplicación

- Medición de comparación en un medio con un campo aplicado conocido
- Medición de campos de intensidad desconocidas
- Medición individual para equipos de servicios de telecomunicaciones.



Figura 4. 8 Equipo de medición Narda 3000



Figura 4. 9 Antena de medición *Three-Axis*

Las Figuras 4.8 y 4.9 forman el sistema de medición para el control de radiaciones no ionizantes en los diferentes ambientes (ocupacional, público en general).

4.1.1.7 Invex NxC PC

El software Invex NxC PC es una aplicación portátil con la cual se mide parámetros de calidad que se establecen dentro del control del servicio móvil avanzado. Dichos parámetros son medidos en diferentes ambientes pre-programados.

Escenario i. Tecnología GSM. Implican pruebas de cobertura, llamadas caídas de voz (continuas y periódicas), establecimiento de llamadas (periódicas), mensajería escrita.

Escenario ii. Tecnología GSM. Implican pruebas de cobertura, establecimiento de llamadas y llamadas caídas de voz (periódicas), mensajería escrita.

Escenario iii. Tecnología WCDMA. Implican pruebas de cobertura, llamadas caídas de voz (continuas y periódicas), establecimiento de llamadas (periódicas), mensajería escrita.

Escenario iv. Tecnología WCDMA y EVDO (solo datos).

Escenario v. Tecnología GSM. Pruebas de calidad de conversación (MOS).

Escenario vi. Tecnología GSM y CDMA. Implican pruebas de cobertura, establecimiento de llamadas y llamadas caídas (periódicas), mensajería escrita.

4.1.1.7.1 Conexión de los equipos

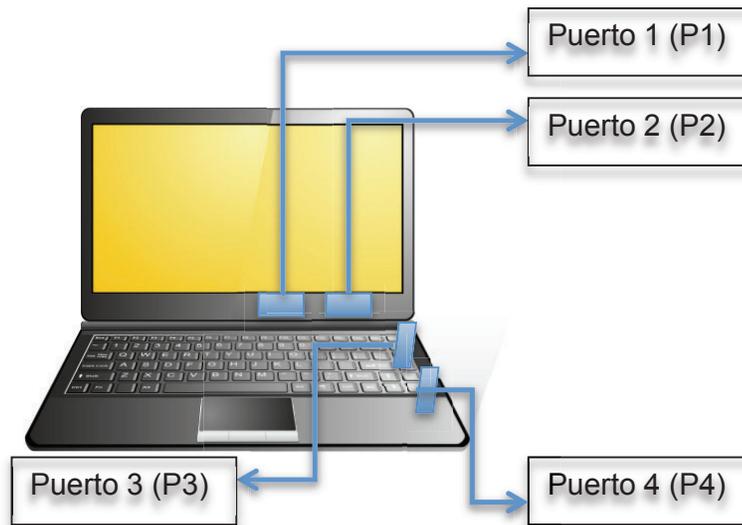


Figura 4. 10 Distribución de los puertos de conexión

Los puertos de conexión se clasifican como se muestra en la Figura 4.10, ya que la configuración posterior se hace por cada uno de los puertos mencionados.

El puerto P1 pertenece a la conexión de licencias para utilizar el software Invex NxC, ya que es propietario. Para esto se debe conectar una flash especial cargada con dichas licencias. En el puerto P2, P3 y P4, se conectarán los equipos de telefonía móvil especiales que servirán para medir los parámetros requeridos.



Figura 4. 11 Dispositivos de telefonía móvil para medición de parámetros

Cada teléfono móvil que se puede observar en la Figura 4.11 pertenece a una operadora de las tres que brindan el servicio en el país y mediante la configuración de cada uno de los puertos antes mencionados se deberá conectar en forma ordenada cada dispositivo.

4.2 METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE PÉRDIDAS DE CONEXIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las pruebas que se realizan en el laboratorio de certificación de equipos de la ARCOTEL a los inhibidores de señal celular son guiadas, del punto de radiación conectado al equipo de medición mediante la utilización de cables y conectores para la interconexión, sin olvidar que se deben colocar equipos de protección como atenuadores para salvaguardar el correcto funcionamiento del equipo de medición y evitar daños posteriores que afecten la medida.

Todo esto contribuye a que en la entrada se cree un sistema de pérdidas no deseadas, como las que se introducen por el cable y conectores utilizados, como deseadas respecto a la utilización de atenuadores para la protección del equipo de medida.

Todos los materiales anteriormente nombrados generan pérdidas al sistema que depende de la frecuencia a la que sean utilizados. Un paso primordial anterior a la realización de las mediciones respectivas, es compensar dichas pérdidas producidas por el sistema de conexión guiado desde el dispositivo hasta el equipo de medida. Para realizar la compensación de pérdidas se debe seguir los siguientes pasos, con los cuales se obtendrán los valores exactos de pérdidas dependiendo de la frecuencia a la que se encuentre trabajando el dispositivo, en el caso de inhibidores de señal celular se colocaron marcadores en las frecuencias de 850 MHz y 1900 MHz para conocer las pérdidas en esas frecuencias en específico.

4.2.1 CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR DE REDES E5071C

El equipo analizador de señales ayuda en la medición de pérdidas introducidas al sistema, el primer paso antes de la medición de pérdidas es la calibración. Para lo cual se deben seguir los siguientes pasos:

1. Encender el analizador de redes E5071C presionando el botón de encendido que se encuentra en la parte inferior izquierda del equipo como se muestra en la Figura 4.12



Figura 4. 12 Botón encendido del analizador de redes E5071C

Botón de encendido

El equipo posee un sistema operativo Windows y el logo de inicio aparecerá en la pantalla de inicialización como se muestra en la Figura 4.13, luego el software especializado para el análisis de redes iniciará automáticamente.

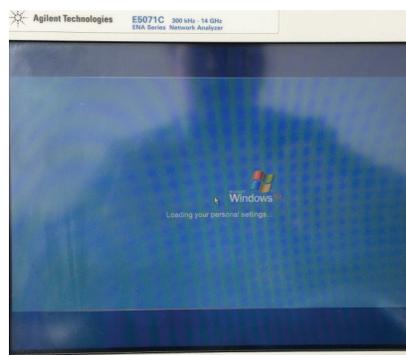


Figura 4. 13 Inicialización con el sistema operativo Windows

2. En el panel de control se debe presionar el botón “Cal” que se muestra en la Figura 4.14 para iniciar la calibración del equipo, cabe recalcar que es estrictamente necesario realizar la calibración del Analizador por cada inicialización nueva que se realice, es decir que cada vez que el equipo se encienda se requiere calibrar sin importa si las pruebas anteriores fueron realizadas poco tiempo atrás.



Figura 4. 14 Botón de inicialización para la calibración

En la pantalla principal se mostrará un sub-menú en el cual se encuentra la sección de calibración, la pantalla del analizador de redes que posee es táctil por tanto algunas de las instrucciones se las realizarán directamente en la pantalla.

3. Seleccionar en la pantalla la pestaña “Cal Kit” como se muestra en la Figura 4.15 siguiente el cual permitirá seleccionar un kit predefinido como patrón de calibración y con el cual el equipo podrá alinearse y calibrarse:

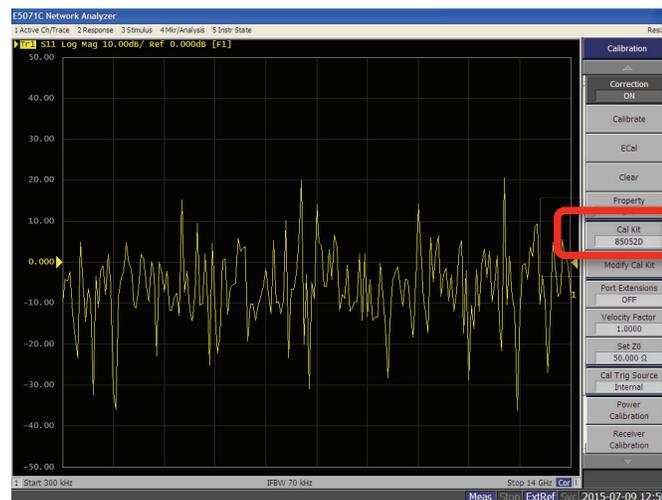


Figura 4. 15 Selección del kit de calibración

En esta pestaña se procederá a seleccionar el kit con el que se realizará las pruebas para la respectiva calibración. El kit es un conjunto de elementos de precisión estándar que caracterizan los errores esquemáticos para los analizadores de red, es decir generan un ambiente de simulación de alta precisión en la cual se recrea ambientes como terminales con carga, abiertos, cortos, en los

que se miden los parámetros de pérdidas. El kit que posee el laboratorio es el 85052 D 3.5 mm *ECONOMY CALIBRATION KIT*.

4. Seleccionar el kit de calibración 85052 D en la pantalla como se muestra en la Figura 4.16 siguiente.

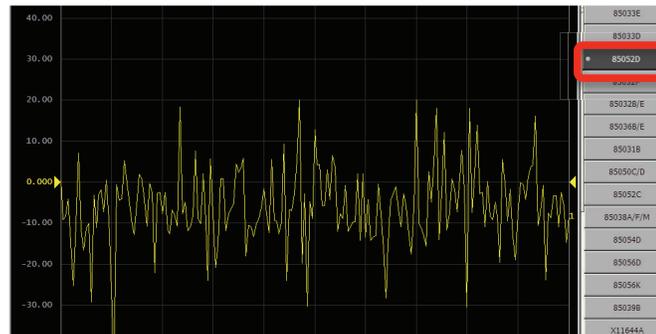


Figura 4. 16 Kit de calibración 85052D

5. Seleccionar la pantalla la pestaña “Calibrate” como se muestra en la Figura 4.17 con la cual se iniciará la calibración del equipo.

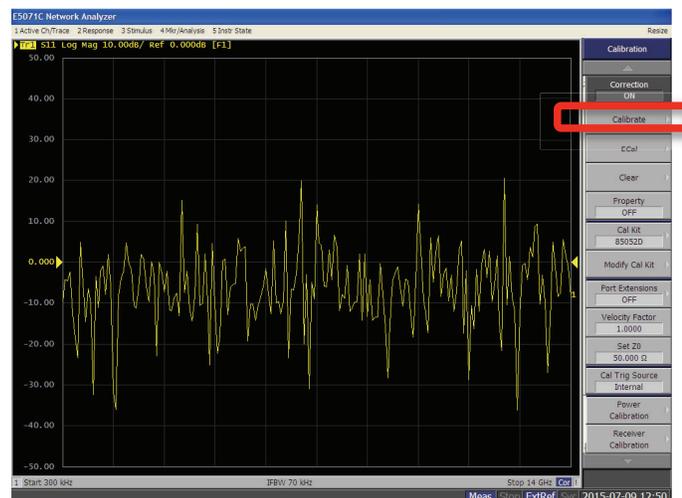


Figura 4. 17 Inicialización de la calibración

En el nuevo menú desplegado se debe realizar cada uno de los ítems que se observan en la siguiente Figura 4. 18, se escoge el puerto que se va a calibrar y se coloca los terminales del kit de calibración. Para las pruebas de medición de pérdidas se escogió la calibración del puerto número 1.

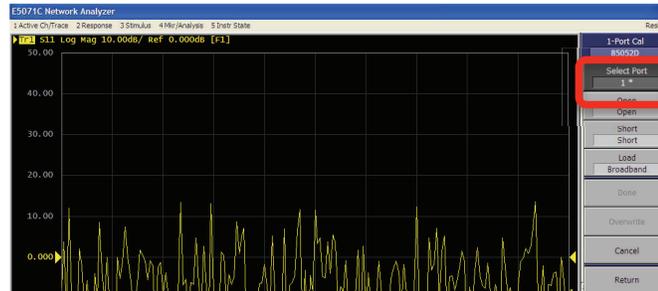


Figura 4. 18 Calibración puerto 1

Como se observa en la Figura 4.18 se ha seleccionado el puerto de entrada número uno para calibración con el Kit 85052 D, en el cual mediante la conexión respectiva de los elementos que conforman dicho Kit que se observa en la Figura 4.19 y 4.20 con cada uno de sus elementos.



Figura 4. 19 Caja del kit de calibración 85052 D vista externa



Figura 4. 20 Caja kit de calibración 85052 D vista interna

6. Conectar el elemento del kit para tener un circuito abierto *Open* el cual se indica en la Figura 4.21 al puerto de entrada número 1 mediante la conexión que se observa en la Figura 4.24, una vez realizada la conexión

se procede a seleccionar en la pantalla el botón *Open* de la Figura 4.18, por tanto el equipo realizará la medición y calibración respectiva para esa configuración.

7. Realizar el mismo procedimiento para los demás elementos del kit de calibración.



Si las mediciones de calibración del equipo para cada una de las configuraciones son correctas se observará un visto junto a la pestaña escogida como se muestra en la Figura 4.25, para la calibración en circuito abierto.

El mismo procedimiento se deberá realizar para cada una de las configuraciones que se muestra en la Figura 4.18, consecuentemente el equipo se auto calibrará para las posteriores pruebas.

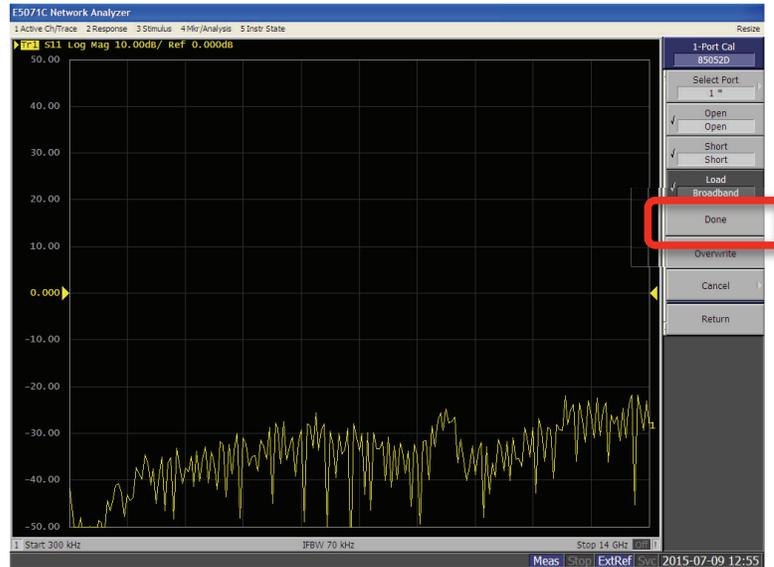


Figura 4. 25 Calibración del equipo E5071C exitosa

Al momento de obtener la pantalla mostrada en la Figura 4.25 resultado de realizar la calibración con las conexiones mostradas anteriormente y seleccionar en el menú las respectivas configuraciones, se debe presionar el botón “Done” que se observa bajo las configuraciones de calibración de la misma pantalla. Se finaliza el proceso de calibración para el kit que se posee.

Una vez realizado los pasos anteriormente mencionados y que la calibración se ha realizado correctamente se puede continuar la medición de los conectores, cables y atenuadores utilizados en la conexión de los equipos de medida con el inhibidor.

4.2.2 RESULTADO DE LAS PRUEBAS

Las pruebas se realizaron mediante el puerto número uno que anteriormente fue calibrado. En la Figura 4.24 se muestra el diagrama de conexión que se realizó para cada uno de los elementos que formarán parte de las mediciones posteriores en el sistema de pérdidas y compensación.

4.2.2.1 Elementos de conexión a medir

Los equipos de medición que se utilizarán normalmente tienen un sistema de conexión como la que se muestra en la Figura 4.26, por tanto cada uno de los elementos que intervienen en la medición posee pérdidas que afectan mínimamente el valor que se desea conocer o en casos de sistemas de protección como son los atenuadores, se deberá conocer exactamente el valor de atenuación en la frecuencia deseada.

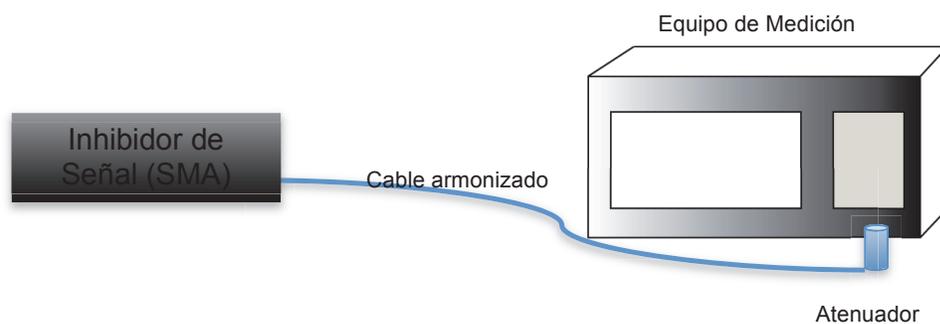


Figura 4. 26 Diagrama de conexión de equipos de medición

A continuación se enlistan los equipos que son utilizados para la conexión que requiere cada uno de los sistemas de medición: analizador de señales en el dominio de la frecuencia, analizador digital de señales en el dominio del tiempo, Narda para radiaciones no ionizantes.

Cada uno de los elementos se pueden observar en las figuras que se muestran a continuación:

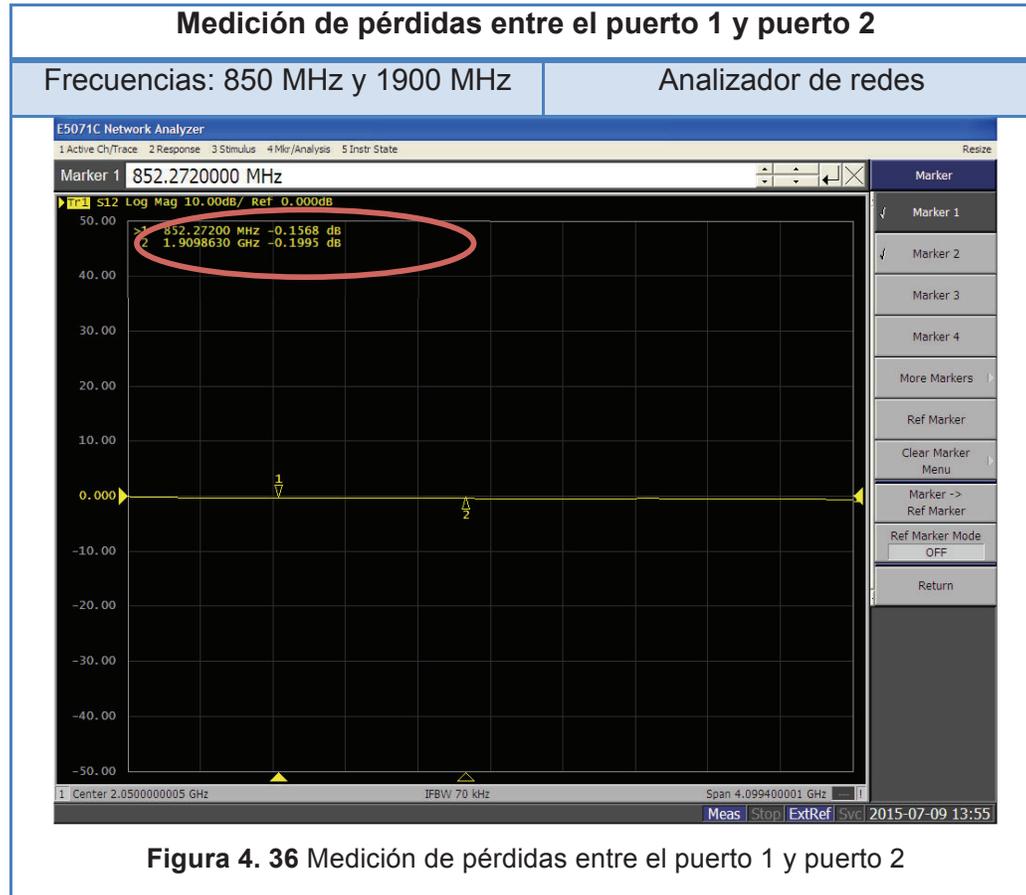
Elementos de conexión de los equipos de medición		
		
Figura 4. 27 Atenuador de 30 dB a 10MHz	Figura 4. 28 Atenuador de 10 dB	Figura 4. 29 Conector de precisión hembra
		
Figura 4. 30 Conector de precisión macho	Figura 4. 31 Cable armonizado de 48"	Figura 4. 32 Cable RF de precisión
		
Figura 4. 33 Medición de conector de precisión	Figura 4. 34 Medición de atenuador 10dB	Figura 4. 35 Medición de atenuador 30 dB

Tabla 4. 3 Elementos de conexión de los equipos de medición

La Figura 4.27 muestra el atenuador de 30 dB y la Figura 4.29 el conector de precisión hembra, los cuales forman parte del sistema de conexión de medición del analizador de señales en el dominio del tiempo, además la Figura 4.31 que es el cable final de conexión que se observa en la Figura 4.26.

Se programó dos marcadores los cuales se colocaron en las frecuencias centrales de 850 MHz y 1900 MHz, en el analizador de redes.

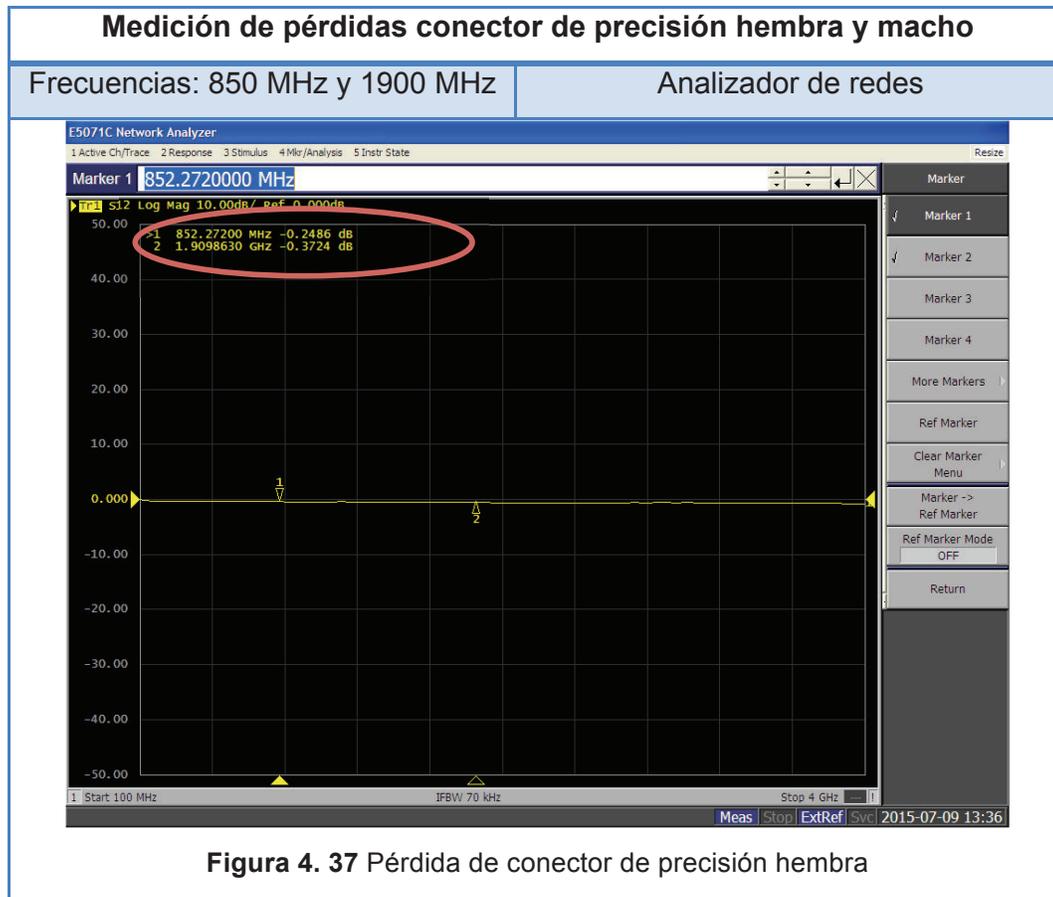
Una vez realizada la medición de cada uno de los elementos, se obtuvieron los siguientes resultados como muestran las figuras a continuación:



La Figura 4.36 muestra las pérdidas que se obtienen al medir la conexión mediante el cable RF de precisión propio del analizador de redes que servirá como base para la conexión de los otros elementos. Por tanto es indispensable conocer su valor en las frecuencias antes especificadas.

Valor de pérdidas Cable RF de precisión	
Frecuencia	Pérdidas en [dB]
850 MHz	0.1568
1900 MHz	0.1995

Tabla 4. 4 Valor de pérdidas por cable RF de precisión



Las pérdidas que se observan en el círculo remarcado en la Figura 4.37 son un conjunto de pérdidas que tienen tanto el cable RF de precisión sumada las pérdidas de los conectores de precisión, es así que se obtienen los siguientes resultados:

$$P_{conector} = P_{total} - P_{cable\ RF}$$

Para 850 MHz:

$$P_{conector} = 0.2486 - 0.1568 = 0.0918[dB]$$

Para 1900 MHz:

$$P_{conector} = 0.3724 - 0.1995 = 0.1729[dB]$$

Valor de pérdidas conectores de precisión	
Frecuencia	Pérdidas en [dB]
850 MHz	0.0918
1900 MHz	0.1729

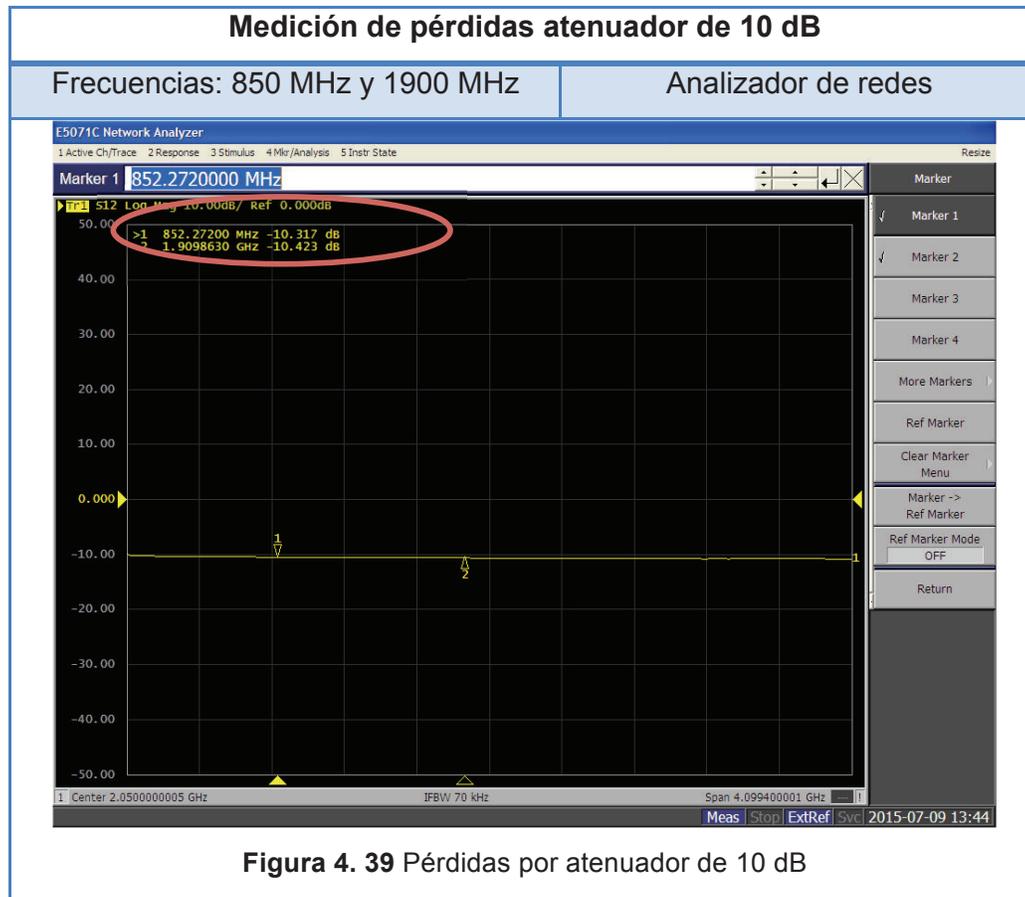
Tabla 4. 5 Valor de pérdidas por conectores de precisión



Las pérdidas que se observan en el círculo remarcado en la Figura 4.38 son las producidas por el cable armonizado de 48" que sirve de conector para las mediciones posteriores, como no se conectó con otro elemento en el analizador de red el valor obtenido es:

Valor de pérdidas cable armonizado de 48"	
Frecuencia	Pérdidas en [dB]
850 MHz	0.7738
1900 MHz	1.1560

Tabla 4. 6 Valor de pérdidas por cable armonizado



En la Figura 4.34 se observa la conexión para medir pérdidas en el atenuador de 10 dB, pero debe tomarse en cuenta que se utilizaron los dos conectores de precisión para acoplar la entrada y salida del mismo, como también el cable RF de precisión, se obtuvieron los siguientes resultados Figura 4.39:

$$P_{atenuador10} = P_{total} - P_{cable\ RF} - P_{conector}$$

Para 850 MHz:

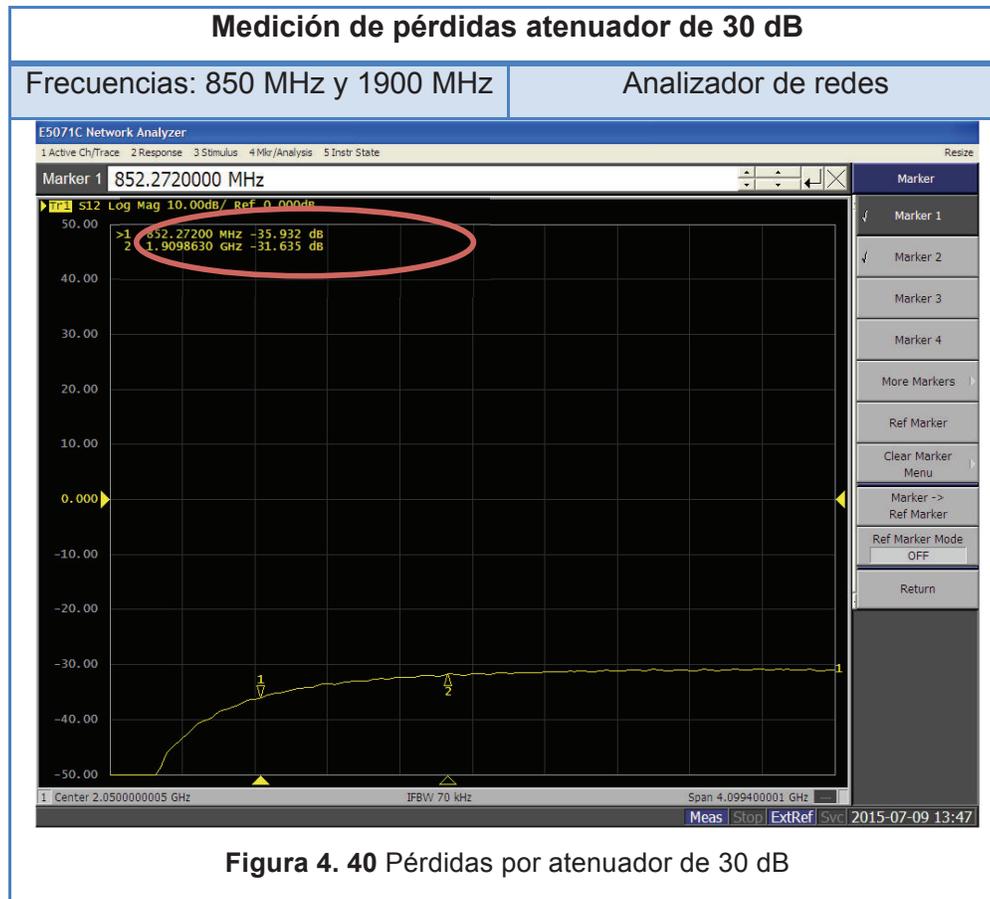
$$P_{atenuador10} = 10.317 - 0.1568 - 0.0918 = 10.0684[dB]$$

Para 1900 MHz:

$$P_{atenuador10} = 10.423 - 0.1995 - 0.1729 = 10.0506[dB]$$

Valor de pérdidas atenuador de 10 dB	
Frecuencia	Pérdidas en [dB]
850 MHz	10.0684
1900 MHz	10.0506

Tabla 4. 7 Valor de pérdidas por atenuador de 10 dB



En la Figura 4.35 se observa la conexión para medir pérdidas en el atenuador de 30 dB, pero debe tomarse en cuenta que se utilizaron los dos conectores de precisión para acoplar la entrada y salida del mismo, como también el cable RF de precisión, se obtuvieron los siguientes resultados de la Figura 4.40:

$$P_{atenuador30} = P_{total} - P_{cable\ RF} - P_{conector}$$

Para 850 MHz:

$$P_{atenuador30} = 35.932 - 0.1568 - 0.0918 = 35.6834[dB]$$

Para 1900 MHz:

$$P_{atenuador30} = 31.635 - 0.1995 - 0.1729 = 31.2626[dB]$$

Valor de pérdidas atenuador de 30 dB	
Frecuencia	Pérdidas en [dB]
850 MHz	35.6834
1900 MHz	31.2626

Tabla 4. 8 Valor de pérdidas por atenuador de 30 dB

4.3 EQUIPOS INHIBIDORES DE SEÑAL CELULAR PUESTOS A PRUEBA

El laboratorio de certificación de equipos de telecomunicaciones perteneciente a la ARCOTEL recibe por parte de entidades financieras los equipos inhibidores de señal celular que serán posteriormente colocados en cada una de las agencias que poseen.

Se realizan pruebas técnicas básicas que permitirán la verificación de su funcionamiento, en el caso de que el equipo funcione de manera correcta y dentro de los parámetros básicos establecidos se emitirá un certificado de homologación para dicho equipo y que garantice su uso.

Conociendo lo anteriormente mencionado se debe tener en cuenta que existe una variedad de marcas de equipos inhibidores y mediante el registro de cada uno de ellos se pudo obtener la Tabla 4.9:

DATAN	243
EASTLONGE ELECTRONIC.	68
JAMMER	8
KAVIT	728
KPW	26
NOVASEC	1
PHANTOM	168
PHONE JAMMER SPECIALIST	929
SECURITY WORLD 360 INTERNATIONAL	65
SEGCOR	7
SHENZHENEAST LONGE ELECTRONIC	30
SIGNAL KIGHT	62
TANGREAT	19

Tabla 4. 9 Registro de inhibidores por parte de la ARCOTEL

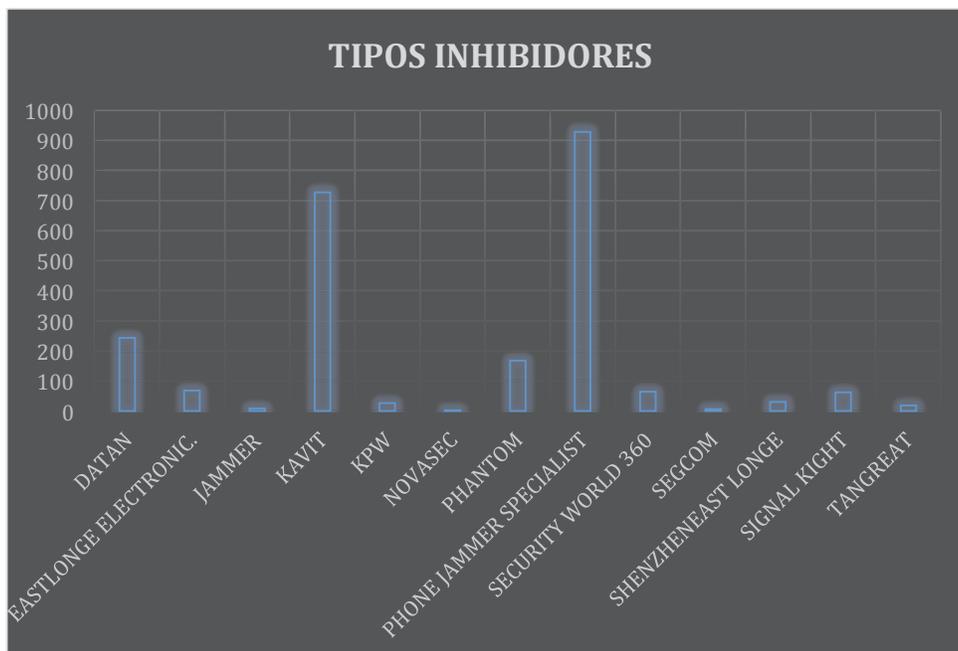


Figura 4. 41 Estadística de inhibidores en el país

Las pruebas que se realizaron para este proyecto de titulación se las hizo en base a un grupo de inhibidores remitidos al laboratorio y que sirvieron como base para realizar la propuesta de normativa técnica. La Figura 4.41 muestra el número de inhibidores por marcas que han sido remitidos al laboratorio y que fueron tomadas hasta el año 2015.

4.3.1 EQUIPOS INHIBIDORES

Los equipos que se utilizaron se detallan a continuación de acuerdo a su marca y número de serie:

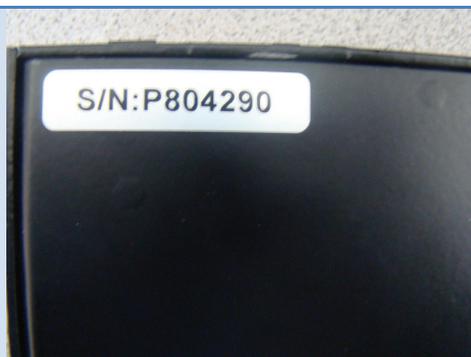
4.3.1.1 Phantom *Technologies* P804290

Phantom *Technologies* se ha dedicado al desarrollo, diseño y fabricación de una amplia gama de inhibidores celulares basados en tecnologías digitales que ofrece una excelente estabilidad de frecuencia junto a una alta eficacia de bloqueo.

Equipo: Phantom

Serie: P804290

Bandas: 850 MHz y 1900 MHz

Phantom**Figura 4. 42** Vista superior P804290**Figura 4. 43** Vista posterior P804290**Figura 4. 44** Vista frontal P804290**Figura 4. 45** Salidas de potencia P804290**Figura 4. 46** Vista número de serie P804290**Figura 4. 47** Vista marca P804290

Las imágenes mostradas anteriormente son del primer equipo inhibidor de los utilizados para las pruebas posteriores.

4.3.1.2 Phantom Technologies P804288

Equipo: Phantom

Serie: P804288

Bandas: 850 MHz y 1900 MHz

Phantom



Figura 4. 48 Vista superior P804288



Figura 4. 49 Vista posterior P804288



Figura 4. 50 Vista frontal P804288



Figura 4. 51 Salidas de potencia P804288



Figura 4. 52 Vista número de serie P804288



Figura 4. 53 Vista marca P804288

4.3.1.3 KAVIT *Electronics Industries*

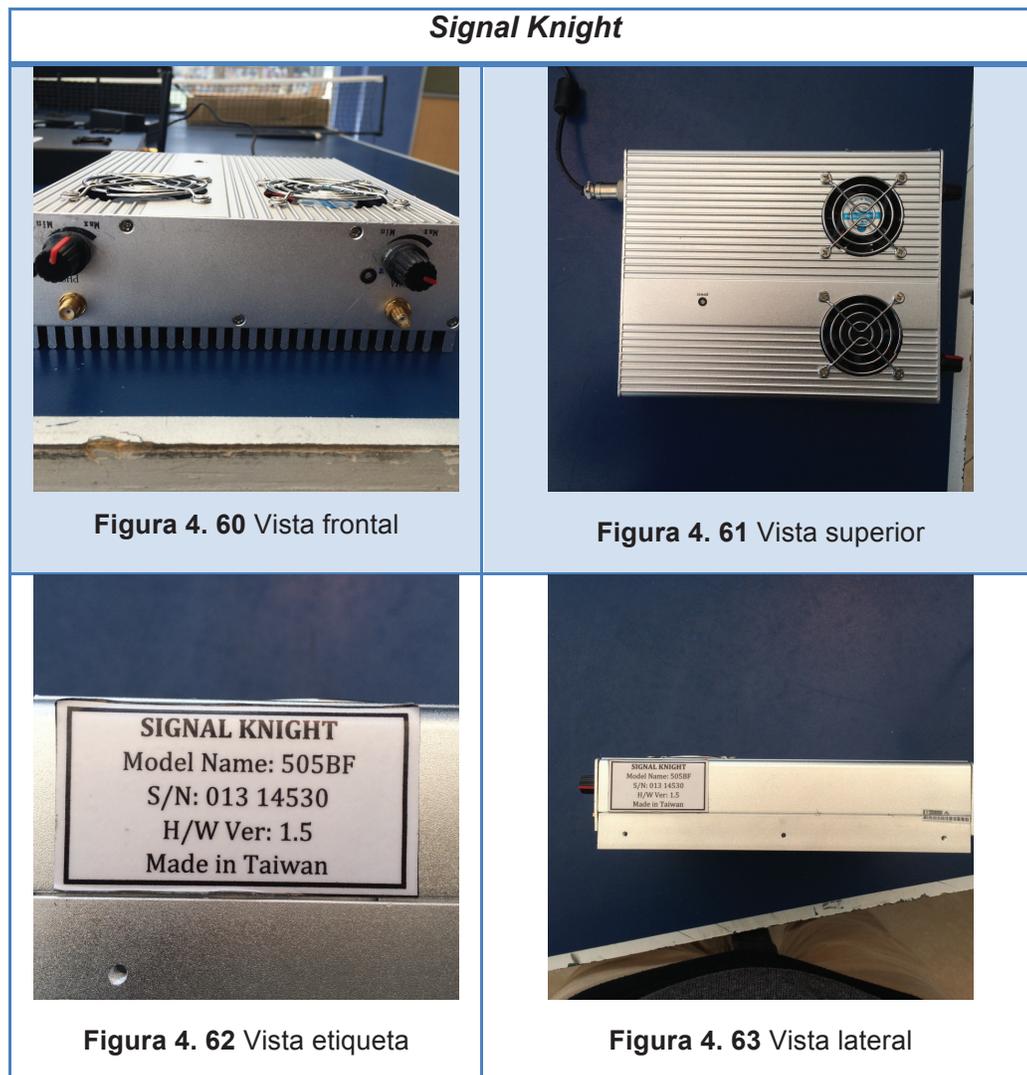
La empresa fue establecida en el año de 1994 y provee productos de seguridad de información para organizaciones de seguridad pública, convirtiéndose en líder mundial en lo que a seguridad de información se requiere. Prestando sus servicios a varias empresas tales como: Seguridad Israelí, Policía Brasileña, Armada Mexicana, Ministerio de Defensa Reino Unido, Policía Estadounidense, Fuerza aérea Italiana, etc.



Las imágenes anteriores muestran el equipo KAVIT que se puso a prueba en el laboratorio de ARCOTEL.

4.3.1.4 *Signal Knight*

Fue fundada en el año 2005 y con sede en la ciudad de Beijing. *Signal Knight* es uno de los socios del Ministerio de Defensa Nacional y Ministerio de Seguridad del Estado de China. Es una empresa de integración de blindaje de señales, bloqueadores y productos de diseño, desarrollo y producción.



Las imágenes anteriores muestran el equipo *Signal Knight* que se puso a prueba en el laboratorio de ARCOTEL.

4.4 MEDICIÓN CON EL ANALIZADOR DE SEÑALES N9010A

El procedimiento para la utilización del equipo analizador de señales N9010A es similar en los pasos iniciales de encendido al analizador de redes ya que el equipo también funciona en base a un sistema operativo Windows.

La calibración de estos equipos se las realiza cada tres meses por parte de ARCOTEL mediante la empresa proveedora Complementos Electrónicos S.A. por tanto posee su respectiva certificación de calibración respecto a la trazabilidad de cada uno de los equipos utilizados, los cuales se los puede observar en el Anexo B.



Como muestra la Figura 4.64 el equipo está en etapa de inicialización luego de presionado el botón de encendido. También se muestran las partes principales que conforman el analizador de señales para su respectiva manipulación. La aplicación que permite la medición de señales en el dominio de la frecuencia se inicializa automáticamente una vez que Windows se estabilice. Cuando la aplicación se encuentre completamente cargada y funcional se mostrará como indica la Figura 4.65.



Figura 4. 65 Software de medición de señales

Para realizar la medición de potencia de los equipos inhibidores de señal celular se deberá conectar como se muestra en la Figura 4.66, que representa el diagrama de conexión asociado al equipo analizador de señales.

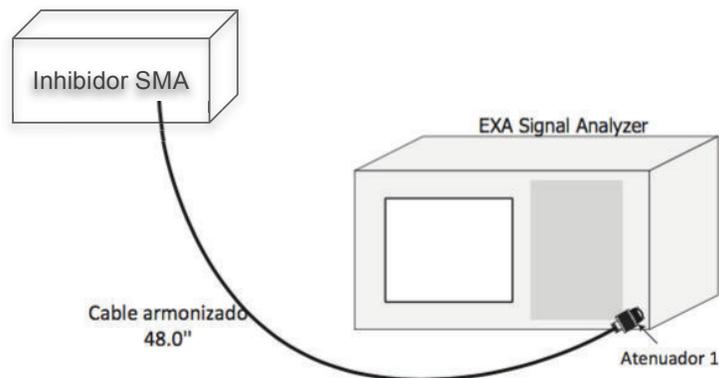


Figura 4. 66 Diagrama de conexión analizador N9010A

Como se observa en la figura anterior para precautelar los límites máximos permitidos a la entrada de señal del analizador se requiere la utilización de un atenuador, dicho atenuador teóricamente tendría 30 dB de atenuación. Pero mediante las medidas observadas en el anterior ítem se tiene los siguientes datos exactos:

Analizando el diagrama antes presentado se puede observar que se poseen pérdidas tanto por el atenuador 1 como por el cable armonizado. Cabe mencionar que el atenuador posee un conector de precisión para acoplar los elementos.

Mediante los datos obtenidos se calculan las pérdidas para cada frecuencia involucrada de la siguiente manera:

- 850: $P_{cable} + P_{atenuador30} + P_{conector} = 0.7738 + 35.6834 + 0.0918 = 36.55$
- 1900: $P_{cable} + P_{atenuador30} + P_{conector} = 1.1560 + 31.2626 + 0.0918 = 32.51$

Todo lo anteriormente mencionado es importante incluirlo como pérdidas generadas y sistema de compensación de las mismas, para poder obtener resultados lo más cercanos a la realidad.

4.4.1 CONFIGURACIONES DEL ANALIZADOR N9010A

Se debe analizar el panel de control que se muestra en la figura 4.60 en la que se tiene los controladores y funciones que permiten configurar el analizador de señales N9010A. Como primer paso se debe presionar el botón *Meas* de la Figura 4. 67, que permite desplegar las diferentes funciones de medición que posee el equipo.



Figura 4. 67 Panel de control N9010A

El analizador de señales tiene varias funciones de medición de parámetros, por tanto se debe escoger la que permite medir ancho de banda y potencia de la señal de entrada, en él que se escoge *Occupied BW* como se muestra en la Figura 4.68 a continuación.



Figura 4. 68 Funciones de medición de parámetros

Una vez realizado este proceso se debe centrar en las frecuencias que se desean medir. Los equipos inhibidores de señal celular en las tecnologías 2 y 3G se ubican en las frecuencias siguientes:

- 850 MHz *downlink*: 869 MHz – 894 MHz, Frecuencia central: 881.5
- 1900 MHz *downlink*: 1930 MHz – 1990 MHz, Frecuencia central: 1960

Para centrar la frecuencia necesaria que se desea visualizar en la Figura 4.63 se debe presionar el botón *FREQ Channel*, una vez presionado se debe mediante el panel numérico ingresar el valor de frecuencia central antes mencionado.

A continuación, se configura la escala que se visualizará en la pantalla por tanto en la Figura 4.67 presionar el botón *SPAN X Scale* el cual permitirá obtener la máxima visualización del ancho de banda que se requiere.

Conociendo que el ancho de banda para la tecnología celular en 850 MHz es de 25 MHz y para 1900 MHz es de 60 MHz en los canales de *downlink* que se observó en el capítulo número dos del presente proyecto para el Ecuador, el SPAN que se requiere es algunos MHz por encima de dichos valores, en consideración para las pruebas se colocaron los valores de 40 MHz y 80 MHz respectivamente.

De la misma forma se procede a la configuración de los marcadores que permitirá delinear los límites superior e inferior de la señal de salida y su frecuencia central. Es así que en la Figura 4.67 en la sección *MARKER* se debe presionar el botón *Marker* el cual desplegará un menú en la pantalla como se observa en la Figura 4.69



Figura 4. 69 Selección del marcador

Se debe seleccionar el marcador que se desea agregar, una vez seleccionado mediante el panel numérico ingresar la frecuencia superior e inferior para cada una de las bandas antes mencionadas, por tanto los marcadores deberán tener los valores 869 MHz – 894 MHz ó 1930 MHz – 1990 MHz.

Una vez realizado todo el proceso anteriormente mencionado la pantalla deberá mostrarse de la siguiente forma.



Figura 4. 70 Configuración de frecuencia central y marcadores

El siguiente paso que se requiere para la configuración es uno de los más importantes dentro del proceso de medición en frecuencia, ya que se mide potencia de la señal de entrada, por tanto las compensaciones que se requieren debido al sistema de pérdidas deben ser lo más cercanas a la realidad. Conocido los valores del sistema de pérdidas para las dos bandas de frecuencia calculados anteriormente se tiene que, para 850 MHz las pérdidas que se deben compensar son 36.55 dB y para 1900 MHz las pérdidas son 32.51 dB, es así que en la Figura 4.67 se debe presionar el botón *AMPTD Y Scale*, el cual mostrará en la pantalla un menú como el que se muestra en la Figura 4.71.

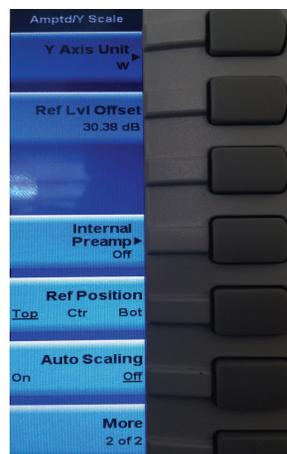


Figura 4. 71 Configuración del sistema de compensación de pérdidas

Posteriormente al paso realizado se debe escoger en el menú de funciones el botón que hace referencia a *Ref Lvl Offset* en el cual se debe ingresar mediante el panel numérico los valores calculados para el sistema de pérdidas respectivamente en cada una de las bandas que funcionan en el Ecuador.

4.4.2 RESULTADO DE LAS PRUEBAS DEL ANALIZADOR DE SEÑALES N9010A

Las pruebas se realizaron a equipos inhibidores de señal celular que fueron remitidos al laboratorio de la ARCOTEL, con los cuales se obtuvieron los siguientes resultados respecto al ancho de banda y potencia de la señal.

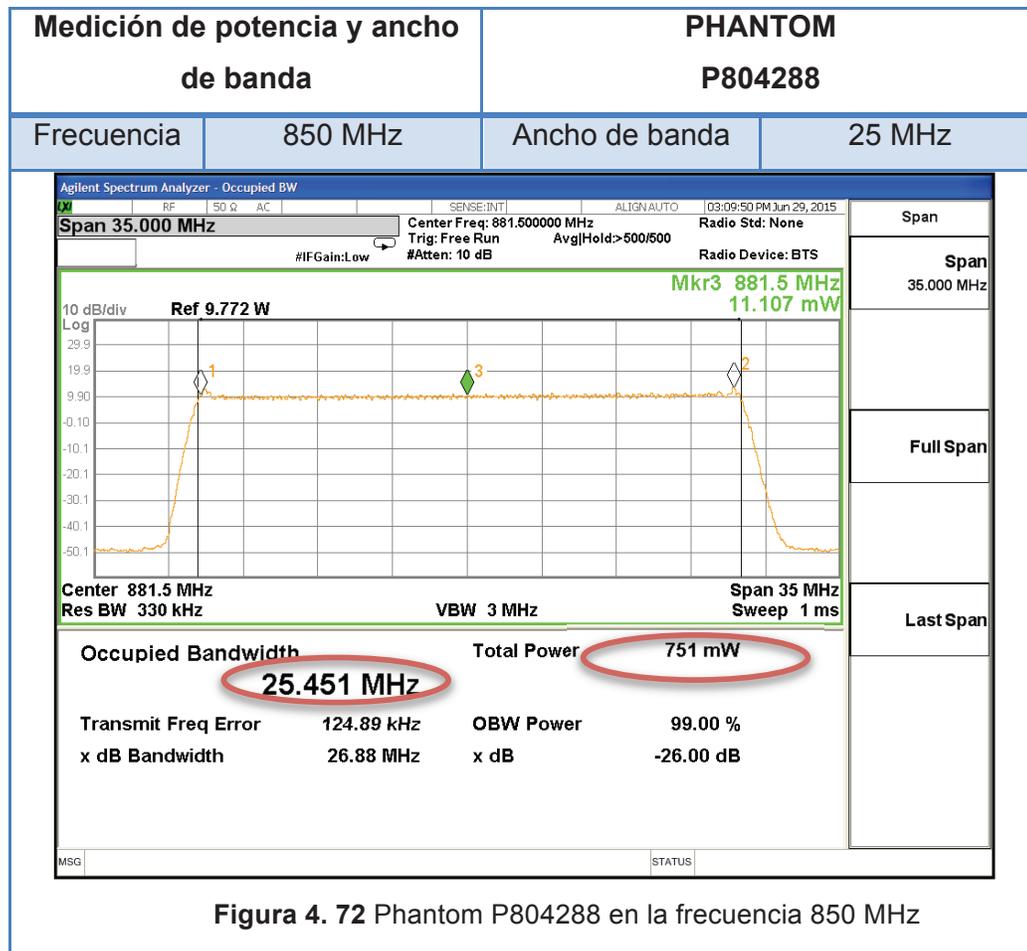


Figura 4. 72 Phantom P804288 en la frecuencia 850 MHz

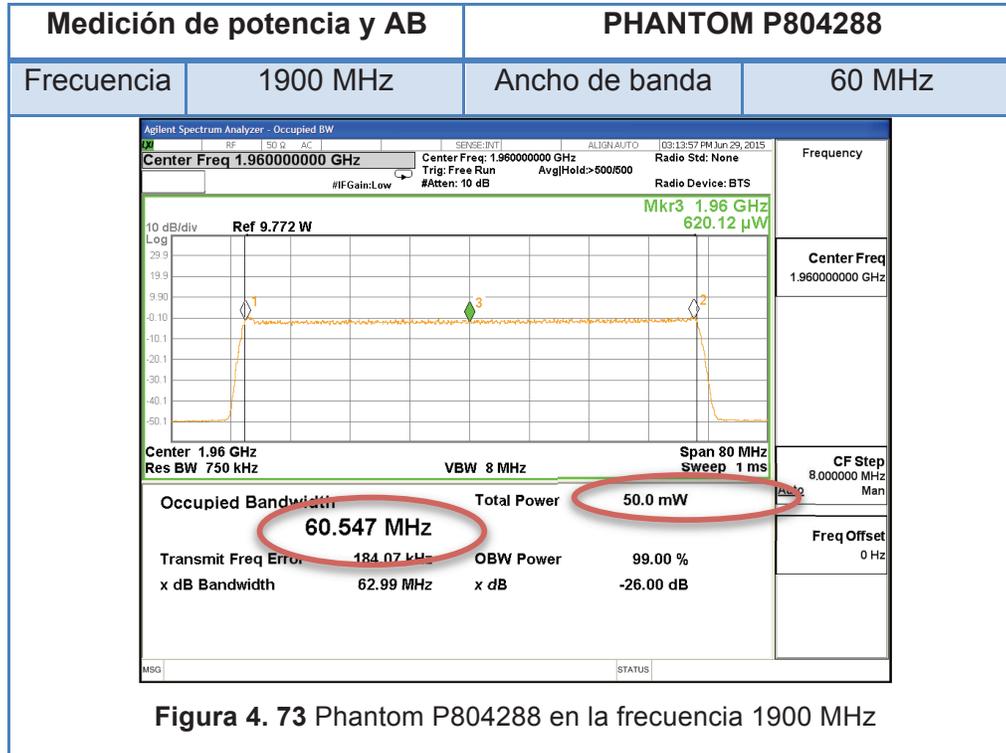


Figura 4. 73 Phantom P804288 en la frecuencia 1900 MHz

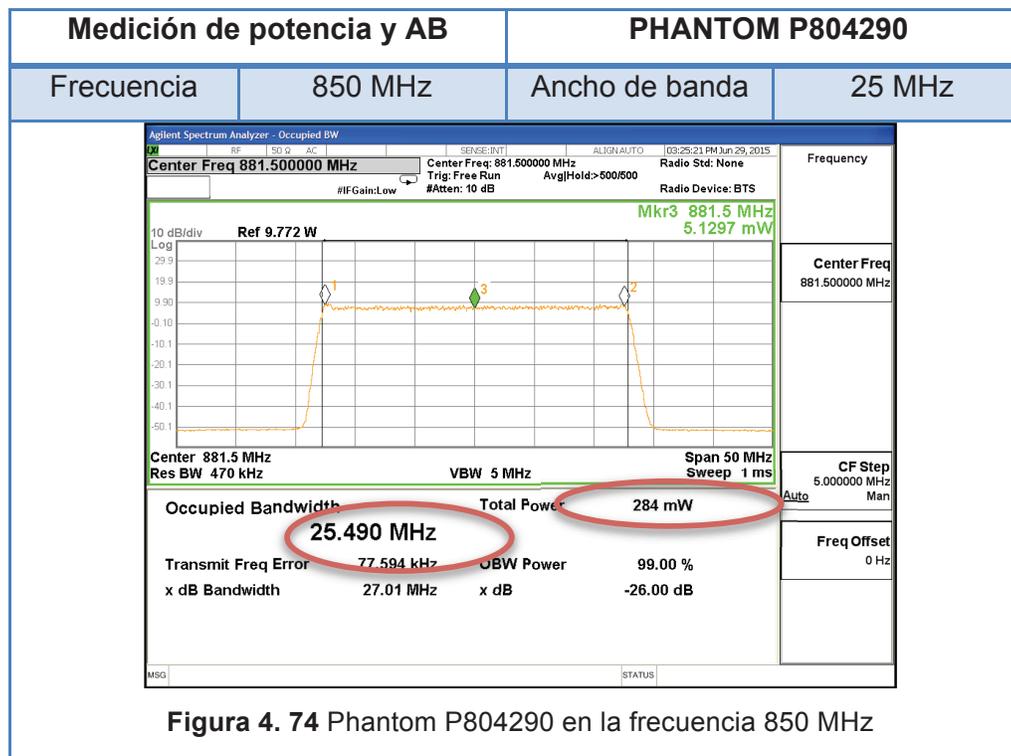
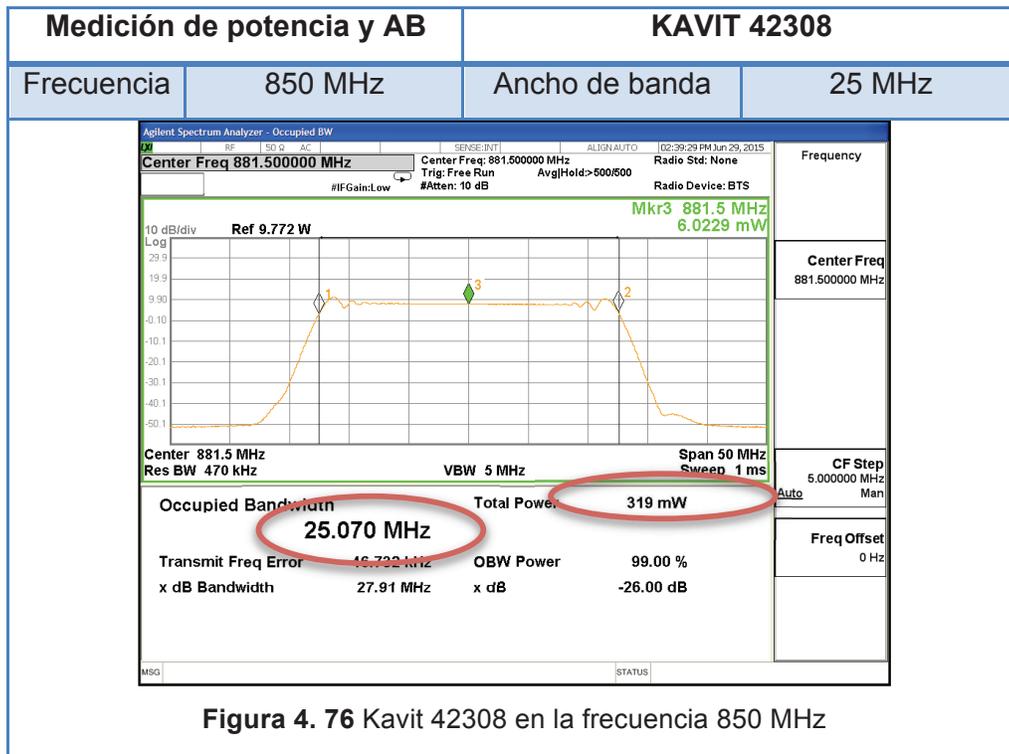
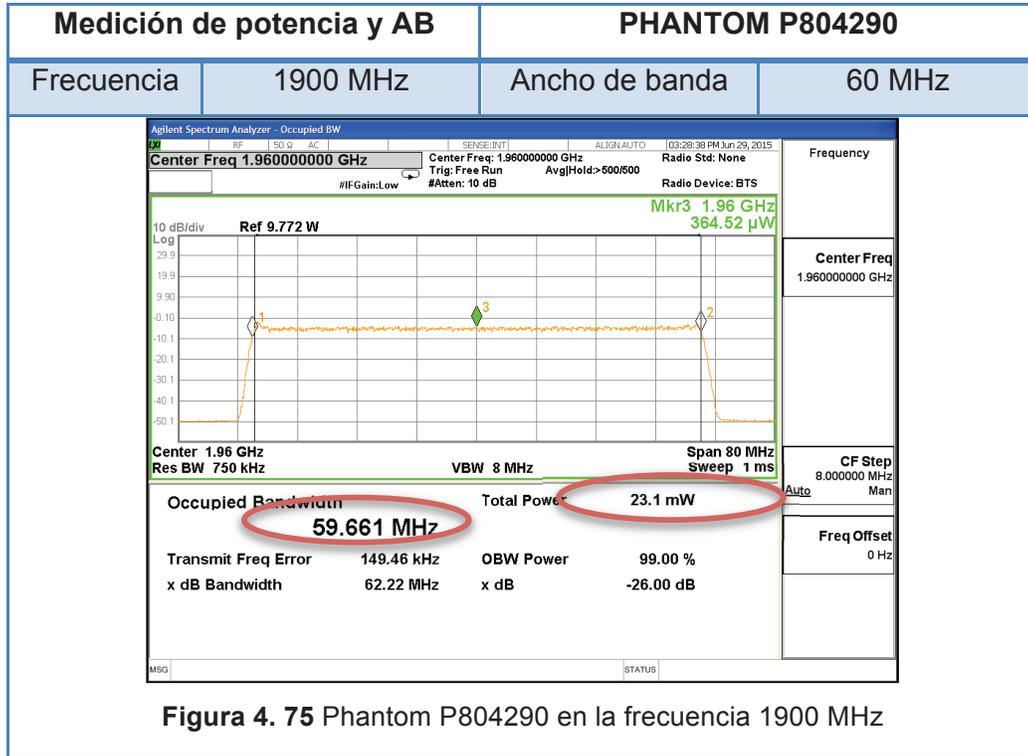
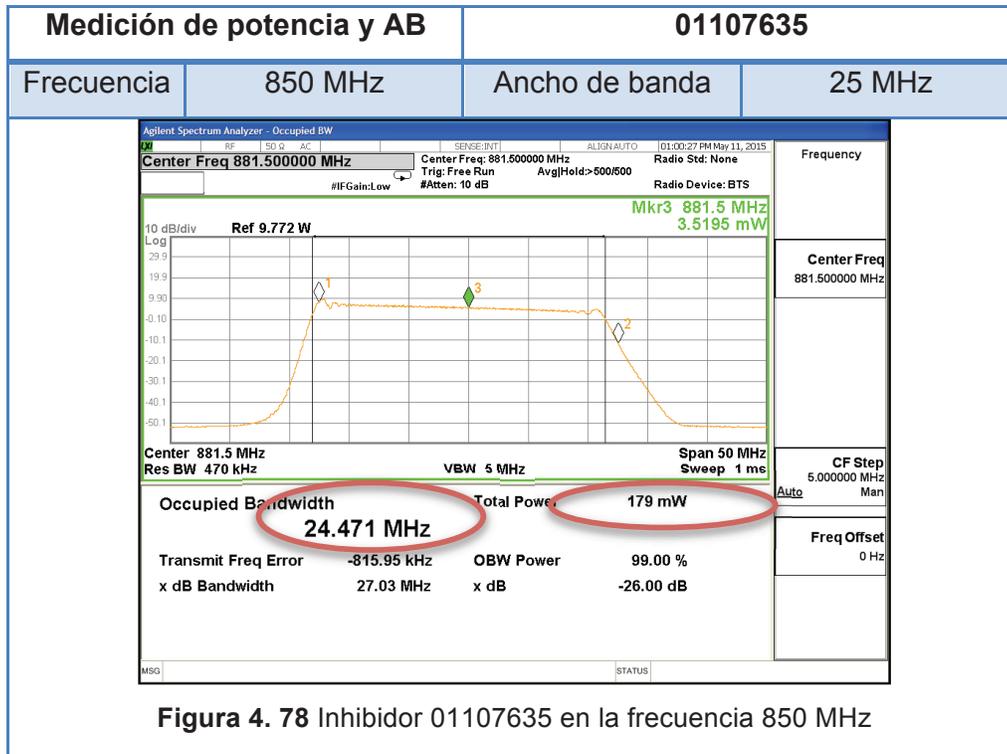
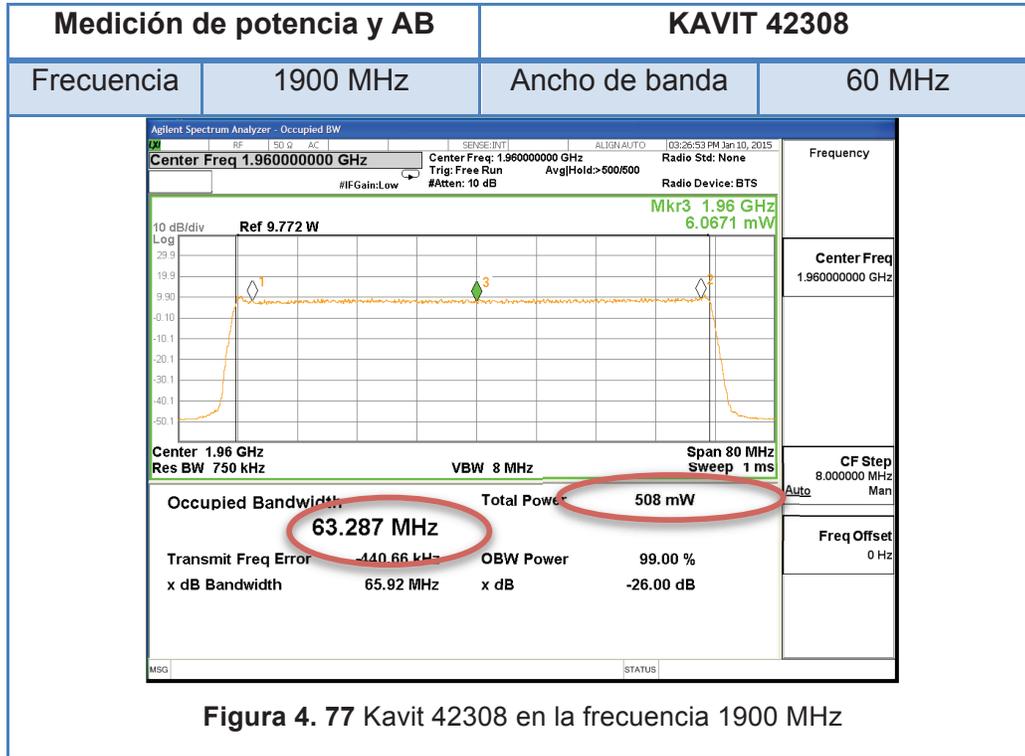
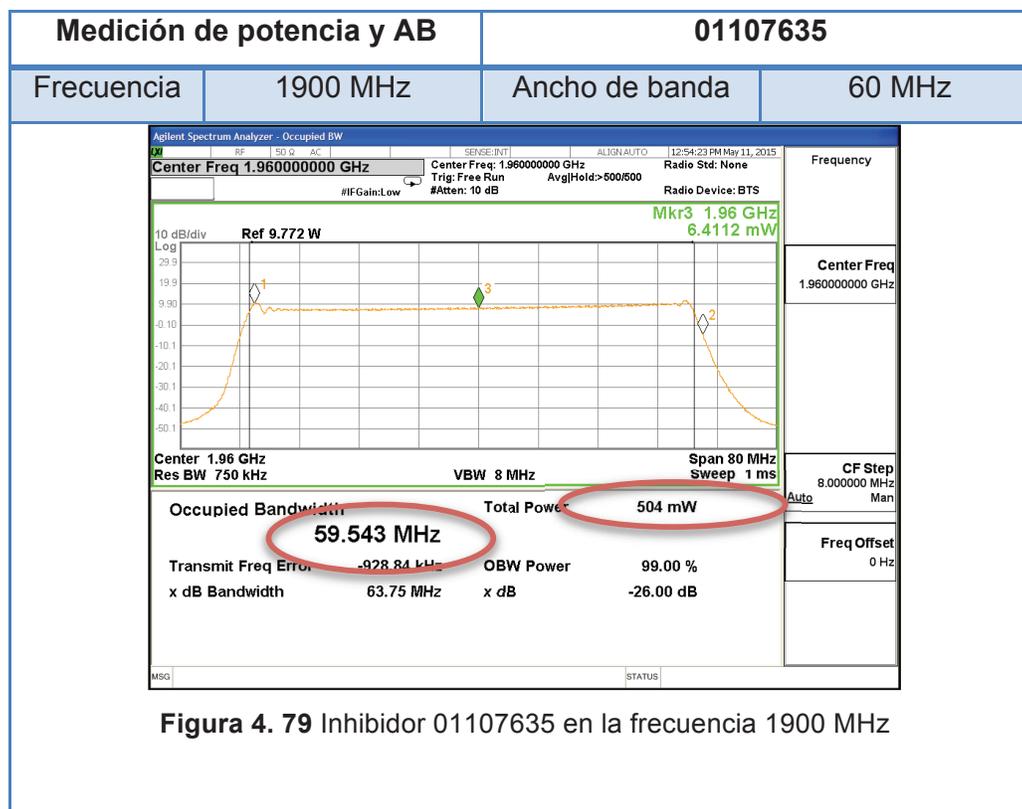


Figura 4. 74 Phantom P804290 en la frecuencia 850 MHz







Las mediciones se resumen en la siguiente Tabla 4.10.

Inhibidor	Frecuencia	Potencia	Ancho de Banda
Phantom	850 MHz	25.451 MHz	751 mW
P804288	1900 MHz	60.547 MHz	50 mW
Phantom	850 MHz	25.49 MHz	284 mW
P804290	1900 MHz	59.661 MHz	23.1 mW
Kavit	850 MHz	25.07 MHz	319 mW
42308	1900 MHz	63.287 MHz	508 mW
Sin Marca	850 MHz	24.471 MHz	179 mW
01107635	1900 MHz	59.543	504 mW

Tabla 4. 10 Resultados de la medición por el analizador de señales

Analizando la Tabla 4.10 se puede observar que el equipo que mayor potencia posee es el inhibidor Phantom P804288, por tanto para las posteriores pruebas se las realizará en función de la señal de salida de dicho equipo.

4.5 MEDICIÓN CON EL ANALIZADOR DIGITAL DE SEÑALES DSA90804A

Los pasos que se deben realizar para la configuración del equipo de medición en el proceso de inicialización son equivalentes a los antes mencionados para los equipos vistos anteriormente, eso conlleva a que al presionar el botón de encendido se inicializará en una plataforma basada en *Windows* como se muestra en la Figura 4.80 y en el momento que se establezca si inicializará la aplicación que permite la medición de señales tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia, una particularidad que posee el equipo es su pantalla táctil, por tanto las configuraciones se las hará utilizando la pantalla principal.



Figura 4. 80 Inicialización y partes del analizador digital

La pantalla principal que aparece al inicializarse la aplicación se muestra en la Figura 4.81. Con la cual se empieza los pasos para la medición de armónicos en el dominio no esencial, además de la medición en tiempo de la señal.

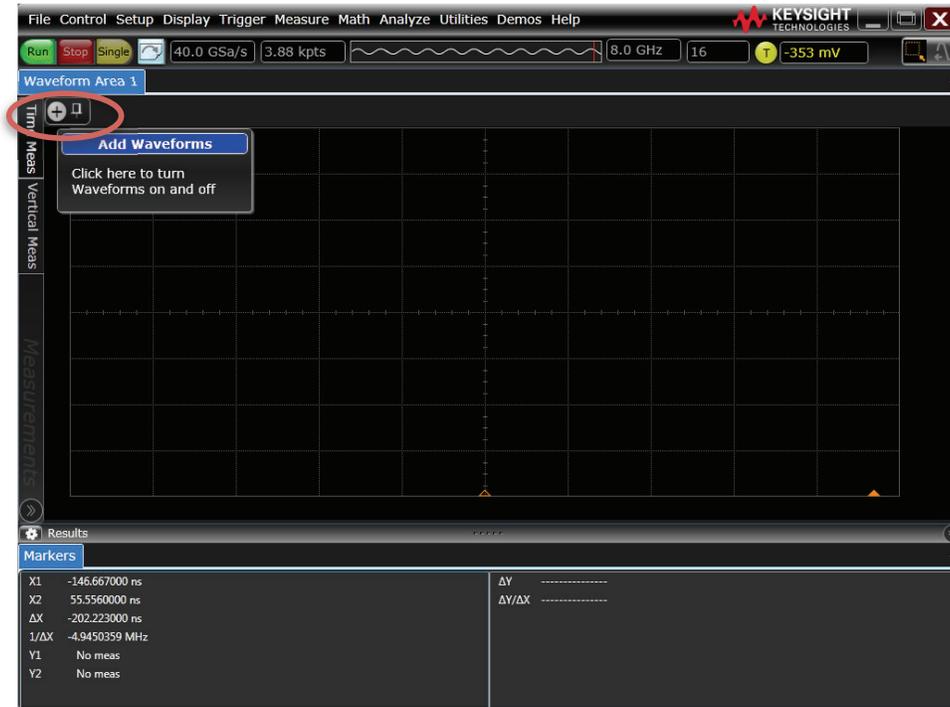


Figura 4. 81 Pantalla de inicialización del analizador digital

Para agregar una nueva forma de onda se debe presionar el ícono que se muestra dentro del círculo rojo en la Figura 4.81, luego se mostrará una nueva pantalla Figura 4.82, se debe seleccionar la entrada que se desea mostrar en la pantalla principal, la primera fila muestra las cuatro entradas que posee el equipo, al seleccionar cada una de ellas se puede mostrar simultáneamente las cuatro señales de entrada. Las siguientes filas muestran las funciones que se pueden realizar con las señales de entrada.



Figura 4. 82 Pantalla para seleccionar la forma de onda

Las mediciones se realizaron mediante el puerto de entrada número uno por tanto en la Figura 4.82 simplemente se debe activar la opción que permita ver la entrada de dicho puerto.

Para poder realizar la medición en frecuencia de la señal de entrada se debe realizar un nuevo procedimiento en el cual se escoja una función, y dicha función represente la transformada rápida de Fourier como se muestra en la Figura 4.83 y 4.84, consecuentemente realizar la medición en frecuencia de la señal.

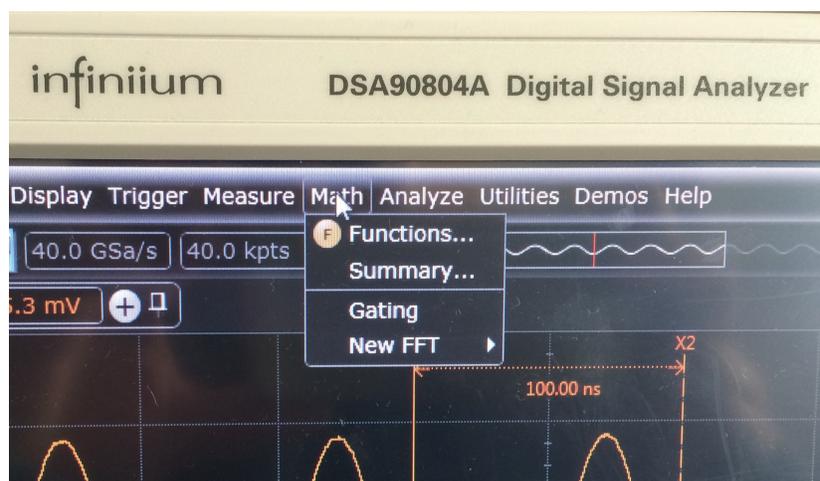


Figura 4. 83 Opción de funciones matemáticas para señales

Al escoger la pestaña *Math* como se indica en la Figura 4.83 se despliegan múltiples opciones, se escoge la opción *Functions* que desplegará una nueva pantalla en la cual se debe escoger que función es requerida y a cual de las entradas se va a aplicar dicha función, ya mencionado anteriormente se expresó que la función requerida es la FFT o Transformada Rápida de Fourier.

Para la prueba se escogió la función número uno, como se puede observar en la Figura 4.84 se escoge la función de la transformada y el canal que se desea aplicar la función, se activa la función dando *check* en el recuadro ON, una vez hecho lo anteriormente mencionado aparecerá en la pantalla principal la respuesta en frecuencia de la señal.

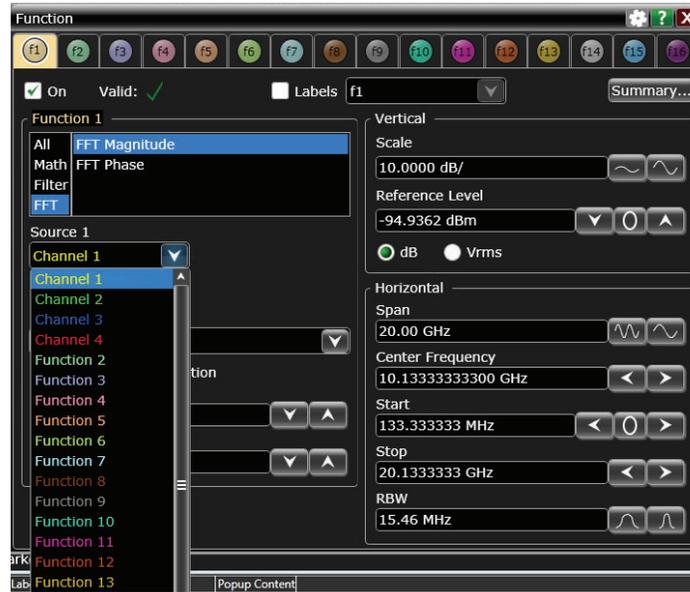


Figura 4. 84 Pantalla de funciones para aplicar a una señal

Para obtener los picos máximos de la señal de entrada se debe realizar en la misma pantalla de configuración de funciones subsiguiente a los anteriores pasos, activar dando *check* en el recuadro que hace referencia a *Enable Peak Annotation* que se muestra en la Figura 4.85, luego se debe ingresar en la pestaña siguiente el número de picos que se desea medir y el nivel mínimo en dBm para el rango de medición.



Figura 4. 85 Configuración del análisis de frecuencia de la señal

Para la medición de la señal en el tiempo se utilizó marcadores con los cuales poder determinar niveles de voltaje y periodo, posteriormente se debe presionar en la pestaña principal superior *Measure* y escoger la opción *Markers* como se observa en la Figura 4.86, aparecerá una nueva pantalla donde se debe ingresar en qué puntos se requiere colocarlos como se observa en la Figura 4.87, pero los marcadores también pueden ser direccionados mediante la pantalla táctil y colocarlos en los puntos requeridos.

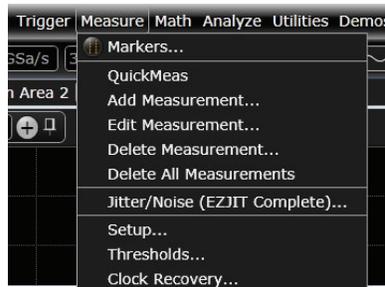


Figura 4. 86 Inserción de marcadores del analizador digital



Figura 4. 87 Configuración de marcadores

El diagrama de conexión para la medición con el equipo analizador digital de señales DSA90804A es el que se muestra en la Figura 4.88, con la particularidad que el atenuador que se utilizará es el de 10 dB para protección del equipo.



Figura 4. 88 Diagrama de conexión del analizador digital

4.5.1 RESULTADO DE LAS PRUEBAS DEL ANALIZADOR DIGITAL DE SEÑALES DSA90804A

Las pruebas realizadas a los equipos inhibidores de señal celular tanto en el dominio del tiempo como el de la frecuencia se detallan a continuación.

Medición en frecuencia y tiempo Kavit 42308



Figura 4. 89 Señal en el tiempo Kavit 42308



Figura 4. 90 Señal en frecuencia Kavit 42308

Medición en tiempo Phantom P804288

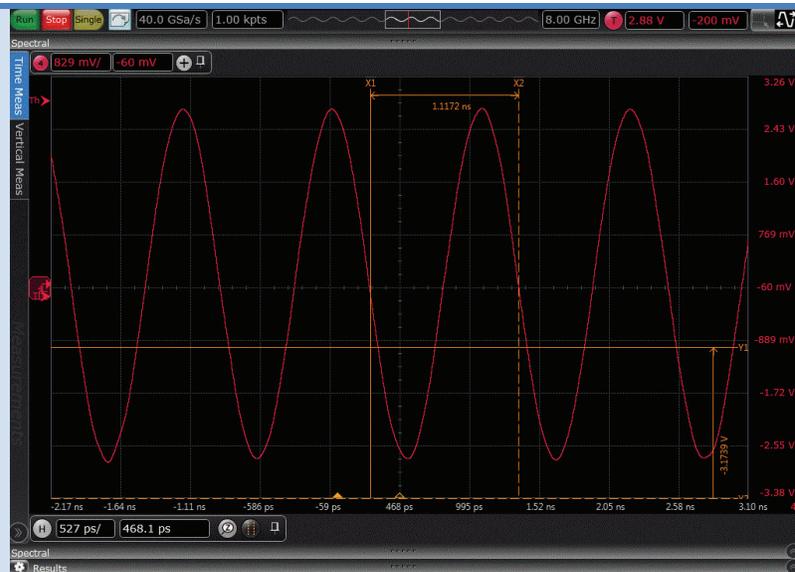


Figura 4. 91 Señal en el tiempo 850 MHz Phantom P804288

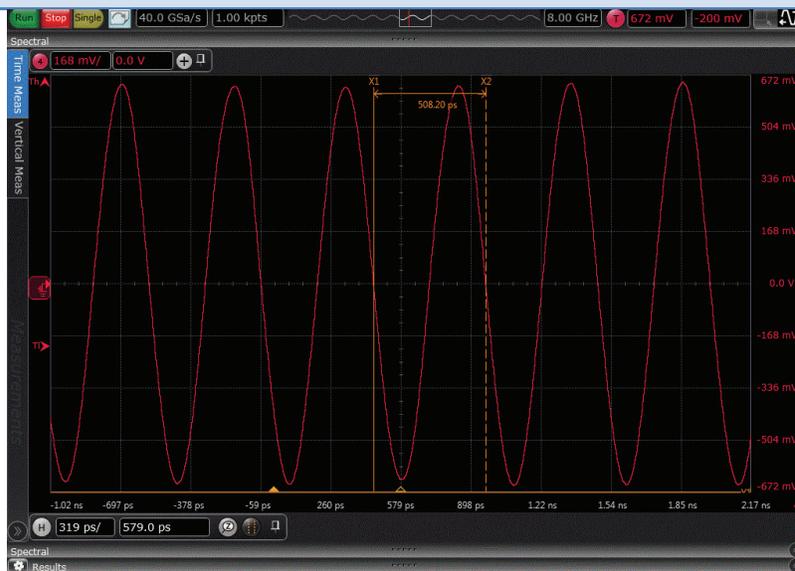


Figura 4. 92 Señal en el tiempo 1900 MHz Phantom P804288

Medición en frecuencia Phantom P804288

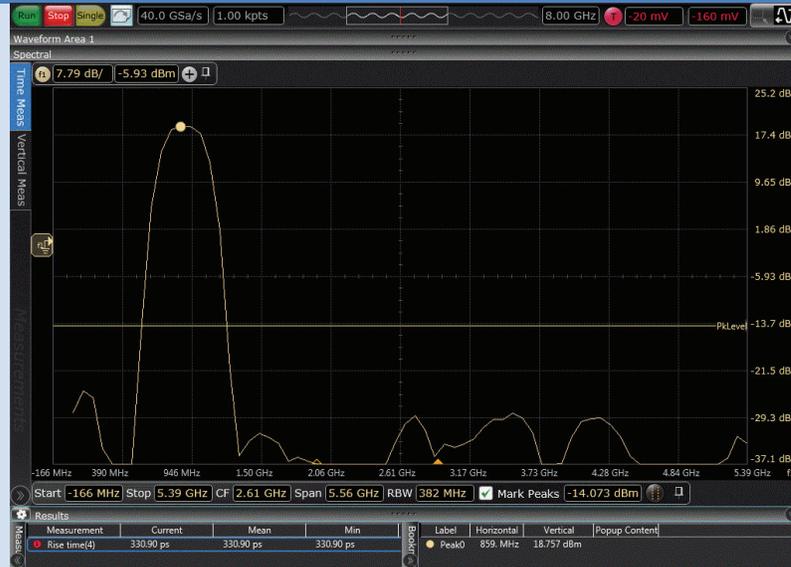


Figura 4. 93 Señal en frecuencia 850 MHz Phantom P804288

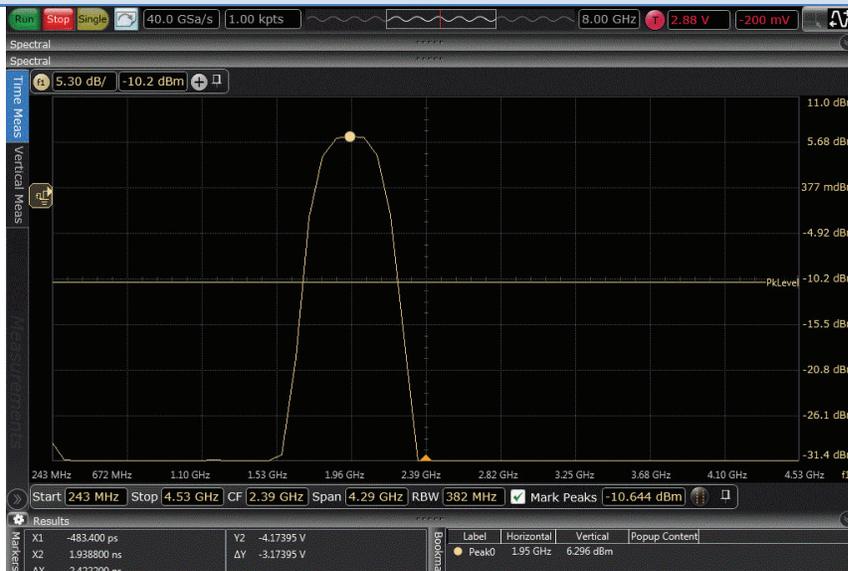


Figura 4. 94 Señal en frecuencia 1900 MHz Phantom P804288

Medición en tiempo Phantom P804290

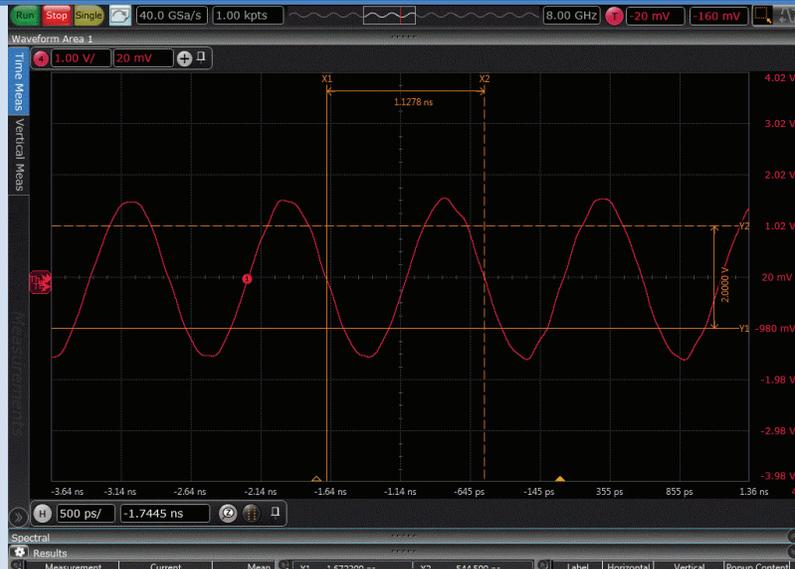


Figura 4. 95 Señal en el tiempo 850 MHz Phantom P804290

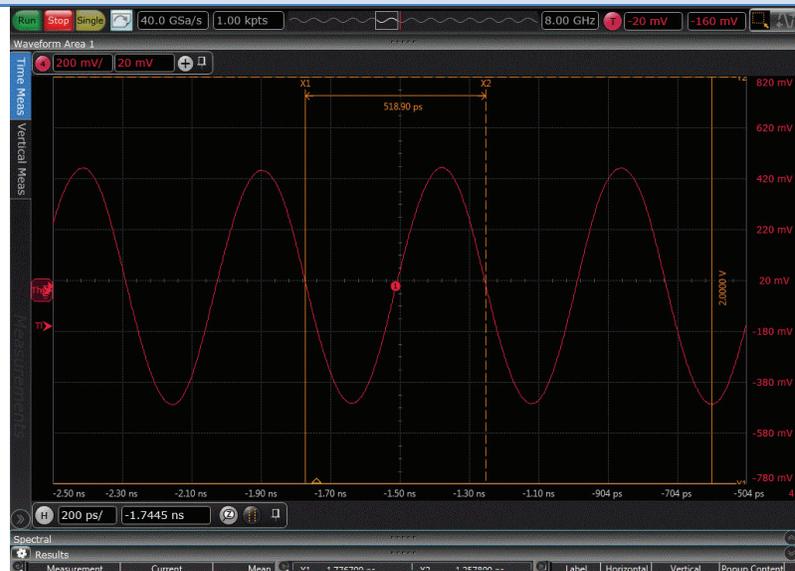


Figura 4. 96 Señal en el tiempo 1900 MHz Phantom P804290

Medición en frecuencia Phantom P804290



Figura 4. 97 Señal en frecuencia 859 MHz Phantom P804290



Figura 4. 98 Señal en frecuencia 1900 MHz Phantom P804290

4.6 MEDICIÓN CON EL EQUIPO NARDA SMR 3000

El equipo de medición Narda SMR 3000 Figura 4.99 es un sistema de medición de frecuencia selectiva que ayuda con el análisis de seguridad y mediciones ambientales de los campos electromagnéticos en la gama de alta frecuencia en el rango de 9 kHz a 6 GHz. Ya que las señales de esta magnitud son difíciles de muestrear digitalmente se utiliza la combinación de procesamiento digital de señales y analógicas.



Figura 4. 99 Narda SMR 3000

El equipo Narda SMR 3000 se compone de las partes que se detallan en la Figura 4.100, con las cuales se configura la medición para los diferentes ambientes mencionados en el capítulo anterior los cuales son ocupacional y público en general.

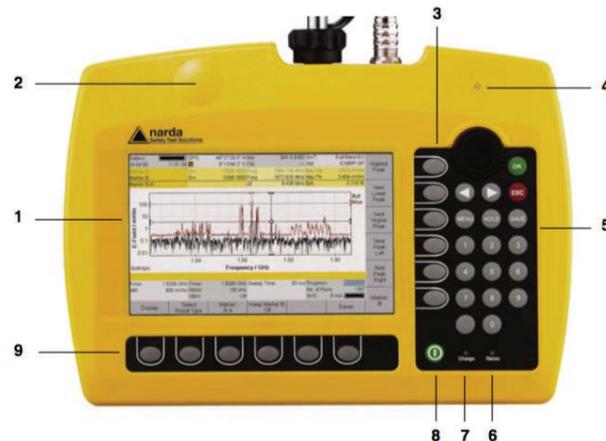


Figura 4. 100 Partes del equipo Narda SMR 3000

1. **Pantalla LCD:** para la visualización de los resultados de la medición.
2. **Receptor GPS:** se posiciona la antena receptora para GPS.
3. **Menú Vertical:** selección de modo de operación y funciones.
4. **Micrófono:** para guardar comentarios de voz
5. **Teclado principal:** navegación, cambio de parámetros, ingreso de valores, confirmación o cancelación de entradas .
6. **Led de estatus:** si es de color verde el dispositivo está listo para el uso, si es de color rojo el dispositivo se está inicializando o existe un error.
7. **Indicador de carga:** si es de color rojo el dispositivo está cargándose, si es de color verde el dispositivo está completamente cargado.
8. **Botón On/Off:** enciende y apaga el dispositivo.
9. **Menú Horizontal:** selección de funciones y cambio de parámetros.

Para las mediciones de los equipos inhibidores se tomará el equipo con mayor potencia que se obtuvo previamente con el equipo analizador de señales N9010A. Ya que es el que mayor potencia emite y por tanto el de mayor nivel de radiación no ionizante.

La medición se acoge a las recomendaciones propuestas por la norma UIT-T K.52 en las cuales se expresa que el tiempo de promediación para las frecuencias dentro del rango de 100 KHz y 10 GHz es de seis minutos, además se debe medir en todas las direcciones alrededor de la antena a una distancia igual o múltiplo de la longitud de onda a la que se emite la señal.

4.6.1 RESULTADO DE LAS PRUEBAS DEL EQUIPO NARDA SMR 3000

Las pruebas se realizaron en ángulos de 30 grados con un tiempo de promediación de seis minutos y para la frecuencia de 850 MHz a una distancia de 35 [cm], y para la frecuencia de 1900 a una distancia de 16 [cm]. En la Figura 4.101 se muestra la disposición del equipo de medición cada 30°.

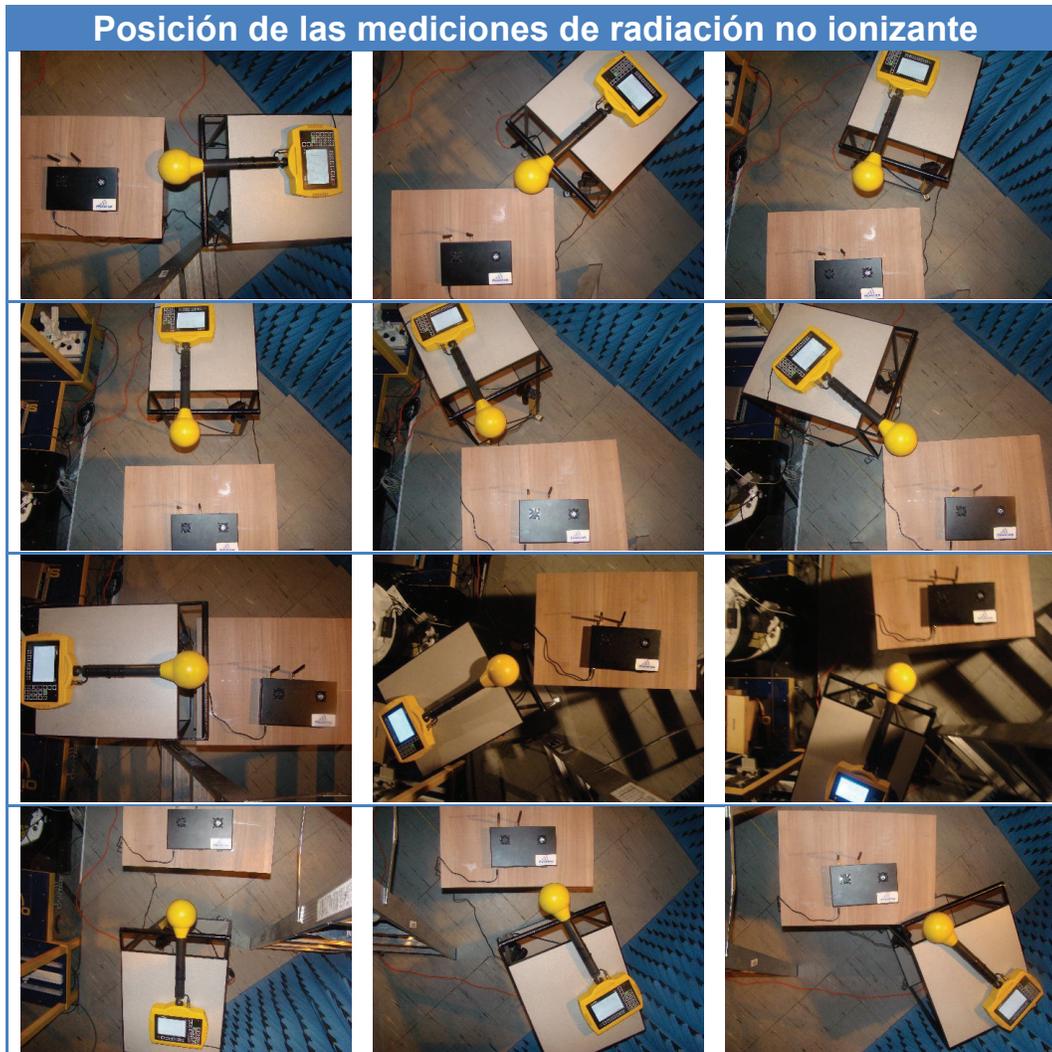


Figura 4. 101 Posiciones para la medición con el equipo Narda SMR 3000

Las mediciones se realizaron dentro de la cámara semi-anechoica que posee el laboratorio, dando los siguientes resultados de medición:

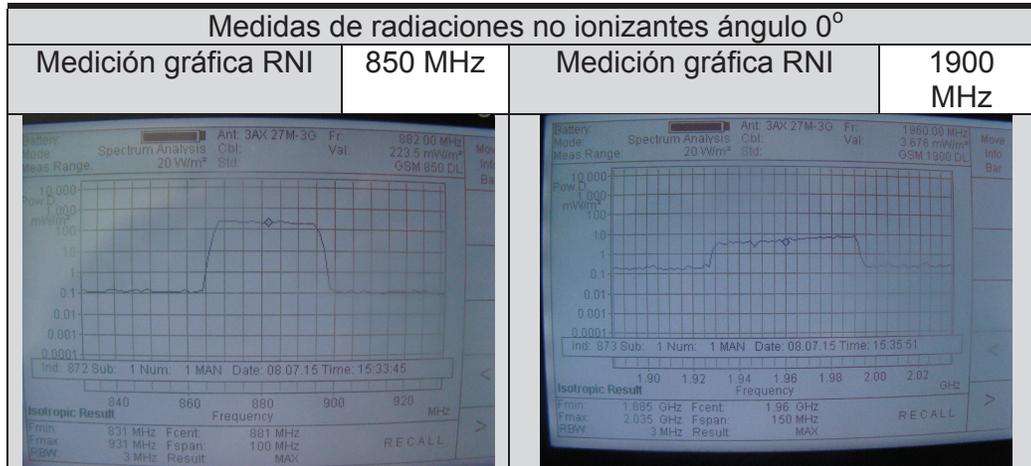


Tabla de mediciones RNI bandas de frecuencia celular

Service	Value	Frequency
NA. Cellu. UL	387.3 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	746.000 MHz to 764.000 MHz
NA. Cellu. DL	387.1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	776.000 MHz to 794.000 MHz
GSM 850 UL	431.1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	824.000 MHz to 849.000 MHz
GSM 850 DL	717.9 mW/m^2	869.000 MHz to 894.000 MHz
GSM 1900 UL	1.413 mW/m^2	1850.000 MHz to 1910.000 MHz
GSM 1900 DL	13.87 mW/m^2	1930.000 MHz to 1990.000 MHz
Others	98.73 mW/m^2	
Ind: 874 Sub: 1 Num: 1 MAN Date: 08.07.15 Time: 15:41:42		
Total	833.1 mW/m^2	746.000 MHz to 1990.000 MHz
Isotropic Result		
Fmin:	746 MHz	
Fmax:	1.99 GHz	
RBW:	3 MHz	Result: MAX

Tabla 4. 11 Gráficas de medición para radiaciones no ionizante ángulo 0°

Tabla de resultados:

Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
Up Link	Down Link	Up Link	Down Link
431.1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	717.9 mW/m^2	1.413 mW/m^2	13.87 mW/m^2

Tabla 4. 12 Medición de radiaciones no ionizantes ángulo 0°

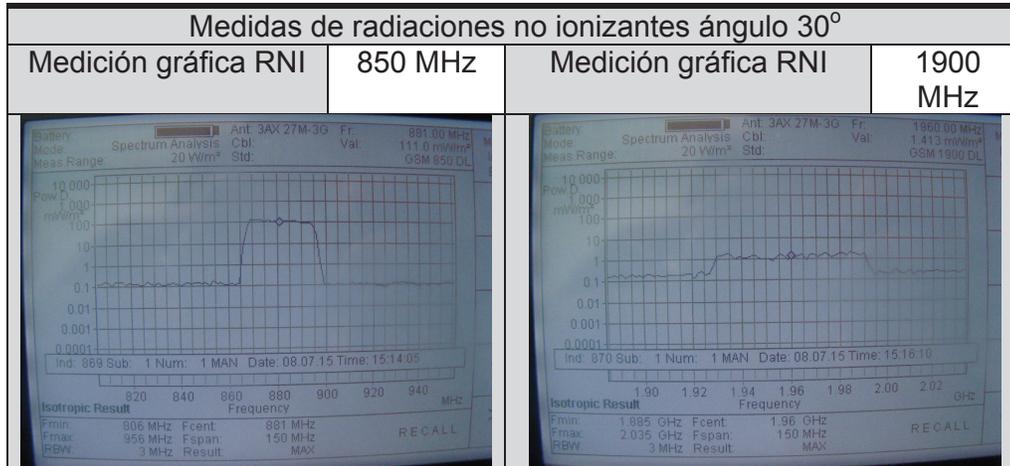


Tabla de mediciones RNI bandas de frecuencia celular

Service	Value	Frequency
NA. Cellu. UL	389.5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	746.000 MHz to 764.000 MHz
NA. Cellu. DL	362.1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	776.000 MHz to 794.000 MHz
GSM 850 UL	414.2 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	824.000 MHz to 849.000 MHz
GSM 850 DL	182.6 mW/m^2	869.000 MHz to 894.000 MHz
GSM 1900 UL	1.480 mW/m^2	1850.000 MHz to 1910.000 MHz
GSM 1900 DL	4.219 mW/m^2	1930.000 MHz to 1990.000 MHz
Others	70.85 mW/m^2	
Ind: 871 Sub: 1 Num: 1 MAN Date: 08.07.15 Time: 15:29:39		
Total	260.3 mW/m^2	746.000 MHz to 1990.000 MHz
Isotropic Result		
Fmin:	746 MHz	
Fmax:	1.99 GHz	
RBW:	3 MHz	Result: MAX

Tabla 4. 13 Gráficas de medición para radiaciones no ionizante ángulo 30°

Tabla de resultados:

Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
Up Link	Down Link	Up Link	Down Link
$414.2 \mu\text{W}/\text{m}^2$	$182.6 \text{mW}/\text{m}^2$	$1.48 \text{mW}/\text{m}^2$	$4.219 \text{mW}/\text{m}^2$

Tabla 4. 14 Medición de radiaciones no ionizantes ángulo 30°

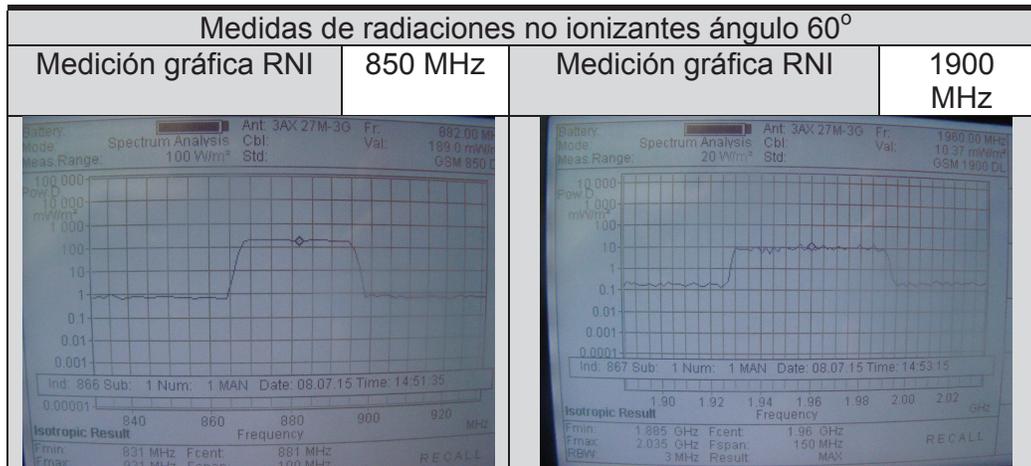


Tabla de mediciones RNI bandas de frecuencia celular

Service	Value	Frequency
NA. Cellu. UL	387.6 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	746.000 MHz to 764.000 MHz
NA. Cellu. DL	346.4 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	776.000 MHz to 794.000 MHz
GSM 850 UL	415.0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	824.000 MHz to 849.000 MHz
GSM 850 DL	554.3 mW/m^2	869.000 MHz to 894.000 MHz
GSM 1900 UL	1.433 mW/m^2	1850.000 MHz to 1910.000 MHz
GSM 1900 DL	25.21 mW/m^2	1930.000 MHz to 1990.000 MHz
Others	154.4 mW/m^2	
Ind: 868 Sub: 1 Num: 1 MAN Date: 08.07.15 Time: 15:01:38		
Total	736.6 mW/m^2	746.000 MHz to 1990.000 MHz
Isotropic Result		
Fmin:	746 MHz	
Fmax:	1.99 GHz	
RBW:	3 MHz	Result: MAX

Tabla 4. 15 Gráficas de medición para radiaciones no ionizante ángulo 60°

Tabla de resultados:

Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
Up Link	Down Link	Up Link	Down Link
415.0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	554.3 mW/m^2	1.433 mW/m^2	25.21 mW/m^2

Tabla 4. 16 Medición de radiaciones no ionizantes ángulo 60°

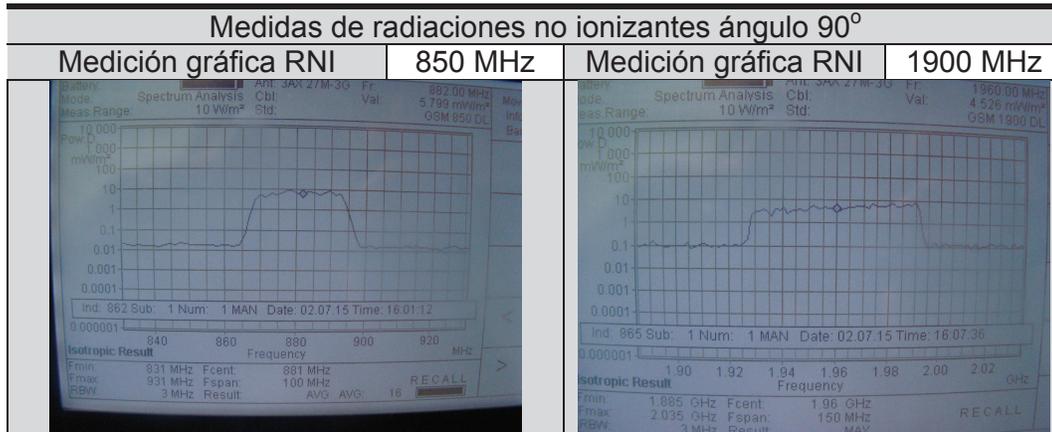


Tabla de mediciones RNI bandas de frecuencia celular

Service	Value	Frequency
NA. Cellu. UL	193.3 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	746.000 MHz to 764.000
NA. Cellu. DL	147.2 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	776.000 MHz to 794.000
GSM 850 UL	187.2 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	824.000 MHz to 849.000
GSM 850 DL	434.8 mW/m^2	869.000 MHz to 894.000
GSM 1900 UL	633.1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1850.000 MHz to 1910.000
GSM 1900 DL	12.48 mW/m^2	1930.000 MHz to 1990.000
Others	93.38 mW/m^2	
Ind: 864 Sub: 1 Num: 1 MAN Date: 02.07.15 Time: 16:06:07		
Total	541.8 mW/m^2	746.000 MHz to 1990.000 MHz
Isotropic Result		
Fmin:	746 MHz	
Fmax:	1.99 GHz	
RBW:		

Tabla 4. 17 Gráficas de medición para radiaciones no ionizante ángulo 90°

Tabla de resultados:

Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
<i>Up Link</i>	<i>Down Link</i>	<i>Up Link</i>	<i>Down Link</i>
187.2 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	434.8 mW/m^2	633.1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	12.48 mW/m^2

Tabla 4. 18 Medición de radiaciones no ionizantes ángulo 90°

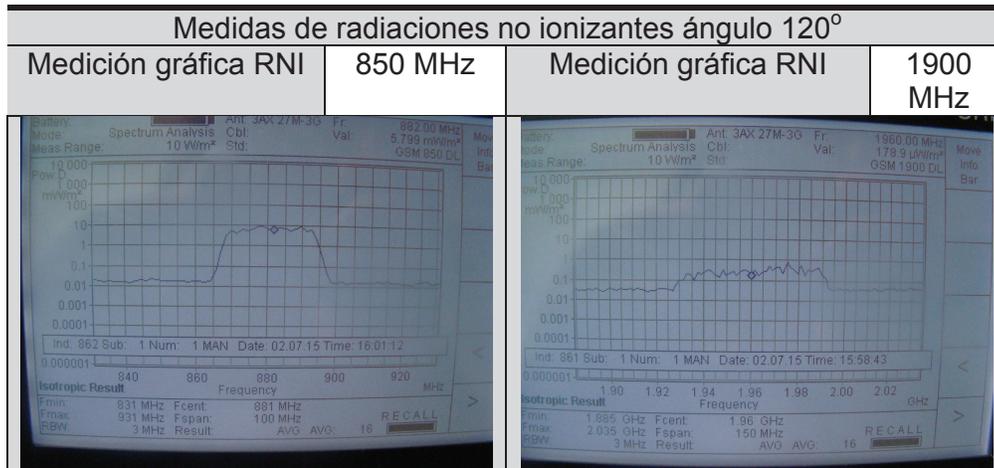


Tabla de mediciones RNI bandas de frecuencia celular

Service	Value	Frequency
NA. Cellu. UL	193.3 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	746.000 MHz to 764.000 MHz
NA. Cellu. DL	144.5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	776.000 MHz to 794.000 MHz
GSM 850 UL	172.9 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	824.000 MHz to 849.000 MHz
GSM 850 DL	86.36 mW/m^2	869.000 MHz to 894.000 MHz
GSM 1900 UL	633.1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1850.000 MHz to 1910.000 MHz
GSM 1900 DL	1.965 mW/m^2	1930.000 MHz to 1990.000 MHz
Others	20.20 mW/m^2	
Ind: 863 Sub: 1 Num: 1 MAN Date: 02.07.15 Time: 16:05:28		
Total	109.7 mW/m^2	746.000 MHz to 1990.000 MHz
Isotropic Result		
Fmin:	746 MHz	
Fmax:	1.99 GHz	
RBW:	3 MHz	Result: MAX

Tabla 4. 19 Gráficas de medición para radiaciones no ionizante ángulo 120°

Tabla de resultados:

Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
<i>Up Link</i>	<i>Down Link</i>	<i>Up Link</i>	<i>Down Link</i>
172.9 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	86.36 mW/m^2	633.1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1.965 mW/m^2

Tabla 4. 20 Medición de radiaciones no ionizantes ángulo 120°

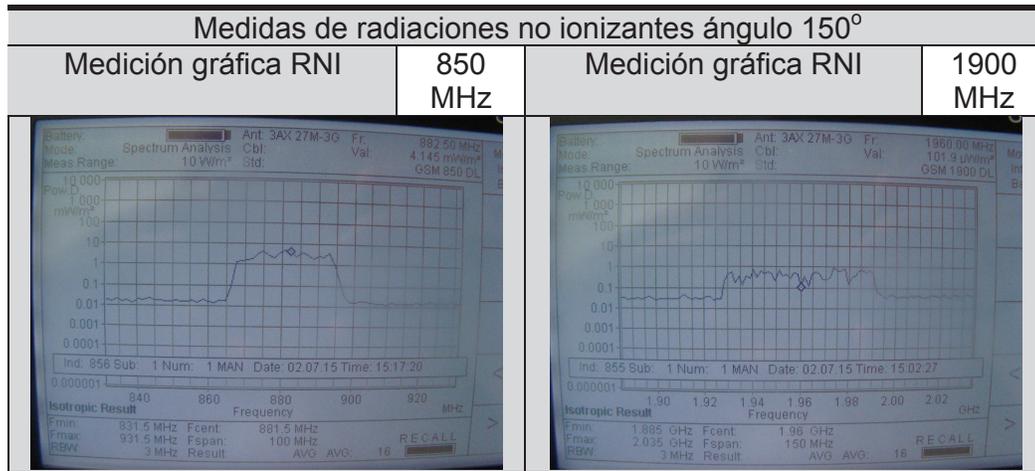


Tabla de mediciones RNI bandas de frecuencia celular

Battery: [redacted] Ant: 3AX 27M-3G Cellular+GSM		
Mode: Safety Evaluation Cbl:		
Meas Range: 10 W/m² Std:		
Service	Value	Frequency
NA. Cellu. UL	143.2 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	746.000 MHz to 764.000 MHz
NA. Cellu. DL	97.47 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	776.000 MHz to 794.000 MHz
GSM 850 UL	186.9 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	824.000 MHz to 849.000 MHz
GSM 850 DL	58.52 mW/m^2	869.000 MHz to 894.000 MHz
GSM 1900 UL	503.0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	1850.000 MHz to 1910.000 MHz
GSM 1900 DL	4.357 mW/m^2	1930.000 MHz to 1990.000 MHz
Others	9.885 mW/m^2	
Ind: 859 Sub: 1 Num: 1 MAN Date: 02.07.15 Time: 15:30:53		
Total 73.69 mW/m^2 746.000 MHz to 1990.000 MHz		
Isotropic Result		
Fmin:	746 MHz	
Fmax:	1.99 GHz	
RBW:	3 MHz	Result: ACT

Tabla 4. 21 Gráficas de medición para radiaciones no ionizante ángulo 150°

Tabla de resultados:

Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
<i>Up Link</i>	<i>Down Link</i>	<i>Up Link</i>	<i>Down Link</i>
186.9 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	58.52 mW/m^2	503.0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	4.357 mW/m^2

Tabla 4. 22 Medición de radiaciones no ionizantes ángulo 150°

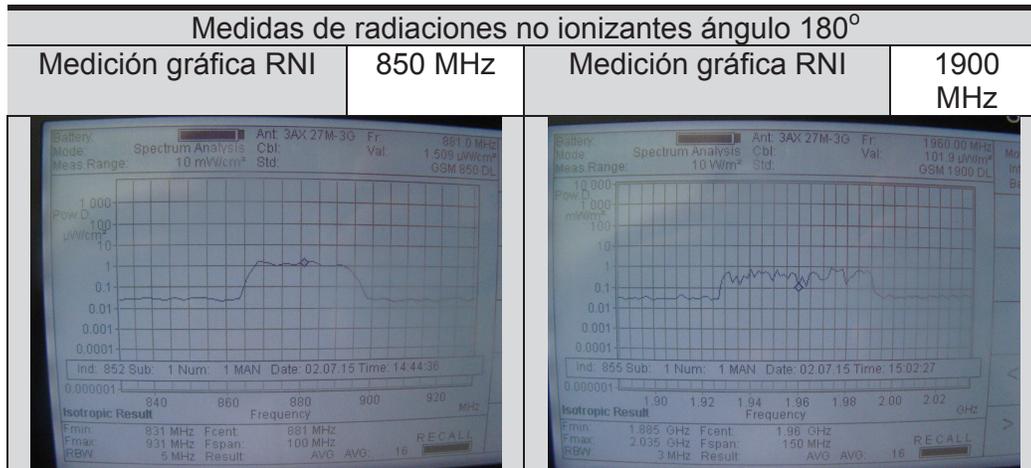


Tabla de mediciones RNI bandas de frecuencia celular

Battery: [] Ant: 3AX 27M-3G Cellular+GSM		
Mode: Safety Evaluation Cbl:		
Meas.Range: 100 W/m ² Std:		
Service	Value	Frequency
NA. Cellu. UL	988.5 μW/m ²	746.000 MHz to 764.000 MHz
NA. Cellu. DL	1.042 mW/m ²	776.000 MHz to 794.000 MHz
GSM 850 UL	1.552 mW/m ²	824.000 MHz to 849.000 MHz
GSM 850 DL	75.36 mW/m ²	869.000 MHz to 894.000 MHz
GSM 1900 UL	5.554 mW/m ²	1850.000 MHz to 1910.000 MHz
GSM 1900 DL	11.29 mW/m ²	1930.000 MHz to 1990.000 MHz
Others	69.49 mW/m ²	
Ind: 854 Sub: 1 Num: 1 MAN Date: 02.07.15 Time: 14:55:26		
Total	165.3 mW/m ²	746.000 MHz to 1990.000 MHz
Isotropic Result		
Fmin:	746 MHz	
Fmax:	1.99 GHz	
RBW:	3 MHz	Result: ACT

Tabla 4. 23 Gráficas de medición para radiaciones no ionizante ángulo 180°

Tabla de resultados:

Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
Up Link	Down Link	Up Link	Down Link
1.552 mW/m ²	75.36 mW/m ²	5.554 mW/m ²	11.29 mW/m ²

Tabla 4. 24 Medición de radiaciones no ionizantes ángulo 180°

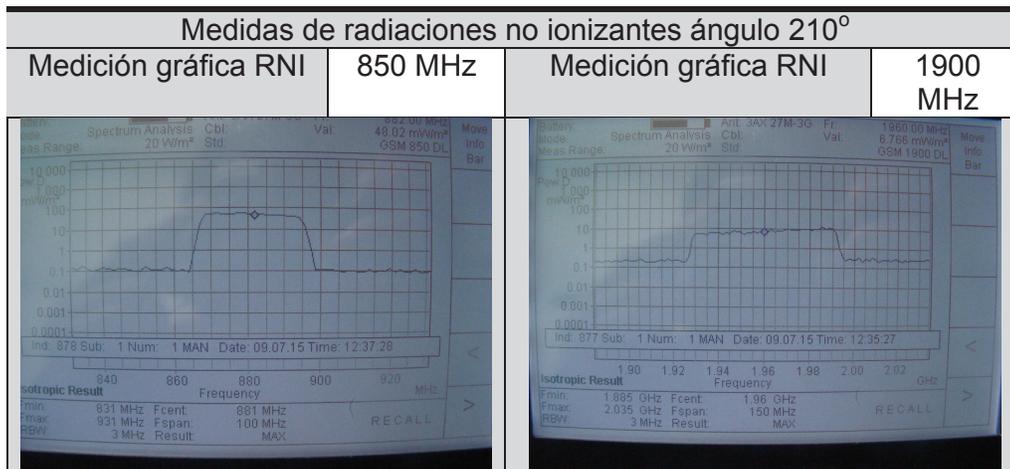


Tabla de mediciones RNI bandas de frecuencia celular

Battery: Ant: 3AX 27M-3G Cellular+GSM			Move Info Bar
Mode: Safety Evaluation Cbl:			
Meas. Range: 100 W/m² Std:			
Service	Value	Frequency	
NA. Cellu. UL	1.929 mW/m²	746.000 MHz to 764.000 MHz	
NA. Cellu. DL	1.688 mW/m²	776.000 MHz to 794.000 MHz	
GSM 850 UL	2.098 mW/m²	824.000 MHz to 849.000 MHz	
GSM 850 DL	86.41 mW/m²	869.000 MHz to 894.000 MHz	
GSM 1900 UL	6.899 mW/m²	1850.000 MHz to 1910.000 MHz	
GSM 1900 DL	16.04 mW/m²	1930.000 MHz to 1990.000 MHz	
Others	89.15 mW/m²		
Ind: 876 Sub: 1 Num: 1 MAN Date: 09.07.15 Time: 12:32:12			
Total		204.2 mW/m²	746.000 MHz to 1990.000 MHz
Isotropic Result			
Fmin:	746 MHz		
Fmax:	1.99 GHz		
RBW:	3 MHz	Result:	MAX

Tabla 4. 25 Gráficas de medición para radiaciones no ionizante ángulo 210°

Tabla de resultados:

Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
<i>Up Link</i>	<i>Down Link</i>	<i>Up Link</i>	<i>Down Link</i>
2.098 mW/m²	86.41 mW/m²	6.899 μW/m²	16.04 mW/m²

Tabla 4. 26 Medición de radiaciones no ionizantes ángulo 210°

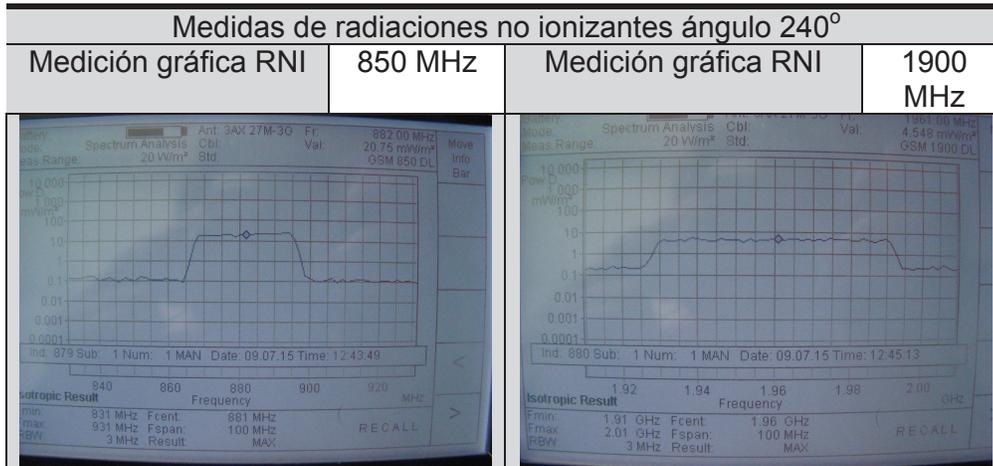


Tabla de mediciones RNI bandas de frecuencia celular

Service	Value	Frequency
NA. Cellu. UL	301.7 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	746.000 MHz to 764.000 MHz
NA. Cellu. DL	297.6 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	776.000 MHz to 794.000 MHz
GSM 850 UL	378.1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	824.000 MHz to 849.000 MHz
GSM 850 DL	36.64 mW/m^2	869.000 MHz to 894.000 MHz
GSM 1900 UL	1.348 mW/m^2	1850.000 MHz to 1910.000 MHz
GSM 1900 DL	10.64 mW/m^2	1930.000 MHz to 1990.000 MHz
Others	17.99 mW/m^2	
Ind: 881 Sub: 1 Num: 1 MAN Date: 09.07.15 Time: 12:46:01		
Total	67.59 mW/m^2	746.000 MHz to 1990.000 MHz
Isotropic Result		
Fmin:	748 MHz	
Fmax:	1.99 GHz	
RBW:	3 MHz	Result: MAX

Tabla 4. 27 Gráficas de medición para radiaciones no ionizante ángulo 240°

Tabla de resultados:

Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
Up Link	Down Link	Up Link	Down Link
$297.6 \mu\text{W}/\text{m}^2$	$36.64 \text{mW}/\text{m}^2$	$1.348 \text{mW}/\text{m}^2$	$10.64 \text{mW}/\text{m}^2$

Tabla 4. 28 Medición de radiaciones no ionizantes ángulo 240°

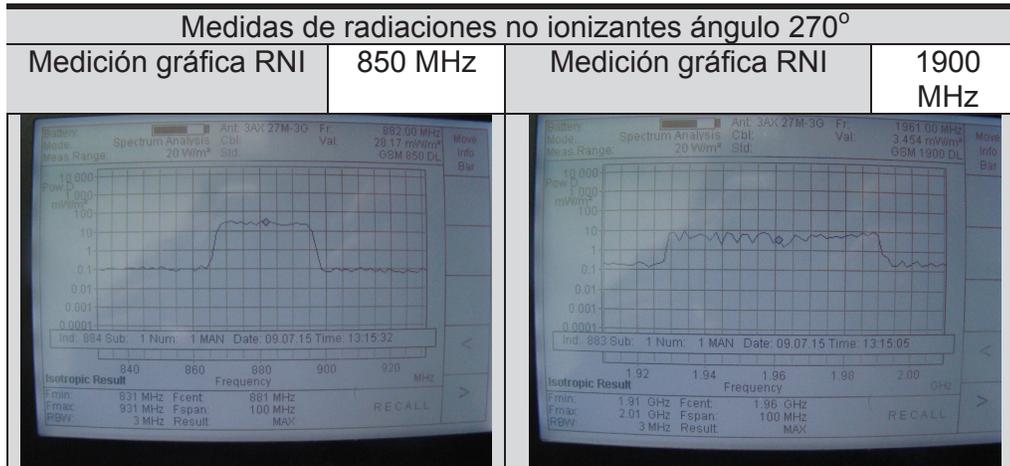


Tabla de mediciones RNI bandas de frecuencia celular

Service	Value	Frequency
NA. Cellu. UL	376.6 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	746.000 MHz to 764.000 MHz
NA. Cellu. DL	368.5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	776.000 MHz to 794.000 MHz
GSM 850 UL	428.3 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	824.000 MHz to 849.000 MHz
GSM 850 DL	67.97 mW/m^2	869.000 MHz to 894.000 MHz
GSM 1900 UL	1.448 mW/m^2	1850.000 MHz to 1910.000 MHz
GSM 1900 DL	10.64 mW/m^2	1930.000 MHz to 1990.000 MHz
Others	27.58 mW/m^2	
Ind: 882 Sub: 1 Num: 1 MAN Date: 09.07.15 Time: 13:14:30		
Total	108.8 mW/m^2	746.000 MHz to 1990.000 MHz
Isotropic Result		
Fmin:	746 MHz	
Fmax:	1.99 GHz	
RBW:	3 MHz	Result: MAX

Tabla 4. 29 Gráficas de medición para radiaciones no ionizante ángulo 270°

Tabla de resultados:

Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
<i>Up Link</i>	<i>Down Link</i>	<i>Up Link</i>	<i>Down Link</i>
428.3 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	67.97 mW/m^2	1.448 mW/m^2	10.64 mW/m^2

Tabla 4. 30 Medición de radiaciones no ionizantes ángulo 270°

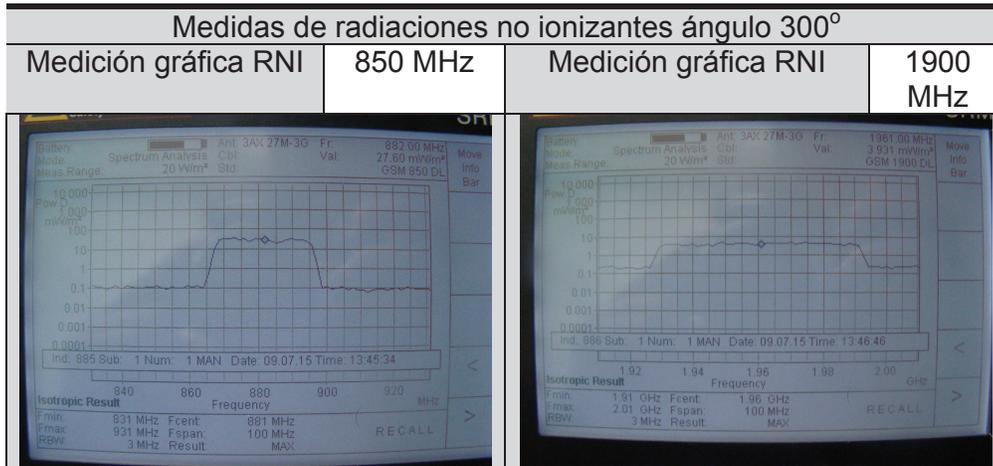


Tabla de mediciones RNI bandas de frecuencia celular

Service	Value	Frequency
NA. Cellu. UL	344.7 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	746.000 MHz to 764.000 MHz
NA. Cellu. DL	275.1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	776.000 MHz to 794.000 MHz
GSM 850 UL	364.0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	824.000 MHz to 849.000 MHz
GSM 850 DL	109.5 mW/m^2	869.000 MHz to 894.000 MHz
GSM 1900 UL	1.263 mW/m^2	1850.000 MHz to 1910.000 MHz
GSM 1900 DL	9.905 mW/m^2	1930.000 MHz to 1990.000 MHz
Others	20.04 mW/m^2	
Ind: 887 Sub: 1 Num: 1 MAN Date: 09.07.15 Time: 13:47:39		
Total	141.7 mW/m^2	746.000 MHz to 1990.000 MHz
Isotropic Result		
Fmin:	746 MHz	
Fmax:	1.99 GHz	
RBW:	3 MHz	Result: MAX

Tabla 4. 31 Gráficas de medición para radiaciones no ionizante ángulo 300°

Tabla de resultados:

Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
Up Link	Down Link	Up Link	Down Link
364.0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	109.5 mW/m^2	1.263 mW/m^2	9.905 mW/m^2

Tabla 4. 32 Medición de radiaciones no ionizantes ángulo 300°

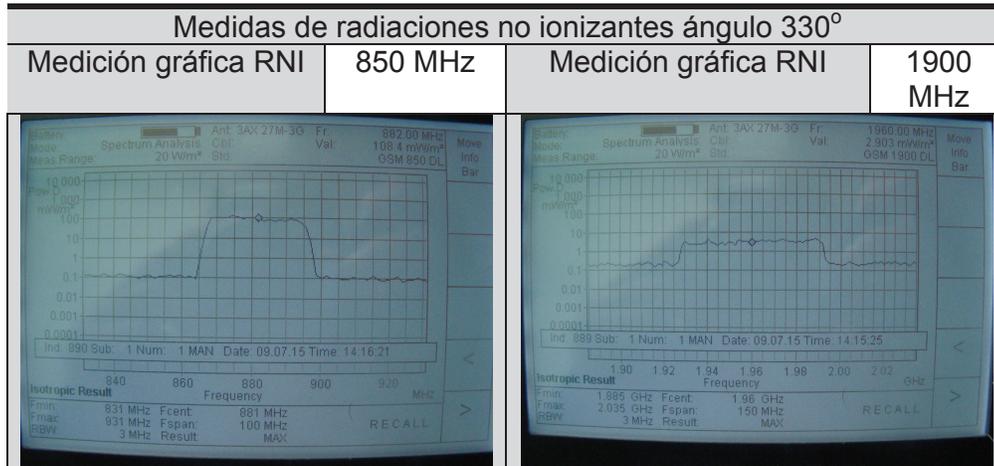


Tabla de mediciones RNI bandas de frecuencia celular

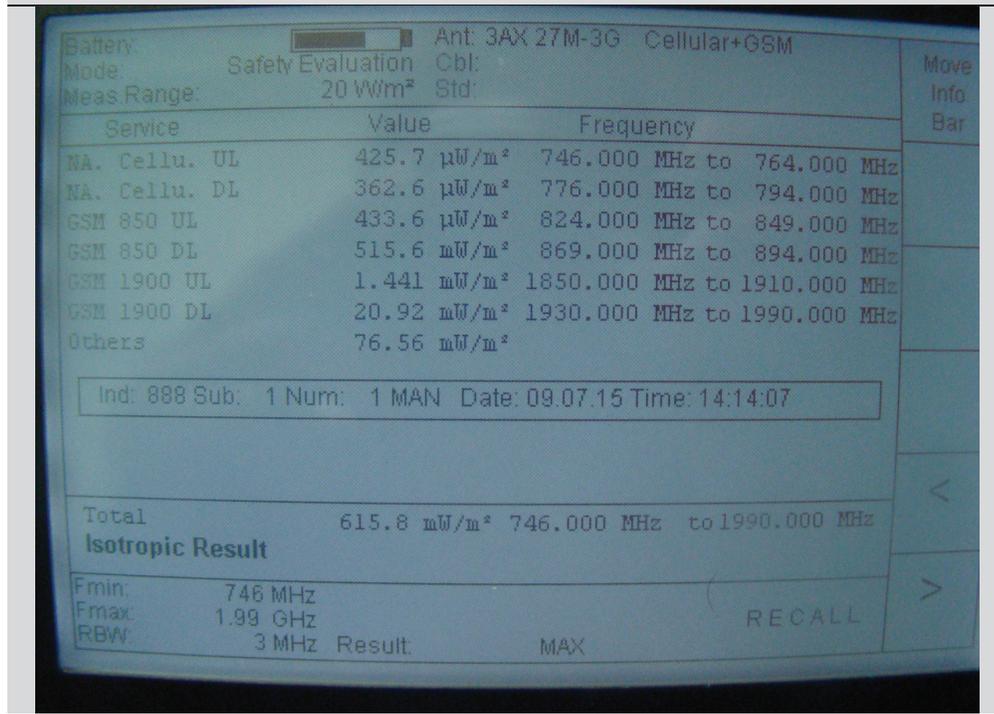


Tabla 4. 33 Gráficas de medición para radiaciones no ionizante ángulo 330°

Tabla de resultados:

Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
Up Link	Down Link	Up Link	Down Link
433.6 $\mu\text{W}/\text{m}^2$	515.6 mW/m^2	1.441 mW/m^2	20.92 mW/m^2

Tabla 4. 34 Medición de radiaciones no ionizantes ángulo 330°

La recomendación de los límites permitidos de radiación no ionizante presentados en la Tabla 3.1, para el ambiente de público en general muestra que la densidad de potencia límite es el valor de $f/200$ donde f = frecuencia de operación del dispositivo a medir en MHz, por tanto se tiene la ecuación 4.1:

Para 850 MHz:

$$S = \frac{f}{200} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

(ecuación 4.1)

$$S = \frac{850}{200} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$S = 4.25 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Para 1900 MHz:

$$S = \frac{f}{200} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$S = \frac{1900}{200} \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

$$S = 9.5 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Revisando los resultados de la medición de radiaciones no ionizantes que se obtuvieron con el equipo Narda SMR 3000 se observa que no superan los límites establecidos e incluso están muy por debajo de ellos, y ya que se tomó el equipo inhibidor con mayor potencia se puede concluir que los demás equipos tienen menores valores de densidad de potencia.

4.7 MEDICIÓN CON EL EQUIPO INVEX NXC PC

Para la medición de la calidad de señal mediante el software Invex NxC PC se debe tener en cuenta los implementos necesarios para la medición como la computadora portátil en la cual se encuentra instalado en sistema de medición, memoria usb con las licencias del software, teléfonos uno por cada operador, chips de monitoreo uno por cada operador, cables de conexión USB uno por cada teléfono. Una vez los implementos se encuentren completos se debe realizar la siguiente conectorización como se muestra en el Figura 4.102

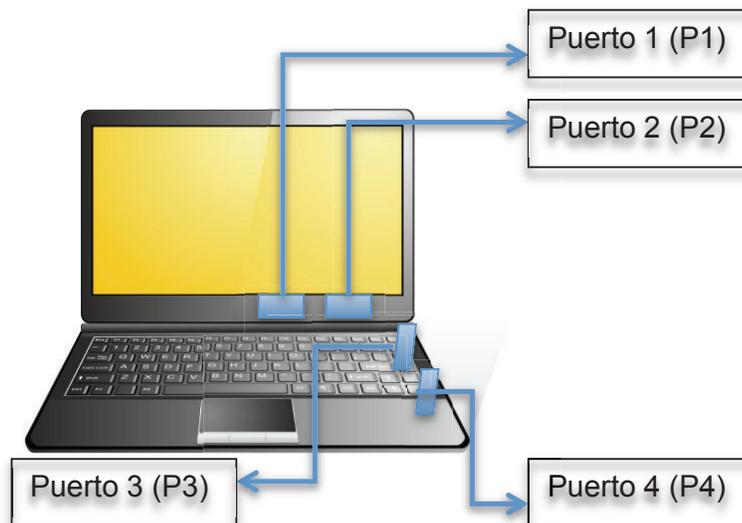


Figura 4. 102 Conectorización y puertos disponibles Invex

- **Puerto 1.** En este puerto se conectará la memoria usb que se muestra en la Figura 4.103 la cual contiene las licencias para la utilización del software instalado en la PC.
- **Puerto 2.** Conectar mediante el cable USB el teléfono correspondiente a la operadora Claro que se muestra en la Figura 4.104.
- **Puerto 3.** Conectar mediante el cable USB el teléfono correspondiente a la operadora Movistar que se muestra en la Figura 4.104.
- **Puerto 4.** Conectar mediante el cable USB el teléfono correspondiente a la operadora CNT EP que se muestra en la Figura 4.104.



Figura 4. 103 Memoria usb con las licencias Invex NxC PC



Figura 4. 104 Teléfonos celulares para cada una de las operadoras

La secuencia mencionada para los puertos es importante ya que cada uno se configura a la operadora respectiva, así como también la licencia para poder manipular el software, por tanto al momento de inicializar el ambiente de simulación de llamadas y monitoreo se realizará automáticamente un proceso de conexión de puertos a los diferentes equipos conectados.

4.7.1 CONFIGURACIÓN INVEX NXC PC

La configuración del software Invex NxC PC empieza con el encendido de la computadora que contiene la aplicación, una vez encendido el equipo se debe proceder a conectar los dispositivos como se mencionó anteriormente en la Figura 4.102.

Abrir la aplicación Invex NxC PC que se encuentra en el escritorio para el reconocimiento de las licencias y dispositivos que han sido previamente conectados a la computadora.

Una vez realizado los pasos citados aparecerá una ventana de reconocimiento del equipo Invex y se iniciará el proceso de conexión como se muestra en la Figura 4.105, en la cual intervienen las licencias que se encuentran conectadas en el puerto uno.



Figura 4. 105 Inicialización y reconocimiento del equipo Invex

A continuación, el equipo procederá a reconocer los dispositivos conectados en los puertos del computador como se observa en la Figura 4.106.



Figura 4. 106 Reconocimiento de dispositivos conectados al Invex

Si la conexión realizada se encuentra de forma correcta y reconoce todos los terminales se podrá observar como la Figura 4.107, en la pantalla superior izquierda de color verde los dispositivos conectados.

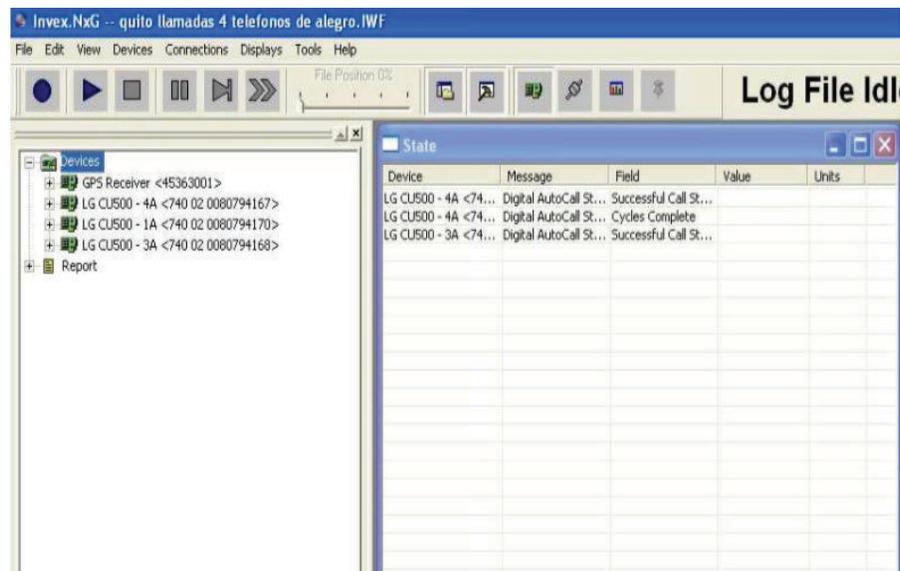


Figura 4. 107 Conexión correcta de los dispositivos al Invenx

La configuración continúa con la creación de un nuevo ambiente de simulación, por tanto se debe seleccionar en el menú principal superior *Connections*, el cual desplegará una barra de menú vertical, seleccionar *New*, inmediatamente aparecerá la ventana *Add New Connections*, seleccionar *Invenx3G Serial Device*.

Realizados los pasos anteriores aparecerá una nueva pantalla con las propiedades como se muestra en la Figura 4.108, en la que se debe ingresar el nombre de la conexión, tipo de conexión, dispositivos que se encuentran conectados.

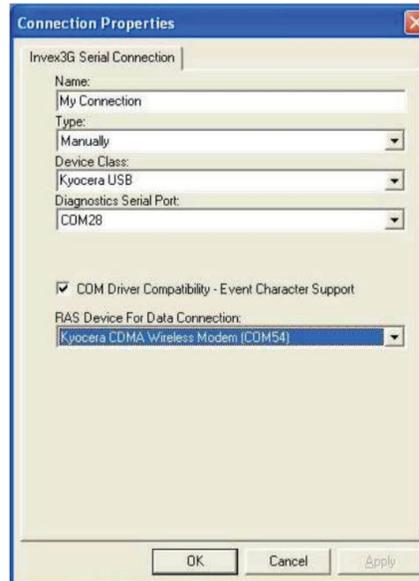


Figura 4. 108 Configuración de las propiedades de la conexión Invex

La configuración requerida para las propiedades de la conexión son las siguientes:

- *Name*: Pruebas Zona II
- *Type*: *Manually*
- *Device Class*: LG HSDPA (equipos conectados a la computadora)
- *Diagnostic Serial Port*: Puerto asignado por el sistema operativo al terminal conectado (predefinido)

Una vez ingresados los parámetros antes mencionados se da clic en el botón OK; aparecerá automáticamente la nueva conexión en la parte superior izquierda con el nombre Pruebas Zona II, dar clic derecho en la nueva conexión creada y seleccionar *Connect*, la aplicación procederá a reconocer los dispositivos conectados.

Es necesario configurar cada uno de los dispositivos conectados, esto debido a que cada uno representa a una de las operadoras que brindan el servicio en el país. Por tanto en los íconos de la parte superior izquierda en cada uno de los dispositivos dar clic derecho, seleccionar *Properties* como se muestra en la Figura

4.109, instantáneamente aparecerá una pantalla de configuración de las propiedades de dicho dispositivo.

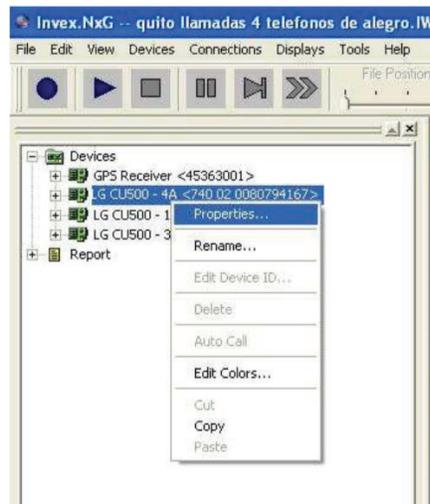


Figura 4. 109 Selección de propiedades para los dispositivos

A continuación se muestra la configuración para cada una de las operadoras que brindan el servicio móvil avanzado. Como se muestran en las Figuras 4.110, 4.111 y 4.112, en las cuales se debe colocar los siguientes parámetros para realizar una llamada periódica.

- Habilitar la opción *Enable Auto Call*
- Seleccionar en *Mode* la opción *Periodic*
- Seleccionar en *Call Type* la opción *Default Call Type*
- Ingresar un numero a llamar (Dependiendo de la operadora)
 - Conecel: 0993742379
 - Otecel: 0999729992
 - CNT EP: *611

Los parámetros de configuración para las llamadas son los siguientes.

- *Number to Dial*: 0 (Infinito)
- *Max Call Duration*: 30 (seg)
- *Wait duration*: 15 (seg)
- *Assignment Timeout*: 30

Y la opción *Network Mode*: *Dual Mode*

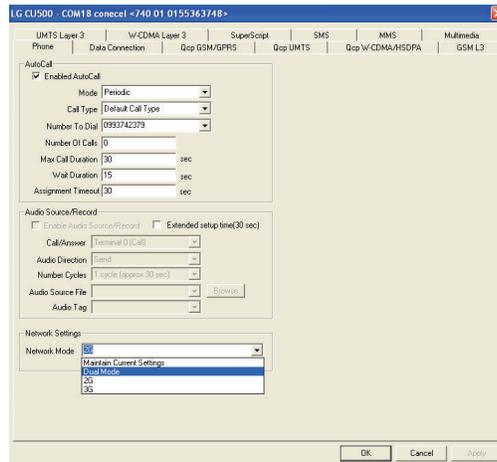


Figura 4. 110 Configuración llamada periódica operadora Claro

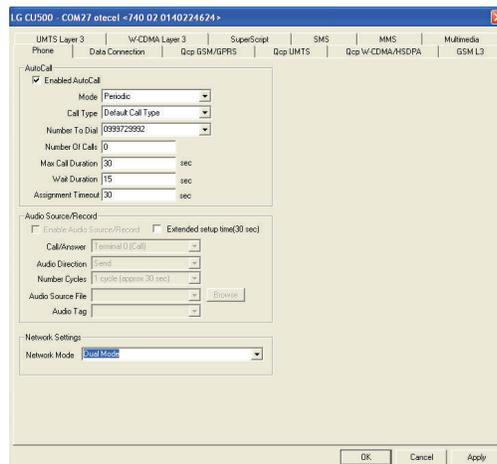


Figura 4. 111 Configuración llamada periódica operadora Movistar

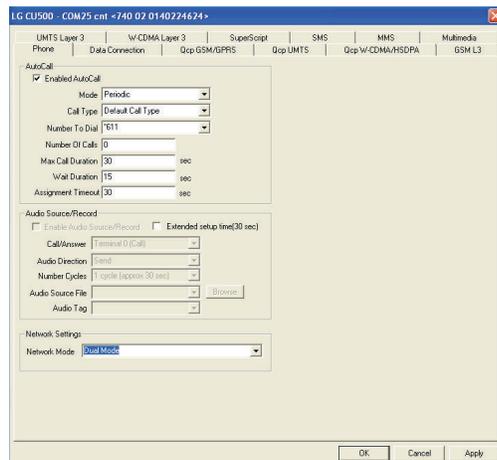


Figura 4. 112 Configuración llamada periódica operadora CNT. EP

Una vez terminada la configuración de todos los dispositivos y las configuraciones previamente expuestas; para la inicialización de las pruebas se debe dar clic en el botón de grabación y posteriormente dar un nombre a un archivo *logfile* que es como se guardan los parámetros de medición de calidad.

4.7.2 AMBIENTE DE PRUEBAS PARA INVEX NXC PC

Las pruebas para el control de calidad mediante la herramienta Invex NxC PC se las realizaron en la terraza del edificio de la Coordinación Zonal II como se muestra en la Figura 4.113, dado que se tenía el ambiente en las peores condiciones, esto quiere decir que se encuentran cercanas las antenas de los diferentes operadores que brindan el servicio móvil.

Por ende para poder inhibir una señal de mayor intensidad se requiere un equipo con buena cantidad de potencia de inhibición para las bandas de 850 MHz y 1900 MHz además de una buena ubicación en el sitio y polarización correcta de las antenas. Por tanto las pruebas se las realizaron en polarización horizontal, vertical y a 45°.



Figura 4. 113 Coordinación Zonal II terraza vista interna

En las Figura 4.114, Figura 4.115 y Figura 4.116 se observan las antenas cercanas al punto de pruebas de calidad celular.



Figura 4. 114 Antena Móvil CNT



Figura 4. 115 Antena Móvil Movistar

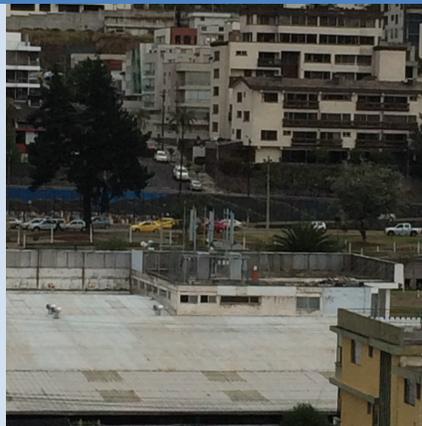


Figura 4. 116 Antena Móvil Claro

4.7.3 RESULTADO DE LAS PRUEBAS CON EL INVEX NXC PC

Las primeras pruebas realizadas fueron sin la utilización del inhibidor de señal celular, con el fin de obtener los parámetros de calidad de cada una de las operadoras, es así que en la Figura 4.117 que se muestra a continuación se observan los parámetros de llamadas periódicas que se configuraron con anterioridad.

Device	Message	Field	Value	Units
InBuilding GPS <InBuilding>	Formatted GPS Data	Latitude	0.00002	degrees
InBuilding GPS <InBuilding>	Formatted GPS Data	Longitude	0.00008	degrees
LG CU500 - COM18 conecel <740 01 0155363748>	AutoCall Status	Auto Call State	Waiting Between Calls	
LG CU500 - COM18 conecel <740 01 0155363748>	GSM L1: Channel Scan Results	Rx Power[ARFCN]	85.0 (230), -59.3 (2...	dBm
LG CU500 - COM18 conecel <740 01 0155363748>	GSM L1: Serving Cell Info	Rx Power	-58.1	dBm
LG CU500 - COM18 conecel <740 01 0155363748>	Total AutoCall Statistics	Successful Call Starts	7	
LG CU500 - COM18 conecel <740 01 0155363748>	Total AutoCall Statistics	Setup Failures	0	
LG CU500 - COM27 otecel <740 02 0140224624>	AutoCall Status	Auto Call State	Waiting Between Calls	
LG CU500 - COM27 otecel <740 02 0140224624>	GSM L1: Serving Cell Info	Rx Power	-55.5	dBm
LG CU500 - COM27 otecel <740 02 0140224624>	Total AutoCall Statistics	Successful Call Starts	7	
LG CU500 - COM27 otecel <740 02 0140224624>	Total AutoCall Statistics	Setup Failures	0	
LG CU500 - COM25 cnt <740 02 0140224624>	AutoCall Status	Auto Call State	Waiting Between Calls	
LG CU500 - COM25 cnt <740 02 0140224624>	GSM L1: Serving Cell Info	Rx Power	-64.1	dBm
LG CU500 - COM25 cnt <740 02 0140224624>	Total AutoCall Statistics	Successful Call Starts	7	
LG CU500 - COM25 cnt <740 02 0140224624>	Total AutoCall Statistics	Setup Failures	0	

Figura 4. 117 Parámetros de calidad celular sin señal de inhibición

Los parámetros más importantes que se pueden observar de cada una de las operadoras son los que se muestran en la Tabla 4.35

	Llamadas Exitosas	Llamadas Perdidas	Potencia de Recepción [dB]
Conecel	7	0	-58.1
Otecel	7	0	-55.5
Cnt	7	0	-64.1

Tabla 4. 35 Parámetros de calidad del servicio móvil sin inhibidor

Los parámetros que se obtuvieron demuestran que la señal de recepción es buena debido a la cercanía de las antenas, cuyos datos están expresados en dB. La Figura 4.118 muestra el recorrido realizado a lo largo del lugar de pruebas para calidad celular.

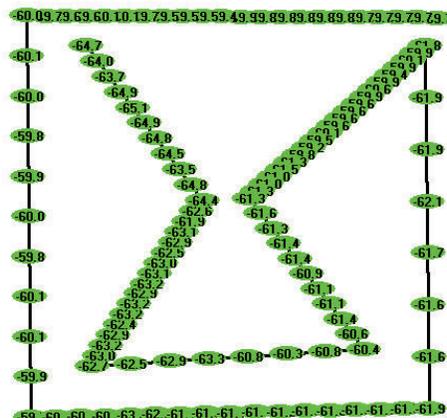


Figura 4. 118 Recorrido del piso en la Coordinación Zonal de parámetros de calidad

Las pruebas que se mostrarán a continuación forman parte de las pruebas de calidad realizadas con el inhibidor encendido como se muestra en la Figura 4.119.



Figura 4. 119 Inhibidor *Signal Knight*, modelo: 505BF

Colocado el inhibidor en la parte central del espacio de pruebas y con polarización vertical como se muestra en la Figura 4.120, se realizaron las pruebas en un recorrido a lo largo del lugar de pruebas.

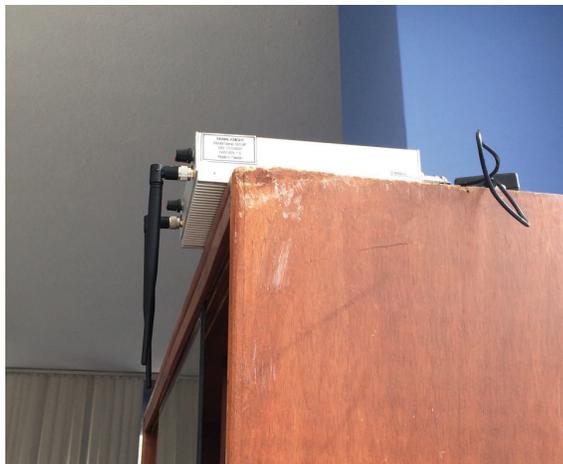


Figura 4. 120 Inhibidor con polarización vertical

El recorrido en el sitio de pruebas se muestra en la parte derecha de todas las figuras desde la Figura 4.122 hasta la Figura 4.132, es decir se tomaron las medidas en cada punto del piso en el edificio de la Coordinación Zonal.

Conociendo que las llamadas son periódicas y además tienen un tiempo de expiración expuesto anteriormente en la configuración de cada uno de los operadores se tiene los siguientes resultados.

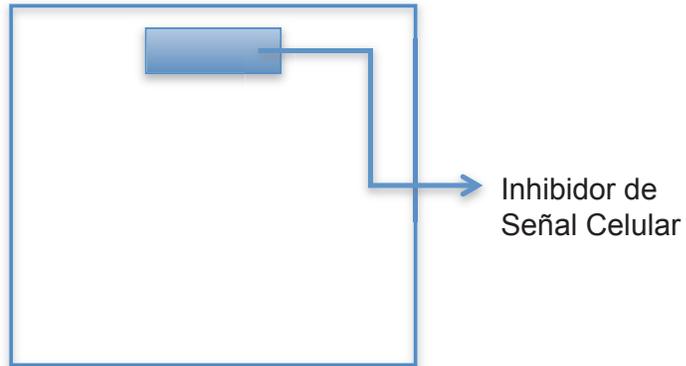


Figura 4. 121 Ubicación inhibidor en el mapa de la terraza

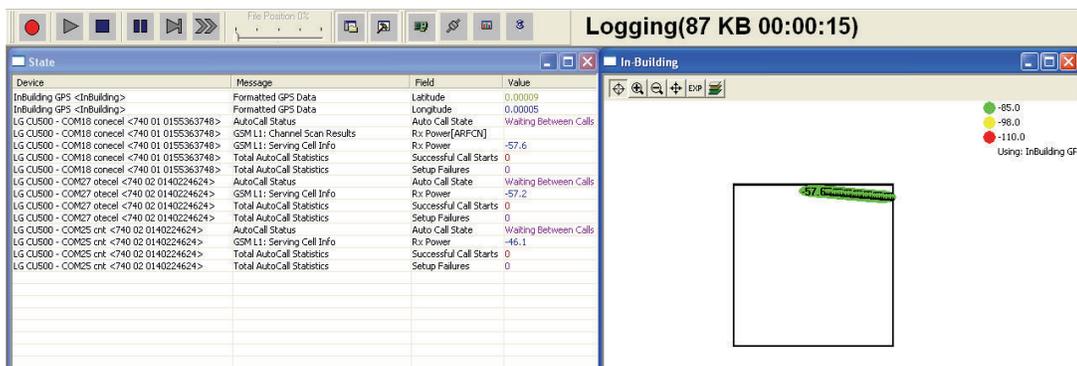


Figura 4. 122 Pruebas calidad con inhibidor de señal 1

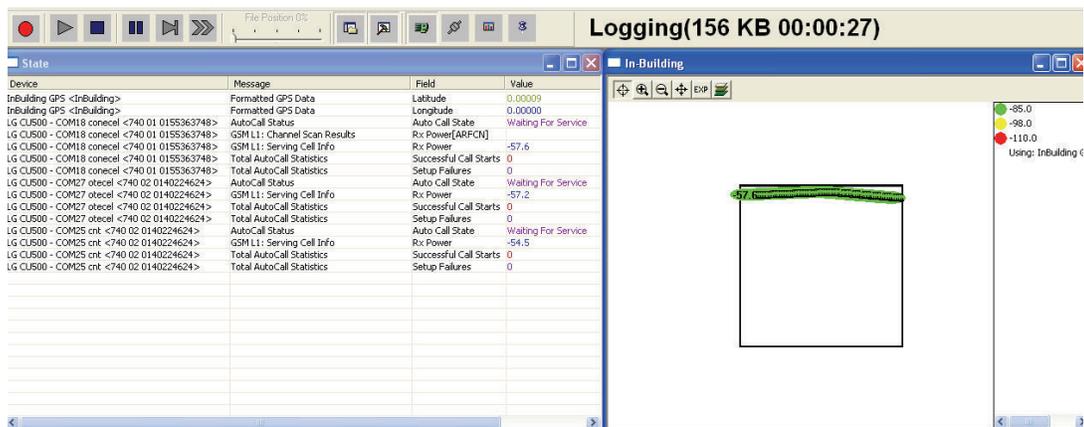


Figura 4. 123 Pruebas calidad con inhibidor de señal 2

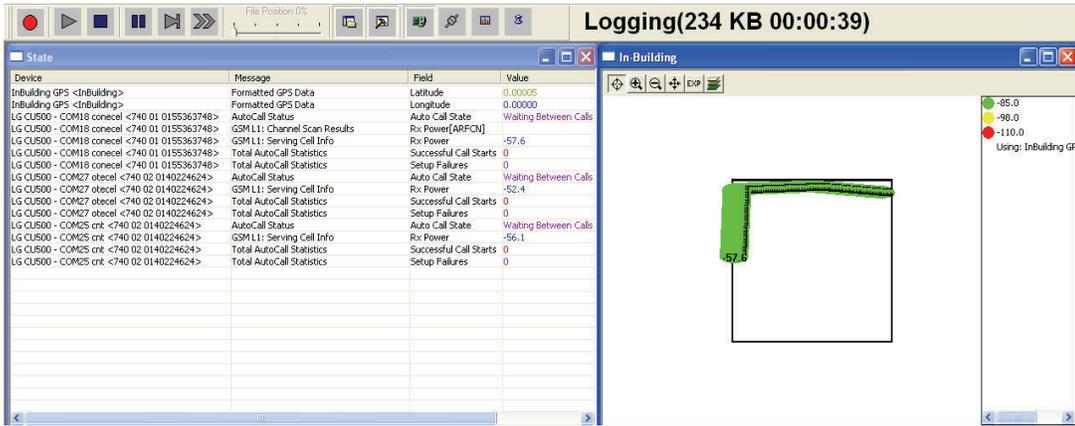


Figura 4. 124 Pruebas calidad con inhibidor de señal 3

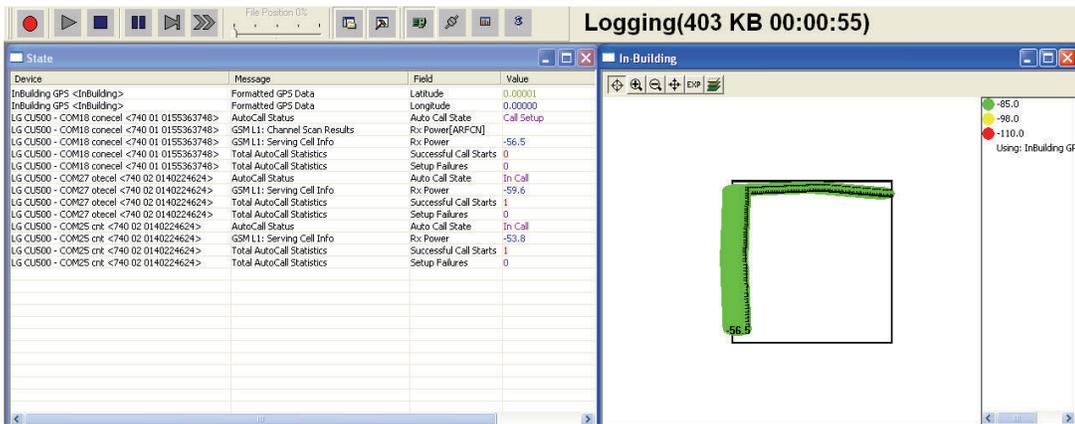


Figura 4. 125 Pruebas calidad con inhibidor de señal 4

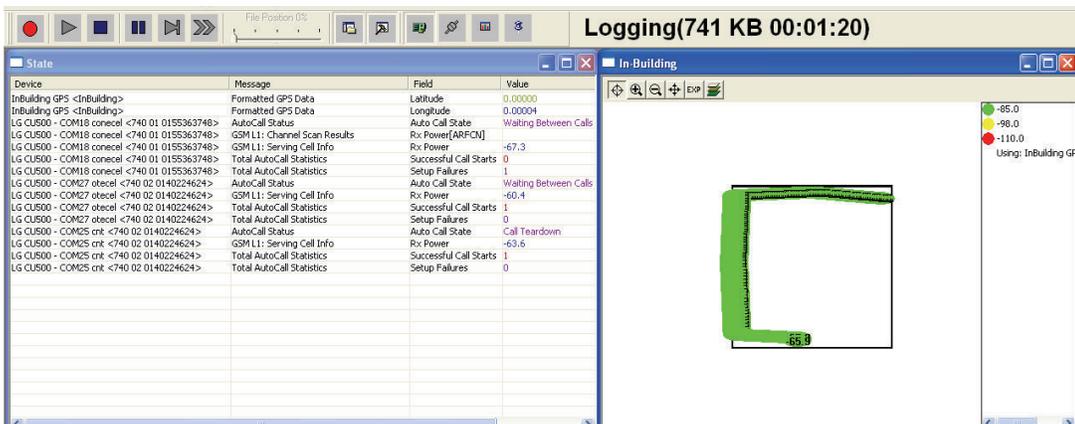


Figura 4. 126 Pruebas calidad con inhibidor de señal 5

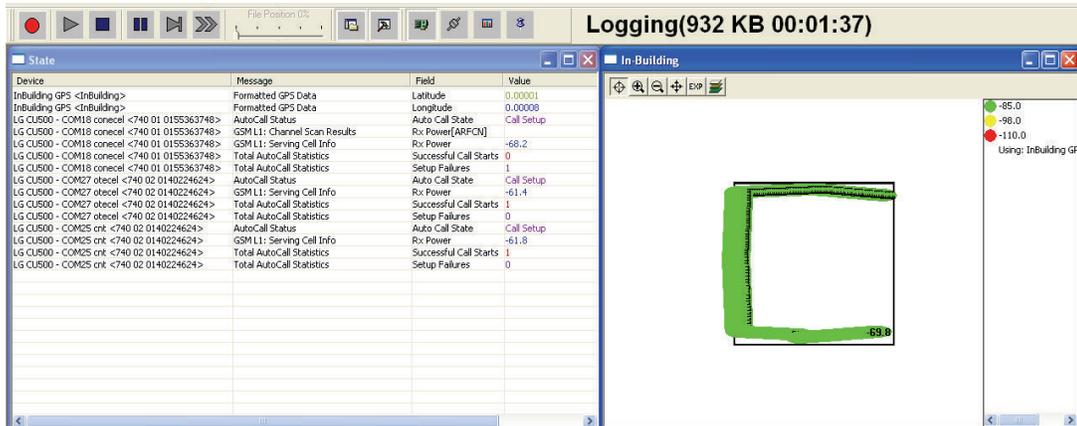


Figura 4. 127 Pruebas calidad con inhibidor de señal 6

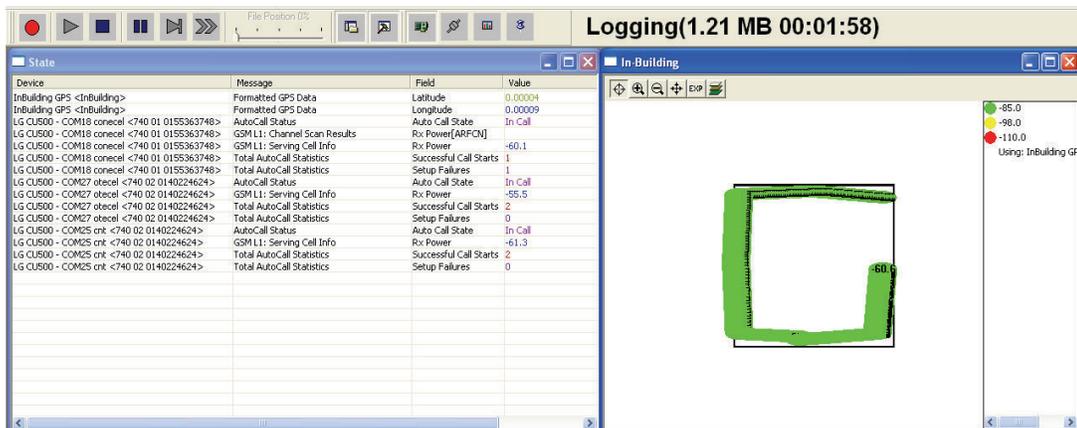


Figura 4. 128 Pruebas calidad con inhibidor de señal 7

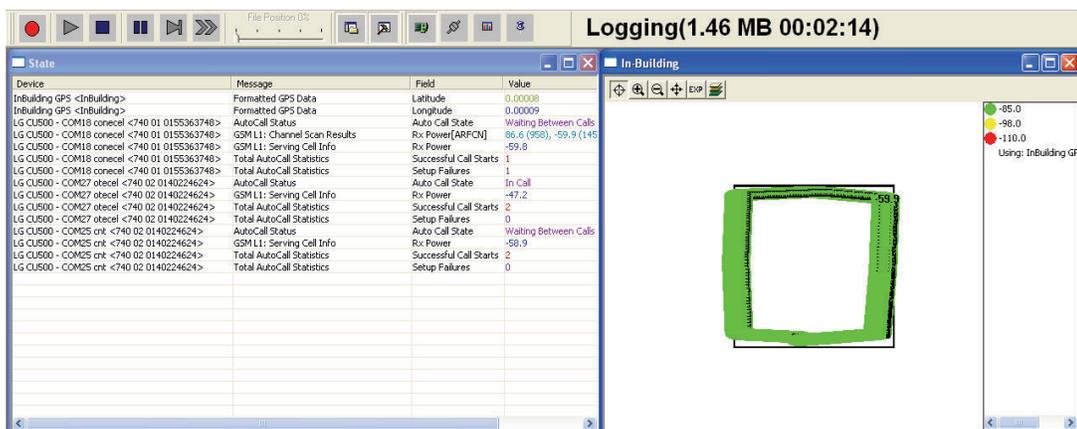


Figura 4. 129 Pruebas calidad con inhibidor de señal 8

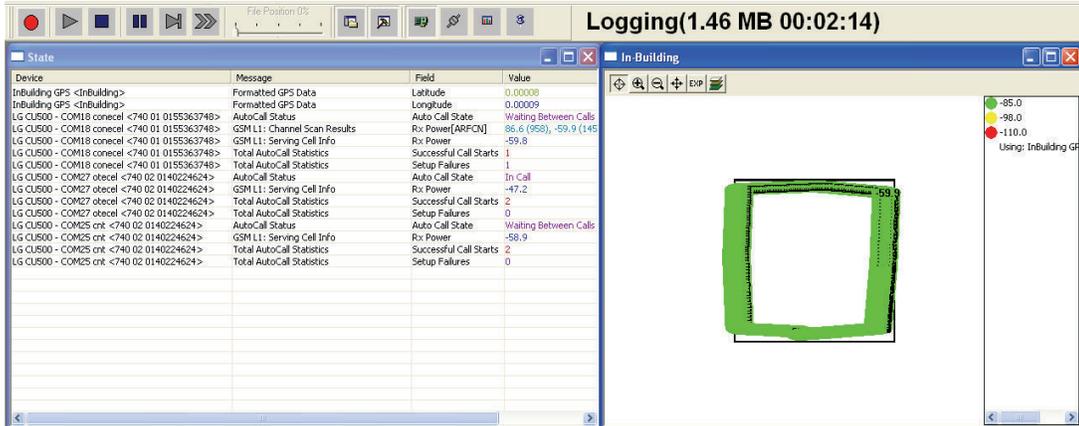


Figura 4. 130 Pruebas calidad con inhibidor de señal 9

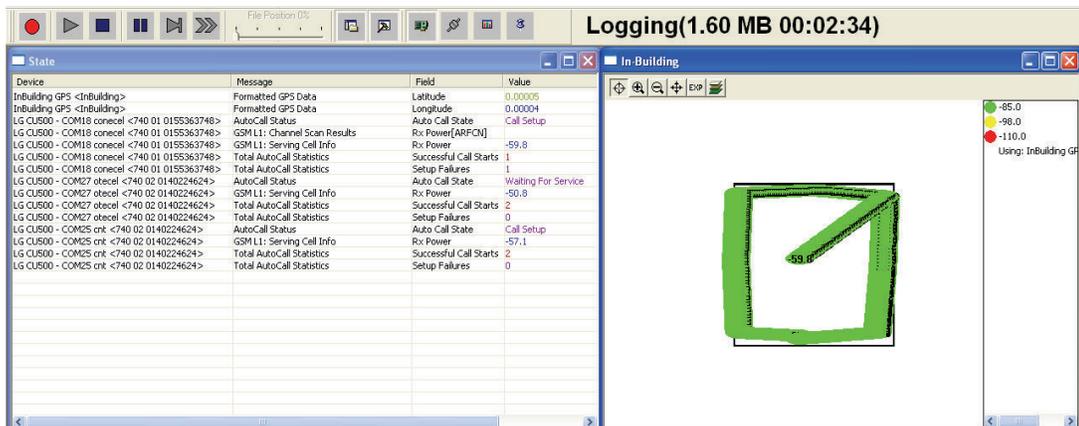


Figura 4. 131 Pruebas calidad con inhibidor de señal 10

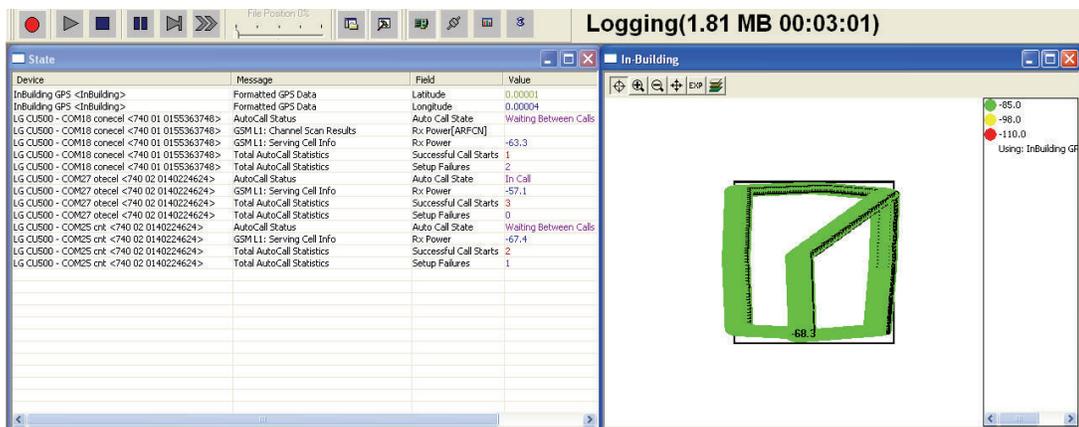


Figura 4. 132 Pruebas calidad con inhibidor de señal 11

Device	Message	Field	Value	Units
InBuilding GPS <InBuilding>	Formatted GPS Data	Latitude	0.00001	degrees
InBuilding GPS <InBuilding>	Formatted GPS Data	Longitude	0.00004	degrees
LG CU500 - COM18 conececl <740 01 0155363748>	AutoCall Status	Auto Call State	Waiting Between Calls	
LG CU500 - COM18 conececl <740 01 0155363748>	GSM L1: Channel Scan Results	Rx Power[ARFCN]		dBm
LG CU500 - COM18 conececl <740 01 0155363748>	GSM L1: Serving Cell Info	Rx Power	-63.1	dBm
LG CU500 - COM18 conececl <740 01 0155363748>	Total AutoCall Statistics	Successful Call Starts	1	
LG CU500 - COM18 conececl <740 01 0155363748>	Total AutoCall Statistics	Setup Failures	3	
LG CU500 - COM27 otecel <740 02 0140224624>	AutoCall Status	Auto Call State	Waiting Between Calls	
LG CU500 - COM27 otecel <740 02 0140224624>	GSM L1: Serving Cell Info	Rx Power	-55.0	dBm
LG CU500 - COM27 otecel <740 02 0140224624>	Total AutoCall Statistics	Successful Call Starts	0	
LG CU500 - COM27 otecel <740 02 0140224624>	Total AutoCall Statistics	Setup Failures	0	
LG CU500 - COM25 cnt <740 02 0140224624>	AutoCall Status	Auto Call State	Waiting Between Calls	
LG CU500 - COM25 cnt <740 02 0140224624>	GSM L1: Serving Cell Info	Rx Power	-49.8	dBm
LG CU500 - COM25 cnt <740 02 0140224624>	Total AutoCall Statistics	Successful Call Starts	2	
LG CU500 - COM25 cnt <740 02 0140224624>	Total AutoCall Statistics	Setup Failures	2	

Figura 4. 133 Pruebas calidad con inhibidor de señal 12

En cada una de las imágenes anteriormente expuestas, se puede observar en la parte superior derecha el tiempo de pruebas en minutos en cada uno de los puntos que se realizaron las medidas. Además, se puede observar el número de llamadas que se realizaron, cuales fueron exitosas y cuales fallaron.

Haciendo un análisis se observa que mientras más alejado del punto donde se colocó el inhibidor las llamadas empiezan ser exitosas, mientras que más cercano al punto de inhibición las llamadas fallan, además no se tiene respuesta por parte de la operadora.

Otro punto importante es que cercano al punto de inhibición la potencia de recepción es mucho mayor, esto debido a que no se está midiendo la potencia enviada por la operadora, sino que una mezcla entre la potencia de la operadora y la generada por el inhibidor de señal celular.

La Figura 4.134 muestra el final de una prueba hecha solo hasta la mitad del plano antes expuesto en el cual se observa un mayor número de llamadas fallidas.

Device	Message	Field	Value
InBuilding GPS <InBuilding>	Formatted GPS Data	Latitude	0.00008
InBuilding GPS <InBuilding>	Formatted GPS Data	Longitude	0.00008
LG CU500 - COM18 conececl <740 01 0155363748>	AutoCall Status	Auto Call State	Waiting Betwe
LG CU500 - COM18 conececl <740 01 0155363748>	GSM L1: Channel Scan Results	Rx Power[ARFCN]	
LG CU500 - COM18 conececl <740 01 0155363748>	GSM L1: Serving Cell Info	Rx Power	-52.9
LG CU500 - COM18 conececl <740 01 0155363748>	Total AutoCall Statistics	Successful Call Starts	0
LG CU500 - COM18 conececl <740 01 0155363748>	Total AutoCall Statistics	Setup Failures	2
LG CU500 - COM27 otecel <740 02 0140224624>	AutoCall Status	Auto Call State	Waiting For Se
LG CU500 - COM27 otecel <740 02 0140224624>	GSM L1: Serving Cell Info	Rx Power	-56.8
LG CU500 - COM27 otecel <740 02 0140224624>	Total AutoCall Statistics	Successful Call Starts	0
LG CU500 - COM27 otecel <740 02 0140224624>	Total AutoCall Statistics	Setup Failures	3
LG CU500 - COM25 cnt <740 02 0140224624>	AutoCall Status	Auto Call State	Waiting Betwe
LG CU500 - COM25 cnt <740 02 0140224624>	GSM L1: Serving Cell Info	Rx Power	-49.6
LG CU500 - COM25 cnt <740 02 0140224624>	Total AutoCall Statistics	Successful Call Starts	0
LG CU500 - COM25 cnt <740 02 0140224624>	Total AutoCall Statistics	Setup Failures	1

Figura 4. 134 Pruebas calidad con inhibidor de señal 13

4.8 PRUEBAS DE POLARIZACIÓN DE LA ANTENA DEL INHIBIDOR CELULAR

Se realizaron las pruebas con el objetivo de obtener la mejor recomendación para la polarización y ubicación del inhibidor dentro de los centros financieros.

La medición se realizará con un analizador de espectros y una antena receptora colocada en la entrada de señal, dichas pruebas se las realizará a distancias establecidas (2, 4 y 8 metros de distancia entre el inhibidor y el equipo de medición), además de tres diferentes tipos de polarización que son vertical, horizontal y 45°.

La Figura 4.135 muestra el equipo de medición a utilizarse con la antena receptora adaptada a la entrada de señal.



Figura 4. 135 Analizador de espectros y antena receptora

4.8.1 RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE POLARIZACIÓN

Las pruebas darán una idea más clara y precisa de qué polarización se debe utilizar, y recomendar las mejores opciones para la instalación en los centros financieros.

4.8.1.1 Polarización horizontal

La Figura 4.136 muestra la ubicación y colocación de la antena en la cual se medirán parámetros tanto de la señal celular sola antes de encender el inhibidor como luego de encendido utilizando dos trazas para cada una de las mediciones.



Figura 4. 136 Inhibidor con antena en polarización horizontal

Como se puede observar en la Figura 4.137 la traza en amarillo representa la señal de las diferentes operadoras y la traza que se observa en verde claro representa la señal una vez encendido el inhibidor de señal celular, es claro que la señal a la distancia de dos metros es alta y superior a la señal celular.

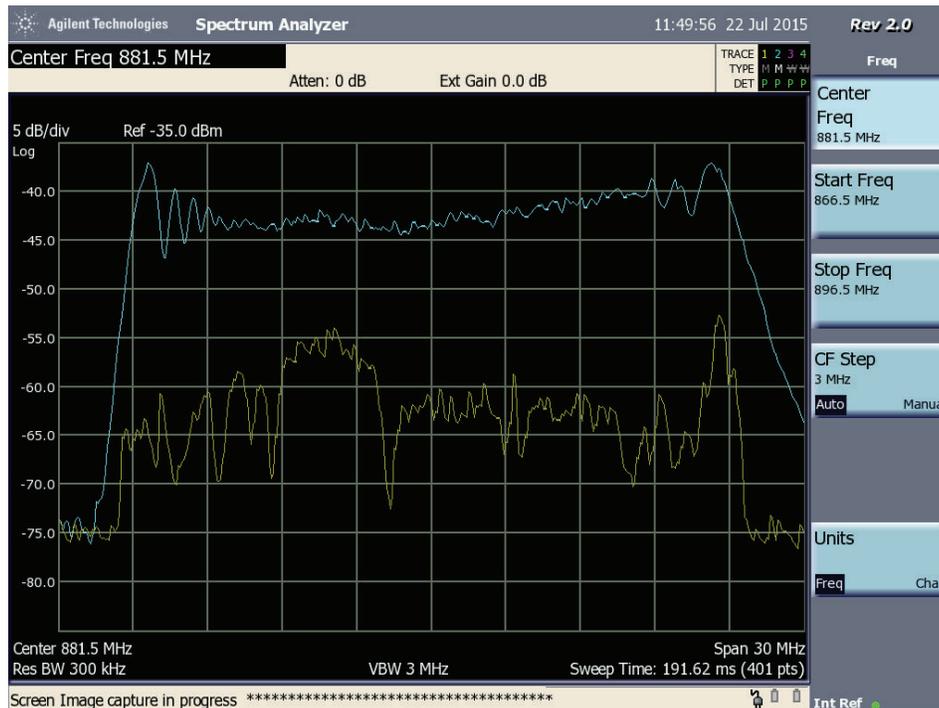


Figura 4. 137 Medición en frecuencia distancia 2 [m] polarización horizontal 850 MHz

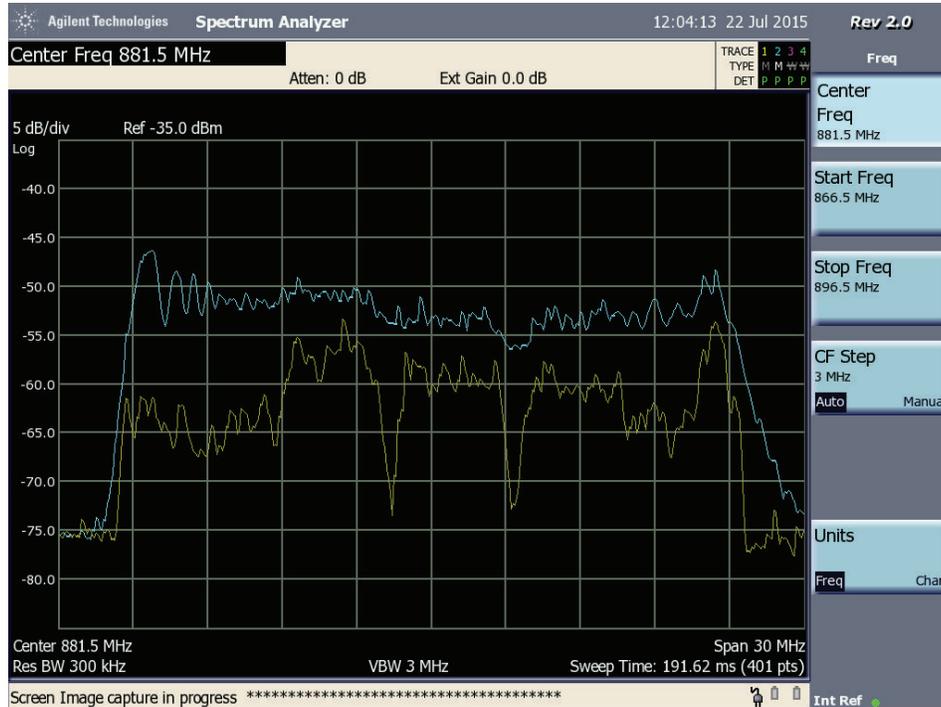


Figura 4. 138 Medición en frecuencia distancia 4 [m] polarización horizontal 850 MHz

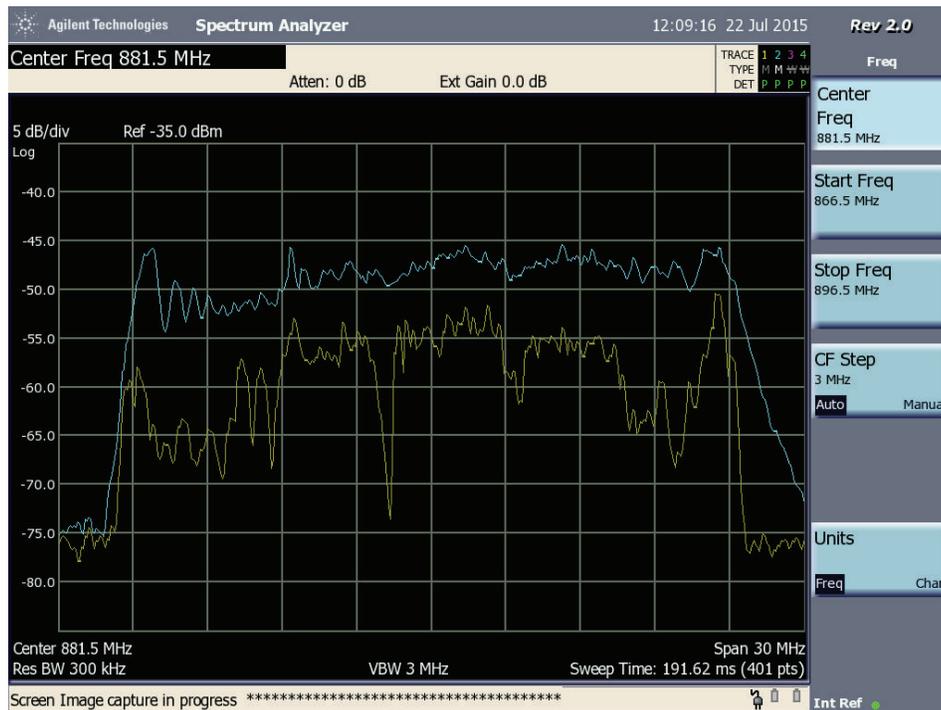


Figura 4. 139 Medición en frecuencia distancia 8 [m] polarización horizontal 850 MHz

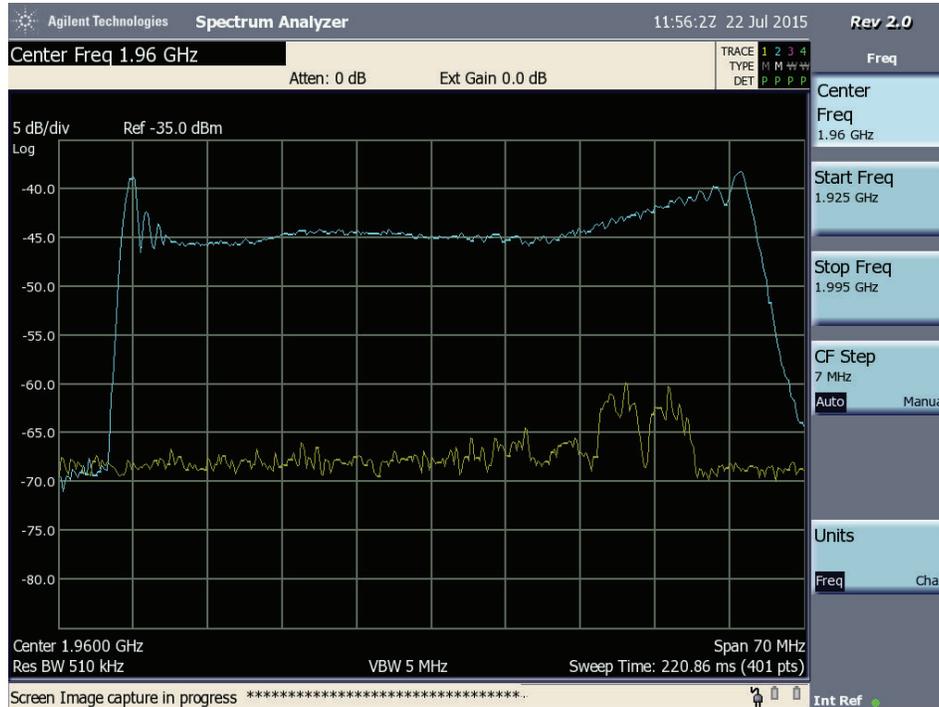


Figura 4. 140 Medición en frecuencia distancia 2 [m] polarización horizontal 1900 MHz

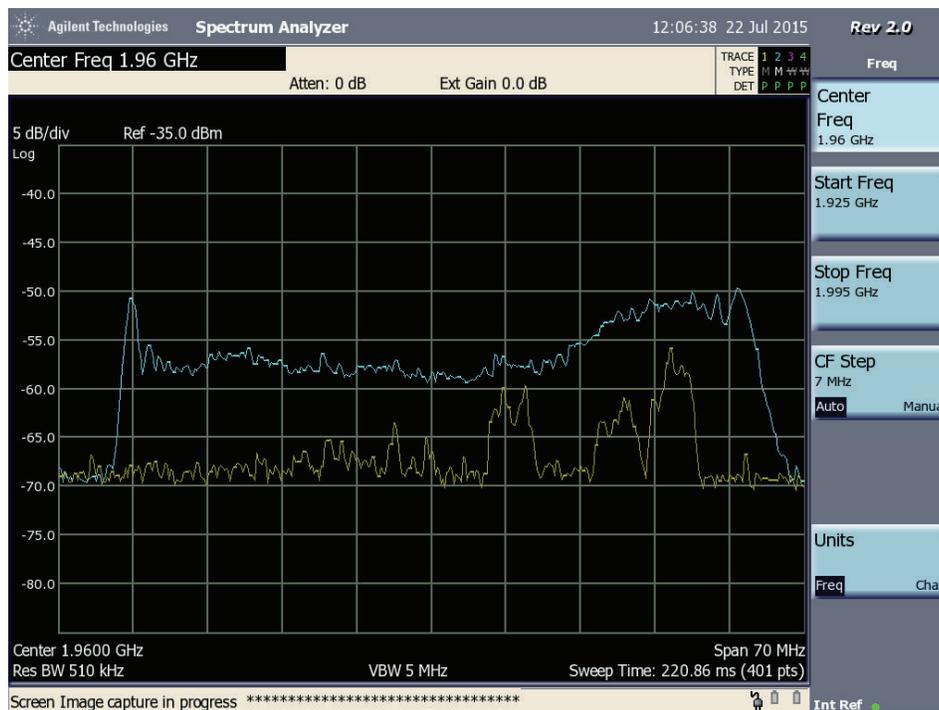


Figura 4. 141 Medición en frecuencia distancia 4 [m] polarización horizontal 1900 MHz

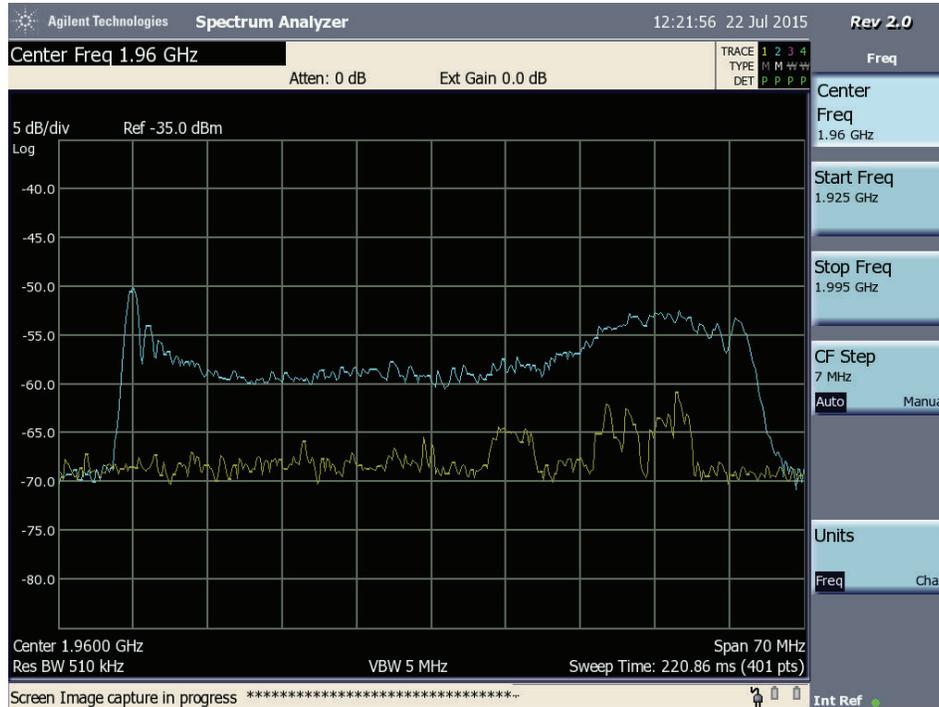


Figura 4. 142 Medición en frecuencia distancia 8 [m] polarización horizontal 1900 MHz

4.8.1.2 Polarización 45°

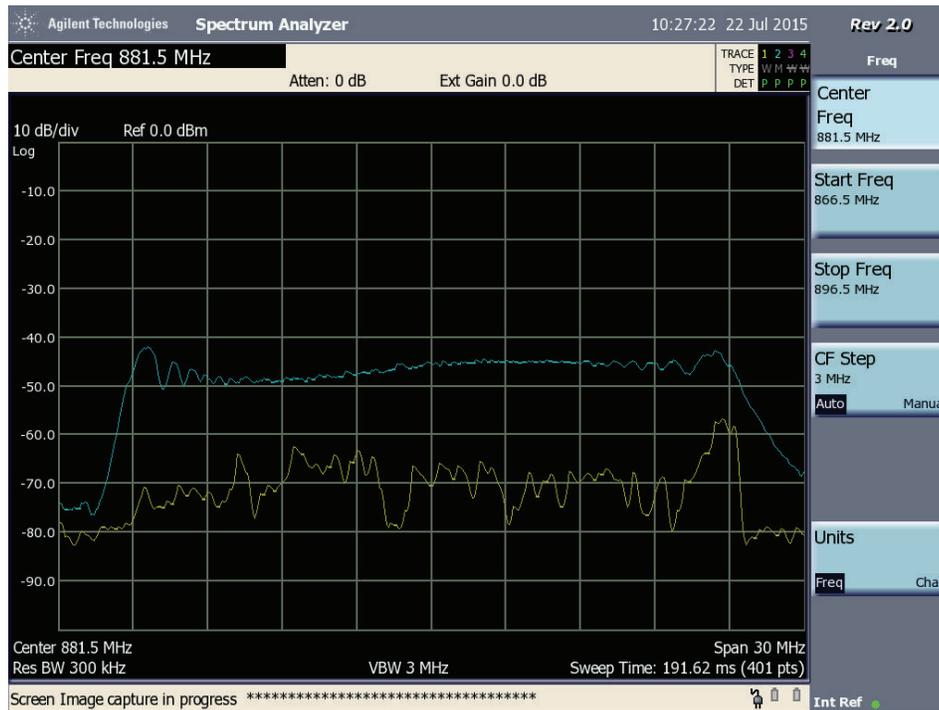


Figura 4. 143 Medición en frecuencia distancia 2 [m] polarización 45° 850 MHz

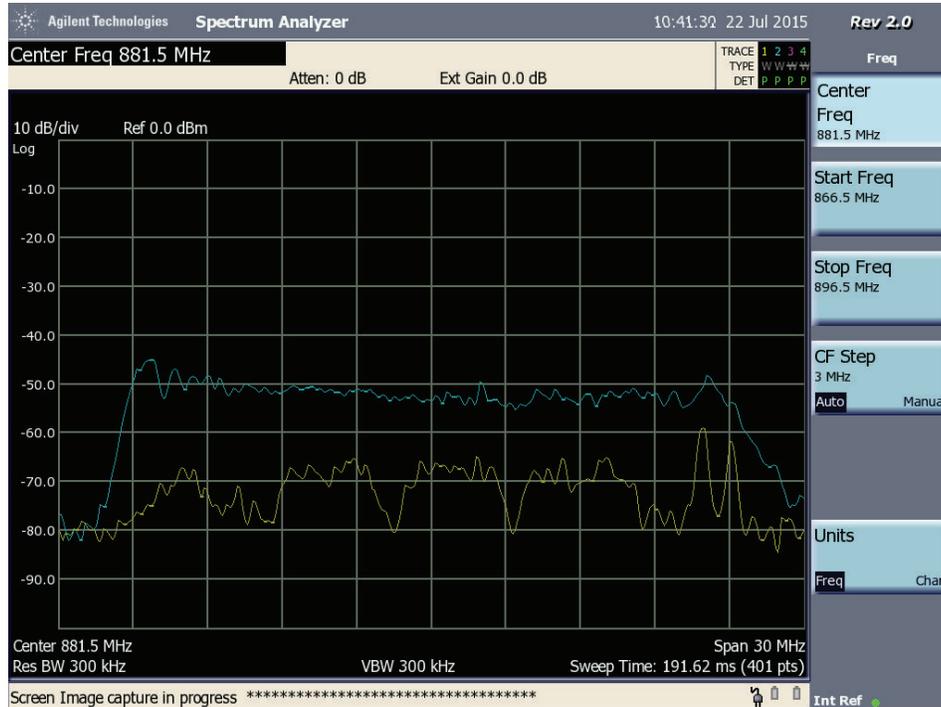


Figura 4. 144 Medición en frecuencia distancia 4 [m] polarización 45° 850 MHz

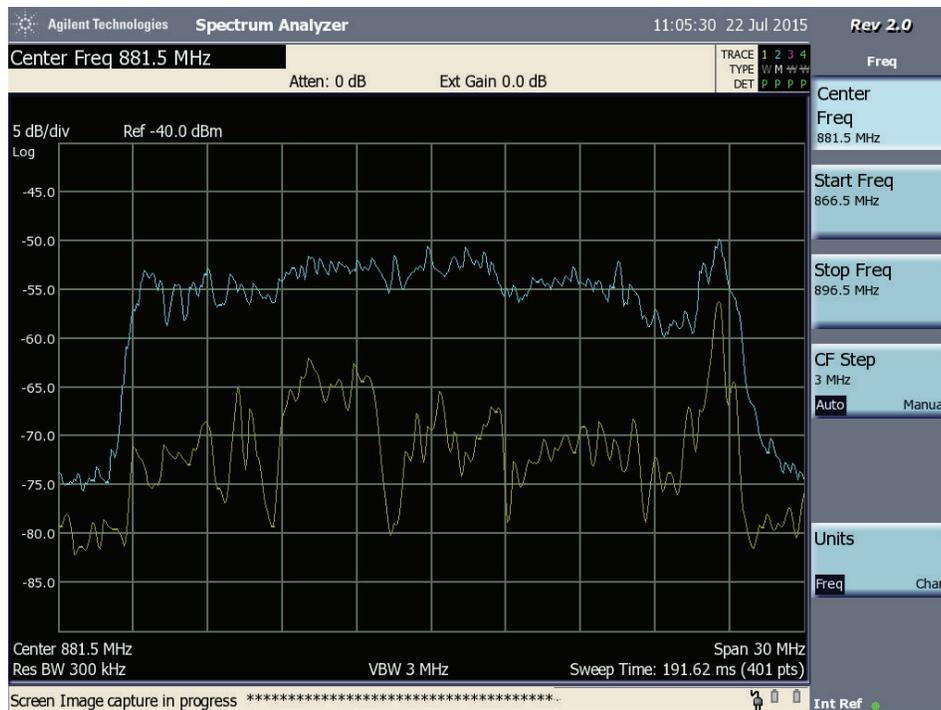


Figura 4. 145 Medición en frecuencia distancia 8 [m] polarización 45° 850 MHz

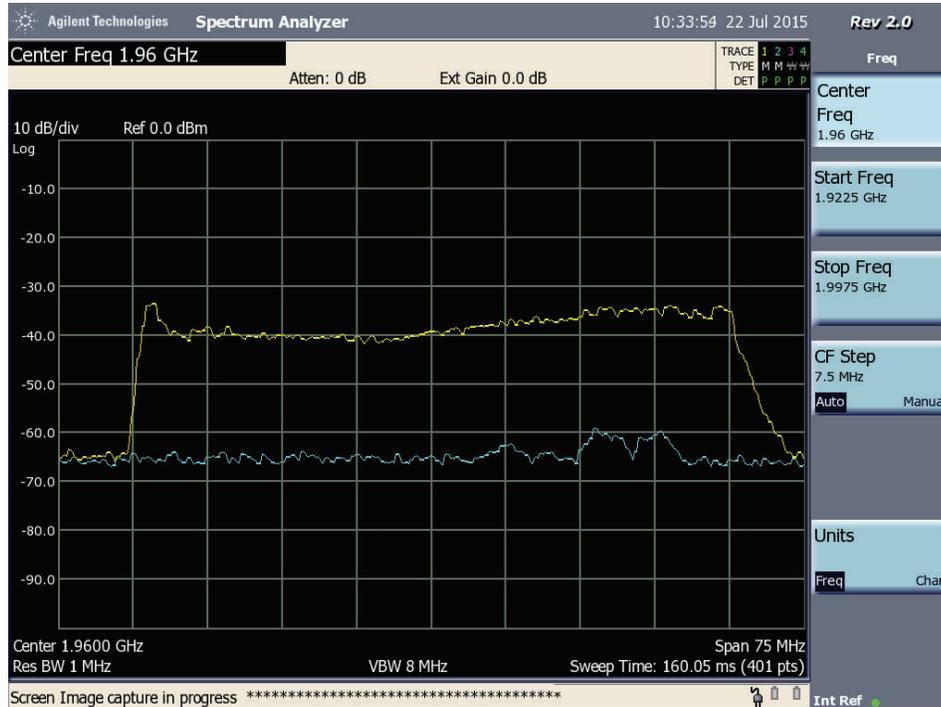


Figura 4. 146 Medición en frecuencia distancia 2 [m] polarización 45° 1900 MHz

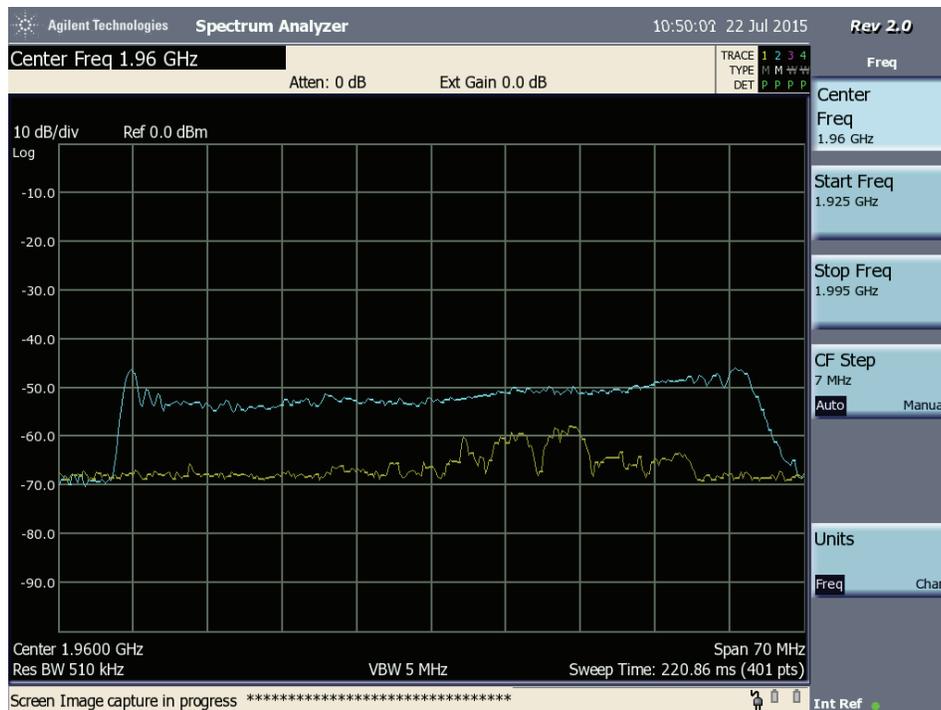


Figura 4. 147 Medición en frecuencia distancia 4 [m] polarización 45° 1900 MHz

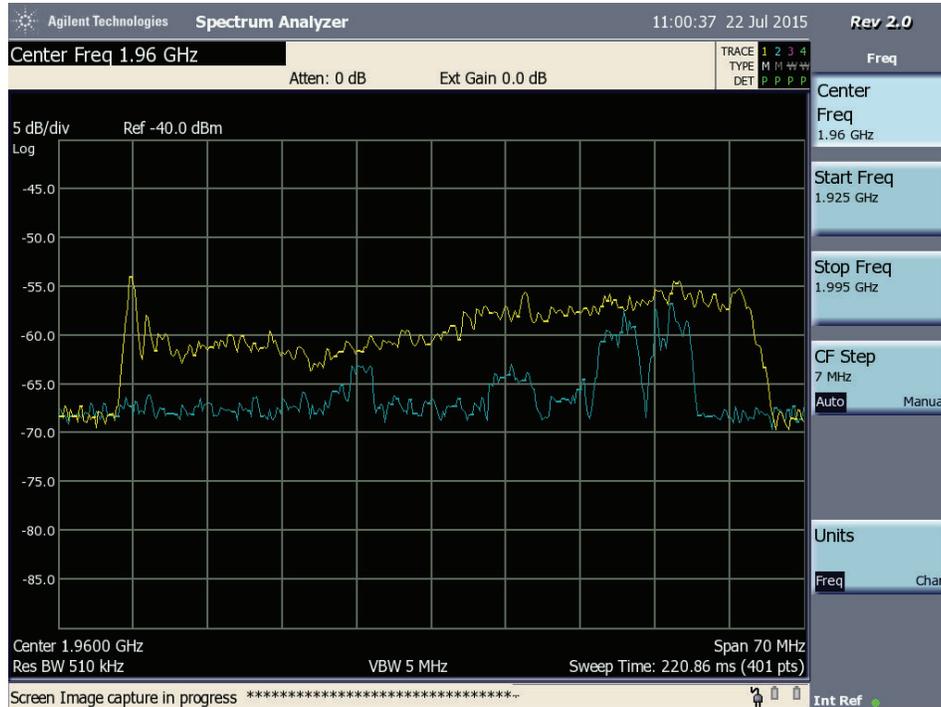


Figura 4. 148 Medición en frecuencia distancia 8 [m] polarización 45° 1900 MHz

4.8.1.3 Polarización vertical

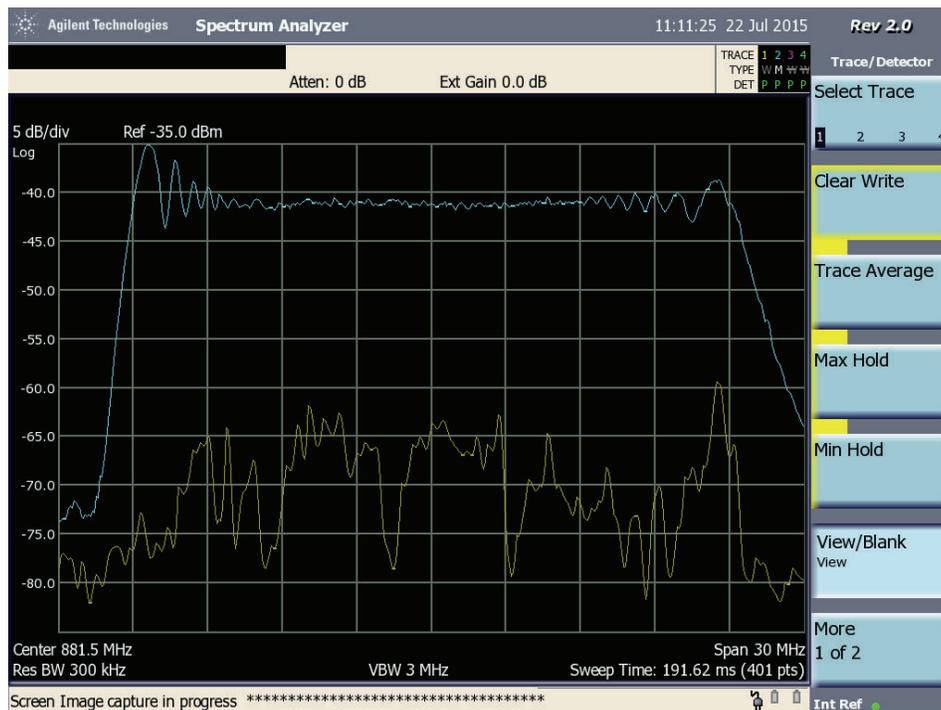


Figura 4. 149 Medición en frecuencia distancia 2 [m] polarización vertical 850 MHz

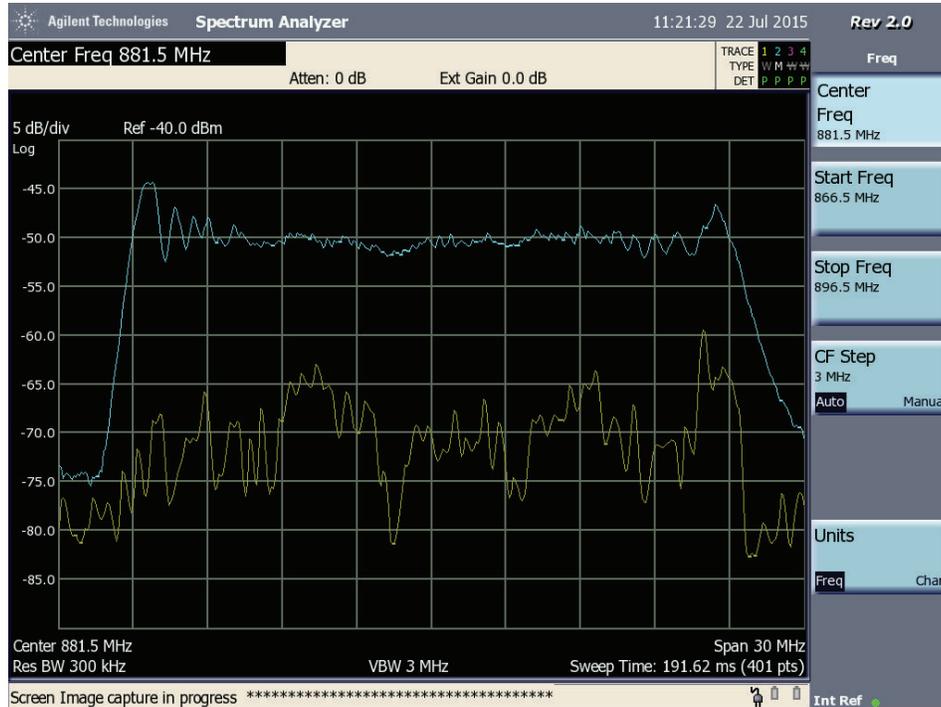


Figura 4. 150 Medición en frecuencia distancia 4 [m] polarización vertical 850 MHz

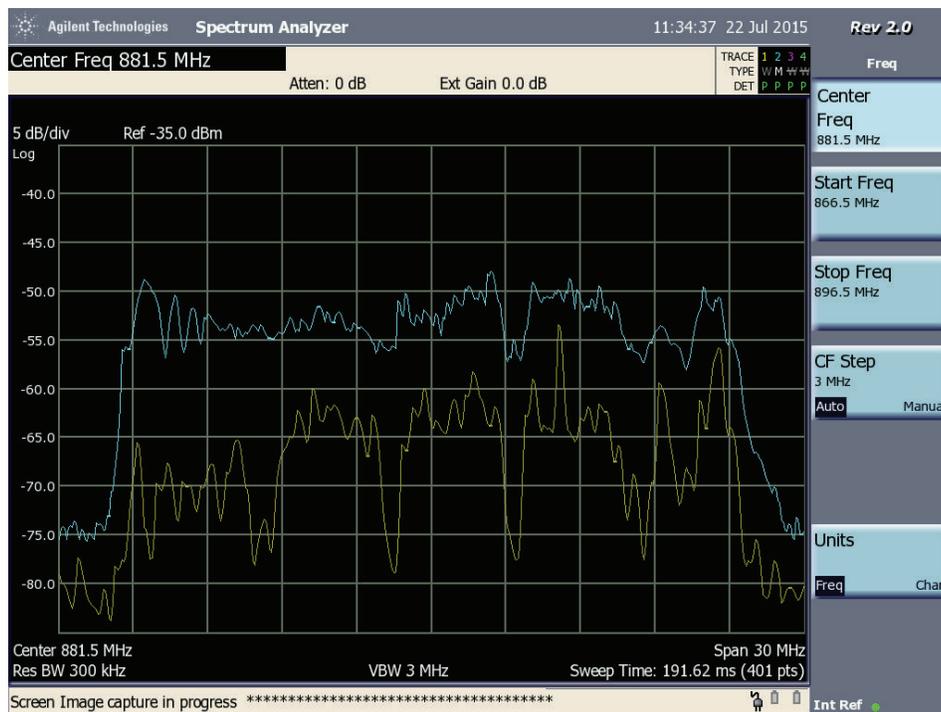


Figura 4. 151 Medición en frecuencia distancia 8 [m] polarización vertical 850 MHz

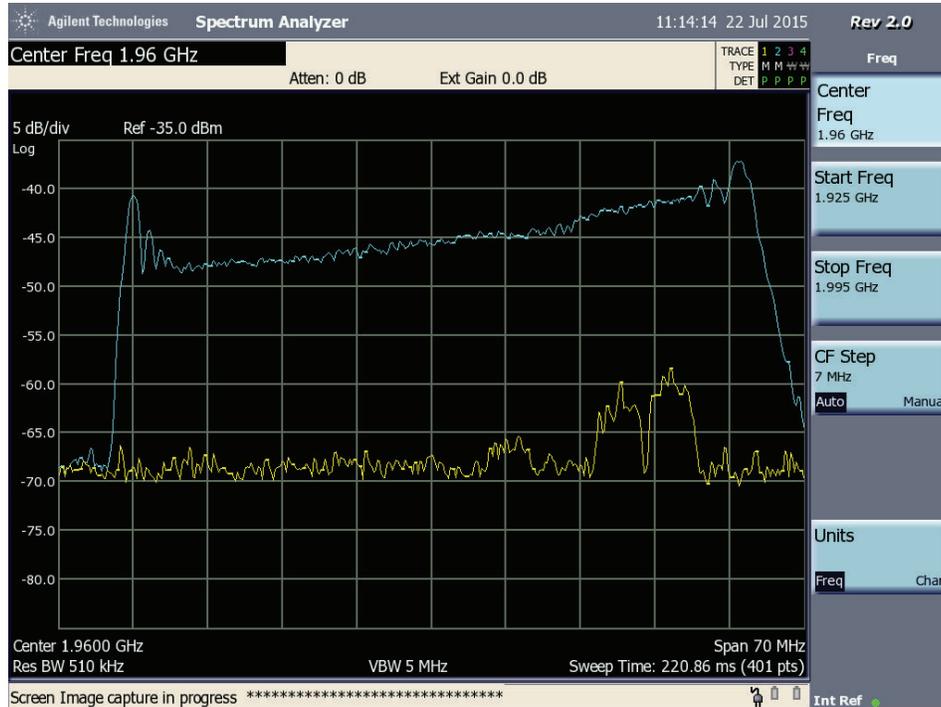


Figura 4. 152 Medición en frecuencia distancia 2 [m] polarización vertical 1900 MHz

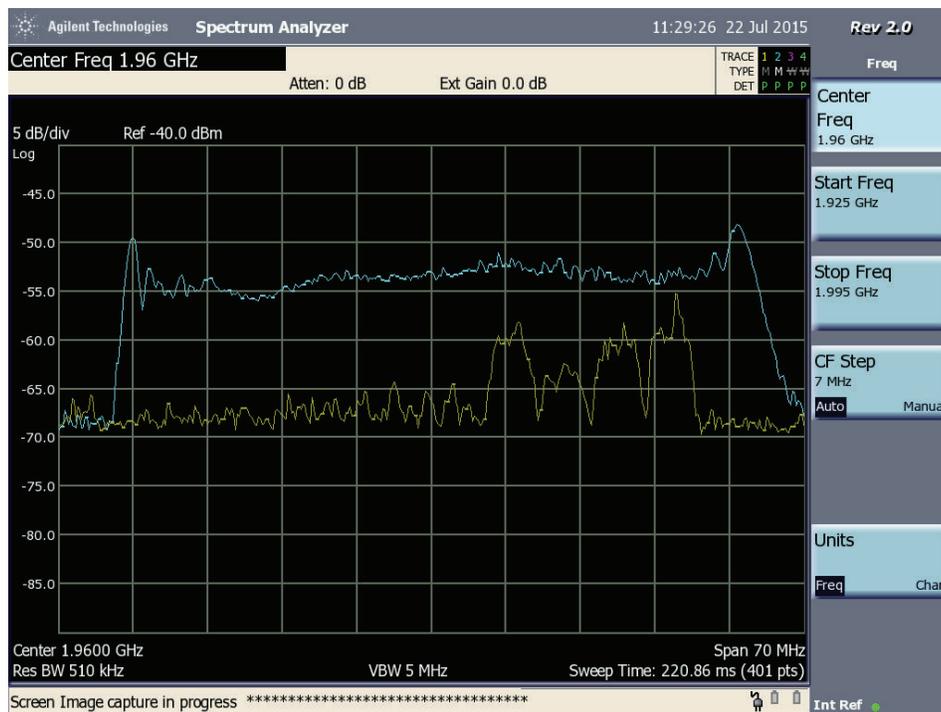


Figura 4. 153 Medición en frecuencia distancia 4 [m] polarización vertical 1900 MHz

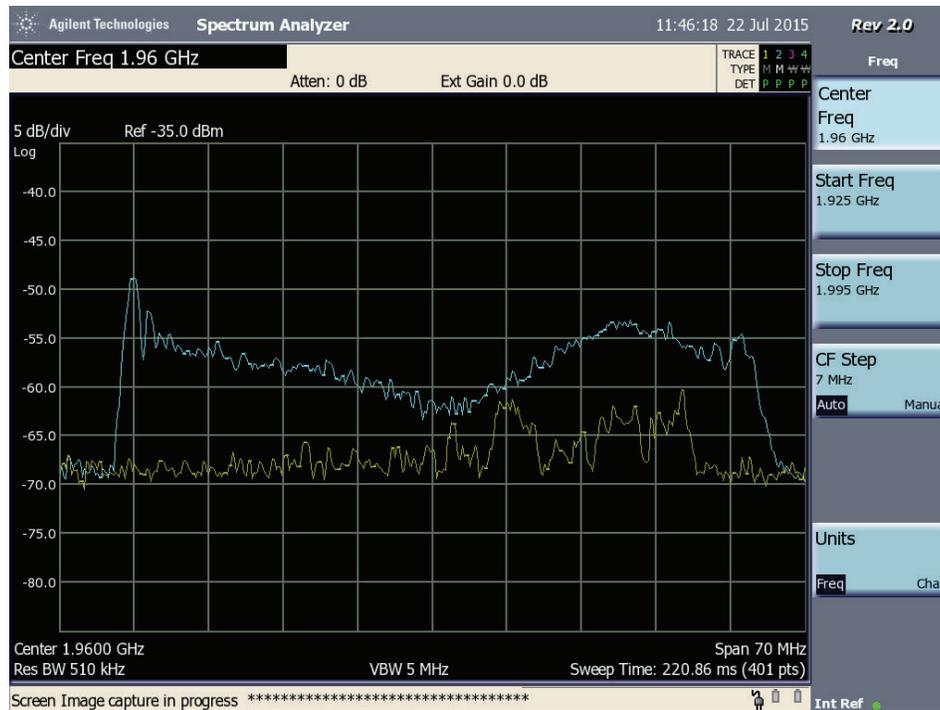


Figura 4. 154 Medición en frecuencia distancia 8 [m] polarización vertical 1900 MHz

Las pruebas realizadas indican claramente que mientras se aleja del inhibidor la señal se debilita con respecto a la señal celular, por tanto corrobora las pruebas realizadas con el Invex PC que mientras se aleja del punto de inhibición la señal celular es más fuerte y las llamadas podrían ser exitosas.

Analizando los datos obtenidos se puede deducir que la polarización con mejores prestaciones es la vertical y se tomarán estas medidas para el análisis posterior.

CAPÍTULO V

5 PROPUESTA DE NORMATIVA TÉCNICA PARA LA CERTIFICACIÓN DE INHIBIDORES

Con el fin de proporcionar un análisis detallado y cercano a la realidad, se toma como punto de inicio las pruebas realizadas en la terraza de la Coordinación Zonal II. La respuesta en frecuencia de la señal de inhibición que se obtuvo a diferentes distancias entre el equipo de medición y el inhibidor servirá para obtener una idea de cómo decrece la señal en función de la distancia, además de realizar un análisis de la señal celular teóricamente mediante la utilización de un método de propagación como lo es Okumura-Hata.

Dicho análisis permitirá tener una idea más consolidada de la potencia que se requiere para poder obtener una señal de inhibición dentro de un rango aceptable.

Se tomarán normas internacionales para aspectos ya establecidos como lo son recomendaciones para los límites de radiaciones no ionizantes, emisiones en el dominio no esencial y la normativa nacional requerida como lo es el Plan Nacional de Frecuencias en el establecimiento de límites para bandas de señal celular.

Como se pudo observar en el capítulo anterior las pruebas fueron realizadas tanto en modo guiado como radiado. En modo guiado para el análisis de potencia total que emite el sistema, ancho de banda de la señal de inhibición, desfase de la señal y emisiones en el dominio no esencial. En modo radiado se obtuvieron las mediciones para el análisis de radiaciones no ionizantes, decrecimiento de la señal en función de la distancia, cobertura de la señal de inhibición.

5.1 ANÁLISIS DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA DE LA SEÑAL EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA

Para el análisis de las medidas tomadas en frecuencia que están en función de la distancia se tomaron puntos aleatorios de cada gráfica, expresando la potencia que se obtiene para las diferentes polarizaciones y distancias de prueba.

La Tabla 5.1 muestra los puntos aleatorios de mediciones tomadas a la distancia de dos metros de la colocación del inhibidor de señal celular para cada uno de los modos de polarización y para las bandas asignadas al servicio móvil en el Ecuador, tanto para la señal celular sin la utilización del inhibidor como también al encenderlo.

Tipo de Polarización	Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
	Potencia(dBm)	Potencia(dBm)	Potencia(dBm)	Potencia(dBm)
	Inhibidor	Portadora SMA	Inhibidor	Portadora SMA
Horizontal	-35	-62	-39	-68
	-43	-55	-45	-67
	-43	-60	-45	-68
	-41	-61	-44	-60
	-35	-53	-40	-60
Vertical	-38	-72	-41	-66
	-41	-62	-47	-68
	-42	-63	-46	-67
	-41	-72	-42	-60
	-38	-59	-39	-58
45°	-41	-70	-34	-65
	-49	-63	-40	-66
	-45	-65	-39	-64
	-45	-68	-35	-59
	-42	-56	-35	-65

Tabla 5. 1 Medida de potencia a la distancia de 2 [m]

La Tabla 5.2 muestra los puntos aleatorios de mediciones tomadas a la distancia de cuatro metros de la colocación del inhibidor de señal celular para cada uno de los modos de polarización y para las bandas asignadas al servicio móvil en el Ecuador, tanto para la señal celular sin la utilización del inhibidor como también al encenderlo.

Tipo de Polarización	Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
	Potencia(dBm)	Potencia(dBm)	Potencia(dBm)	Potencia(dBm)
	Inhibidor	Portadora SMA	Inhibidor	Portadora SMA
Horizontal	-46	-62	-51	-68
	-49	-55	-57	-69
	-54	-57	-59	-65
	-52	-59	-57	-60
	-48	-54	-50	-56
Vertical Inferior	-44	-67	-50	-68
	-50	-63	-54	-66
	-51	-69	-53	-65
	-50	-63	-52	-58
	-45	-59	-52	-55
Vertical Superior	-45	-70	-47	-69
	-50	-66	-52	-68
	-53	-67	-52	-66
	-52	-70	-50	-60
	-48	-59	-49	-64

Tabla 5. 2 Medida de potencia a la distancia de 4 [m]

La Tabla 5.3 muestra los puntos aleatorios de mediciones tomadas a la distancia de ocho metros de la colocación del inhibidor de señal celular para cada uno de los modos de polarización y para las bandas asignadas al servicio móvil en el Ecuador, tanto para la señal celular sin la utilización del inhibidor como también al encenderlo.

Tipo de Polarización	Banda 850 MHz		Banda 1900 MHz	
	Potencia(dBm)	Potencia(dBm)	Potencia(dBm)	Potencia(dBm)
	Inhibidor	Portadora SMA	Inhibidor	Portadora SMA
Horizontal	-53	-57	-50	-67
	-52	-53	-58	-67
	-51	-54	-57	-66
	-54	-55	-56	-62
	-52	-50	-52	-61
Vertical Inferior	-49	-66	-49	-67
	-53	-61	-56	-66
	-52	-58	-62	-66
	-52	-54	-55	-65
	-53	-56	-53	-60
Vertical Superior	-53	-72	-54	-67
	-53	-64	-60	-67
	-51	-65	-59	-66
	-54	-67	-56	-57
	-50	-56	-55	-56

Tabla 5. 3 Medida de potencia a la distancia de 8 [m]

Analizando los datos obtenidos y considerando que las mejores prestaciones se las obtuvo mediante la polarización vertical y horizontal, se obtiene la Tabla 5.4 para obtención de la desviación de la variable distancia y para la obtención de la covarianza de las variables, las mismas que contienen los parámetros para correlacionar y crear una ecuación dependiente de la distancia, posteriormente obtener un estimado de la potencia mediante regresiones lineales y crear una ecuación aproximada.

Para la Tabla 5.4 que se muestra a continuación, se tomaron los valores correspondientes a las medidas en polarización vertical, y para las columnas subsiguientes los datos se obtuvieron mediante cálculos matemáticos que se muestran a continuación de la Tabla 5.4 que son necesarios para realizar la regresión lineal y obtener la ecuación de una recta promedio que exprese la potencia en función de la distancia.

$X [m]$	$Y [nW]$	$X - \bar{X}$	$Y - \bar{Y}$	$(X - \bar{X})^2$	$(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})$
2	158.48	-2.667	113.58	7.113	-302.92
2	79.43	-2.667	34.53	7.113	-92.09
2	63.09	-2.667	18.19	7.113	-48.513
2	79.43	-2.667	34.53	7.113	-92.09
2	158.48	-2.667	113.58	7.113	-302.92
4	39.81	-0.667	-5.09	0.445	3.395
4	10	-0.667	-34.9	0.445	23.28
4	7.94	-0.667	-36.96	0.445	24.65
4	10	-0.667	-34.9	0.445	23.28
4	31.62	-0.667	-13.28	0.445	8.86
8	12.59	3.33	-32.31	11.1	-107.59
8	5.01	3.33	-39.89	11.1	-132.83
8	6.3	3.33	-38.6	11.1	-128.54
8	6.3	3.33	-38.6	11.1	-128.54
8	5.01	3.33	-39.89	11.1	-132.83

Tabla 5. 4 Valores para el cálculo de la regresión lineal

Para complementar la Tabla 5.4 se debe realizar una serie de cálculos matemáticos que se describen a continuación, en cada uno solo se realizará un ejemplo de cómo se los debe realizar y las ecuaciones necesarias para obtener .

Ejemplo de cálculo de la media de X mediante la ecuación 5.1:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

ecuación (5.1)

$$\bar{X} = \frac{2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8}{15}$$

$$\bar{X} = 4.667 [m]$$

La media de X servirá para realizar el cálculo de la columna que expresa $X - \bar{X}$ de cada uno de los datos de X.

Donde:

$X = \text{Distancia en metros}$

$Y = \text{Potencia [nW]}$

Cálculo de la media de Y mediante la ecuación 5.2:

$$\bar{Y} = \frac{\sum Yi}{n} = \frac{673.49}{15}$$

ecuación (5.2)

$$\bar{Y} = 44.9 \text{ [nW]}$$

Cálculo de la desviación estándar de la variable X mediante la ecuación 5.3:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n}}$$

ecuación (5.3)

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{93.29}{15}}$$

$$\sigma_x = 2.49$$

Cálculo de la covarianza mediante la ecuación 5.4:

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum (Xi - \bar{X})(Yi - \bar{Y})}{n}$$

ecuación (5.4)

$$\sigma_{xy} = \frac{-1385.398}{15}$$

$$\sigma_{xy} = -92.36$$

Con los datos que se calcularon anteriormente y que se muestran en la Tabla 5.4 se debe obtener una recta aproximada a cada uno de los puntos que se obtuvieron en la medición de la siguiente forma:

Cálculo de la regresión simple hacia la recta $y = ax + b$

Donde la ecuación 5.5:

$$a = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x}; \text{ por tanto}$$

ecuación (5.5)

$$a = \frac{-92.36}{2.49}$$

$$a = -37.09$$

De donde despejando se determina el valor de b:

$$b = \bar{Y} - a\bar{X}$$

$$b = 44.9 - (-37.09)(4.667)$$

$$b = 218$$

Lo que representa la recta:

$$x \rightarrow [\text{m}]$$

$$y = -37.09x + 218 [\text{nW}]$$

Una vez obtenida la recta se la puede representar como se muestra en la Figura 5.1 en la cual se observa claramente como la potencia decrece en función de la distancia a la que se ubique del inhibidor.

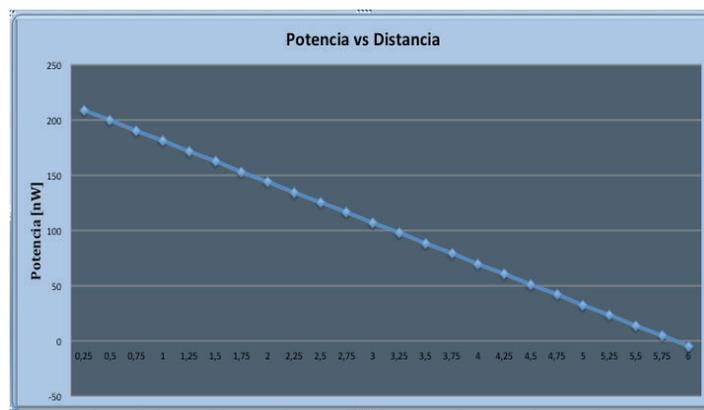


Figura 5. 1 Relación Potencia vs Distancia

5.2 ANÁLISIS DE LA SEÑAL CELULAR MEDIANTE EL MÉTODO OKUMURA-HATA

Para obtener una idea más clara del comportamiento de la señal celular en función de la distancia a la que se encuentra el usuario de la antena de transmisión se han realizado innumerables estudios de propagación de ondas, que permiten modelar expresiones matemáticas que puedan representar lo que ocurre físicamente.

Uno de los modelos más aceptados y reconocidos es Okumura-Hata con el cual se desea analizar mediante la utilización de la expresión para el cálculo de pérdidas por espacio libre y potencia de recepción en función de la distancia.

Dada la ecuación 5.6 para pérdidas en el espacio libre dado por este modelo se tiene que:

$$L_{50}(\text{urbano})(dB) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d$$

ecuación (5.6)

Donde para la banda de 850 MHz:

$$f_c = 850 \text{ [Mhz]}$$

$$h_{te} = 50 \text{ [m]}$$

$$h_{re} = 2 \text{ [m]}$$

$$d = 1 - 20 \text{ [Km]}$$

El factor de corrección por la altura efectiva del móvil $a(h_{re})$ está definida por la ecuación 5.7.

$$a(h_{re})_{dB} = (1.1 \log f_c - 0.7)(h_{re}) - (1.56 \log f_c - 0.8)$$

ecuación (5.7)

$$a (h_{re})_{dB} = (1.1 \log 850 - 0.7)(2) - (1.56 \log 850 - 0.8)$$

$$a (h_{re})_{dB} = 1.275 [dB]$$

De la ecuación 5.6 reemplazando los datos y para la distancia de 1 [Km] y frecuencia de 850 MHz se tiene lo siguiente:

$$L_{50} (urb) (dB) = 69.55 + 26.16 \log 850 - 13.82 \log 50 - 1.275 + (44.9 - 6.55 \log 50) \log 1$$

$$L_{50} (urb) (dB) = 121.42 [dB]$$

En la ecuación 5.6 la variable d correspondiente a la distancia entre el emisor y el receptor es la que tomará valores entre uno y veinte kilómetros. Los valores de pérdidas calculados a partir del ejemplo realizado se muestran en la Tabla 5.5.

Para la banda de 1900 MHz:

$$f_c = 1900 [Mhz]$$

$$h_{te} = 50 [m]$$

$$h_{re} = 2 [m]$$

$$d = 1 - 20 [Km]$$

Se calcula el valor del factor de corrección mediante la ecuación 5.7

$$a (h_{re})_{dB} = (1.1 \log 1900 - 0.7)(2) - (1.56 \log 1900 - 0.8)$$

$$a (h_{re})_{dB} = 1.5 [dB]$$

De la ecuación 5.6 reemplazando los datos y para la distancia de 1 [Km] y frecuencia de 1900 MHz se tiene lo siguiente:

$$L_{50} (urb) (dB) = 69.55 + 26.16 \log 1900 - 13.82 \log 50 - 1.275 + (44.9 - 6.55 \log 50) \log 1$$

$$L_{50} (urb) (dB) = 130.32 [dB]$$

Para el cálculo del enlace se debe poseer parámetros fundamentales de las antenas utilizadas por las operadoras para transmitir la información además de la potencia con la que el sistema alimenta dichas antenas. Los parámetros se pueden observar en la hoja de especificaciones expuestas en el Anexo C.

Los parámetros para el cálculo del enlace son:

$$P_{tx} = \begin{cases} 42.5 \text{ [dBm]}(GSM 850) \\ 44.0 \text{ [dBm]}(GSM 1900) \end{cases}$$

$$G_{tx} = \begin{cases} 18.0 \text{ [dBi]}(850 \text{ MHz}) \\ 17.5 \text{ [dBi]}(1900 \text{ MHz}) \end{cases} \begin{cases} \text{Antena 2CPX208M - V1} \\ \text{Antena 2UNPX203.6R2} \end{cases}$$

$$G_{rx} = 2 \text{ [dBi]}$$

$$A_{CT} = 1 \text{ [dB]}$$

$$A_{CR} = 1 \text{ [dB]}$$

Donde:

P_{tx} = Potencia de transmisión

G_{tx} = Ganancia de la antena de transmisión

G_{rx} = Ganancia de la antena de recepción

A_{CT} = Atenuación debido a los conectores en la etapa de transmisión

A_{CR} = Atenuación debido a los conectores en la etapa de recepción

En la ecuación 5.8 que se muestra a continuación se detalla el cálculo para el equilibrio de la potencia.

$$P_{rx} = P_{tx} - A_{CT} + G_{tx} - L_{50} + G_{rx} - A_{CR}$$

ecuación (5.8)

El siguiente cálculo es un ejemplo para una distancia de 1 [Km] para la banda de 850 [MHz]:

$$P_{rx} = 42.5 - 1 + 18 - 121.42 + 2 - 1$$

$$P_{rx} = -60.92 \text{ [dBm]}$$

El siguiente cálculo es un ejemplo para una distancia de 1 [Km] para la banda de 1900 [MHz]:

$$P_{rx} = 44.0 - 1 + 17.5 - 130.32 + 2 - 1$$

$$P_{rx} = -68.82 \text{ [dBm]}$$

Siguiendo los ejemplos anteriores se tiene la Tabla 5.5, en la que se muestran las pérdidas por espacio libre en función de la distancia a la que se sitúa el receptor, así como también la potencia de recepción estimada.

<i>d</i> [m]	<i>L</i> ₅₀ (850 MHz)	<i>P</i> _{rx} (850 MHz)	<i>L</i> ₅₀ (1900 MHz)	<i>P</i> _{rx} (1900 MHz)
1	121.42	-60.92	130.32	-68.82
2	131.6	-71.1	140.48	-78.98
3	137.53	-77.03	146.43	-84.93
4	141.75	-81.25	150.47	-88.97
5	145.02	-84.52	153.92	-92.42
6	147.7	-87.2	156.6	-95.1
7	150	-89.5	158.86	-97.36
8	151.92	-91.42	160.82	-99.32
9	153.64	-93.14	162.54	-101.04
10	155.19	-94.69	164.09	-102.59
11	156.6	-96.1	165.49	-103.99
12	157.9	-97.4	166.76	-105.26
13	159.04	-98.54	167.94	-106.44
14	160.12	-99.62	169.02	-107.52
15	161.14	-100.64	170.04	-108.54
16	162.08	-101.58	170.98	-109.48
17	162.97	-102.47	171.9	-110.4
18	163.81	-103.31	172.71	-111.21
19	164.6	-104.1	173.5	-112
20	165.35	-104.85	174.25	-112.75

Tabla 5. 5 Resultados del modelo Okumura-Hata

Las Figuras 5.2 y 5.3 muestran las gráficas de potencia en función de la distancia a la que se encuentra el receptor de la antena transmisora, como se observa decrece la potencia a medida que se aleja de la antena.

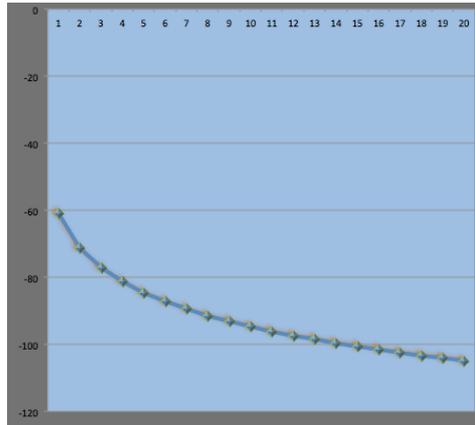


Figura 5. 2 Modelo Okumura-Hata 850 MHz

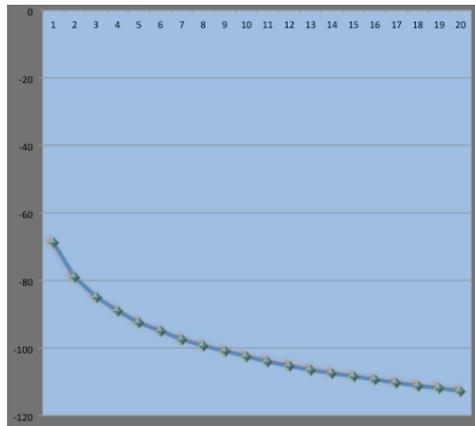


Figura 5. 3 Modelo Okumura-Hata 1900 MHz

5.3 PROPUESTA DE NORMATIVA TÉCNICA PARA LA CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS INHIBIDORES

CONSIDERANDO

Que mediante la Resolución N° 001-TEL-C-CONATEL-2011 de 10 de enero de 2011, permitió la instalación y operación de antenas inhibidoras de señal celular

en los Centros de Rehabilitación Social, así como en las agencias o locales de las entidades públicas y privadas del Sistema Financiero Nacional.

Que el desarrollo tecnológico en el ámbito de las telecomunicaciones ha conllevado cambios en materia económica, política y social dentro y fuera de la nación.

Que el alto beneficio de las telecomunicaciones ha traído consigo efectos colaterales con el uso ilegal de dichos dispositivos.

Que delitos como extorción, crimen organizado, secuestros, bandas delictivas, fraudes telefónicos y todo hecho fuera de la ley han sido cometidos dentro de entidades penitenciarias así como financieras.

Que la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones es el ente de control, gestión y regulación, que tiene a cargo la certificación de todos los equipos terminales de telecomunicaciones.

Que mediante las pruebas realizadas en el presente proyecto de titulación se analiza los parámetros primordiales que se deberían tomar en cuenta para la certificación de los equipos inhibidores.

Que no existe una norma técnica que regularice la utilización de inhibidores de señal celular en el país, se expide la siguiente.

CAPÍTULO I

Disposiciones Generales

Art 1. Los lineamientos aquí expuestos son de carácter obligatorio para las instituciones en las cuales se tenga permitido el uso de inhibidores de señal celular.

Art 2. Se establecen los aspectos necesarios en el ámbito técnico y operativo, con colaboración de la ARCOTEL con el fin de cancelar o anular las señales de telefonía celular, tanto voz, datos, videos, imágenes dentro del perímetro que sea requerido, sin que se exceda en ningún caso los límites permitidos dentro de la instalación con el fin de garantizar la continuidad de los servicios a los usuarios fuera de dicha área.

Art 3. La entidad del Sistema Financiero Nacional será la responsable de la instalación de equipos inhibidores de señal celular dentro de sus instalaciones bancarias a nivel nacional, para lo cual deberá utilizar equipos inhibidores que se encuentren debidamente registrados por parte de la ARCOTEL.

Art 4. La ARCOTEL es el único ente que emitirá un certificado para la utilización de equipos inhibidores según su serie, marca y modelo luego de pruebas técnicas respectivas y el cumplimiento de la presente norma.

Art 5. El Intendente Nacional Técnico de Control será quien suscriba el Certificado de Registro de equipos inhibidores de señal celular y las comunicaciones a los solicitantes luego de las pruebas técnicas respectivas a cada equipo remitido al laboratorio de certificación de equipos de telecomunicaciones.

Art 6. Debe existir una coordinación entre la ARCOTEL y las operadoras que brindan el servicio de telefonía móvil, con el afán de controlar el uso de dispositivos inhibidores de señal y regular el uso indebido de los mismos.

Art 7. Las bandas de frecuencia en las cuales operan los inhibidores de señal celular serán las especificadas por el Plan Nacional de Frecuencias únicamente en las frecuencias de *Downlink*.

Especificaciones Técnicas y Características

Art 8. Los equipos inhibidores de señal celular deben disponer siempre de alimentación de corriente de tal manera que todo el tiempo permanezca encendido el dispositivo sin interrupciones.

Art 9. La potencia de salida del sistema no deberá poseer variaciones por encima del 10% del valor requerido.

Art 10. El límite para las emisiones no esenciales de frecuencias fuera de la banda requerida se rige por la recomendación internacional, por tanto debe estar en el rango especificado por la ecuación 5.9:

$$\text{Atenuación (dB)} = 43 + 10 \log(10P) \text{ ó } 70 \text{ dBc}$$

ecuación (5.9)

Art 11. El límite para radiaciones no ionizantes en las frecuencias especificadas para el equipo inhibidor será el recomendado en la norma internacional UIT-T K52.

$$\text{Para 850 MHz} \rightarrow 4.25 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$$\text{Para 1900 MHz} \rightarrow 9.5 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Art 12. La potencia efectiva que entrega el sistema a las antenas para su posterior radiación será de un máximo de 30 [dBm] o 1 [W].

Art 13. El ancho de banda para cada una de las frecuencias es el especificado por el Plan Nacional de Frecuencias:

$$\text{Para 850 MHz} \rightarrow \text{AB}=25 \text{ [MHz]}$$

$$\text{Para 1900 MHz} \rightarrow \text{AB}=60 \text{ [MHz]}$$

La tolerancia para el ancho de banda no debe sobrepasar el $\pm 5\%$ en cada una de las bandas especificadas.

Art 14. Las antenas utilizadas para radiar la señal del inhibidor deben poseer las especificaciones siguientes: frecuencia de operación, máxima ganancia, máxima potencia de entrada, polarización, patrón de radiación, impedancia de entrada.

Art 15. Los equipos inhibidores de señal celular deben operar de forma correcta cuando las condiciones son normales, es decir alimentados por una corriente de 110[V] \pm 15% y una frecuencia de 60 [Hz] \pm 5%.

Anulación del Proceso de Registro

Art 16. La anulación de un Certificado de Registro de Equipos Inhibidores de Señal Celular, procederá sólo en el caso en el que existan errores de forma en la emisión de los Certificados. La Dirección Técnica de Homologación de Equipos deberá realizar el respectivo informe justificando las razones de la anulación.

Cancelación del Registro de Equipos

Art 17. La cancelación del Certificado de Registro de Equipos Inhibidores de Señal Celular, procederá inmediatamente luego de recibir de parte de la ARCOTEL la notificación de cancelación del registro de operación, siempre que éste sea por alteración de las características técnicas del equipo, o por haber dejado de operar en el sitio autorizado.

La ejecución de la presente Normativa Técnica entrará en vigencia a partir de su suscripción y mediante todos los órganos administrativos que intervienen en el Proceso de Certificación de Equipos Inhibidores.

Por medio de la presente se deroga la Resolución N° ST-2011-0376 de 22 de agosto de 2011.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Mediante el análisis de los resultados obtenidos se concluye que, la potencia con la que emiten las frecuencias inhibidoras son bajas respecto a las mediciones de radiaciones no ionizantes, que son las que afectan la vida humana, en el caso de necesitar un arreglo de inhibidores para cubrir una mayor zona de cobertura se debería realizar la medición respectiva. Esto solamente respecto a entidades financieras ya que ellas deben cubrir un área reducida a las cajas.
- En el caso de entidades de reclusión social la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones realizará el estudio respectivo para la utilización de inhibidores de mayor potencia a la especificada en la normativa propuesta por el presente proyecto de titulación, dicho estudio consta de pruebas en campo de cobertura de la señal inhibidora, radiaciones no ionizantes y bandas de frecuencia de operación a inhibir.
- Para lograr una mayor coordinación y por ende una mejor prestación de los dispositivos inhibidores se debe llegar a un acuerdo de cooperación entre las entidades financieras, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y las operadoras que brindan el servicio móvil en el país, con el fin de no afectar a usuarios que se encuentran fuera del área de cobertura, debido a que la afectación no solo es a nivel de usuario sino que la operadora baja su nivel de conformidad.

- La certificación de cada equipo inhibidor es un paso fundamental para el correcto funcionamiento de las telecomunicaciones, y es de carácter obligatorio para su posterior utilización. El ente encargado de realizar el proceso de certificación es el Laboratorio de Homologación de equipos de Telecomunicaciones perteneciente a la ARCOTEL.
- Los equipos inhibidores deben poseer potencia variable y un máximo que no sobrepase la presente norma, pero de la manipulación de potencia no debe variar en el ancho de banda de la señal, esto conlleva la posibilidad de ampliar o reducir la cobertura según el área que lo necesite sin perturbar otros servicios de telecomunicaciones, referente al análisis de las pruebas realizadas mediante el analizador de espectros que nos permite conocer la potencia que el sistema puede entregar, además del análisis de los resultados obtenidos con el software *Drive Test* que para el equipo inhibidor con mayor potencia se obtuvo que la distancia máxima en las peores condiciones no sobrepasa los ocho metro de distancia con lo cual se puede recomendar la potencia máxima de salida.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de antenas directivas, ya que la utilización de antenas omnidireccionales en ciertos casos degrada la señal en lugares no deseados, además de obtener mayor eficiencia con la potencia que brinda el sistema. Referente a lo antes mencionado se tiene que en muchas de las ocasiones los inhibidores permanecen apagados ya que perturban no solo el área de cajas sino que además otras áreas de las entidades financieras en las que se necesita el servicio móvil avanzado y la entidad toma la decisión de apagar el equipo. Cabe mencionar que en todo momento el inhibidor debe permanecer encendido obligatoriamente.

- Realizar controles esporádicos a las agencias de las entidades financieras con el fin de precautelar no solo el correcto funcionamiento de los dispositivos sino también la utilización obligatoria de las mismas dentro del área especificada.
- Colocar el inhibidor en lugar de difícil acceso al público en general con el fin de precautelar posibles manipulaciones, si es el caso de techos falsos se debe procurar que las antenas estén expuestas y de esta manera lograr una mejor radiación y control de pérdidas.
- Las pruebas de radiaciones no ionizantes, de ser necesario realizarlas a un equipo para potencias que sobrepasen la presente norma, como son los que se instalan en los centros de reclusión social, se las efectuará en la cámara semi-anecoica perteneciente a la ARCOTEL, ya que la atenuación que se posee para señales externas es alta, consecuentemente obtener los valores únicamente del equipo inhibidor, esto referente a que en ambiente libre se medirá la mezcla de señales producidas tanto por el inhibidor como las que producen los operadores de señal celular.

ANEXOS

ANEXO A
(HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL
ECUADOR)

Historia de las Telecomunicaciones en el Ecuador

La historia de las telecomunicaciones se remonta al año de 1871, en el que el Gobierno de Gabriel García Moreno dio una concesión a *All America Cable and Radio* para brindarle al País el servicio internacional de telegrafía usando cable submarino. El cable corría a lo largo de la costa del oeste de Sudamérica conectando Baltos (Panamá) con Valparaíso (Chile) a través de diferentes estaciones en Buena Ventura (Colombia), Salinas (Ecuador) y Callao (Perú).

Para el año 1884, se transmitió el primer mensaje telegráfico interno en Ecuador sobre una línea entre Quito y Guayaquil. La organización nacional para regular las telecomunicaciones, la Dirección de Telégrafos, fue creada en la década de 1880.

La primera central telefónica del país fue instalada en Quito en el año de 1900 usando un sistema semiautomático. En el año 1934 habían en el Ecuador 7.000 Kilómetros de líneas de telégrafo y teléfono, 167 oficinas de telégrafo y 19 estaciones inalámbricas que colectivamente proveían comunicación conectando a los principales pueblos y ciudades de la costa y de la sierra. En 1949 fue inaugurada La Empresa de Teléfonos de Quito.

Adicionalmente, para el año 1963 la Empresa de Radio Telégrafos y Teléfonos Ecuador (ERTTE) se reestructuró y cambió su nombre a Empresa Nacional de Telecomunicaciones (ENTEL). Pero para el año de 1972 el gobierno nacional creó el Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL), que impulsó el marco regulatorio de las telecomunicaciones como resultado de la necesidad de desconcentrar las funciones del Estado.

Se dio una reestructuración del sector de las telecomunicaciones cuando el Congreso aprobó una Ley Especial de Telecomunicaciones en el año 1992. Se mantuvieron los servicios básicos de telecomunicaciones como un monopolio que fue exclusivo del Estado. En el año 1995 Se impulsó la reforma a la Ley Especial

de Telecomunicaciones (Ley N° 94) publicada en el Registro Oficial N° 770, así se crea el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), como ente administrador y regulador de las telecomunicaciones; la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones como el encargado de la ejecución de la política de las telecomunicaciones y la Superintendencia de Telecomunicaciones como ente de control. La Empresa Estatal de Telecomunicaciones EMETEL se transformó en la sociedad anónima EMETEL S.A. Para 1997, se inscribió en el Registro Mercantil la escritura de escisión de EMETEL S.A. en dos compañías operadoras ANDINATEL S.A. y PACIFICTEL S.A.

El servicio móvil celular es una parte fundamental del plan estratégico del Gobierno Nacional, como lo ha declarado en la constitución, en la cual nombra al espectro radioeléctrico como uno de los ejes estratégicos para el desarrollo del País. Es por lo cual el 13 de agosto del 2009, mediante Decreto Ejecutivo N° 8 el Economista Rafael Correa Delgado actual Presidente de la República del Ecuador, crea el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, para proveer acceso igualitario a los servicios de Telecomunicaciones para el avance de la sociedad y el buen vivir.

Entre sus objetivos están:

- Establecer la política del sector de las telecomunicaciones, orientada a satisfacer las necesidades de toda la población
- Desarrollar los planes de manera concertada con la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y con la ciudadanía.
- Garantizar el conocimiento de las Tecnologías de la Información y Comunicación en la población del Ecuador, incrementando y mejorando la Infraestructura de Telecomunicaciones.
- Apoyar y facilitar la gestión de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones para el cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo.
- Funcionar como enlace entre la gestión del sector y las decisiones presidenciales.

- Diseñar y ejecutar programas y proyectos específicos de corto y mediano plazo, que respondan a las políticas de desarrollo del sector.
- Liderar procesos de diseño, creación, implantación, desarrollo y actualización de un Sistema de Información de las Telecomunicaciones.
- Realizar investigaciones aplicadas, informes y estudios específicos del sector de las telecomunicaciones y de las condiciones socio-económicas que determinan su desarrollo, que permitan el diseño, la formulación, implementación y evaluación de las políticas sectoriales y el desarrollo institucional.
- Identificar, coordinar y obtener recursos de cooperación, nacionales o internacionales, alineándolos con las políticas de desarrollo de las telecomunicaciones
- Realizar el monitoreo, seguimiento y evaluación a las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las telecomunicaciones.

El diez de agosto de 1992 se aprueba la Ley Especial de las Telecomunicaciones con la cual se crea la SUPTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones) como ente de regulación, control y monitoreo del espectro radioeléctrico, además la supervisión de los operadores y concesionarios.

La reforma a la Ley especial de Telecomunicaciones el 30 de agosto de 1995 da la apertura para que se independice el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) como ente de administración y regulación de las Telecomunicaciones, y la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones (SNT) como ente encargado de la ejecución e implementación de las políticas y regulación de telecomunicaciones emitidas por el CONATEL, incluido el plan nacional de Frecuencias.

En la actualidad el ente regulador y de control de las Telecomunicaciones es la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones) que fue creada con la expedición de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones, con Registro Oficial N° 439 de miércoles 18 de febrero de 2015, en la que expresa:

Capítulo II. **Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones**, en el artículo 142.- “**Creación y Naturaleza.** Crear la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) como persona jurídica, de derecho público, con autonomía administrativa, técnica, económica, financiera y patrimonio propio, adscrita al Ministerio Rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información”.

ANEXO B

**(CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS
UTILIZADOS EN EL LABORATORIO DE ARCOTEL)**

ANEXO C

**(ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS ANTENAS
UTILIZADAS PARA TELEFONÍA MÓVIL)**