

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE
PRUEBAS Y MEDICIONES, PARA LA CERTIFICACIÓN DE
EQUIPOS DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR**

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Villamizar G., Rafael E.
para optar al título de Ingeniero Electricista

Caracas, 2008

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE PRUEBAS Y MEDICIONES, PARA LA CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR

Prof. Guía: Zeldivar Bruzual
Tutor Industrial: Ing. Judith Acevedo

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Villamizar G., Rafael E.
para optar al título de Ingeniero Electricista

Caracas, 2008



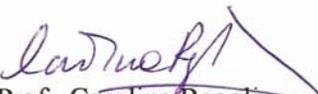
CONSTANCIA DE APROBACIÓN

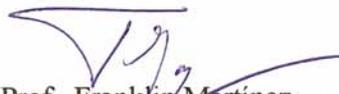
Caracas, 12 de mayo de 2008

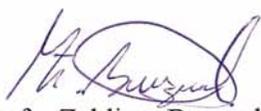
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Rafael E. Villamizar G., titulado:

“DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE PRUEBAS Y MEDICIONES, PARA LA CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Carolina Regoli
Jurado


Prof. Franklin Martínez
Jurado


Prof. Zeldivar Bruzual
Prof. Guía



DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a toda mi familia que de algún u otro modo han contribuido con mi desarrollo personal y que gracias a todos ellos continúo hacia la vida profesional. Especialmente a:

Mi hermosa madre **Arlenis Gordon**, por enseñarme todos los valores que me han traído hasta este punto y darme todo el amor incondicional, que son la clave del éxito para triunfar.

Mi abuelo **Rafael Eduardo Villamizar Bermúdez**, ejemplo formidable a seguir en todos los aspectos de mi vida. Que Dios te tenga en la Gloria de los cielos amado **Nono**.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna u otra forma han contribuido al desarrollo y culminación del presente trabajo, especialmente a:

- A los Profesores, **Freddy Brito y Paolo Maragno**, por haber depositado la confianza en mí, dándome la oportunidad y el asesoramiento necesario.
- A mi tutor industrial la Ing. **Judith Acevedo**, por su asesoramiento, colaboración y gran apoyo a lo largo de todo el desarrollo de este trabajo.
- A mis amigos y compañeros de trabajo del **CENDIT**, por su apoyo y colaboración.
- A mi profesor guía el Prof. **Zeldivar Bruzual**, por su asesoramiento y disponibilidad.
- Al equipo de la Coordinación de Homologación y Certificación de **CONATEL**, por su apoyo y colaboración
- A mi tía **Petra Gordon** y al Sr. **Álvaro Puentes**, por su colaboración y asesoramiento en la elaboración del anteproyecto del Trabajo de Grado.
- A mi novia **Raiza Vargas**, por su colaboración, aliento y apoyo incondicional, demostrándome cada día que con el trabajo en equipo se obtienen los mejores resultados.

Villamizar G., Rafael E.

**DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE
PRUEBAS Y MEDICIONES PARA LA CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS
DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR**

Profesor guía: Zeldivar Bruzual. Tutor Industrial: Ing. Judith Acevedo. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opcion: Comunicaciones. Institución: CENDIT, 2008, 95 h. + anexos.

Palabras Claves: Telefonía móvil celular, Certificación de equipos; Compatibilidad Electromagnética

Resumen. Se plantea la elaboración de una serie de procedimientos para realizar pruebas y mediciones a efectos de certificación, sobre teléfonos móviles celulares de tecnologías GSM y CDMA. Actualmente, en el país no existe un esquema operativo de la evaluación de la conformidad de equipos de telecomunicaciones y específicamente de teléfonos móviles celulares, es por ello que se crea la necesidad de contar con un proceso de verificación de las condiciones técnicas de estos equipos para garantizar su uso adecuado. Por lo extenso del tema en cuanto a certificación se refiere, esta investigación se centra básicamente en el área de CEM, dentro de la cual se desarrollaron cuatro tipos de ensayos, en dos anteproyectos de norma para equipos de telecomunicaciones en general. Dos de ellos referentes a IEM y dos referentes a SEM, de los cuales se seleccionaron los dos de IEM para aplicarlos a la telefonía móvil celular. La implementación de estos procedimientos de prueba y mediciones podrá ser útil para evaluar el comportamiento de los equipos respecto a la IEM, y así cumplir con los requisitos necesarios para la certificación de estos equipos.

INDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
SIGLAS	xii
ACRÓNIMOS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	4
1.1 Clasificación de los Sistemas de Telefonía Móvil Celular	4
1.2 Tecnologías móviles celulares	6
1.2.1 AMPS, Advanced Mobile Phone System	6
1.2.2 D-AMPS, Digital-AMPS, IS-136	6
1.2.3 GSM, Global System for Mobile communications	6
1.2.4 CDMAOne:	10
1.3 Breve reseña de las principales operadoras en Venezuela	13
1.4 Fenómenos electromagnéticos asociados al comportamiento de los equipos de telefonía móvil, que serán objeto de pruebas y mediciones en el proceso de certificación.	15
1.4.1 Perturbación electromagnética	15
1.4.2 Compatibilidad Electromagnética	15
1.4.3 Tasa de absorción específica (SAR, Specific Absorption Rate)	19
CAPÍTULO II	
MARCO REFERENCIAL	20
2.1 Organismos de estandarización y normalización	20
2.1.1 Organismos internacionales	20
2.1.2 Principales organismos regionales	22
2.1.3 Organismos nacionales	23
2.2 Organismos reguladores reconocidos por CONATEL para la certificación de equipos de telecomunicaciones	27
2.2.1 Unión Europea	27
2.2.2 Federal Communications Commission (FCC)	28
2.2.3 Industry of Canada (IC)	28
2.2.4 Agencia Nacional de Telecomunicações (ANATEL)	28
2.2.5 Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL)	29
2.2.6 Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC)	29
2.3 Marco legal venezolano	29
2.3.1 Definiciones de la resolución N° 253 de CONATEL:	30

2.4 Normas y estándares	31
2.5 Normativa venezolana relacionada con la certificación de equipos de telecomunicaciones	31

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS, PRUEBAS Y MEDICIONES APLICABLES A EQUIPOS DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR	33
3.1 Ensayos realizados por laboratorios acreditados internacionalmente	33
3.2 Revisión de pruebas realizadas por fabricante de equipos de telefonía móvil celular	38
3.3 Proceso de selección de estándares y normas para la ejecución de los ensayos, aplicable a los equipos de telefonía móvil celular	39
3.4 Ensayos y mediciones establecidos para el proceso de certificación de equipos celulares	42
3.5 Elaboración del anteproyecto de norma CEM (IEM)	43
3.5.1 Justificación	43
3.5.2 Procedimiento empleado	44
3.5.3 Estructura y breve descripción del anteproyecto de norma CEM (IEM)	46
3.6 Elaboración del anteproyecto de norma CEM (SEM)	62
3.6.1 Justificación	62
3.6.2 Procedimiento empleado	62
3.6.3 Estructura y breve descripción del anteproyecto de norma CEM (SEM)	64

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS APLICADO A EQUIPOS DE TELEFONÍA MOVIL CELULAR	77
4.1 Consideraciones generales	77
4.2 Procedimiento para la ejecución del ensayo de emisiones conducidas en los terminales de alimentación principal de equipos celulares	78
4.2.1 Configuración de la prueba	78
4.2.2 Procedimiento de medición	80
4.3 Procedimiento para la ejecución del ensayo de emisiones radiadas en equipos móviles celulares	82
4.3.1 Procedimiento de la prueba	82
4.3.2 Procedimiento de medición	84
4.4 Selección del equipamiento necesario para realizar los ensayos	87
4.4.1 Receptores de medición	88
4.4.2 Red de estabilización de impedancias de la línea	89
4.4.4 Antenas de banda ancha	90
4.4.5 Simulador de estación base	91

CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
BIBLIOGRAFÍA	97

GLOSARIO
ANEXOS

106
108

INDICE DE TABLAS

TABLAS

1. Laboratorios de ensayos para certificación de equipos móviles.....	36
2. Estándares y normas que aplican a la telefonía móvil celular (GSM).....	40
3. Estándares y normas que aplican a la telefonía móvil celular (CDMA).....	41
4. Límites para equipos clase A en terminales de alimentación principal.....	50
5. Límites para equipos clase B en terminales de alimentación principal.....	51
6. Límites para equipos clase A en puertos de telecomunicaciones.....	51
7. Límites para equipos clase B en puertos de telecomunicaciones.....	51
8. Límites para equipos clase A, medidos a una distancia de 10 m.....	57
9. Límites para equipos clase B, medidos a una distancia de 10 m.....	57
10. Niveles de prueba.....	67
11. Guía para la selección del nivel de prueba apropiado.....	67
12. Niveles de prueba relacionados a propósitos generales, radio teléfonos digitales y otros dispositivos emisores de Radio frecuencias.....	72
13. Guía para la selección del nivel de prueba apropiado.....	73
14. Frecuencias de prueba.....	86
15. Características resaltantes de los detectores.....	88
16. Características resaltantes de las REIL.....	89
17. Valores típicos de antenas de banda ancha.....	90
18. Resumen de ensayos y equipos utilizados en IEM.....	92
19. Resumen de ensayos y equipos utilizados en IEM.....	92

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS

1. Clasificación de los sistemas de telefonía móvil celular.....	4
2. Arquitectura general de la Red GSM.....	7
3. Evolución tecnología GSM.....	8
4. Arquitectura lógica GPRS.....	9
5. Arquitectura EDGE.....	10
6. Arquitectura de la red CDMAOne.....	11
7. Evolución de la tecnología CDMA.....	12
8. Arquitectura de Red de datos por paquete CDMA2000.....	13
9. Emisión e inmunidad conducida.....	17
10. Mapa evolutivo del anteproyecto de norma CEM (IEM).....	46
11. Límites y niveles de emisión e inmunidad.....	49
12. Configuración de prueba para emisiones conducidas en los terminales de alimentación principal – Equipo de escritorio.....	53
13. Configuración de prueba para emisiones conducidas en los puertos de telecomunicaciones – Equipo de escritorio.....	55
14. Configuración del ensayo de emisión de perturbaciones radiadas.....	59
15. Mapa evolutivo del anteproyecto de norma (CEM / SEM).....	64
16. Configuración del método de inyección por RAD.....	69
17. Configuración del método de inyección por pinzas.....	70
18. Configuración del método de inyección directa.....	71
19. Configuración de prueba para la calibración del campo eléctrico.....	74
20. Configuración de prueba de inmunidad frente a perturbaciones radiadas para equipos de escritorio.....	75
21. Configuración de prueba de emisión de perturbaciones conducidas en terminales de alimentación principal.....	79
22. Configuración de prueba de emisión de perturbaciones radiadas en cámara semi- anecoica.....	84

SIGLAS

ANSI: American National Standards Institute

CE: Conformidad Europea

CENDIT: Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Telecomunicaciones

COVENIN: Comisión Venezolana de Normas Industriales

CpqD: Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações

CT-11: Comité Técnico once

EN: Norma Europea (Europäische Norm)

ETSI: European Telecommunication Standards Institute

FUNINDES: Fundación de Investigación y Desarrollo de la USB

ICES: Interference Causing Equipment Standard

IEC: International Electrotechnical Commission

IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers

IVIC: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas

NMX: Norma Mexicana

OET: Office of Engineering and Technology

SC-4: Subcomité cuatro

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R: UIT - Radiocomunicaciones

UIT-T: UIT - Estandarización

UIT-T-K: UIT – T – Protección contra las interferencias

UNE: Una Norma Española

UCV: Universidad Central de Venezuela

USB: Universidad Simón Bolívar

ACRÓNIMOS

BSC: Base Station Contoller
BTS: Base Station Transceiver
CDBS: CDMA Distributed Base Station
CDMA: Code División Multiple Access
CEM: Compatibilidad Electromagnética
EB: Estación Base
EBP: Equipo Bajo Prueba
EFT: Electrical Fast Transients
EM: Estación Móvil
ESD: ElectroStatic Discharge
FDD: Frequency Division Duplex
HAC: Hearing Aid Compatibility
IP: Internet Protocol
IEM: Interferencia Electromagnética
IMEI: International Mobile Equipment Identity
MODCELL: Celda Modular CDMA
MS: Mobile Station
MSC: Mobile Switching Center
NSS: Network SubSystem
PSTN: Public Switch Telephone Network
RF: Radio Frecuencia
SEM: Susceptibilidad Electromagnética
SIM: Subscriber Identity Module
W-CDMA: Wide – CDMA

INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la apertura de las telecomunicaciones en nuestro país en el año 2000, han sido numerosas las empresas tanto nacionales como transnacionales, que han penetrado en este mercado; poniendo en operación redes, sistemas y equipos de telecomunicaciones, los cuales deben contar con la correspondiente homologación por parte del ente regulador.

Como bien se sabe el espectro radioeléctrico es limitado, y por tal razón, existen organismos nacionales encargados de velar por el uso adecuado de éste emitiendo normas, recomendaciones, resoluciones, que garanticen: la integridad y calidad de las redes de telecomunicaciones, la gerencia del espectro radioeléctrico y la seguridad de usuarios, operadores y terceros. En nuestro país la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), es el organismo regulador en materia de Telecomunicaciones, y tiene atribuciones para dictar normas técnicas relativas a la homologación de equipos y sistemas de telecomunicaciones.

Actualmente en Venezuela no existe un organismo cuya actividad principal sea la certificación de equipos de telecomunicaciones, debido a esto, el proceso de certificación es realizado principalmente por laboratorios foráneos, y por esta razón, el ente regulador se ve en la necesidad de reconocer entes y organismos internacionales para la homologación de los equipos de telecomunicaciones. En vista del panorama del marco regulatorio de las telecomunicaciones y de la ausencia de normas técnicas venezolanas en materia de certificación de equipos de telecomunicaciones, se hace necesario el establecer procedimientos de pruebas y mediciones a través de la creación de normas técnicas venezolanas, que garanticen la calidad de los mismos.

El desarrollo del Proyecto, tiene como objetivo diseñar procedimientos de pruebas y mediciones que permitan efectuar los ensayos y pruebas de laboratorio requeridos en el proceso de certificación de equipos de telefonía móvil celular, enfocado a las tecnologías GSM y CDMA. Este proyecto, resulta de interés para la Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación (CENDIT), el cual tiene como uno de

sus proyectos banderas, el disponer de Laboratorios de Certificación de Equipos de Telecomunicaciones.

Con el propósito de dar cumplimiento a lo planteado, se propuso el desarrollo de los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las normas y estándares aprobadas y/o adoptadas por el ente regulador venezolano, las cuales marcaran la pauta a seguir en la selección de las pruebas y mediciones a realizar en el proceso de certificación.
- Proponer al CENDIT las pruebas y mediciones requeridas con fines del proceso de certificación.
- Establecer los protocolos de pruebas que deberán ser aplicados en el proceso de certificación de los equipos de telefonía móvil celular.

Para llevar a cabo estos objetivos, se realizó una investigación enfocada principalmente a dos aspectos:

- Conocer las tecnologías de telefonía móvil celular: clasificación de los sistemas, evolución de las tecnologías y posicionamiento actual de estos servicios en nuestro país.
- Estudiar los fenómenos electromagnéticos asociados al comportamiento de los equipos que serán objeto de prueba en el proceso de certificación, para ello se realizó una revisión bibliográfica de los estudios realizados en este campo, enfocado a las pruebas y mediciones asociadas a estos fenómenos.

Una vez identificadas las normas y estándares requeridos para la aplicación de pruebas y mediciones a objeto de la certificación de los equipos de telefonía móvil celular, se plantean cuadros comparativos entre distintos laboratorios acreditados para la certificación de equipos de telefonía móvil, así como también organismos a nivel internacional, regional y nacional, encargados de la estandarización de las pruebas y mediciones en estudio.

Cada paso de las actividades antes descritas, se van desarrollando a lo largo de los primeros tres capítulos de los cuatro que contiene el trabajo, obteniendo como resultado la identificación y selección de las normas y estándares requeridos a fin de

establecer los procedimientos, métodos y equipos de medición de las pruebas y ensayos para la certificación de equipos de telefonía móvil celular.

Debido a que es deseable que los procedimientos para la ejecución de las pruebas estén soportados en una norma venezolana, se toma la iniciativa de elaborar un anteproyecto de norma en el área de CEM para certificación de equipos de telecomunicaciones, con la finalidad de someterlo a estudio en el comité correspondiente de FONDONORMA. Este anteproyecto de norma, está basado principalmente en estándares internacionales y trabajos de investigación desarrollados bajo la tutela de CONATEL. Este anteproyecto de norma esta compuesto por dos etapas, una que abarca las Interferencias Electromagnéticas (IEM) y otra que abarca la Susceptibilidad Electromagnética (SEM). Ambos desarrollos se resumen en la sección 3.4 y 3.5 del capítulo III.

Una vez establecidos los ensayos de IEM requeridos para la certificación de equipos de telefonía móvil celular, se comienzan a elaborar (en el capítulo IV) los procedimientos de prueba y mediciones de IEM en cuanto a la emisión de perturbaciones conducidas y emisión de perturbaciones radiadas aplicadas a estos equipos. Como último punto del capítulo IV, se realiza la selección de los equipos necesarios para la ejecución de los ensayos IEM a fin de proponer la adquisición de estos para equipar a unos de los laboratorios de certificación del CENDIT.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 Clasificación de los Sistemas de Telefonía Móvil Celular

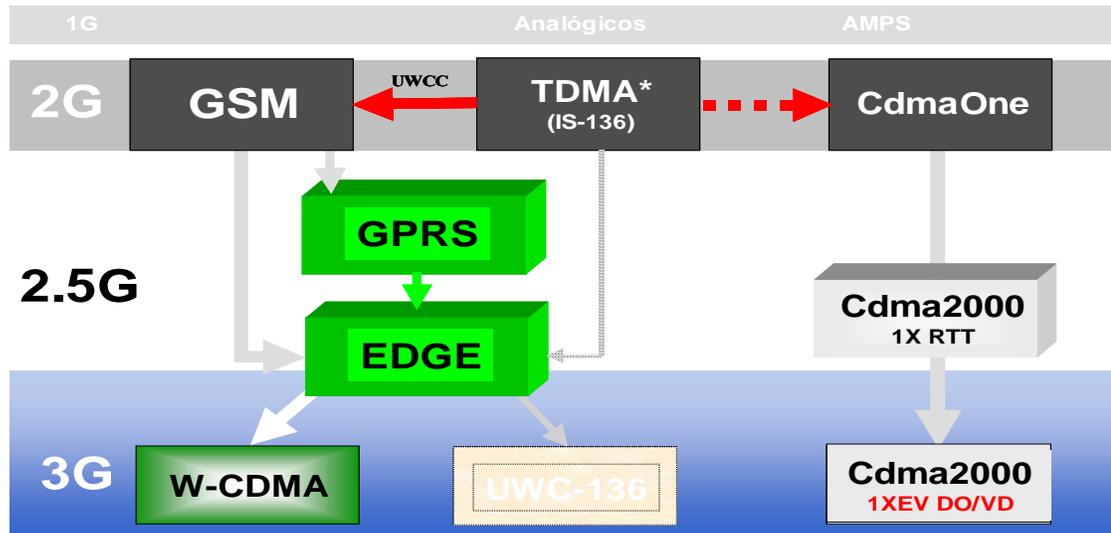


Figura #1 Clasificación de los sistemas de telefonía móvil celular (Fuente: Comunicaciones móviles un nuevo entorno tecnológico, Rafael Rodríguez) * D-AMPS

- *Sistema de 1º generación:*

Hace su aparición en 1979 y se caracteriza por ser analógico y estrictamente para voz; la calidad de los enlaces es muy baja con velocidades que sólo alcanzan 2400 baudios. La transferencia entre celdas es muy imprecisa debido a la baja capacidad, utilizando técnicas de acceso múltiple por división de frecuencia FDMA. La tecnología predominante en esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System).

- *Sistema de 2º generación:*

Hace su aparición en 1990 y a diferencia de la primera se caracteriza por ser digital. El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados, y todavía se emplea en algunos sistemas de telefonía celular actuales. Las tecnologías predominantes son: TDMA IS-136A (Time Division Multiple Access - Interim Standard 136A, conocido también como DAMPS, Digital AMPS), de aquí se

despliega la asociación UWCC (Universal Wireless Communication Consortium, 1996), consorcio formado por más de 100 operadoras y fabricantes de servicios y productos inalámbricos dedicado al soporte de TDMA; GSM (Global System for Mobile Communications); CDMA IS-95A (Code Division Multiple Access, conocido también como CDMA-One primera revisión), y PDC (Personal Digital Communications) utilizado en Japón.

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas por voz (de 8 a 13 kbps), pero limitados en comunicación de datos (tasas hasta 15 kbps). Se pueden ofrecer servicios auxiliares, como datos, fax y SMS (Short Message Service). La mayoría de los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación.

- *Sistema de generación 2.5:*

Puesta en marcha a partir del 2001, ofreciendo características extendidas, ya que cuenta con capacidades adicionales a las de los sistemas 2G como: GPRS (General Packet Radio System), HSCSD (High Speed Circuit Switched), la primera versión de EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS-136B e IS-95B (o CDMA-One segunda revisión) entre otros.

Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones han preferido migrar a redes 2.5G antes de entrar masivamente a la 3G. La tecnología 2.5G es la vía más rápida, y de menor costo para actualizar a 3G.

- *Sistema de 3ª generación:*

Hace su aparición en el 2001 en Japón, y a mediados del 2002 en otros países, se caracteriza por contener a la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet; en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos soportando altas tasas de velocidad hasta 3 Mbps, permitiendo una movilidad total a usuarios. Entre las tecnologías predominantes de la tercera generación se encuentran UMTS (Universal Mobile Telephone Service o W-CDMA), CDMA2000-1xRTT / EVDO, y UWC-136 entre otras.

1.2 Tecnologías móviles celulares

1.2.1 AMPS, Advanced Mobile Phone System

Es un sistema de telefonía móvil de primera generación (**1G**, voz **analógica**) desarrollado por los **Laboratorios Bell**. Utiliza la técnica de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA). Opera en la banda de 800 MHz, ocupando un total de 12.5 MHz para el *downlink* y otros 12.5 MHz para el *uplink*, resultando en un total de 416 canales dúplex de 30 kHz en cada dirección.

1.2.2 D-AMPS, Digital-AMPS, IS-136

Primera tecnología digital de telefonía celular desarrollada en Estados Unidos, está basada en TDMA, una técnica de acceso múltiple la cual divide a cada canal de radio FDMA de 30 kHz en intervalos de tres ranuras de tiempo, donde cada usuario recibe o transmite en una ranura diferente. Este método permite triplicar el número de usuarios por cada canal de radio FDMA, y comunicarse sin que interfieran unos con otros. Al igual que AMPS, opera en la banda de 800 MHz utilizando el espectro entre 824-849 MHz para la recepción y 869-894 MHz para la transmisión. Los procesadores digitales de señal, comprimen aún más la voz, permitiendo que 6 conversaciones compartan cada frecuencia. El transmisor incluye una codificación que imprime redundancia a la señal (lo que consume una parte del ancho de banda digital disponible). El receptor implementa un método de control y corrección de errores binarios (FEC, Forward Error Correction).

1.2.3 GSM, Global System for Mobile communications

Es una tecnología celular abierta usada para servicios de transmisión móvil de voz y datos. A diferencia de AMPS, utiliza tecnología digital y métodos de transmisión de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Opera en la banda de 900 MHz utilizando dos sub-bandas de 25 MHz, una para el uplink (890-915 MHz), y otra para el down link (935-960 MHz) con una separación entre ellas de 45 MHz. Cada sub-banda de 25 MHz dispone de 124 canales, obteniendo aproximadamente 200 kHz para cada canal. La técnica TDMA divide a cada canal de RF en períodos consecutivos de tiempo llamados “trama TDMA” (TDMA frame). Cada trama

TDMA contiene 8 períodos de tiempo aun más cortos llamados “ranuras de tiempo” (time slots). Cada trama tiene una duración de 4,615 ms, y cada ranura de tiempo tiene una duración aproximada de 576.9 μ s. La tasa de transmisión asignada para cada canal es de 270.833 kbps También puede operar en las bandas de 850, 1800 y 1900 MHz. GSM soporta velocidades de transferencia de datos de hasta 9.6 kbit/s, permitiendo la transmisión de servicios a datos básico como SMS (short message service). La arquitectura general se muestra en la figura #2.

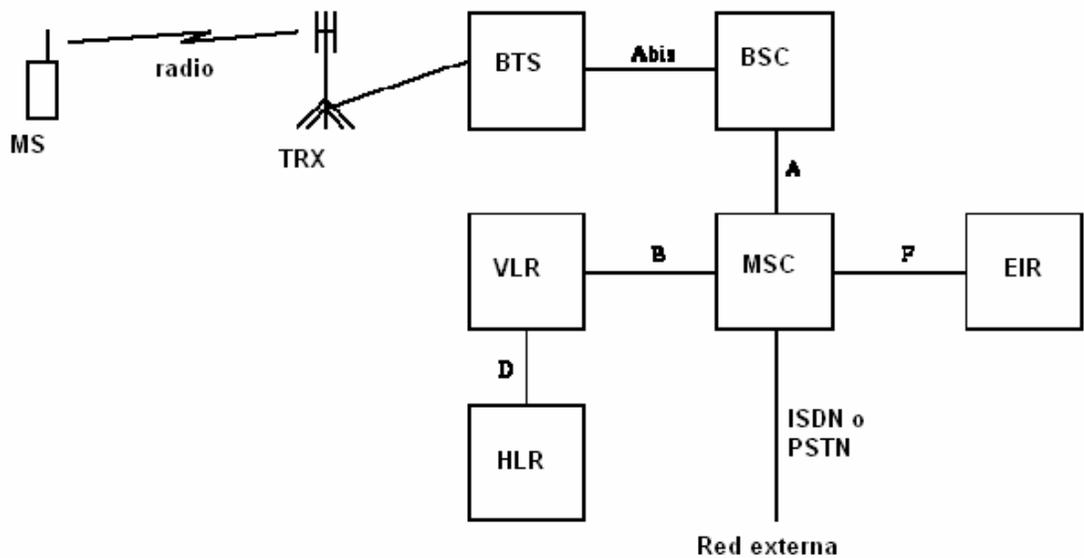


Figura #2 Arquitectura general de la Red GSM (Fuente: <http://www.utica.edu/academic/institutes/ecii/publications/articles/A0658858-BFF6-C537-7CF86A78D6DE746D.pdf>)

La plataforma de la red GSM está constituida principalmente por los siguientes módulos:

- MS (estación móvil): comprende todo el equipo y software utilizado por el usuario necesario para comunicación con la red móvil.
- SIM (módulo de identificación del abonado): tarjeta inteligente removible que forma parte del teléfono móvil, que almacena de forma segura los servicios del suscriptor que identifican al equipo dentro de la red.

- BTS (estación base transceptora): Generalmente localizada en el centro de una célula, la potencia emitida determina el tamaño de la célula entre 1 y 16 transceptores (canales de RF).
- BSC (controladora de estación base): Monitoriza y controla varias BTS's (desde decenas hasta centenas).
- MSC (switch controlador móvil): Monitorea y controla varias BSC's y la conmutación a otras redes y plataformas.
- HLR (registro local): registro del suscriptor en su localidad. Esta entidad necesita tener una capacidad de transmisión de datos bastante amplia.
- VLR (registro de localización de visitantes): esta asociada a cada MSC y puede asociarse a más de una. Almacena los datos de todos los usuarios que están en roaming dentro del área local de esa MSC.
- EIR (registro de identificación del equipo): tiene el propósito de registrar IMEIs de estaciones móviles en uso.

La evolución de la tecnología GSM se muestra en la figura #3, indicando como tope la fusión de las comunicaciones manejado totalmente por tecnologías basadas en IP.

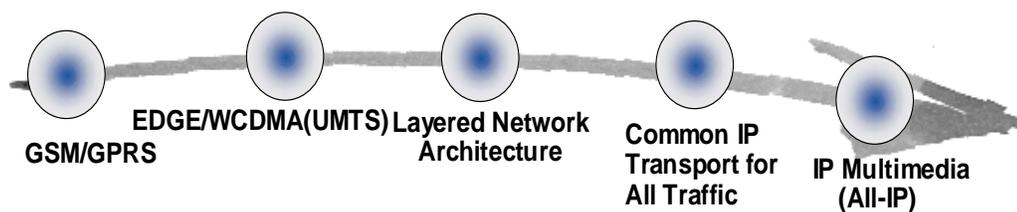


Figura #3 Evolución tecnología GSM (Fuente: Comunicaciones móviles un nuevo entorno tecnológico, Rafael Rodríguez)

1.2.3.1 General Packet Radio Service (GPRS)

Modalidad de transferencia por paquetes de datos llevada al usuario del móvil, en la que los datos de los usuarios contenidos en entidades de protocolo (como los TCP/IP, X.25, y CLNP), auto suficientes con indicación del remitente y del destinatario, pueden ser transportados por la propia, red sin necesidad de una estrecha asociación con un circuito físico. Permite la transmisión de paquetes en modalidad link by link, es decir, los paquetes de información se encaminan en fases separadas a través de los diversos nodos de soporte del servicio, denominados GSN (Gateway Support Node). Se muestra la arquitectura lógica GPRS en la figura #4.

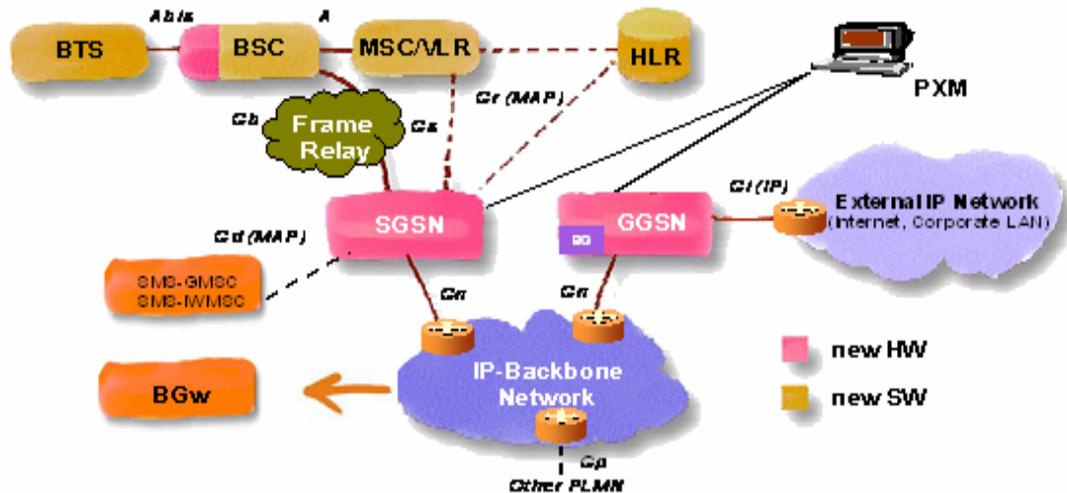


Figura #4 Arquitectura lógica GPRS (Fuente: Comunicaciones móviles un nuevo entorno tecnológico, Rafael Rodríguez)

Entre algunas de sus características se pueden mencionar:

- Velocidades de hasta 115 kbit/s (Agrupación TS).
- Tarificación flexible.
- Modulación GMSK.

1.2.3.2 Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE):

Es una tecnología de radio con red móvil que permite que las redes actuales de GSM ofrezcan servicios de 3G dentro de las frecuencias existentes. Como resultado evolutivo de GSM/GPRS, EDGE es una mejora a las redes GPRS y GSM. GPRS es una tecnología portadora de datos que EDGE refuerza con una mejora de la interfaz de radio, y proporciona velocidades de datos tres veces mayores que las de GPRS. La arquitectura se muestra en la figura #5.

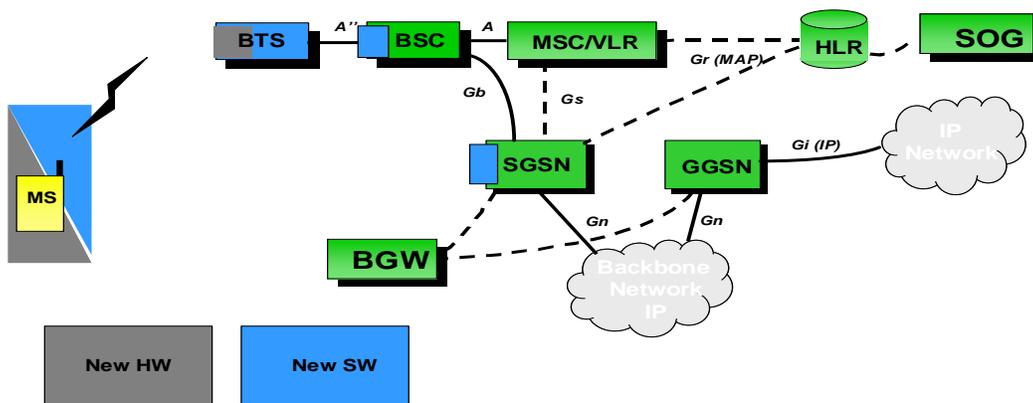


Figura #5 Arquitectura EDGE (Fuente: Comunicaciones móviles un nuevo entorno tecnológico, Rafael Rodríguez)

Entre algunas de sus características se pueden mencionar:

- Modulación 8PSK para una mayor eficiencia espectral.
- Técnicas de control de calidad del enlace.

1.2.4 CDMAOne:

Está basado en la tecnología de espectro ensanchado (spread spectrum) de acceso múltiple por división de código para comunicaciones inalámbricas, que codifica y expande todas las conversaciones a lo largo de un ancho de banda del espectro (1.25 MHz). Este esquema le permite a un gran número de usuarios compartir simultáneamente la misma portadora de 1.25 MHz. En la figura #6 se muestra un diagrama de la red CDMAOne.

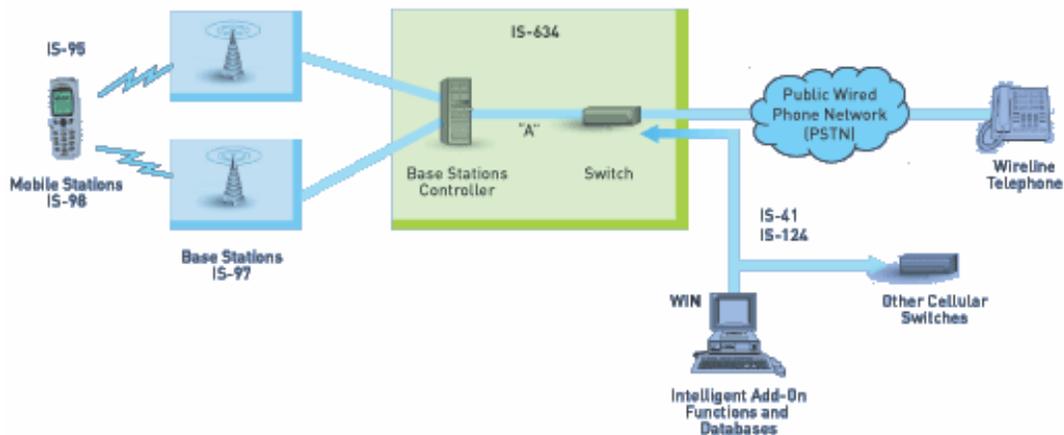


Figura #6 Arquitectura de la red CDMAOne (Fuente: <http://www.cdg.org/technology/2g.asp>)

Entre los componentes del sistema CDMAOne se pueden mencionar:

- MS.
- BTS.
- BSC.
- Switch Principal.
- Red Pública PSTN.

Entre otras características se tiene:

- Hace accesible la reutilización universal de las frecuencias, facilitando la planificación de redes celulares.
- Disminuye los efectos del desvanecimiento (fading) por propagación multi trayectoria (combinación constructiva de componentes que llegan al receptor por trayectorias distintas).
- Traspaso ininterrumpible (soft handoff) entre celdas.
- La señal modulada ocupa una banda varias veces más ancha que la banda de la señal modulante.
- La portadora es una larga secuencia binaria pseudoaleatoria a una velocidad binaria varias veces superior a la señal modulante.

- Portadoras por estación radiobase: máximo 10 portadoras por banda de 12,5 MHz.

En la figura #7 se muestra la evolución que ha experimentado la tecnología CDMA y hacia donde va, indicando las dos versiones que se obtuvieron de CDMAOne, y las tres versiones que actualmente se manejan en CDMA 2000. Tal cual como en GSM, la tendencia es a sistemas totalmente basados en tecnologías IP.

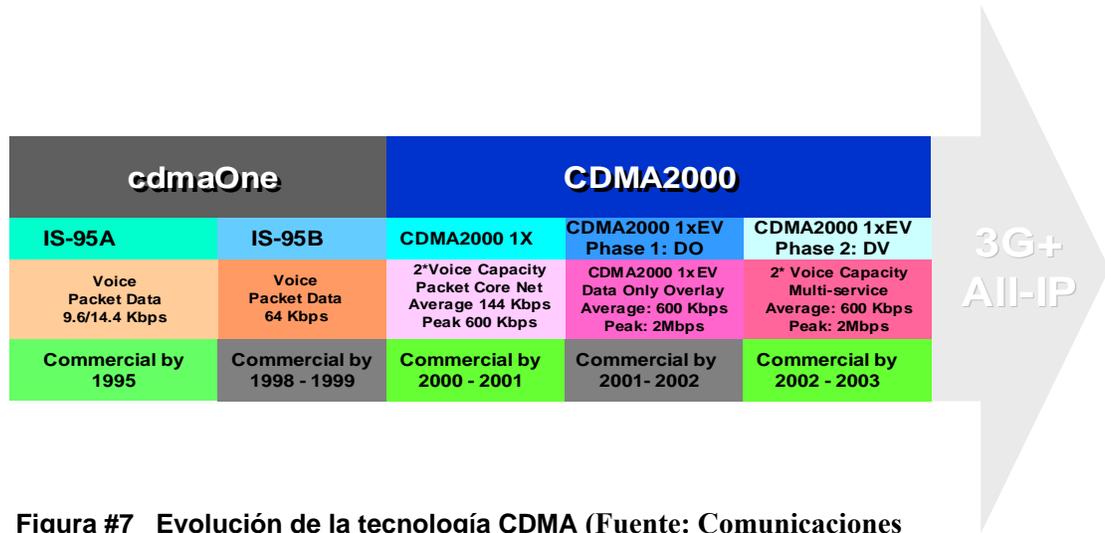


Figura #7 Evolución de la tecnología CDMA (Fuente: Comunicaciones móviles un nuevo entorno tecnológico, Rafael Rodríguez)

1.2.4.1 CDMA2000-1xRTT

Es una tecnología espectralmente eficiente para grandes redes de comunicación de voz por conmutación de circuitos y soporta velocidad de paquetes de hasta 144 kbps en un único canal de 1.25 MHz.

Entre algunas de sus características se pueden mencionar:

- Soporta hasta 40 llamadas simultáneas de voz por canal FDD de 1.25 MHz.
- Ofrece aproximadamente 2 veces la capacidad de voz de CDMAOne.
- Tasas de hasta 153kbps/s.
- Compatibilidad con redes CDMAOne.
- Códigos ortogonales de longitud variable.

1.2.4.2 CDMA2000-1xEVDO

Utiliza una técnica de transmisión de paquetes a alta velocidad que está especialmente diseñada y optimizada para la red de banda ancha que puede entregar tasas pico hasta 2.4 Mbps en un ambiente móvil.

Entre algunas de sus características se pueden mencionar:

- Esquemas de modulación y codificación rápidos y adaptativos.
- Separación múltiple de usuarios en el downlink.
- Intervalos de tiempo de transmisión cortos.
- Permite tener acceso continuo a datos.

La arquitectura representativa de la plataforma central de datos por paquete CDMA 2000 se muestra en la figura #8.

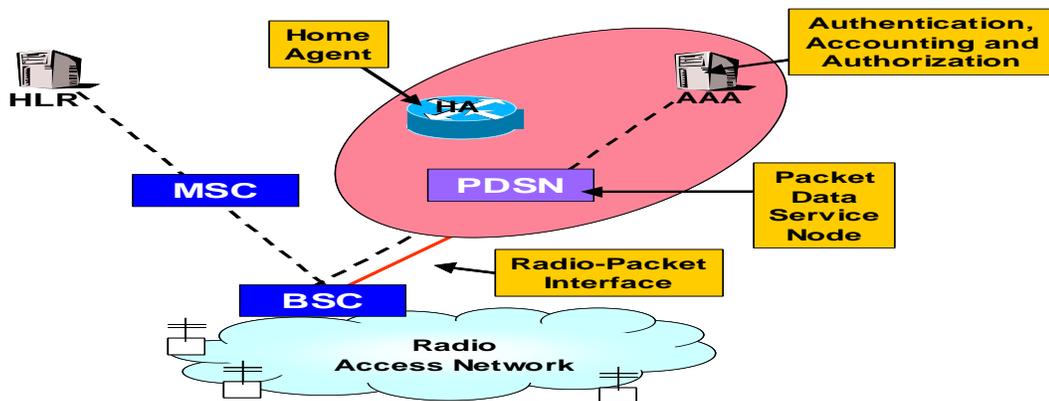


Figura #8 Arquitectura de Red de datos por paquete CDMA2000 (Fuente: Comunicaciones móviles un nuevo entorno tecnológico, Rafael Rodríguez)

1.3 Breve reseña de las principales operadoras en Venezuela

En Venezuela existen tres operadoras a nivel nacional que ofrecen servicio de telefonía móvil celular, de las cuales dos de ellas (Movistar y Movilnet), han tenido una trayectoria de más 15 años de experiencia en lo que se refiere al uso de tecnologías y cambios de plataforma tecnológica. La otra operadora por su parte (Digitel), no tiene tanto tiempo en operabilidad como las dos primeras, pero en su trayectoria que data del año 1999, también ha presentado ciertos cambios tecnológicos.

Movistar, entra en operación a principios de los 90, ofreciendo servicios de primera generación con tecnología AMPS, realizan su primer cambio en la plataforma a finales de los 90 implementando CDMAOne del estándar IS-95, y actualmente las tecnologías utilizadas son: CDMA2000-1xRTT / 1xEVDO en la banda de 800 MHz, y GSM en la banda de 850 MHz y 1900 MHz. La plataforma analógica todavía se mantiene en operación, trabajando como tecnología de respaldo compartida con CDMA2000 pero en un tiempo provisional, ya que se pretende apagar las celdas analógicas que quedan a nivel nacional en lo que queda de año. Se pretende realizar el cambio a UMTS a través de la plataforma GSM ya establecida y subsistirá con CDMA2000-1xEVDO.

Movilnet, entra en operación en 1992, ofreciendo servicios de segunda generación con la tecnología TDMA del estándar IS-136 para voz, y una red CDPD (Cellular Digital Packet Data) para la transferencia de datos, hacen el cambio de plataforma en el 2002 y actualmente las tecnologías utilizadas son CDMA2000-1xRTT / 1xEVDO trabajando en conjunto con las celdas TDMA que todavía están en uso. Este año se pretende apagar todas las celdas CDBS (TDMA / CDMAONE) a nivel nacional y cambiarlas a MODCEL (CDMA2000-1x / 3x), y entre otros de sus proyectos está el cambio de plataforma a GSM para después migrar a UMTS.

Digitel, por su parte comienza sus operaciones en telefonía móvil en 1999 ofreciendo servicios de segunda generación con tecnología GSM, para el 2002 se implementa en la red tecnología GPRS para transmisión de datos a baja velocidad, que actualmente sigue en uso junto con EDGE y el GSM de segunda generación. El próximo paso será migrar a UMTS.

Por lo mencionado anteriormente y en vista de que cada vez son menos las celdas que ofrecen servicios analógicos y de TDMA, la panorámica del país en materia de telefonía móvil celular gira en torno a dos principales tecnologías, como son GSM y CDMA, y sus evoluciones hacia 3G. Es por ello que el estudio y los objetivos del proyecto, se centran en la aplicación de pruebas y mediciones a equipos de estas dos tecnologías.

1.4 Fenómenos electromagnéticos asociados al comportamiento de los equipos de telefonía móvil, que serán objeto de pruebas y mediciones en el proceso de certificación.

Se realizó una investigación bibliográfica, para establecer las pruebas mínimas que se deben efectuar a los equipos de telefonía móvil celular, a objeto de garantizar la calidad y funcionalidad de dichos equipos, lo que conduce a definir algunos términos según la siguiente clasificación:

- **Compatibilidad Electromagnética, CEM:**

 - IEM (Interferencia Electromagnética), Emisión**

 - De:

 - Perturbaciones Conducidas

 - Perturbaciones Radiadas

 - SEM (Susceptibilidad Electromagnética), Inmunidad**

 - Frente a:

 - Perturbaciones Conducidas:

 - Campos electromagnéticos de RF inducidos en cables

 - Descargas electrostáticas (ESD)

 - Transitorios eléctricos rápidos (EFT)

 - Ondas de choque (Surges)

 - Perturbaciones Radiadas

- **Medición de la Tasa de Absorción Específica (SAR, Specific Absortion Rate)**

1.4.1 Perturbación electromagnética

La perturbación electromagnética comprende cualquier fenómeno electromagnético que pueda degradar el funcionamiento de un dispositivo equipo o sistema, o afectar de forma adversa a la materia viva e inerte. Una perturbación electromagnética puede consistir en un ruido electromagnético o una señal no deseada. [4]

1.4.2 Compatibilidad Electromagnética

Es la capacidad de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico o electrónico para funcionar dentro de ciertos límites de seguridad, en el ambiente electromagnético

para el cual fue diseñado, sin sufrir degradación debido a la presencia de perturbación electromagnética y sin producir él mismo interferencias electromagnéticas intolerables para otros dispositivos, equipos o sistemas que se encuentran en dicho entorno. [1]

La Compatibilidad Electromagnética se divide en dos áreas de estudio:

- Interferencia Electromagnética (IEM) o Electromagnetic Interference (EMI)
- Susceptibilidad Electromagnética (SEM) o Electromagnetic Susceptibility (EMS)

1.4.2.1 Interferencia Electromagnética (IEM)

Es la perturbación electromagnética generada por un dispositivo equipo o sistema, que causa la degradación de las características de funcionamiento de otro dispositivo, equipo o sistema

La interferencia ocurre cuando la energía transmitida por un emisor, bien sea por su alto contenido espectral o por el nivel de magnitud, es recibida de forma indeseada, causando un mal funcionamiento en el receptor.

Dentro de la IEM se pueden encontrar las siguientes definiciones que involucran el estudio de fenómenos que son objeto de pruebas y mediciones:

• Interferencia entre sistemas:

Interferencia electromagnética de un sistema debido a la perturbación electromagnética de otro sistema. [4]

• Interferencia intra-sistemas:

Interferencia electromagnética que ocurre en un sistema debido a la perturbación electromagnética producida dentro del mismo sistema. [4]

• Emisión:

Se refiere a la propagación de energía electromagnética desde una fuente a través del aire (emisión radiada) o a través de medios metálicos (emisión conducida).

• Emisión de perturbaciones conducidas:

Son aquellas que salen del equipo bajo prueba (EBP) a través de los medios metálicos o puertos cableados y se propagan desde la fuente de alimentación interna del EBP hacia la red de alimentación eléctrica (figura #9).

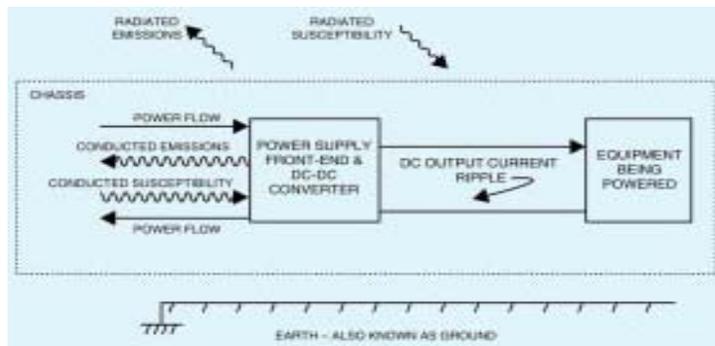


Figura #9 Emisión e inmunidad conducida (Fuente: Philip Lioio, El lenguaje del ruido Diseño de Sistemas de Potencia y EMI: Una Panorámica)

- **Emisión de perturbaciones radiadas**

Se refiere a las ondas electromagnéticas que salen de la carcasa que encierra al equipo (figura #9). Para facilitar las mediciones y el análisis, se asume que las emisiones radiadas predominantes se sitúan por encima de 30 MHz. Se producen en forma de ondas electromagnéticas que salen del EBP y viajan a través del espacio. Se expresa en niveles absolutos de campo eléctrico y se mide en dB μ V/m. [3]

1.4.2.2 Susceptibilidad Electromagnética (SEM)

Es la incapacidad de un dispositivo, equipo o sistema para funcionar sin degradación en presencia de una perturbación electromagnética. [4]

Dentro de la SEM se pueden encontrar las siguientes definiciones que involucran el estudio de fenómenos que son objeto de pruebas y mediciones:

- **Inmunidad:**

Capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para funcionar si degradación de su propia calidad en presencia de una perturbación (lo contrario a susceptibilidad). [4]

- **Inmunidad frente a perturbaciones conducidas generadas por la inducción de campos de RF en cables:**

Es la respuesta de un dispositivo a señales no deseadas inducidas por campos de RF en los terminales de alimentación principal y/o la red de telecomunicaciones. En alta frecuencia, los cables, conductores y líneas de transmisión, se pueden comportar como arreglos de antenas debido a la variación de su longitud de onda. Estos pueden

verse afectados drásticamente por perturbaciones electromagnéticas que degradan las características de funcionamiento de los equipos a los cuales están conectados. Cuando una señal de ruido se superpone a la corriente de entrada y circula hasta entrar a la fuente de alimentación, el nivel de inmunidad disminuye. [1]-[2]

Este fenómeno generalmente es medido en el rango de 150 kHz a 80 MHz (y hasta 230 MHz). “Las fuentes de perturbación son campos electromagnéticos que pueden afectar a toda la extensión de los cables conectados a estos materiales, e inducir en ellos tensiones y corrientes.” [2]

- **Inmunidad frente a transitorios eléctricos rápidos en ráfaga (EFT / BURST):**

Es característico de perturbaciones inducidas por las maniobras eléctricas. Este ensayo es el más significativo de la inmunidad de un equipo, puesto que los transitorios rápidos son los más frecuentes.

- **Inmunidad frente a ondas de choque (Surges):**

Se caracteriza por una energía, que puede ser provocada por los efectos secundarios de descargas atmosféricas y maniobras eléctricas.

- **Inmunidad frente a perturbaciones radiadas:**

Es la capacidad que tiene el equipo bajo prueba para soportar las ondas electromagnéticas de RF que se imponen sobre él. Estos ensayos son especialmente sensibles al entorno, y por ello se deben tomar precauciones para hacer medidas confiables y reproducibles. [2]

- **Inmunidad frente descargas electrostáticas (ESD, Electrostatic Discharge):**

Es la capacidad que tiene un equipo bajo prueba, para soportar una corriente eléctrica repentina y momentánea que circula entre este equipo y otro, a diferente potencial eléctrico.

Las descargas electrostáticas tienen su origen en la acumulación de electricidad estática y pueden producirse directamente desde el operador o desde objetos cercanos. Los niveles de descarga electrostática depende de varios factores, entre otros: humedad relativa, uso de alfombras y en general materiales de baja

conductividad que pueden existir en las localidades donde se instalan equipos de telecomunicaciones. Por supuesto el problema se acentúa cuando los equipos se instalan en ambientes no controlados. La descarga electrostática puede hacerse por contacto directo o a través del aire. Los efectos debidos a las descargas electrostáticas producidas por los operadores de los equipos pueden ir desde un mal funcionamiento hasta daños en los componentes electrónicos. Estos daños pueden atribuirse parámetros de la corriente de descarga: tiempo de subida, duración, etc.

1.4.3 Tasa de absorción específica (SAR, Specific Absorption Rate):

Es la tasa a la cual la energía de RF es absorbida por unidad de masa de tejido biológico. Cualquier equipo o dispositivo en la cercanía del cuerpo que emita más de 20 mW en RF es objeto de medición SAR.

Matemáticamente se puede expresar como:

$$SAR = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{dm} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dW}{\rho dV} \right) \quad [W / kg \text{ ó } mW / g]$$

$$SAR = \frac{\sigma |E|^2}{\rho} \quad [W / kg \text{ ó } mW / g]$$

dt = diferencial de tiempo

dW = diferencial de energía

dV = diferencial de volumen

σ = Conductividad eléctrica del tejido [S / m]

ρ = densidad de masa del tejido [kg / m³]

E = Valor rms del campo eléctrico [V / m]

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Organismos de estandarización y normalización

El estudio de los fenómenos electromagnéticos de la sección 1.4 del capítulo I, lleva consigo una serie de pruebas y ensayos asociados, los cuales deben seguir cierta metodología y procedimientos estandarizados. En varios países existen organismos encargados de realizar estándares sobre protección electromagnética, que establecen los procedimientos, métodos y equipos de medición necesarios para realizar dichas pruebas. Estos organismos están clasificados de acuerdo a una jerarquía establecida que sigue el siguiente orden:



Cada organismo tiene una norma o estándar asociado al mismo tipo de prueba.

2.1.1 Organismos internacionales

Entre las funciones de estos grupos se pueden mencionar:

- Definir acuerdos de implantación basados en los estándares existentes.
- Complementar los estándares existentes.
- Crear especificaciones para interoperabilidad.
- Desarrollar especificaciones para los ensayos de conformidad.

2.1.1.1 Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)

“La IEC fue fundada en Londres en 1906 para fomentar la cooperación internacional sobre todas las cuestiones de normalización y tópicos relacionados con el campo de la electro-tecnología.” [2]

La IEC funciona en estrecha cooperación con la Organización Internacional de Estándares (ISO) que en 1991 tenía 41 países miembros. Está formada por comités nacionales, de los que se espera que representen en su totalidad todos los intereses electrotécnicos de sus respectivos países. Para alcanzar los objetivos la IEC:

- Estimula tratados y negocios mundiales, asegurando la importancia técnica y la importancia del mercado de sus productos.
- Los resultados que obtiene los hace aplicables, y los pone al alcance de todo el mundo para su adopción voluntaria.
- Fija o establece el marco de trabajo para el aseguramiento de la conformidad en los mercados globales.

Dos comités técnicos de la IEC se dedican a tiempo completo al trabajo sobre CEM. Los dos comités a tiempo completo son: el TC77, Compatibilidad Electromagnética entre equipos, incluyendo redes, y el Comité Internacional Especial sobre Interferencias de Radio, CISPR, que es el acrónimo del título en francés (Comité International Special des Perturbations Radioelectrique). La coordinación del trabajo de la IEC sobre CEM entre los muchos comités relacionados, es la responsabilidad del ACEC (Advisory Comité on EMC), Comité consultivo sobre CEM, del que se espera que evite el desarrollo de estándares conflictivos. [5]-[6]

El CISPR, básicamente señala recomendaciones en la banda de 10 kHz a varios GHz, es decir, en lo que habitualmente se conoce como RFI.

Está formado con representaciones nacionales de los países miembros de la IEC, y además incluye a representantes de la radio amateur, la industria automotriz, la industria de distribución eléctrica y otras.

El CISPR está formado por 6 subcomités (del A al F), de los cuales son de importancia en este estudio el subcomité A, que trabaja en mediciones de radio-interferencia, prepara especificaciones de equipos así como métodos de medición, y métodos estadísticos y estimación de incertidumbre; y el subcomité E, que trata lo concerniente a interferencia con radiorreceptores. [2]

2.1.1.2 Organización internacional de estandarización (ISO)

Es una organización internacional no gubernamental, compuesta por representantes de los Organismos de Normalización (ONs) nacionales, que produce Normas Internacionales industriales y comerciales. Dichas normas se conocen como normas ISO. [6]

Aunque tanto ISO como CEI tienen por objeto favorecer el desarrollo de la normalización en el mundo, con vista a facilitar los intercambios comerciales y las prestaciones de servicios entre los distintos países que la constituyen, los trabajos desarrollados por ISO cubren prácticamente todos los sectores de la técnica, con excepción del campo eléctrico y electrotécnico, cuya responsabilidad recaen en la Comisión Electrotécnica Internacional. CEI. Para realizar trabajos mixtos conjuntamente por ISO y CEI, se contempla la existencia del comité técnico conjunto en el campo de las tecnologías (JTC 1). [5]

2.1.1.3 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

La Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones, y fue creado el 17 de mayo de 1865 como una organización intergubernamental, en la cual los Estados miembros y el sector privado de las telecomunicaciones coordinan el desarrollo y operabilidad de las redes y servicios de telecomunicaciones. [2]

La UIT es responsable de emitir recomendaciones respecto a la normalización y desarrollo de las telecomunicaciones a nivel mundial, al tiempo que vela por la armonización de las políticas nacionales de telecomunicaciones de los Estados miembros.

2.1.2 Principales organismos regionales

Estos organismos dependiendo de cada región, cumple funciones específicas adoptadas de la jerarquía internacional, pero con carácter normativo que aplica a los países pertenecientes a una misma región.

2.1.2.1 ETSI

El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI), es un organismo

sin fines de lucro creado con el objeto de disponer del foro adecuado para la elaboración de las normas de telecomunicaciones que faciliten la estandarización del sector, y por lo tanto el avance hacia el Mercado Único Europeo. En el ETSI participan como miembros no sólo los gobiernos, sino también los operadores de red, la industria, los centros de investigación y los usuarios de los servicios de telecomunicaciones. [2]

2.1.2.2 CEN / CENELEC

El Comité Europeo de Normalización (CEN) desarrolla trabajos de normalización que cubren todos los sectores técnicos con excepción del campo electrotécnico, que es competencia del Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC).

El papel de ambas organizaciones, sin fines de lucro, es crear normas europeas que fomenten la competitividad de la industria europea a nivel mundial, y ayuden a crear el mercado interior europeo.

Para realizar esta actividad, ambos organismos fomentan la adopción de normas ISO y CEI. [2]. Los objetivos básicos de CEN/CENELEC son los siguientes:

- Preparar nuevas normas europeas o documentos de armonización sobre aquellos temas en los que no existen normas internacionales o nacionales.
- Promover la implantación en Europa de normas desarrolladas por ISO o CEI. [2]

2.1.3 Organismos nacionales

Estos organismos se encargan la elaboración de normas o adopción de estándares internacionales o regionales, y el cumplimiento de ellas pueden o no ser de carácter obligatorio. La obligatoriedad del cumplimiento de estas normas depende de una reglamentación específica y de su incorporación a las legislaciones nacionales de los países. En las siguientes subsecciones se mencionan algunos de estos organismos

2.1.3.1 AENOR

La Asociación Española de normalización (AENOR), es el único organismo en España con capacidad de homologación y forma parte del CEN y la ISO. Se encarga de editar normas UNE referentes a todos los campos tecnológicos y certifica su cumplimiento.

2.1.3.2 ANSI / IEEE

El Instituto de Estandarización Nacional Americano (ANSI), junto con el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, se encargan de la normalización y estandarización a nivel nacional e internacional. Son asociaciones sin fines de lucro formadas por profesionales de las nuevas tecnologías.

2.1.3.3 FONDONORMA

“El Fondo para la Normalización y Certificación de Calidad (FONDONORMA), es una Asociación Civil, sin fines de lucro, con personalidad jurídica y patrimonio propio, creada en septiembre de 1973 para promover las actividades de Normalización y Certificación de la Calidad con la intención de estimular la competitividad del sector productivo venezolano.” [7]

Bajo esa orientación, coordina la elaboración de Normas Venezolanas COVENIN con el respaldo de los sectores público y privado.

“Una Norma Venezolana COVENIN, es una especificación técnica de aplicación repetitiva o continua cuya observancia no es obligatoria, establecida con la participación de todas las partes interesadas y aprobada por el Ministerio de la Producción y el Comercio” [10]

FONDONORMA tiene como objetivos:

- Promover y realizar actividades de normalización y certificación, con el propósito de mejorar la calidad y competitividad de los sectores productivos y prestadores de servicios del país tanto públicos como privados.
- Participar activamente en los organismos que en materia de normalización y certificación, existen en el plano sub-regional, regional e internacional.
- Fortalecer el desarrollo del Sistema Venezolano para la Calidad en todos aquellos subsistemas que requieran su concurso (reglamentaciones técnicas, metrología, acreditación, ensayos y otros).
- Ejecutar acciones que contribuyan con la protección del consumidor y usuario, la formación y entrenamiento de recursos humanos y la difusión de documentación especializada producto de su gestión en materia de normalización, calidad y asuntos

afines y asociados a estos campos.

“El estudio de las normas venezolanas está a cargo de un Sub-Comité técnico especializado, adscrito a su vez a un comité técnico de Normalización. La elaboración de las normas es coordinada por técnicos de la dirección de normalización y Certificación de Calidad del Ministerio de Producción y Comercio y participan técnicos de las empresas productoras o de servicio al cual ellas se refieren así como representantes de organismos públicos y privados, institutos de investigación, universidades y de los consumidores.” [9]

A lo largo de su estudio, la Norma pasa por diversas etapas de desarrollo que son nombradas a continuación:

La primera de ellas consiste en la elaboración de un **Esquema** (primer papel de trabajo), etapa de elaboración según las directivas para la redacción y presentación de Normas Venezolanas COVENIN. [9]-[10]

La segunda etapa es la elaboración del **primer anteproyecto**, etapa en la cual se asigna al documento, el número correspondiente al "International Classification for Standards, ICS" y que se somete a discusión pública por un período de treinta (30) días hábiles. En esta etapa, el documento se pone a consideración de todos los estamentos relacionados con el tema (sector oficial, fabricantes, usuarios, comerciantes, universidades, centros de investigación y laboratorios) a objeto de que puedan emitir observaciones y comentarios. [10]

La tercera etapa es la elaboración del **segundo anteproyecto**, en esta etapa el Comité Técnico a través de una reunión, estudia y da tratamiento a las observaciones de fondo recibidas durante la consulta pública. A esta reunión se debe convocar a todos los entes a los cuales se haya remitido el documento durante la discusión pública y muy especialmente a aquellos que hayan emitido observaciones de fondo durante dicho período. [10]

La cuarta y última etapa es la elaboración del **proyecto**, el cual es sometido a la consideración del Consejo Superior del comité de normalización respectivo. En caso de presentarse observaciones en el proyecto, el Comité de Normalización respectivo

debe analizar y dar tratamiento a dichas observaciones. En caso de que no se presenten observaciones en dicho Consejo, los proyectos son aprobados y tramitados para su aprobación definitiva como Normas Venezolanas COVENIN. [9]-[10]

Las normas son aprobadas por consenso entre las personas que integran estos comités, lo cual es indispensable en todo proceso de Normalización, para que las mismas sean verdaderos instrumentos técnicos que beneficien al mayor número de personas y entidades. En términos generales, las Normas son el resultado de un esfuerzo conjunto debidamente canalizado, que persigue como objetivos principales los siguientes:

- Ofrecer a la comunidad nacional la posibilidad de obtener el máximo rendimiento de los bienes o servicios que requiere, ya sea para su uso personal o para el bienestar colectivo.
- Asegurar la calidad del producto que se fabrica o de los servicios a prestar.
- Proporcionar beneficios tangibles a las empresas productoras. [9]

FONDONORMA es el representante por Venezuela ante la Organización Internacional para la Normalización, ISO. Está formado por comités y comisiones técnicas que se encargan de desarrollar los programas de elaboración de normas técnicas de su competencia. [7]

Para el presente estudio es de importancia el Comité Técnico 11 de electricidad electrónica y comunicaciones (CT-11) coordinado por el Comité de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CODELECTRA), y dentro de éste, el Subcomité 4 de comunicaciones (SC-4), encargado de dirigir los trabajos correspondientes al estudio de Normas Venezolanas relativas a definiciones, terminología, simbología, clasificación, muestreo, métodos de ensayo y especificaciones de elementos, dispositivos, equipos que son fabricados usualmente por la Industria respectiva, así como también los correspondientes al estudio de Normas Venezolanas que establecen criterios de calidad y seguridad en lo relativo a las instalaciones eléctricas y de comunicaciones en general.

2.1.3.4 NYCE

“Normalización y Certificación Electrónica A. C., NYCE, es una asociación civil sin fines de lucro creada en noviembre de 1994 por un grupo de empresas líderes de los sectores de Electrónica, Telecomunicaciones y Tecnologías de Información de México, convencidas de la necesidad de contar con un organismo de jurisdicción nacional que tomara en cuenta sus necesidades, en la certificación del cumplimiento con las Normas Oficiales Mexicanas aplicables a los productos de la rama.” [8]

2.2 Organismos reguladores reconocidos por CONATEL para la certificación de equipos de telecomunicaciones

La normativa internacional que en materia de CEM, SAR y Seguridad Eléctrica es empleada como referencia en el proceso de homologación de equipos de telefonía móvil celular en la República Bolivariana de Venezuela, es aquella dictaminada por los entes u organismos reconocidos por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) para la homologación y certificación de equipos de telecomunicaciones, establecidos en el artículo 3 de la resolución N° 253. Esto siempre y cuando no contradiga las leyes venezolanas.

Estos organismos Son:

Ente u Organismo
Unión Europea
Federal Communications Commission (FCC) de Estados Unidos
Industry Canada de Canadá
Agencia Nacional de Telecomunicações (ANATEL) de Brasil
Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) de México
Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC) de Argentina

2.2.1 Unión Europea

Es la organización internacional del ámbito europeo dedicada a incrementar la integración económica y política entre sus estados miembros, y a reforzar la cooperación entre ellos. La Unión Europea propone varias directivas con los requisitos esenciales que se deben satisfacer para que un producto o equipo de

telecomunicaciones opere sin ocasionar daños a los demás equipos que se encuentren en el mismo ambiente. La directiva de CEM es 89/336/ CEE y los estándares por los cuales se rigen son: CENELEC y ETSI.

2.2.2 Federal Communications Commission (FCC)

La Comisión Federal de las Comunicaciones (FCC), es una agencia estatal independiente de Estados Unidos, que regula las telecomunicaciones. La certificación en la Comisión Federal de Comunicaciones, detalla los requisitos en el Código de Reglamentos Federales 47 o CFR (Code of Federal Regulations).

Para el presente estudio es de importancia la Parte 15 de estos reglamentos que se refiere a los equipos que emiten interferencias RF. [6]

2.2.3 Industry of Canada (IC)

El Ministerio de Industria de Canadá es responsable del sector de telecomunicaciones y del apoyo financiero a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Las normas de telecomunicaciones son controladas por la Organización Nacional Canadiense para la UIT y el Comité Directivo de Telecomunicaciones de la Agencia Espacial Canadiense.

La ICES (normas de equipos sobre generación de interferencias) - Se trata de normas que fijan los requisitos técnicos en relación con las emisiones de ruido irradiadas y conducidas en las radiocomunicaciones a partir de equipo eléctrico y electrónico que irradia involuntariamente. Ejemplos de este tipo de equipo son las computadoras personales, el equipo hospitalario de rayos X y los hornos de microondas. La IC, Canadá: en el área de Compatibilidad Electromagnética adopta las normas de la Comunidad Europea. [6]

2.2.4 Agencia Nacional de Telecomunicações (ANATEL)

ANATEL es el ente regulador del Brasil y tiene entre sus objetivos:

- Autorizar el uso y la comercialización de productos de comunicación en Brasil.
- Asegurar la evaluación de los requerimientos esenciales de los equipos tales como la Compatibilidad Electromagnética y la seguridad.

- Preservar la red de daños provenientes de la instalación de equipos terminales.
- Garantizar que los equipos sujetos a certificación atiendan los Reglamentos de ANATEL.
- Asegura el uso eficiente del espectro radioeléctrico.

2.2.5 Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL)

La Comisión Federal de Telecomunicaciones en México, tiene la obligación de certificar equipos de telecomunicaciones, procedimiento por el cual se asegura que un producto cumple con las "NOM de productos" que le son aplicables. [6]

2.2.6 Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC)

La CNC fue creada por el Decreto 660/1996 a partir de la fusión de la CNT y la CNCT, y funciona como organismo descentralizado de la Secretaría de Comunicaciones de la Nación Argentina. [6]

Algunos objetivos son:

- Ejercer el poder de policía del espectro radioeléctrico, de las telecomunicaciones.
- Asistir a la Secretaría de Comunicaciones en la actualización y elaboración de los Planes Técnicos Fundamentales de Telecomunicaciones
- Asistir a la Secretaría de Comunicaciones en el ejercicio de la representación nacional ante los organismos y entidades internacionales.

Las normas por las cuales se rige a la hora de certificar equipos de telecomunicaciones efectuando pruebas de CEM, son las de la UIT y CISPR 22.

2.3 Marco legal venezolano

El Proyecto a desarrollar debe estar soportado dentro de la normativa venezolana, por esta razón resulta de mucha importancia tener en consideración las disposiciones existentes en materia de certificación de equipos de telecomunicaciones.

Respecto al proceso de homologación y certificación la Ley Orgánica de Telecomunicaciones de la República Bolivariana de Venezuela establece el marco legal para efectuar este proceso, según lo dispuesto en el **Título IX, de la Homologación y Certificación**, Artículos 141, 142, 143, 144.

Adicionalmente se dispone de la **Resolución N° 253** y de la **Providencia Administrativa N° 736** de **CONATEL**, publicadas respectivamente en la Gaceta Oficial N° 37.698, de fecha 27 de mayo de 2003 y Gaceta Oficial N° 38.381 de fecha 16 de febrero de 2006, las cuales complementan lo dispuesto en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones.

En la **Resolución N° 253, de CONATEL** se establece en el Artículo 2, un conjunto de definiciones relativas a la homologación y certificación de equipos y en el Artículo 3 se establecen los entes u organismos extranjeros recomendados para la homologación y certificación de equipos de telecomunicaciones, vistos en la sección 2.2 de este capítulo.

2.3.1 Definiciones de la resolución N° 253 de CONATEL:

- **Homologación:** acto mediante el cual un ente u organismo gubernamental competente, acepta o reconoce las declaraciones o certificados de conformidad, emitidos por un ente u organismo de certificación debidamente acreditado, atribuidos a un equipo de telecomunicaciones, con el objeto de autorizar la utilización del equipo mencionado dentro de las redes de telecomunicaciones bajo su regulación.
- **Certificación:** procedimiento por el cual una tercera parte afirma por escrito que un equipo de telecomunicaciones está conforme con los requisitos especificados en la normativa técnica aplicable.
- **Evaluación de conformidad:** cualquier actividad relacionada con la determinación directa o indirecta del cumplimiento de los requisitos pertinentes, tales como: muestreo, ensayo e inspección (control de calidad), evaluación, verificación y aseguramiento de la conformidad (declaración del proveedor, certificación); registro, acreditación y aprobación también como sus combinaciones.
- **Organismo de Certificación:** institución técnica legalmente constituida, acreditada o designada para conducir el proceso de evaluación de la conformidad y certificación de los equipos de telecomunicaciones.

- **Certificado de Conformidad o Declaración de Conformidad:** documento, sello o marca de conformidad emitido de acuerdo con las reglas de un sistema de certificación reconocido con el que se manifiesta adecuada confianza de que un equipo de telecomunicaciones debidamente identificado está conforme con una norma técnica u otro documento normativo específico.
- **Acuerdo de Reconocimiento Mutuo:** convenio basado en la aceptación mutua de declaraciones o certificados de conformidad, emitidos por un ente u organismo de certificación de una de las partes del acuerdo, en concordancia con la normativa de la otra parte.

2.4 Normas y estándares

Con el propósito de dar a conocer las pruebas y mediciones de los fenómenos en estudio, se seleccionó un conjunto de estándares internacionales, regionales y nacionales con el objeto de identificar los procedimientos, métodos de ensayo y equipos de medición que aplican para la ejecución de los ensayos, pruebas y mediciones vinculadas al proceso de certificación. Estas normas y estándares en el área de CEM, SAR, Seguridad Eléctrica, RF y otras, se encuentran en el anexo A junto con el alcance de cada una de ellas.

2.5 Normativa venezolana relacionada con la certificación de equipos de telecomunicaciones

La Normativa venezolana de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional, para toda actividad en telecomunicaciones que se realice en el rango de 3 kHz a 300 GHz se nombra a continuación:

- **Providencia Administrativa 581 de CONATEL (2005)**, condiciones de seguridad ante las emisiones de radiofrecuencia producidas por estaciones radioeléctricas fijas en el rango de 3 kHz a 300 GHz. Aplica a todos los operadores de estaciones radioeléctricas fijas transmisoras que funcionen en ese rango de frecuencia.
- **Resolución 508 del Ministerio de salud (2004)**, Equipos de radiofrecuencia generadores de campos electromagnéticos. Implantación de medidas de vigilancia sanitaria, para el control de las Radiaciones No Ionizantes (RNI).

- **Norma Venezolana COVENIN Nro 2238 (2000)**, Radiaciones no Ionizantes. Límites de Exposición. Medidas de Protección y Control. Límites diarios de exposición de radiaciones no ionizantes a personas ocupacionalmente expuestas, miembros individuales del público, y medidas de protección y control para el trabajo seguro con estas radiaciones.
- **Norma Venezolana COVENIN 3712 (2001)**, Estaciones radioeléctricas. Infraestructura y de soporte y condiciones de seguridad.
- **FONDONORMA 11:4-007**, Anteproyecto de norma venezolana de Seguridad Eléctrica para la certificación de equipos y equipos de telecomunicaciones.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS, PRUEBAS Y MEDICIONES

APLICABLES A EQUIPOS DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR

3.1 Ensayos realizados por laboratorios acreditados internacionalmente

Los laboratorios de ensayos, son los encargados de realizar todas las pruebas y mediciones técnicas exigidas por los entes reguladores de cada país en particular en materia de certificación de equipos de telecomunicaciones. Una vez realizadas todas las pruebas pertinentes, el laboratorio debe emitir un informe de prueba indicando los resultados y los procedimientos de medición empleados. El informe de prueba es analizado por un organismo de certificación designado, el cual tiene la potestad de decidir si el producto esta conforme o no con las normas exigidas, y así poder emitir el certificado de conformidad o la declaración de no conformidad respectivamente.

Con el propósito de identificar los ensayos y pruebas que se realizan sobre los equipos de telefonía móvil celular, se realizó una investigación sobre diferentes laboratorios, y entre los cuales se pueden mencionar:

- **Laboratorios AT4 wireless (España)**

Laboratorio acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), acreditación EN ISO / IEC 17025-ENAC. AT4 wireless a través de sus servicios de ensayo y certificación, ayuda a verificar el cumplimiento de los equipos eléctricos, electrónicos o de telecomunicación de acuerdo a la legislación y normas nacionales e internacionales aplicables al producto y mercado objetivo. AT4 wireless, realiza ensayos de índole regulatorio en las áreas de Compatibilidad Electromagnética, Seguridad Eléctrica, Condiciones Ambientales; de igual manera atiende ensayos específicos de acuerdo con la tecnología del producto: PSTN, R&TTE / FCC, Bluetooth, Celular, RFID, Wi-Fi, WiMAX.

- **Communication Certification Laboratory - CCL (EUA)**

Laboratorio acreditado por el Programa de Acreditación de Laboratorios Voluntario Nacional (NVLAP), lo cual implica el cumplimiento con los criterios establecidos en el Código de Regulación Federal Título 15 Parte 285 (CFR, Title 15 Part 285, National Voluntary Laboratory Accreditation Program). Los procedimientos y requisitos generales establecidos en el programa NVLAP, abarcan los requisitos de la norma ISO / IEC 17025 y los requisitos pertinentes de la norma ISO 9002. El CCL ofrece servicios para atender los requerimientos regulatorios mundiales en las áreas de seguridad de productos y Compatibilidad Electromagnética.

- **TELPRO CE (España)**

Ofrece los ensayos necesarios y la asesoría para verificar que los productos eléctricos y, o electrónicos comercializados en la Unión Europea cumplan con la normativa vigente, y poder efectuar el marcado CE de los mismos, y además hacerlo de la manera rentable. El Laboratorio realiza ensayos y medidas en las siguientes áreas: Compatibilidad Electromagnética, seguridad eléctrica, telecomunicación, equipos radio comunicación, aplicaciones ferroviarias, automoción, climáticos, comparativos, evaluación específicos de cada fabricante.

- **Laboratorios de la Fundación Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações - CPqD (Brasil)**

El CPqD dispone de una infraestructura de laboratorios para realizar ensayos con fines de la certificación, desarrollo y adecuación de productos. Los laboratorios poseen sistema integrado de gestión basados en las normas NBR ISO 9001:2000, NBR ISO 14001: 1996 y NBR ISO/IEC 17025:2005, y acreditación de Cgre / INMETRO en más de 700 ensayos. Los principales ensayos realizados por el CPqD son en las áreas de: acústicos, análisis de fallas de cables de fibra óptica, antenas, caracterización físico-química, corrosión, climáticos, EMI / EMC (Compatibilidad Electromagnética), equipamiento de radiofrecuencia y terminales celulares, equipamiento de conmutación y terminales, protección eléctrica, redes metálicas, SAR (Tasa de Absorción Específica), vibración.

Por otro lado, estos laboratorios ofrecen otro tipo de ensayos (además de CEM y SAR) en donde se involucran otra serie de estándares respecto a Seguridad Eléctrica y la transmisión y recepción en radio frecuencia (RF). Este último sin ser de carácter regulatorio, de igual forma es un servicio prestado a operadoras y fabricantes para evaluar el comportamiento de los equipos en una determinada red. Algunos de estos estándares se muestran en el anexo 1.

En la tabla 1 se refleja en resumen los ensayos y estándares con que estos laboratorios trabajan en función de la certificación de equipos de telefonía móvil celular.

Tabla 1. Laboratorios de ensayos para certificación de equipos móviles

Área de estudio	Ensayos	Organismo	Códigos	Estándar / Norma Título	Notas
Laboratorios AT4 wireless (España)					
RF	Ensayos varios	ETSI	EN 301 511	Global System for Mobile Communications (GSM); Harmonized EN for Mobile Stations in the GSM 900 and GSM 1800 Bands Covering Essential Requirements Under Article 3.2 of the R&TTE Directive (1999/5/EC)-V9.0.2	Norma general
	Emisiones espurias conducidas				Claúsula 12.1.1 / 12.1.2 Terminal transmitiendo / terminal inactivo GSM 900 MHz
	Emisiones espurias radiadas				Claúsula 12.2.1 / 12.2.2 Terminal transmitiendo / terminal inactivo GSM 900 MHz
	Error en fase y frecuencia del transmisor	3GPP	TS 151 010 -1	European Digital Cellular Telecommunications System (Phase 2+); Mobile Station (MS) Conformance Specification; Part 1: Conformance Specification (3GPP TS 51.010-1)	Claúsula 12.4.1 / 12.4.2 Terminal transmitiendo / terminal inactivo R-GSM
	Potencia de salida de Tx y sincronización de burst				Claúsula 13.1.1 / 13.1.2 Terminal transmitiendo / terminal inactivo
EMC	Ensayos EMI y ensayos EMS	ETSI	EN 301 489-1 EN 301 489-7	3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group GSMEDGE Radio Access Network Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Mobile Station (MS) conformance specification; Part 1: Conformance specification (Release 7) Mobile Station (MS) conformance specification; Part 4: Subscriber Identity Module (SIM) application toolkit conformance test specification Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 1: Common technical requirements.	Herramientas de ensayos SW para SIM fase 2.5 Requerimientos técnicos básicos para equipos GSM de 2º Generación
	Absorción de la energía EM en el cuerpo humano	CENELEC	EN 50360/50361	ElectroMagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) Standard for Radio Equipment and Services; Part 7: Specific Conditions for Mobile and Portable Radio and Ancillary Equipment of Digital Cellular Radio Telecommunications Systems (GSM and DCS)	Condiciones específicas para estaciones móviles
	Choque eléctrico	CENELEC	EN 60950	Basic Standard for the Measurement of Specific Absorption Rate Related to Human Exposure to Electromagnetic Fields from Mobile Phones (300 MHz - 3 GHz) Safety of Information Technology Equipment	Requerimientos técnicos básicos de 2º generación Requerimientos técnicos básicos 2º generación
CCL (USA)					
EMC	Emisión Radiada y conducida EMI	CISPR	CISPR 22	Information technology equipment – Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement	Límites y métodos de medición
		CENELEC	EN 55022	Information technology equipment - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement.	Límites y métodos de medición
	FCC	FCC Part 15	TITLE 47—TELECOMMUNICATION CHAPTER I—FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION PART 15, RADIO FREQUENCY DEVICES—Table of Contents Subpart B, Unintentional Radiators Sec. 15.107. Conducted limits.	Parte B límites para radiadores no intencionales Parte C límites para radiadores intencionales	
	IEC	IEC1000-4-3	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3 : Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test	Inmunidad radiada	
	TI/IEA	TI/IEA 631	Telecommunications Telephone Terminal Equipment Radio Frequency Immunity Requirements	Inmunidad radiada y conducida en RF para teléfonos	
Inmunidad radiada y conducida	CENELEC	EN 61000-4-6 (CEI, IEC 61000-4-6)	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields CONSOLIDATED EDITION	Campos electromagnéticos de alta frecuencia conducidos	
	IEC	IEC 61000-4-4	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurement Techniques. Section 4 Electrical fast transient.	Transitorios eléctricos rápidos	
	IEC	IEC 61000-4-5	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Test and Measurement Techniques – Section 5 Surge Immunity Test.	Ondas de choque	
SAR	Protección contra choque eléctrico	ANSI/IEEE	C95.1-1992	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurement Techniques. Section 2 Electrostatic discharge immunity test.	Descargas electrostáticas
Seguridad Eléctrica	Calentamiento excesivo	CENELEC	EN 60950 IEC 60601	Specifies the power density in milliwatts per square centimeter, will be less than 180/ Information technology equipment - Safety - Part 22: Equipment to be installed outdoors	Evaluaciones de CEMRF sobre el cuerpo
		IEC	IEC 60065.	Audio, video and similar electronic apparatus - Safety requirements CONSOLIDATED EDITION	
		CENELEC	EN 61010	Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use Part 1: General requirements (IEC 61010-1:2001)	Norma general

Área de estudio	Ensayos	Organismo	Estandar / Norma		Notas	
			Códigos	Título		
TELPROCE(España)						
EMC	Inmunidad conducida		EN 61000-4-6 (CEI, IEC 1000-4-6)	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields CONSOLIDATED EDITION	Campos electromagnéticos de alta frecuencia incluidos	
	Inmunidad radiada		EN 61000-4-3 (CEI, IEC 1000-4-3)	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3 : Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test	Campos electromagnéticos de alta frecuencia radiados.	
	Inmunidad frente a EFT	IEC	IEC 61000-4-4	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurement Techniques. Section 4 Electrical fast transient.	Transitorios eléctricos rápidos	
	Inmunidad frente a surges		IEC 61000-4-5	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Test and Measurement Techniques – Section 5 Surge Immunity Test.	Ondas de choque, producidas por descargas atmosféricas	
	Inmunidad frente ESD		IEC 61000-4-2	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurement Techniques. Section 2 Electrostatic discharge immunity test.	Descargas electrostáticas	
	Emissiones radiadas y conducidas	GENELEC	EN 61000-6-3	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-3: Generic standards - Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments	Emissiones EMI. Residencial, comercial e industria ligera.	
	Inter-armónicos	GENELEC	EN 61000-4-7 (CEI, IEC 1000-4-7)	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-7: Testing and measurement techniques - General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto	Armónicos e inter armónicos.	
	Resistencia al calor	GENELEC	EN 60085	Aparatos electrónicos y equipos relacionados con ellos.		
	Protección contra choque eléctrico	GENELEC	EN 60215	Equipos emisión radio eléctrica		
	CPqD					
EMC	Inmunidad conducida		Resolución 237/442 EN 61000-4-6 (IEC 1000-4-6)	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields CONSOLIDATED EDITION	Campos electromagnéticos de alta frecuencia conducidos	
	Inmunidad radiada		Resolución 237/442 EN 61000-4-3 (IEC 1000-4-3)	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3 : Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test	Campos electromagnéticos de alta frecuencia radiados.	
	Inmunidad frente a EFT		Resolución 237/442 EN 61000-4-4 (IEC 1000-4-4)	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurement Techniques. Section 4 Electrical fast transient.	Transitorios eléctricos rápidos	
	Inmunidad frente a surges	ANATEL GENELEC IEC CISPR	Resolución 237/442 EN 61000-4-5 (IEC 1000-4-5)	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Test and Measurement Techniques – Section 5 Surge Immunity Test.	Ondas de choque	
	Inmunidad frente ESD		Resolución 237/442 EN 61000-4-2 (IEC 1000-4-2)	Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurement Techniques. Section 2 Electrostatic discharge immunity test.	Descargas electrostáticas	
	Emissiones radiadas y conducidas		Resolución 237/442 CISPR22 EN 61000-6-3	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-3: Generic standards - Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments	Emissiones EMI. Residencial, comercial e industria ligera.	
	Inter-armónicos		Resolución 237/442 EN 61000-4-7 (IEC 1000-4-7)	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-7: Testing and measurement techniques - General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto	Armónicos e inter armónicos.	
	SAR	ANATEL	Resolución 303	Reglamento sobre limitación a exposición a campos electromagnéticos en la franja de radiofrecuencias entre 9kHz y 300 GHz		
	Seguridad Eléctrica	Protección contra choque eléctrico	ANATEL	Resolución 238	Reglamento para certificación de equipos en cuanto aspectos de seguridad eléctrica	

3.2 Revisión de pruebas realizadas por fabricante de equipos de telefonía móvil celular

Adicionalmente, en una visita realizada a las instalaciones de Motorola de Venezuela C.A., y en virtud de conocer sus experiencias en el área de certificación, se logró obtener una idea clara acerca del sistema de pruebas que tienen implementado, el cual se divide en:

• **Grupo de Pruebas de Sistema (System Test Team)**, pruebas del sistema relacionadas con la red. Estas pruebas son realizadas en Brasil, y entre ellas se tienen:

- Soporte de lenguaje (Language Support)
- Características relacionadas a la data (Data related Features)
- Características de la red (Network Features)

• **Grupo de Pruebas de Campo (Field Test Team)**, pruebas de campo relacionadas con la red y pruebas de caídas de llamada al comienzo y en la finalización de la llamada (OTD, Origination Termination DropCall) que buscan medir el desempeño en RF del equipo en sitios de buena y mala cobertura. Estas pruebas son realizadas en Venezuela en sitios abiertos, entre algunas de ellas se tiene:

- Pruebas Relacionadas a la red (Network related)
 - Funcionamiento de llamada (Call performance)
 - Mensajes (Messaging)
 - Pruebas en la tarjeta SIM (SIM tool kit)

- Pruebas ODT
 - Llamadas al comienzo (Origination Calls)
 - Llamadas en la finalización (Termination Calls)
 - Drive Test

• **Pruebas de laboratorio de RF (RF Lab Test)**, Pruebas relacionadas con el desempeño del software del equipo, y entre ellas se tienen:

- Tasa errada de bits (Bit Error Rate).

- Espectro de RF de salida (Output RF Spectrum).
- Error en fase y frecuencia (Phase and Frequency Error).
- Potencia Vs Nivel (Power Vs Level).
- Potencia Vs tiempo (Power Vs Time).

La mayoría de estas pruebas realizadas a los teléfonos celulares, son pruebas internas a la empresa, con lo que no existe una normativa estandarizada a la que el presente estudio haya podido tener acceso. Sólo en las pruebas “RF Lab Test” se logró encontrar tal información, ya que es la única sección en el sistema de pruebas, que sigue la normativa internacional de la 3GPP.

3.3 Proceso de selección de estándares y normas para la ejecución de los ensayos, aplicable a los equipos de telefonía móvil celular

Una vez identificados los estándares, normas y ensayos vinculados al proceso de certificación, se realizó una selección preliminar en la cual se elaboró una matriz de estándares, normas y ensayos, donde se resumen todos los estándares incluidos en el anexo 1. En dicha matriz se proponen los ensayos aplicables a la telefonía móvil celular, tanto en GSM como en CDMA, en materia de CEM, SAR, Seguridad Eléctrica y transmisión y recepción en RF. La matriz se refleja en la tabla 2 para GSM y la tabla 3 para CDMA.

Leyenda de las tablas 2 y 3:

- Los cuadros marcados en azul, indican las normas que se tenían para el momento de realizar su estudio.
- Los números dentro de los corchetes indica la última actualización de la norma.
- ESD, abreviatura en inglés de descargas electrostáticas.
- Surges, nombre en inglés que se le da a las ondas de choque.
- EFT, abreviatura en inglés de transitorios eléctricos rápidos.
- HAC, abreviatura en inglés de Compatibilidad para ayuda de audio.
- Campos EMRF, Campos Electromagnéticos de RF.

Tabla 2. Estándares y normas que aplican a la telefonía móvil celular (GSM)

GSM		Normas Internacionales							Normas Regionales			Normas Nacionales		
		Pruebas	IEC	UIT	CISPR	3GPP	ETSI	CENELEC	ANSI / IEEE	FCC [06]	Brasil			
EMC	Emisión (de perturbaciones) conducida		K 48 [06]	22[06] 16-1-2[06] 16-2-1[06]			EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07]	EN 55022 [06] (0.15-30) MHz	C63.4[03] C63.12[99]	Part 15.107	Resolución N° 442 [06]			
	Emisión (de perturbaciones) radiada		K 48 [06]	22 [06] 16-1-4[07] 16-2-3[06]			EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07]	EN 55022 [06] (30-2000) MHz	C63.4[03] C63.7[05] C63.12[99]	Part 15.109	Resolución N° 442 [06]			
	Inmunidad conducida (frente a campos EMRF Inducidos)	IEC 61000-4-6 [06]	K 43 [03] K 48 [06]	16-2-4[03]			EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07] EN 301 489-7[05]	EN 61000-4-6 [07]		Part 15.17	Resolución N° 442 [06]			
	Inmunidad frente a EFT	IEC 61000-4-4 [04]	K 43 [03]				EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07]	EN 61000-4-4 [04]			Resolución N° 442 [06]			
	Inmunidad frente a surges	IEC 61000-4-5 [05]	K 43 [03]				EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07]	EN 61000-4-5 [06]			Resolución N° 442 [06]			
	Inmunidad frente a perturbaciones radiadas	IEC 61000-4-3 [06]	K 43 [03] K48 [06] K49 [05]	16-2-4[03]			EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07] EN 301 489-7[05]	EN 61000-4-3 [06]		Part 15.17	Resolución N° 442 [06]			
	Inmunidad frente ESD	IEC 61000-4-2 [01]	K 43 [03]				EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07]	EN 61000-4-2 [95]	C63.16 [93]		Resolución N° 442 [06]			
SAR	Metodologías de medición	C62209 P.1 [05]					EN 50360 [01] EN 50361[01]	EN 50360 [01] EN 50361 [01]	OET 65 supplement C C95.3 [02]		Resolución N° 303 [02]			
	Límites de Campos EMRF sobre el cuerpo								C95.1 [05]	Part 2.1091 part 2.1094	Resolución N° 303 [02]			
	Compatibilidad HAC								C63.19 [06]		Resolución N° 303 [02]			
Seguridad Eléctrica	Protección contra choque eléctrico	IEC 60215 [87] IEC60950 [05]						EN 60215 [89] EN 60950 [00]			Resolución N° 238 [00]			
	Calentamiento excesivo	IEC 60215 [87]						EN 60215 [89]			Resolución N° 238 [00]			
Transmisión en RF	Potencia de salida y sincronización de ráfaga					TS 51.010-1 cláusula 13.3 [07]								
	Error de fase y frecuencia					TS 51.010-1 cláusula 13.1 [07]								
	Emissiones espurias conducidas					TS 51.010-1 cláusula 12.1 [07]				Part 2.1051 Part 22.917				
	Emissiones espurias radiadas					TS 51.010-1 cláusula 12.2 [07]				Part 2.1053 Part 22.917				

Tabla 3. Estándares y normas que aplican a la telefonía móvil celular (CDMA)

CDMA		Normas Internacionales					Normas Regionales			Normas Norteamericanas				Brasil
Área	Ensayos	IEC	UIT	CISPR	3GPP2	ETSI	CENELEC	ANSI / IEEE	FCC [06]	TIA / EIA	ANATEL			
EMC	Emisión (de perturbaciones) conducida		K 48 [06] 22[06] 16-1-2[06] 16-2-1[06]			EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07]	EN 55022 [06] (0.15-30) MHz	C63.4[03] C63.12[99]	Part 15.107		Resolución N° 442 [06]			
	Emisión (de perturbaciones) radiada		K 48 [06] 22 [06] 16-1-4[07] 16-2-3[06]			EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07]	EN 55022 [06] (30-2000) MHz	C63.4[03] C63.7 [05] C63.12[99]	Part 15.109		Resolución N° 442 [06]			
	Inmunidad conducida (frente a campos EMRF inducidos)	IEC 61000-4-6 [06]	K 43 [03] K 48 [06]	16-2-4[03]		EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07] EN 301 489-25[05]	EN 61000-4-6 [07]		Part 15.17		Resolución N° 442 [06]			
	Inmunidad frente a perturbaciones radiadas	IEC 61000-4-3 [06]	K 43 [03] K48 [06] K49 [05]	16-2-4[03]		EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07] EN 301 489-25[05]	EN 61000-4-4 [04]		Part 15.17		Resolución N° 442 [06]			
	Inmunidad frente ESD	IEC 61000-4-2 [01]	K 43 [03]			EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07]	EN 61000-4-5 [06]	C63.16 [93]			Resolución N° 442 [06]			
Inmunidad frente a EFT	IEC 61000-4-4 [04]	K 43 [03]			EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07]	EN 61000-4-3 [06]				Resolución N° 442 [06]				
Inmunidad frente a surges	IEC 61000-4-5 [05]	K 43 [03]			EN 300 386 [07] EN 301 489-1[07]	EN 61000-4-2 [05]				Resolución N° 442 [06]				
SAR	Metodologías de medición	C62209 P.1 [05]				EN 50360 [01] EN 50361[01]	EN 50360 [01] EN 50361 [01]	1528 [03] [02]	OET 65 supplement C		Resolución N° 303 [02]			
	Límites de Campos EMRF sobre el cuerpo							C95.1 [05]	Part 2.1091 part 2.1094		Resolución N° 303 [02]			
	Compatibilidad HAC							C63.19 [06]			Resolución N° 303 [02]			
Seguridad Eléctrica	Protección contra choque eléctrico	IEC 60215 [87] IEC60950[05]					EN 60215 [89] EN 60950 [00]				Resolución N° 238 [00]			
	Resistencia al calor	IEC 60215 [87]					EN 60215 [89]				Resolución N° 238 [00]			
Transmisión en RF	Potencia de salida RF Max				C.S0011-C Clausula 4.4.5 [06]				Part 2.1046 Part 22.913	98-c Clausula 4.4.5 [99]				
	Exactitud en frecuencia				C.S0011-C Clausula 4.1[06]				Part 2.1055 Part 22.355	98-c Clausula 4.1.1 [99]				
	Emissiones espurias conducidas				C.S0011-C Clausula 4.5.1 [06]				Part 2.1051 Part 22.917	98-c Clausulas 3.5.1 Rx y 4.5.1 Tx [99]				
	Emissiones espurias radiadas				C.S0011-C Clausula 4.5.2 [06]				Part 2.1063 Part 22.917	98-c Clausulas 3.5.2 Rx y 4.5.2 Tx [99]				

Debido a que la prioridad por parte del CENDIT es establecer un conjunto de ensayos y mediciones que estén dentro del marco regulatorio para la certificación de equipos celulares, el estudio se centra primordialmente en la selección de estándares y normas en el área de CEM, SAR y Seguridad Eléctrica. Para realizar tal selección se tomó el criterio mostrado a continuación:

- **Orden de selección de estándares**

Se seleccionaron primordialmente los estándares de carácter internacional, ya que son documentos que han sido ampliamente discutidos. Por otro lado, se observa que los organismos tanto nacionales como regionales realizan la adopción de los estándares internacionales, o hacen la referencia a éstos, como lo es el caso europeo.

- **Adquisición de los estándares seleccionados**

se concertó con los organismos competentes a través de la comisión mixta CENDIT / CONATEL, la posibilidad de obtener estos estándares, así como también, se consultó en las bases de datos de universidades, CONATEL e IVIC; con lo cual se logró conseguir parte de ellos, pero algunos en versiones desactualizadas. Por otro lado, se elaboró una propuesta para la adquisición de los estándares que estaban haciendo falta, esta propuesta contemplaba el estudio de varias cotizaciones solicitadas a los representantes comerciales de los organismos de estandarización, encargados de la venta de estos estándares.

- **Análisis de los estándares seleccionados**

Debido que para esta fase del proyecto sólo se disponía de estándares que en su mayoría se encontraban desactualizados, se da inició al análisis con los estándares disponibles (vigentes y no vigentes), obligando esto a tener presente que se requeriría una revisión de los mismos, una vez se tuviese disponible los estándares actualizados. Actualmente se ha estado realizando esta revisión con los estándares vigentes en la dirección de certificación del CENDIT

3.4 Ensayos y mediciones establecidos para el proceso de certificación de equipos celulares

Debido a que es deseable que los procedimientos para la medición y ejecución de

ensayos sobre teléfonos móviles celulares estén soportados en una norma venezolana, y tomando en consideración que el ente regulador (CONATEL) tenía previsto iniciar la discusión en FONDONORMA de la norma de CEM, se tomó la decisión de enfocar el análisis de los estándares (previamente seleccionados) en el área de CEM.

Este análisis en una primera etapa incluye la parte de Interferencias Electromagnéticas (IEM), para luego continuar con Susceptibilidad Electromagnética (SEM). Dentro de la IEM se encuentran dos tipos de ensayo, uno de emisión de perturbaciones conducidas, y el otro de emisión de perturbaciones radiadas, para los cuales estaban disponibles los siguientes estándares y normas: CISPR 22 (1997), CISPR 16-1 (1999), CISPR 16-2 (1999), ETSI EN 301 489-1 (2007), ETSI EN 300 386 (2007), ANSI / IEEE (2003), UNE 55022 (2000), NMX-I-240-NYCE-2000. En cuanto a la SEM se encuentran cinco (5) tipos de ensayos, inmunidad frente a perturbaciones conducidas, inmunidad frente a perturbaciones radiadas, inmunidad frente a descargas electrostáticas, inmunidad frente a transitorios eléctricos rápidos (EFT) e inmunidad frente a ondas de choque (surges), para los cuales se tendrían disponibles los siguientes estándares: IEC 61000-4-6 (2003), IEC 61000-4-3 (2006), ETSI EN 301 489-1 (2007), ETSI EN 300 386 (2007), ETSI EN 300 339 (1998).

Después de una serie de reuniones de la comisión mixta CENDIT – CONATEL en materia de normalización, se presentó ante el CT-11 SC-4 de FONDONORMA, coordinado por CODELECTRA, el conjunto de estándares en materia de CEM con el fin de dar inicio a la discusión de la norma CEM, que una primera fase se había acordado comenzar por IEM.

3.5 Elaboración del anteproyecto de norma CEM (IEM)

3.5.1 Justificación

Ya que existe la necesidad técnica por parte del CENDIT de disponer de las normas venezolanas tanto en CEM como en SAR para ser utilizadas en los laboratorios de ensayo, y debido que desde la etapa inicial de este trabajo, estaba proyectado el inicio de la discusión de la norma en CEM en FONDONORMA, se comenzó con la elaboración de un anteproyecto de norma en CEM (IEM) para ser

entregado al CT-11 SC-4 para su respectiva discusión en este subcomité. Esta estrategia fue tomada con el fin de apresurar el proceso de discusión, y así disponer de un documento base con el cual poder soportar la elaboración de los procedimientos de ensayo y medición para los equipos de telefonía móvil celular.

3.5.2 Procedimiento empleado

Para la elaboración de este anteproyecto de norma se tomó el siguiente criterio:

- a) Se analizaron los trabajos previos realizados bajo la tutela de CONATEL, tomando en consideración la experiencia del departamento de certificación y homologación de CONATEL, junto con dos trabajos realizados en relación a la CEM. Se tomó la estructura de estos trabajos como base para la elaboración del anteproyecto de norma CEM.
- b) Se analizó la norma CISPR 22 (1997), debido a que se debe respetar la jerarquía en el uso de estándares, se tomó este estándar internacional que estudia las perturbaciones radioeléctricas generadas por equipos de tecnología de la información. La estructura de este documento también fue tomada como base para el anteproyecto de norma CEM.

Después de haber realizado el análisis sobre estos documentos se tomaron las siguientes observaciones:

- En los trabajos realizados por CONATEL (Proyecto de Norma Técnica referente a la Compatibilidad Electromagnética preparado por FUNINDES-USB, publicado por CONATEL, y un Trabajo Especial de Grado CONATEL-UNEFA referente a métodos de ensayo en IEM), se nombran de forma general los ensayos que se realizan, haciendo la referencia a estándares internacionales de los procedimientos de medición. Entre estos estándares se pueden mencionar: CISPR 22 (1997), CISPR 16-1 (1999), CISPR 16-2 (1999), ANSI / IEEE (2003).
- En el estándar CISPR 22, se muestra de manera detallada la configuración del entorno de prueba y del equipo bajo prueba. Respecto a los equipos de medición, y el detalle de los procedimientos de medición, hace referencia a los estándares CISPR de

la serie 16-1 referente a receptores y equipos de medición, y la serie 16-2 referente a los métodos de medición.

Tomando en consideración estas observaciones, se estimó de fundamental importancia incluir el análisis los estándares ya mencionados, en los cuales se detallan los procedimientos y métodos de medición, y se especifican las características de los equipos de medición y los equipos asociados a éstas mediciones

La figura 10 muestra en resumen la evolución del anteproyecto de norma, colocando en un primer nivel el trabajo normativo a realizar requerido por el CENDIT. En el segundo nivel se encuentran las dos áreas de estudio que integran la Compatibilidad Electromagnética (IEM y SEM); el bloque IEM indica con flechas los tres documentos base que se tomaron como referencia para realizar esta primera etapa del trabajo normativo; estos documentos base ubicados en el tercer nivel (CISPR 22, y los dos trabajos realizados por CONATEL), indican con flechas las referencias que hacen a otros estándares, ubicados tanto en el mismo nivel como en el cuarto nivel. El quinto y último nivel muestra los estándares vinculados al estándar ANSI / IEEE C63.4. Este estándar hace el llamado de referencia a estándares internacionales y a otros estándares de la ANSI / IEEE, pero que de alguna forma siempre recurren a los estándares internacionales. Por otro lado, en el tercer nivel también se encuentran algunos de los estándares base que se tomarían en cuenta para la segunda etapa del trabajo normativo (SEM): IEC 61000-4-6 e IEC 61000-4-3.

Es importante notar que la tendencia general siempre se inclina a hacer el llamado referencial a estándares internacionales.

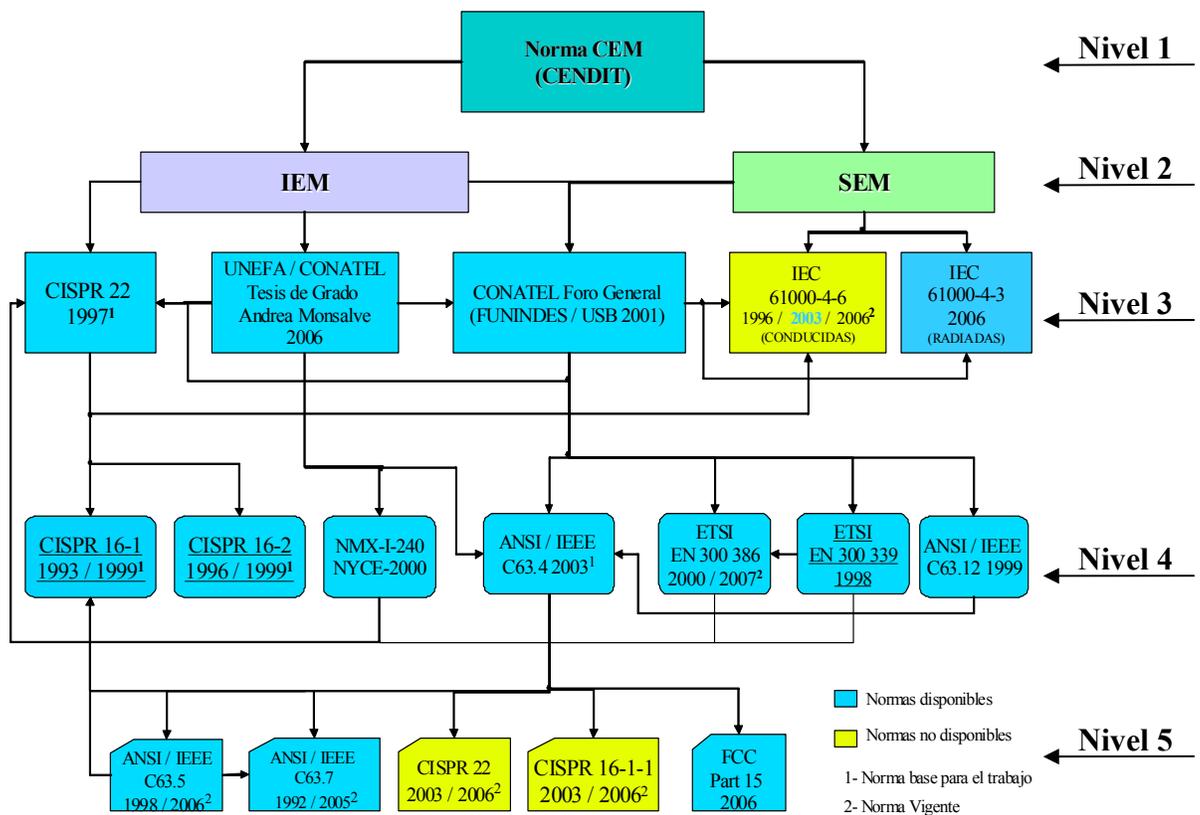


Figura 10. Mapa evolutivo del anteproyecto de norma CEM (IEM)

3.5.3 Estructura y breve descripción del anteproyecto de norma CEM (IEM)

Con el fin de dar una breve descripción de este anteproyecto de norma, la estructura del mismo se puede dividir en cuatro bloques fundamentales, a saber: un primer bloque donde se incluyen los lineamientos generales, un segundo bloque que incluye los ensayos de emisión de perturbaciones conducidas, un tercer bloque que incluye los ensayos de emisión de perturbaciones radiadas, y un cuarto y último bloque donde se incluyen los anexos.

Dentro del primer bloque referente a los lineamientos generales, se incluyen los siguientes aspectos:

3.5.3.1 Objeto y campo de aplicación ⁱ

En esta sección se explica la finalidad de la norma que tiene como alcance la

ⁱ Sección 1 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

aplicación de ensayos de CEM (IEM) sobre equipos de telecomunicaciones y equipos radiocomunicaciones.

3.5.3.2 Referencias normativasⁱ

En esta sección se colocan los documentos normativos que se utilizaron para la elaboración del anteproyecto de norma CEM (IEM).

3.5.3.3 Definicionesⁱⁱ

En esta sección se incluyen los términos técnicos de mayor relevancia utilizados en el anteproyecto de norma, entre estos se pueden mencionar:

- **Equipo clase A:** Equipo fabricado para uso en entornos industriales, comerciales y de negocio.
- **Equipo clase B:** equipo primordialmente destinado a ser utilizado en entornos domésticos.
- **REIL:** red artificial que provee una impedancia definida en RF al EBP, acopla la señal (voltaje) de perturbación al receptor de medición y desacopla el circuito de prueba de la red de alimentación principal.
- **REIL en V:** acopla el voltaje no simétrico (voltaje de alimentación principal) de la señal de perturbación.
- **REI:** red artificial utilizada para medir (o inyectar) el voltaje asimétrico (en modo común) en cables de telecomunicaciones, mientras rechaza la señal simétrica (en modo diferencial). Provee una impedancia estabilizada al EBP.
- **EA:**
 - Transductores (ej. puntas de prueba, redes y antenas) conectados al receptor de medición o al generador de prueba.
 - Transductores (ej. puntas de prueba, redes y antenas) que son usados en la transferencia de señal o perturbación entre el EBP y el equipo de medición o un generador de señales.
- **Ea:** equipo necesario para ayudar a ejercitar al EBP. Este equipo puede estar físicamente localizado fuera del área de prueba.

ⁱ Sección 2 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱ Sección 3 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

3.5.3.4 Abreviaturas y acrónimosⁱ

Entre los más importantes se pueden mencionar:

- **EBP** Equipo Bajo prueba (EUT, Equipment Under Test)
- **CEM** Compatibilidad ElectroMagnética (EMC, ElectroMagnetic Compatibility)
- **IEM** Interferencia ElectroMagnética (EMI, ElectroMagnetic Interference)
- **REIL** Red de estabilización de Impedancia de la Línea (LISN, Line Impedance Stabilization Network)
- **REI** Red de estabilización de Impedancia (ISN, Impedance Stabilization Network)
- **EA** Equipo Asociado (AE Associated Equipment)
- **Ea** Equipo auxiliar (AE, auxiliary equipment)
- **SPAA** Sitio de Prueba de Área Abierta (OATS, Open Area Test Site)

3.5.3.5 Parámetros para la determinación de la CEMⁱⁱ

Esta sección incluye los parámetros que identifican las unidades de medición con las cuales se indican los límites de emisión. Según el tipo de perturbación los parámetros son:

- Voltaje de perturbación en modo diferencial, medido en dB(μ V).
- Voltaje de perturbación en modo común, medido en dB(μ V).
- Corriente de perturbación en modo común, medido en dB(μ V).
- Perturbación radiada., medido en dB(μ V/m).

En esta sección también se incluye la interpretación de valores límites de los parámetros, en donde se indican los métodos estadísticos utilizados para determinar los máximos y mínimos de emisión respecto a la categoría del equipo bajo prueba.

El significado de los límites se debe entender, bajo un criterio estadístico, de que al menos el 80% de los equipos producidos en masa, cumplen con el 80% de los límites establecidos.

ⁱ Sección 4 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱ Sección 5 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

3.5.3.6 Aplicación e interpretación de términos de CEMⁱ

En esta sección se incluyen de forma ilustrativa los conceptos de los límites y niveles de emisión, y de los límites y niveles de inmunidad, tomando como ejemplo para los dos casos alguna función continua de variable independiente. En la figura 11 se muestra una gráfica del nivel de perturbación en función de una variable independiente.

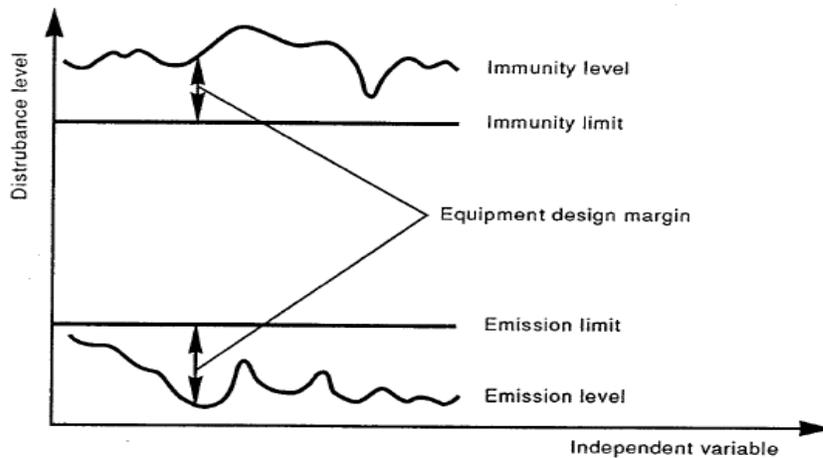


Figura 11. Límites y niveles de emisión e inmunidad (fuente: IEC 1000-1-1 (1992), Electromagnetic compatibility (EMC), Part 1: General section 1: application and interpretation of fundamental definitions and terms.)

3.5.3.7 Condiciones generalesⁱⁱ

En esta sección se especifican dentro de las sub-secciones, todos los aspectos generales respecto a:

3.5.3.7.1 Ruido ambienteⁱⁱⁱ

El ruido ambiente es medido previo al ensayo para evitar que éste se confunda con la perturbación que emite el EBP.

3.5.3.7.2 Consideraciones generales del entorno de prueba^{iv}

En esta sección se especifican la posición, el tipo y longitud que deben tener los

ⁱ Sección 6 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱ Sección 7 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱⁱ Sección 7.1 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

^{iv} Sección 7.2 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

cables; conexión entre puertos; características del simulador utilizado para interactuar con el EBP, de modo que éste trabaje en sus condiciones normales de operación; y las condiciones para determinar los niveles máximos de emisión.

3.5.3.7.3 Disposición general del EBPⁱ

En esta sección se especifica la posición relativa que el EBP debe tener con respecto a un plano de tierra en el sitio de prueba, y la configuración que debe tener un equipo de escritorio, de piso y la combinación de ambos.

3.5.3.7.4 Operación del EBPⁱⁱ

La operación del EBP debe representar el uso típico del equipo y sus condiciones normales de operación.

Dentro del segundo bloque referente a los “ensayos de emisión de perturbaciones conducidas”, se incluyeron los siguientes aspectos:

3.5.3.8 Ensayo de emisión de perturbaciones conducidasⁱⁱⁱ

3.5.3.8.1 Límites de emisión de perturbaciones conducidas^{iv}

En esta sección se incluyen los límites con los cuales se compara y se evalúa el comportamiento del EBP en el rango de frecuencias de 150 kHz a 30 MHz. Los límites se especifican tanto para los terminales de alimentación principal (tablas 4 y 5), como para los puertos de telecomunicaciones (tablas 6 y 7).

Tabla 4. Límites para equipos clase A en terminales de alimentación principal

Rango de frecuencia (MHz)	Límites dB(μV)	
	Cuasi-pico	Promedio
0,15 a 0,50	79	66
0,5 a 30	73	60

Nota: El límite inferior debe aplicarse a la frecuencia de transición

ⁱ Sección 7.3 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱ Sección 7.4 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱⁱ Sección 8 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

^{iv} Sección 8.1 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

Tabla 5. Límites para equipos clase B en terminales de alimentación principal

Rango de frecuencia (MHz)	Límites dB(μ V)	
	Cuasi-pico	Promedio
0,15 a 0,50	66 a 56	56 a 46
0,5 a 5	56	46
5 a 30	60	50

Notas:
 1 El límite inferior debe aplicarse a la frecuencia de transición
 2 El límite decrece linealmente con el logaritmo de la frecuencia entre (0,15 - 0,5) MHz

Tabla 6. Límites para equipos clase A en puertos de telecomunicaciones

Rango de frecuencia (MHz)	Límites de tensión dB(μ V)		Límites de corriente dB(μ A)	
	Cuasi-pico	Promedio	Cuasi-pico	Promedio
0,15 a 0,5	97 a 87	84 a 74	53 a 43	40 a 30
5 a 30	87	74	43	30

Notas:
 1 Los límites decrecen linealmente con el logaritmo de la frecuencia entre (0,15 y 0,5) MHz
 2 El límite de las perturbaciones de tensión y corriente son obtenidos usando una REI/RAD que presenta una impedancia en modo común (modo asimétrico) de 150 Ω al puerto de telecomunicaciones bajo prueba (el factor de conversión es $20\text{Log}_{10}(150/I) = 44$ dB)

Tabla 7. Límites para equipos clase B en puertos de telecomunicaciones

Rango de frecuencia (MHz)	Límites de tensión dB(μ V)		Límites de corriente dB(μ A)	
	Cuasi-pico	Promedio	Cuasi-pico	Promedio
0,15 a 0,5	84 a 74	74 a 64	40 a 30	30 a 20
5 a 30	74	64	30	20

Notas:
 1 Los límites decrecen linealmente con el logaritmo de la frecuencia entre (0,15 y 0,5) MHz
 2 El límite de las perturbaciones de tensión y corriente son obtenidos usando una REI/RAD que presenta una impedancia en modo común (modo asimétrico) de 150 Ω al puerto de telecomunicaciones bajo prueba (el factor de conversión es $20\text{Log}_{10}(150 / I) = 44$ dB)
 3 Provisionalmente, se permite un incremento hasta de 10 dB en el intervalo de frecuencias de 6 MHz a 30 MHz para servicios de alta velocidad que tengan una densidad espectral significativa en esta banda. Sin embargo, este incremento está restringido a la perturbación en modo común convertida por el cable que trae la señal deseada

3.5.3.8.2 Métodos de medición en terminales de alimentación principal AC/DCⁱ

En esta sección se incluyen las siguientes sub-secciones:

3.5.3.8.2.1 Equipos de mediciónⁱⁱ

Estos deben ser receptores de medición que incluyan detectores de pico, promedio

ⁱ Sección 8.2 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱ Sección 8.2.1 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

y cuasi-pico para el análisis de las señales de perturbación. Las especificaciones de cada detector se incluyeron en los anexos del anteproyecto de la norma.

3.5.3.8.2.2 Equipos asociadosⁱ

El equipo asociado a esta prueba es la REIL en V con una impedancia equivalente de $50 \Omega // 50 \mu\text{H}$. Este equipo en conjunto con el EBP completa la configuración de la prueba. En esta sub-sección se dan sus características y ubicación con respecto al sitio de prueba y al EBP.

3.5.3.8.2.3 Plano de tierraⁱⁱ

Es necesario un plano de tierra en el entorno de prueba a fin de evitar acoplamientos que puedan causar interferencias indeseadas en las mediciones, las cuales son diferentes a las generadas por el EBP. En esta sub-sección se especifican las dimensiones del plano de tierra.

3.5.3.8.2.4 Disposición del EBPⁱⁱⁱ

En esta sub-sección se especifican la ubicación y posición que debe cumplir el equipo dentro del sitio de prueba. Si es un equipo de escritorio se debe colocar en una mesa no metálica, cuyas dimensiones y distancia respecto al plano de tierra son bien específicas. Si es un equipo de piso se debe colocar sobre un material aislante. Si es una combinación de ambos equipos debe cumplir con las condiciones anteriores. En los tres casos es necesario colocar y acomodar los cables en una posición específica.

En la figura 12 se muestra un arreglo típico de la configuración de un equipo de escritorio para la prueba de emisiones en los terminales de alimentación principal. En la leyenda se detallan las condiciones de esta configuración.

3.5.3.8.2.5 Procedimiento para la ejecución de la prueba^{iv}

En esta sub-sección se incluyen todos los pasos que se deben llevar a cabo para realizar la prueba de emisión en los terminales alimentación principal, desde los ajustes preliminares hasta el registro de mediciones en el informe de prueba.

ⁱ Sección 8.2.2 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱ Sección 8.2.3 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱⁱ Sección 8.2.4 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

^{iv} Sección 8.2.5 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

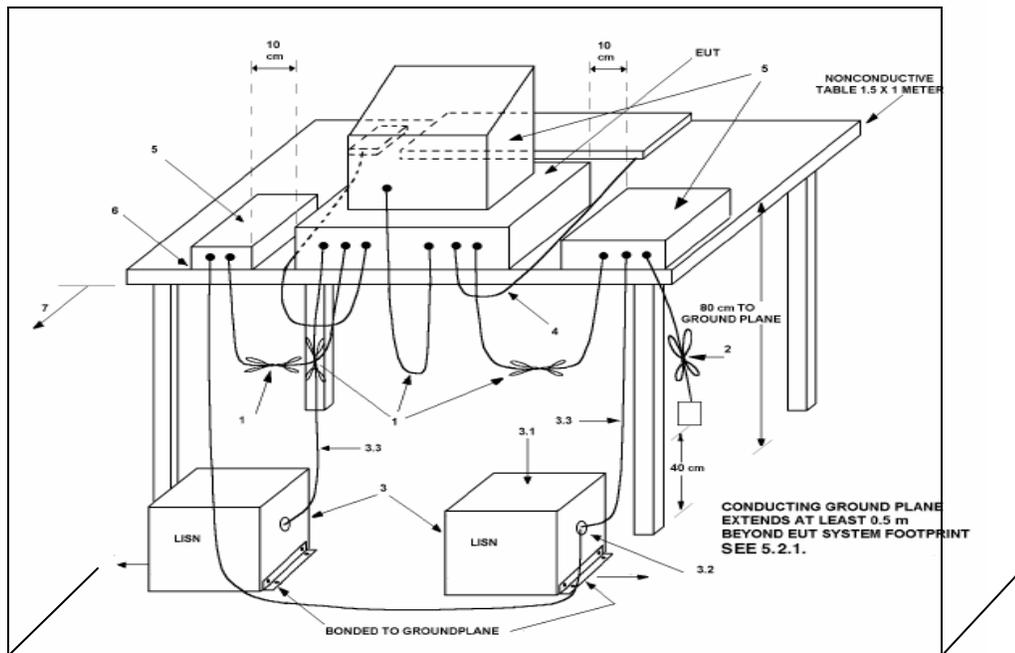


Figura 12. Configuración de prueba para emisiones conducidas en los terminales de alimentación principal – Equipo de escritorio (Fuente: ANSI / IEEE C63.4: 2003)

LEYENDA:

1. Los cables de interconexión que estén suspendidos a una distancia menor a 40cm respecto al plano de tierra metálico de referencia horizontal, deberán doblarse y atarse en el centro formando un lazo de 30 a 40 cm de longitud.
2. Los cables E/S que no estén conectados a un periférico o a un accesorio, deberán doblarse y atarse en el centro formando un lazo de 30 a 40 cm de longitud. La punta del cable, en caso de ser requerido, podrá terminarse en una impedancia adecuada. La longitud total con el cable atado no deberá exceder de 1 m (Véase sección 7.2 del anteproyecto de norma CEM (IEM)).
3. EL EBP conectado a una REIL (LISN). Los puertos de medición de la REIL que no estén siendo utilizados deberán terminarse en resistencias de 50Ω . La REIL puede ser colocada encima, o inmediatamente debajo del plano de tierra metálico de referencia horizontal (véase figura 14).
 - 3.1 Una segunda REIL para energizar todas las demás unidades del sistema.
 - 3.2 Se puede utilizar una toma de salida múltiple para todos los cables de alimentación principal que no sean del EBP.
 - 3.3 La REIL debe estar cuando menos a 80 cm de la parte más cercana de la carcasa del EBP.
4. Los cables de dispositivos de mano, tales como teclados, ratones, etc. deberán estar colocados en su posición de uso normal
5. Unidades del sistema que no son EBP (periféricos o accesorios). Estas unidades deben estar separadas del EBP a una distancia de 10 cm; en caso de que sean unidades apilables, éstas podrán colocarse una encima de la otra.
6. La parte posterior del EBP, incluyendo periféricos o accesorios, deberán estar todas alineadas y rasantes con la parte posterior de la mesa.
7. La parte posterior de la mesa deberá estar alejada 40 cm del plano de tierra metálico de referencia vertical el cual debe estar unido al plano de tierra metálico de referencia horizontal. (véase sección 8.2.1.4 y figura 5 del anteproyecto de norma CEM (IEM)).

3.5.3.8.3 Métodos de medición de emisiones en los puertos de telecomunicacionesⁱ

En esta sección se incluyen los siguientes sub-secciones:

3.5.3.8.3.1 Métodos para ensayos de conformidadⁱⁱ

En esta sub-sección se indican las características que deben tener tanto el EBP como los equipos asociados de medición.

3.5.3.8.3.2 Equipos de mediciónⁱⁱⁱ

En esta sub-sección se incluyen los mismos receptores utilizados para la medición en los terminales de alimentación principal vistos en 8.4.3.8.2.1.

3.5.3.8.3.3 Equipos asociados^{iv}

El equipo asociado a esta prueba es la REI con una impedancia equivalente de $150 \Omega \pm 50 \Omega$ con un ángulo de $0^\circ \pm 20^\circ$. Este equipo en conjunto con el EBP complementa la configuración de la prueba. En esta sección se especifican sus características y ubicación con respecto al sitio de prueba y al EBP. También se dan las características de los cables a utilizar.

3.5.3.8.3.4 Disposición del EBP^v

En esta sub-sección se especifican la ubicación y posición que debe cumplir el equipo dentro del sitio de prueba. Si es un equipo de escritorio, se debe colocar en una mesa no metálica con ciertas dimensiones a cierta distancia de los planos de tierra. Si es un equipo de piso se debe colocar sobre un material aislante. Si es una combinación de ambos equipos debe cumplir con las condiciones anteriores. En los tres casos es necesario colocar y acomodar los cables en una posición específica.

En la figura 13 se muestra un arreglo típico de la configuración de un equipo de escritorio para la prueba de emisiones en los puertos de telecomunicaciones. En la leyenda se detallan las condiciones de esta configuración.

ⁱ Sección 8.3 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱ Sección 8.3.1 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱⁱ Sección 8.3.2 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

^{iv} Sección 8.3.3 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

^v Sección 8.3.4 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

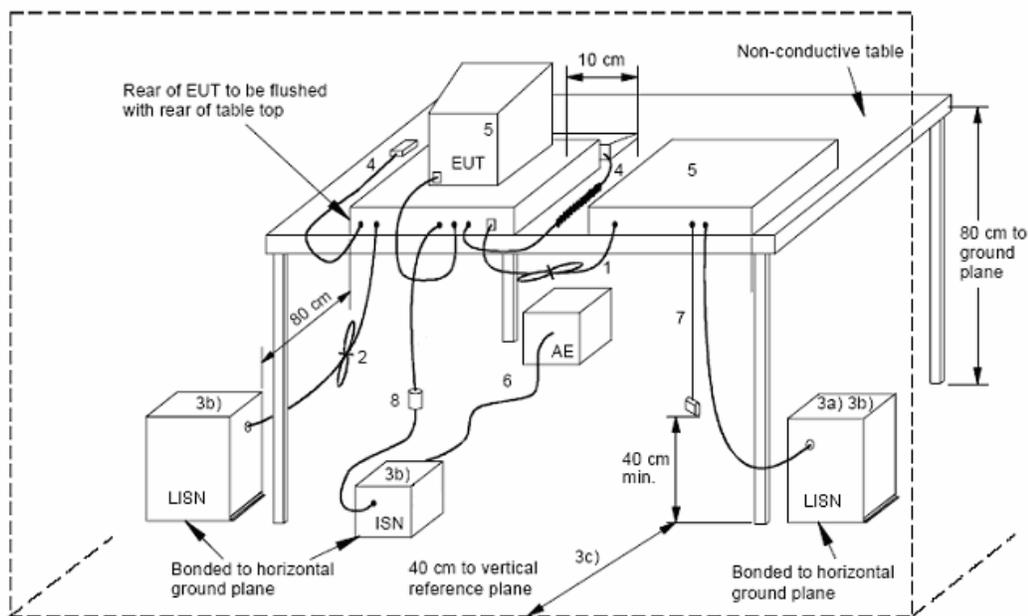


Figura 13. Configuración de prueba para emisiones conducidas en los puertos de telecomunicaciones – Equipo de escritorio (Fuente: CISPR 22: 1997)

LEYENDA:

1. Los cables de interconexión que estén suspendidos a una distancia menor a 40cm respecto al plano de tierra metálico de referencia horizontal, deberán doblarse y atarse en el centro formando un lazo de 30 a 40 cm de longitud.
2. El exceso del cable de alimentación deberá doblarse en el centro o recortarlo a la longitud apropiada.
3. El EBP conectado a una REIL (LISN) mediante un cable de alimentación y conectado a una REI (ISN) mediante un cable de señal. Todas las REIL y las REI pueden conectarse alternativamente al plano de tierra metálico de referencia vertical (véase figura 9 del anteproyecto de norma CEM (IEM)).
 - 3.a) Una segunda REIL para alimentar todas las demás unidades del sistema. Se puede utilizar una toma de salida múltiple para todos los cables de alimentación principal que no sean del EBP.
 - 3.b) La REIL y la REI deben estar alejadas cuando menos a 80 cm de la parte más cercana de la carcasa del EBP y de otras unidades.
 - 3.c) Los cables de alimentación principal y los cables de señal deben estar colocados en toda su extensión, hasta donde sea posible, a 40 cm del plano de referencia vertical.
4. Los cables de los dispositivos operados manualmente, tales como teclado, ratón (mouse), etc., deben colocarse en una posición de uso normal.
5. Los periféricos deben colocarse a una distancia de 10 cm entre sí, excepto los apilables, los cuales se colocan directamente uno encima del otro.
6. Cables de señal E/S para conexión externa.
7. El extremo de los cables de señal E/S cuando no están conectados a un Ea puede terminarse, en caso de ser necesario, mediante el uso de una impedancia adecuada.
8. Si es utilizada una sonda de corriente sobre el cable de señal, deberá colocarse a 10 cm de la REI.

3.5.3.8.3.5 Mediciones de tensión y de corriente en distintos tipos de cableⁱ

Esta sub-sección indica los diferentes tipos de mediciones que se pueden realizar, y los diferentes tipos de equipos asociados según el tipo de cable que utilice el EBP.

3.5.3.8.3.6 Procedimiento para la ejecución de la pruebaⁱⁱ

En esta sub-sección se incluyen todos los pasos que se deben llevar a cabo para realizar la prueba de emisión conducida en los puertos de telecomunicaciones, desde los ajustes preliminares hasta el registro de mediciones en el informe de prueba. Los procedimientos se especifican para cada tipo de cable, y dependiendo de su tipo, se puede realizar una medición de voltaje o de corriente o la combinación de ambas.

3.5.3.8.4 Registro de medicionesⁱⁱⁱ

En esta sección se especifican los valores obtenidos de las mediciones, tomando el registro de aquellos que estén dentro de un margen de 20 dB respecto al límite de emisión.

Dentro del tercer bloque referente a los “ensayos de emisión de perturbaciones radiadas”, se incluyeron los siguientes aspectos:

3.5.3.9 Ensayo de emisión de perturbaciones radiadas^{iv}

En esta sección se disponen los procedimientos generales para las mediciones de emisión de perturbaciones radiadas generada por campos electromagnéticos producidos por equipos y sistemas.

3.5.3.9.1 Límites de emisión^v

En esta sección se incluyen los límites con los cuales se compara y se evalúa el comportamiento del EBP en el rango de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz. Los límites se especifican para una distancia de 10 m en las tablas 8 y 9.

ⁱ Sección 8.3.5 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱ Sección 8.3.6 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱⁱ Sección 8.4 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

^{iv} Sección 9 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

^v Sección 9.1 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

Tabla 8. Límites para equipos clase A, medidos a una distancia de 10 m

Intervalos de frecuencia en MHz	Límites cuasi-pico en dB(μ V/m)
30 a 230	40
230 a 1000	47

Notas:
1 El límite inferior debe aplicarse a las frecuencias de transición
2 Se pueden requerir medidas adicionales para el caso donde se presenten interferencias

Tabla 9. Límites para equipos clase B, medidos a una distancia de 10 m

Intervalos de frecuencia en MHz	Límites cuasipico en dB(μ V/m)
30 a 230	30
230 a 1000	37

Notas:
1 El límite inferior debe aplicarse a las frecuencias de transición
2 Se pueden requerir medidas adicionales para el caso donde se presenten interferencias

En la sección 9.1.2 del anteproyecto de norma CEM (IEM) se muestran los límites para equipos que operan por encima de 1 GHz.

3.5.3.9.2 Métodos de medición de emisiones radiadasⁱ

Los métodos de medición se clasifican de acuerdo al rango de frecuencia:

- Para la banda de 9 kHz a 30 MHz se mide la componente magnética de perturbación,
- para frecuencias mayores a 30 MHz se mide la componente eléctrica de perturbación,
- y para mediciones in situ (30 MHz en adelante) se mide la potencia de perturbación efectiva radiada.

Esta sección incluye las siguientes sub-secciones:

3.5.3.9.2.1 Equipos de mediciónⁱⁱ

En esta sub-sección se incluyen los mismos receptores utilizados para las emisiones conducidas.

3.5.3.9.2.2 Equipos asociadosⁱⁱⁱ

El equipo asociado a esta prueba es la antena receptora de medición y dependiendo

ⁱ Sección 9.2 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱ Sección 9.2.1 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱⁱ Sección 9.2.2 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

del rango de frecuencia se emplean diferentes tipos. Este dispositivo en conjunto con el EBP complementa la configuración de la prueba. En esta sección se dan sus características y ubicación con respecto a: la distancia al EBP, la distancia al plano de tierra, el azimut respecto al EBP, y su polarización. También se dan las características de los cables a utilizar.

3.5.3.9.2.3 Mediciones en el sitio de pruebaⁱ

En esta sub-sección se incluyen las mediciones de atenuación de sitio, las cuales deben estar en un rango de ± 4 dB para que el entorno sea considerado aceptable; los SPAA, los cuales deben cumplir con las mediciones de atenuación de sitio para ejecución de la prueba; el plano de tierra, el cual debe ser metálico y de referencia horizontal; la placa giratoria y mesa de prueba, las cuales se recomiendan para colocar al EBP y automatizar su rotación para las mediciones; el área libre de obstrucción, el cual es una característica que deben cumplir los SPAA; y sitios de prueba alternativos, incluyendo cámaras blindadas recubiertas en su interior por material absorbente.

3.5.3.9.2.4 Disposición del EBPⁱⁱ

En esta sub-sección se especifican la ubicación y posición que debe cumplir el equipo dentro del sitio de prueba. Si es un equipo de escritorio se debe colocar en una mesa no metálica con ciertas dimensiones sobre una placa giratoria rasante con el plano de tierra de referencia horizontal. Si es un equipo de piso se debe colocar sobre un material aislante. Si es una combinación de ambos equipos, debe cumplir con las condiciones anteriores. En los tres casos es necesario colocar y acomodar de manera relajada los cables en una posición específica, y enrutarlos hacia el cajetín de la fuente de alimentación.

En la figura 14 se muestra un arreglo típico de la configuración de un equipo de escritorio para la prueba de emisiones radiadas. En la leyenda se detallan las condiciones de esta configuración.

ⁱ Sección 9.2.3 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱ Sección 9.2.4 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

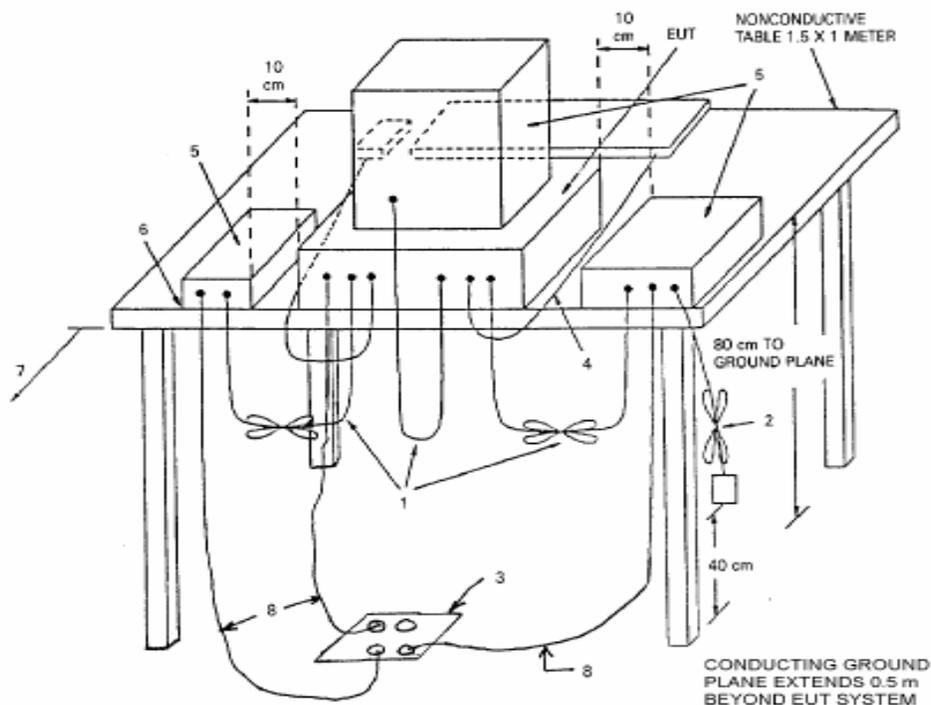


Figura 14. Configuración del ensayo de emisión de perturbaciones radiadas.

Equipo de escritorio (Fuente: ANSI / IEEE C63.4: 2003)

LEYENDA

- 1) Los cables de interconexión que estén suspendidos a una distancia menor a 40cm respecto al plano de tierra metálica de referencia horizontal, deberán doblarse y atarse en el centro formando un lazo de 30 a 40 cm de longitud.
- 2) Los cables de señal E/S que no estén conectados a un periférico o a un accesorio, deberán doblarse y atarse en el centro formando un lazo de 30 a 40 cm de longitud. La punta del cable, en caso de ser requerido, puede ser terminada en una impedancia adecuada. La longitud total con el cable atado no deberá exceder de 1 m (Véase sección 7.2 del anteproyecto de norma CEM (IEM)).
- 3) Los cajetines de alimentación principal múltiple deben estar unidas directamente al plano de tierra metálica y al ras del mismo.
 NOTA: En caso de usarse, la REIL debe ser instalada debajo del plano de tierra metálica de referencia horizontal.
- 4) Los cables de los dispositivos operados manualmente, tales como teclado, ratón (mouse), etc. deben colocarse en una posición de uso normal.
- 5) Los periféricos deben colocarse a una distancia de 10 cm entre sí, excepto los apilables, los cuales se colocan directamente uno encima del otro.
- 6) Los cables de alimentación principal deben colgar hasta el suelo y posteriormente deben ser enrutados al cajetín de alimentación.

3.5.3.9.3 Métodos de medición por encima de 1 GHzⁱ

En esta sección se indican los estándares de referencia en los cuales se especifican las mediciones, equipos de medición, equipos asociados, etc., los cuales deben ser tomados en consideración para aplicar el método a equipos que operan por encima de 1 GHz.

3.5.3.9.4 Procedimiento para la ejecución de la pruebaⁱⁱ

En esta sección se incluyen todos los pasos que se deben llevar a cabo para realizar el ensayo de emisión de perturbaciones radiadas, desde los ajustes preliminares hasta el registro de mediciones en el informe de prueba. Los procedimientos se especifican para el rango de frecuencia de 30 MHz a 1000 MHz, y dependiendo del tipo de antena, se deben repetir los pasos.

3.5.3.9.5 Registro de medicionesⁱⁱⁱ

En esta sección se especifican los valores obtenidos de las mediciones, tomando el registro de aquellos que estén dentro de un margen de 20 dB respecto al límite de emisión.

3.5.3.9.6 Medición en presencia de señales ambientales altas^{iv}

En esta sección se indican las alternativas de medición que se deben tomar en cuenta en caso de que el ruido ambiente exceda el límite especificado en la sección 7.1 del anteproyecto de norma CEM (IEM).

3.5.3.9.7 Pruebas en las instalaciones del usuario^v

En esta sección se indican las consideraciones que se deben tomar en cuenta para realizar los ensayos sobre equipos físicamente grandes.

Dentro del cuarto y último bloque del anteproyecto de norma CEM (IEM) referente a los anexos, se incluyeron los siguientes aspectos:

- **Anexo A (REIL)**, Se incluyen las características y diagramas circuitales.

ⁱ Sección 9.3 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱ Sección 9.4 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

ⁱⁱⁱ Sección 9.5 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

^{iv} Sección 9.6 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

^v Sección 9.7 del anteproyecto de norma CEM (IEM)

- **Anexo B (Sondas de corriente y de voltaje)**, incluyen las características y diagramas circuitales.
- **Anexo C (PCL)**, en esta sección se especifican los parámetros de las señales en los puertos de telecomunicaciones referentes a las pérdidas por conversión longitudinal.
- **Anexo D (Antenas)**, se incluyen las características y el tipo de antenas utilizadas de acuerdo al rango de frecuencia de medición.
- **Anexo E (Mediciones de atenuación de sitio)**, se incluyen las características diagramas, métodos de medición y cálculos del sitio de atenuación normalizado.
- **Anexo F (Receptores)**, se incluyen las características de los detectores utilizados en los ensayos.
- **Anexo G (RAD)**, se incluyen las características y diagramas circuitales.
- **Anexo H (Diagrama de decisión)**, incluye un diagrama de flujo que indica el tipo de detector a utilizar en las mediciones.
- **Anexo I (Bibliografía)**, incluye los documentos utilizados en la elaboración del anteproyecto de norma CEM (IEM).

Al culminar este anteproyecto de norma basado principalmente en estándares internacionales, el CENDIT hizo entrega ante el CT-11 SC-4 de FONDONORMA (coordinado por CODELECTRA) del documento con el cual se dio inicio a la discusión de la norma venezolana en Compatibilidad Electromagnética, que en su primera etapa sólo incluye las interferencias electromagnéticas.

Por otro lado se inició la elaboración de la primera versión del anteproyecto de norma CEM (SEM), basado principalmente en estándares internacionales y en el proyecto de norma técnica referente a la Compatibilidad Electromagnética preparado por FUNINDES-USB a solicitud de CONATEL, y publicado en su foro electrónico.

El objetivo principal de realizar el anteproyecto de norma CEM (SEM), es dar continuidad a la discusión de la norma técnica CEM, de manera que una vez culminada la discusión sobre IEM se prosiga con lo relativo a SEM.

3.6 Elaboración del anteproyecto de norma CEM (SEM)

3.6.1 Justificación

De acuerdo con la sección 3.4.1, existe la necesidad técnica por parte del CENDIT de disponer de las normas venezolanas, es por ello que se continúa con la elaboración de lo que vendría siendo la primera versión del anteproyecto de norma CEM (SEM).

Esta primera versión, sólo incluye lo relacionado a inmunidad frente a perturbaciones conducidas generadas por la inducción de campos de RF, y lo relacionado a inmunidad frente a perturbaciones radiadas por campos de RF.

3.6.2 Procedimiento empleado

Para la elaboración de este anteproyecto de norma aplicaron los siguientes criterios:

- a) Se analizó el proyecto de norma técnica referente a la Compatibilidad Electromagnética realizado bajo la tutela de CONATEL y preparado por FUNINDES-USB, el cual fue tomado como base para la elaboración del anteproyecto de norma CEM (SEM).
- b) Se analizó el estándar ETSI 301 386, estándar que aplica a los equipos de telecomunicaciones en cuanto a emisiones e inmunidad; fue seleccionado con el fin de tomar su estructura, como posible modelo para la elaboración de la norma.
- c) Se analizó el estándar ETSI 300 339, estándar que aplica a los equipos de radiocomunicaciones en cuanto a emisiones e inmunidad; fue seleccionado con el fin de tomar su estructura, como posible modelo para la elaboración de la norma.
- d) Se analizó el estándar ETSI 301 489-1, estándar que aplica a los equipos de radiocomunicaciones en cuanto a emisiones e inmunidad. Este estándar es la actualización del ETSI 300 339.
- e) Se analizaron los estándares IEC 61000-4-6 / 61000-4-3, estándares que aplican a los equipos eléctricos y electrónicos en cuanto a las perturbaciones conducidas generadas por la inducción de campos de RF, y en cuanto a perturbaciones radiadas por campos de RF respectivamente.

Después de haber realizado el análisis sobre estos documentos se tomaron las siguientes observaciones:

- En el trabajo realizado por CONATEL (Proyecto de Norma Técnica referente a la Compatibilidad Electromagnética preparado por FUNINDES-USB), se nombran de forma general los ensayos que se realizan, haciendo la referencia a estándares internacionales de los procedimientos de medición. Entre estos estándares se pueden mencionar: IEC 61000-4-2 (2001), IEC 61000-4-3 (2006), 61000-4-6 (2003), CISPR 16-1 (1999). El título de estos estándares, así como su alcance se encuentran en el anexo 1 de este trabajo.
- En los estándares de la ETSI revisados, también se nombran de forma general los ensayos que se realizan en el área de SEM, haciendo la referencia a estándares internacionales de los procedimientos de medición. Los ensayos utilizados se especifican en los estándares básicos nombrados en el punto e) de esta misma sección.
- En los estándares IEC 61000-4-6 / 61000-4-3, se muestra de manera detallada la configuración del entorno de prueba y del equipo bajo prueba, así como los métodos de medición y equipos asociados a la prueba.

Tomando en cuenta estas observaciones, se consideró de fundamental importancia incluir el análisis de los estándares donde se especifican las características de los equipos de medición y los equipos asociados a éstas mediciones.

En la figura 15 se muestra en resumen, la evolución del anteproyecto de norma, colocando en un primer nivel el área de estudio de CEM (SEM). En el segundo nivel, se indica con flechas los documentos base tomados como referencia para la elaboración de la primera versión de este otro anteproyecto de norma (IEC 61000-4-3, IEC 61000-4-6, y el trabajo realizado por CONATEL). En el tercer nivel, se muestran los estándares vinculados al trabajo realizado por CONATEL, indicando con flechas como en el nivel anterior, el llamado de referencia a estándares regionales e internacionales. Por último, la flecha dirigida hacia el estándar ETSI EN 301 489-1, indica la actualización del estándar ETSI EN 300 339 del tercer nivel. Para la segunda

versión del documento (no incluida en este trabajo), se tiene pautado incluir el análisis de los documentos IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-5 referentes a descargas electrostáticas, transitorios eléctricos rápidos y ondas de choque respectivamente.

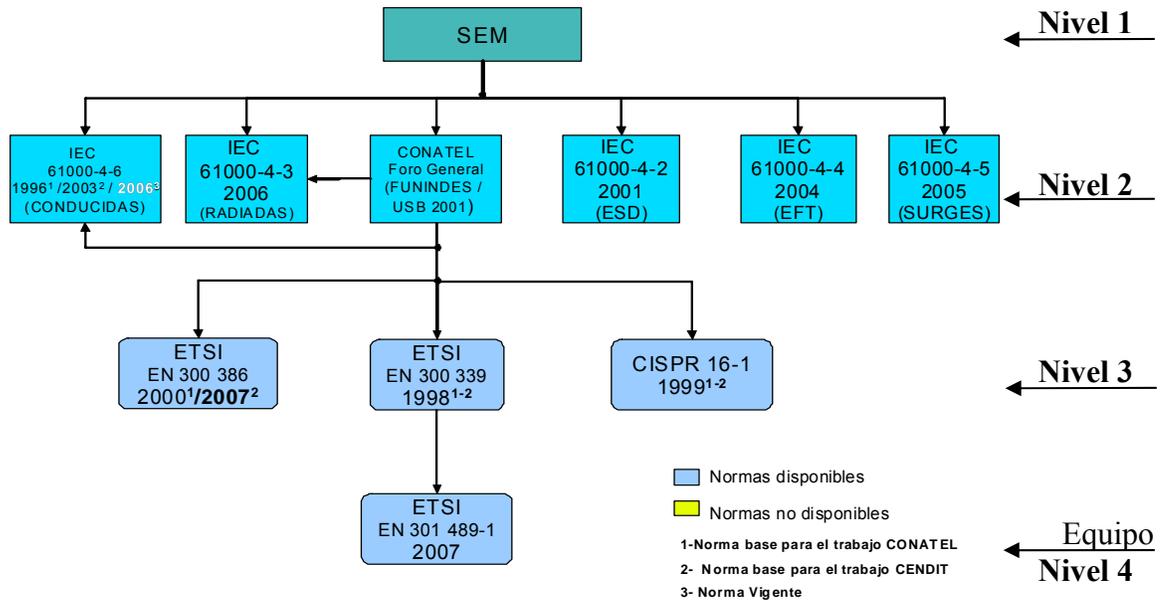


Figura 15. Mapa evolutivo del anteproyecto de norma CEM (SEM)

3.6.3 Estructura y breve descripción del anteproyecto de norma CEM (SEM)

Con el fin de dar una breve descripción de este anteproyecto de norma, la estructura del mismo se puede dividir en cuatro bloques fundamentales, a saber: un primer bloque donde se incluyen los lineamientos generales, un segundo bloque que incluye los ensayos de inmunidad frente a perturbaciones conducidas, un tercer bloque que incluye los ensayos de inmunidad frente a perturbaciones radiadas, y un último bloque donde se incluyen los anexos.

Dentro del primer bloque, referente a los lineamientos generales, se tienen los siguientes aspectos:

3.6.3.1 Objeto y campo de aplicación

En esta sección se explica la finalidad de la norma, la cual tiene como alcance la

aplicación de ensayos de CEM (SEM) sobre equipos de telecomunicaciones y equipos radiocomunicaciones, para efectos de certificación.

3.6.3.2 Referencias

En esta sección colocan los documentos normativos que se utilizaron para la elaboración de la primera versión del anteproyecto de norma CEM (SEM).

3.6.3.3 Definiciones

En esta sección se incluyen todos los términos técnicos de mayor relevancia utilizados en el anteproyecto de norma. Entre estos se pueden mencionar:

- **Criterio de desempeño:** Grado o condición de aceptación del comportamiento de un equipo durante y después de la aplicación de una prueba electromagnética.
- **Equipo Auxiliar (EA):** equipo necesario para proporcionar las señales que requiere el EBP para sus condiciones normales de operación.
- **Generador de señales de perturbación:** se encarga de suministrar la señal de prueba y esta conformado por un generador de RF, una fuente de modulación, atenuadores, filtros y un amplificador de potencia.
- **Red de acoplo:** circuito eléctrico que transfiere la energía de un circuito a otro sin pérdidas con una impedancia definida.
- **Red de desacoplo:** circuito eléctrico que previene a otros equipos que no forman parte del EBP de ser afectados por las señales de perturbación de prueba.
- **Red de Acoplo y Desacoplo (RAD):** circuito eléctrico que posee ambas funciones.
- **Pinzas de inyección:** dispositivos que acoplan la señal de perturbación en los cables que intervienen en el ensayo, el acoplamiento puede ser inductivo (Pinza de corriente), o por combinación de un acoplamiento inductivo y capacitivo (pinza electromagnética, pinza EM).

3.6.3.4 Abreviaturas

Entre los más importantes se pueden mencionar:

- **EBP** Equipo Bajo prueba (EUT, Equipment Under Test)
- **CEM** Compatibilidad Electromagnética (EMC, ElectroMagnetic Compatibility)

- **SEM** Susceptibilidad eletromagnética (EMS, ElectroMagnetic Susceptibility)
- **RAD** Red de Acoplo y Desacoplo (CDN, Coupling Decoupling Network)
- **EA** Equipo Auxiliar (AE, Auxiliary Equipment)

3.6.3.5 Parámetros para la determinación de la SEM

Esta sección incluye los parámetros que identifican las unidades de medición con las cuales se indican los límites de inmunidad. Según el tipo de perturbación los parámetros son:

- **dB(μ V)**, para las mediciones de inmunidad frente a perturbaciones conducidas
- **V/m**, para las mediciones de inmunidad frente a perturbaciones radiadas

3.6.3.6 Condiciones generales para ensayos SEM

En esta sección, se especifica dentro de las siguientes sub-secciones, los aspectos generales respecto a:

3.6.3.6.1 Criterios de desempeño

En esta sub-sección se incluyen las características de funcionamiento que deben presentar los EBPs antes y después de realizar los ensayos. Estos criterios se clasifican en criterio A, para fenómenos de naturaleza continua; criterio B, para fenómenos de naturaleza transitoria; y criterio C, para interrupciones de energía por cortos períodos de tiempo.

3.6.3.6.2 Disposición general del EBP

Dentro de esta sub-sección se incluyen los equipos de radiocomunicaciones y los equipos de telecomunicaciones, y las consideraciones mínimas necesarias que deben presentar los EBPs dentro del entorno de prueba.

3.6.3.6.3 Operación del EBP

En esta sub-sección se especifica el modo de operación que debe representar el uso típico del equipo y sus condiciones normales de operación.

Dentro del segundo bloque, referente a los “ensayos de inmunidad frente a perturbaciones conducidas”, se tienen los siguientes aspectos:

3.6.3.7 Ensayos de inmunidad frente a perturbaciones conducidas de RF

3.6.3.7.1 Niveles de prueba

En esta sección se incluyen los niveles de perturbación a los cuáles se somete el EBP dependiendo del tipo de equipo. Para cada nivel existe un límite con el cual se evalúa el comportamiento del EBP en el rango de frecuencias de 150 kHz a 80 MHz. Los niveles de voltaje se especifican en la tabla 10, y la clasificación de los niveles de prueba se muestra en la tabla 11

Tabla 10. Niveles de prueba

Rango de frecuencia de 150 KHz a 80 MHz		
Nivel	Nivel de voltaje (FEM)	
	U ₀ [dB(μV)]	U ₀ [V]
1	120	1
2	130	3
3	140	10
X ^a	Caso especial	
a X es un nivel abierto		

Tabla 11. Guía para la selección del nivel de prueba apropiado

Nivel	Características electromagnéticas del entorno
1	Bajo nivel de perturbación. Niveles típicos de estaciones de TV y radiodifusión localizadas a distancias mayores de 1 Km, y transmisores/receptores de baja potencia
2	Nivel de perturbación moderado. Transceptores portátiles de baja potencia en uso (típicamente inferiores a 1 W), con restricciones en las proximidades de los equipos. Entorno comercial típico.
3	Entorno severo. Uso de transceptores portátiles (de 2 W y más) que se encuentran relativamente cerca de los equipos, pero a una distancia no menor a 1 m. Transmisores de radiodifusión de alta potencia muy cerca al igual que los equipos ISM. Entorno industrial típico.
x	Nivel abierto que puede ser indicado en las especificaciones del equipo.

3.6.3.7.2 Métodos de medición

Especifica los métodos basados en la inyección de una señal de perturbación a dispositivos que acoplan y desacoplan esta señal, por medio de un generador de señales de perturbación. El acoplo se hace en el EBP y sus conexiones; y el desacoplo se hace a todos los demás equipos y conexiones que no forman parte del EBP de manera que no se vean afectados.

En esta sección se incluyen las siguientes sub-secciones:

3.6.3.7.2.1 Método de Inyección por RAD

En esta sub-sección se incluyen los siguientes aspectos:

a) Equipos de medición

Incluye los receptores con sus tipos de detectores.

b) Equipos de prueba

Incluye todos los equipos que intervienen en la realización del ensayo, entre los equipos se encuentra un generador de señales de perturbación, un adaptador de impedancias (150Ω a 50Ω), una RAD para conexión de terminales de alimentación principal, una RAD para conexión de cables de telecomunicaciones, redes de desacoplo.

c) Ajuste del nivel de prueba en el puerto EBP de la RAD

Incluye las condiciones que se deben considerar antes de realizar el ensayo.

d) Disposición del EBP y equipos de prueba

En este apartado se especifican la ubicación y posición que deben cumplir los equipos dentro del sitio de prueba respecto a un plano de tierra de referencia horizontal, así como también verificar los valores de impedancia en modo común en los puertos. Los EBPs deberán colocarse sobre un soporte de material aislante que esté por encima del plano de tierra de referencia a 10 cm de altura. Si el equipo está diseñado para ser montado en un panel, rack o gabinete, entonces el EBP deberá ser probado en esta configuración. En la figura 16 se muestra la configuración de prueba

utilizando la inyección por RAD, el acoplo es realizado por el conjunto RAD 2 y EA 2; el conjunto RAD 1 y EA 1 se utiliza para cumplir con las condiciones normales de operación.

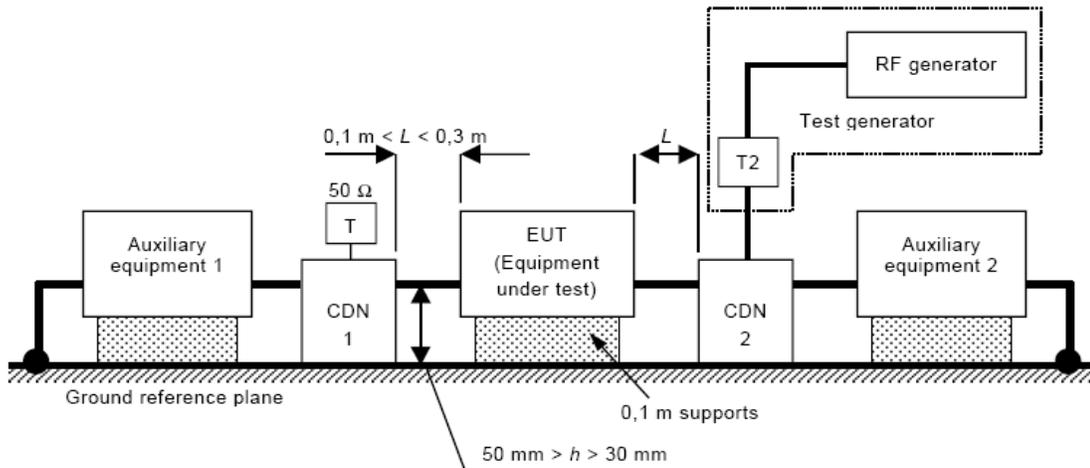


Figura 16. Configuración del método de inyección por RAD (fuente: IEC 61000-4-6: 2003)

T: impedancia terminal de 50Ω .

T2: atenuador de 6 dB integrado dentro del generador de señales de perturbación.

L: longitud entre dispositivos.

e) Procedimiento para la ejecución de la prueba

En esta sección se incluyen todos los pasos que se deben llevar a cabo para realizar el ensayo de inmunidad conducida en los terminales de alimentación principal y puertos de telecomunicaciones.

3.6.3.7.2.2 Método de inyección por pinzas

Esta sub-sección incluye los siguientes aspectos:

a) Equipos de medición

Se incluyen los mismos equipos de medición de la sub-sección 3.5.3.7.2.1.

b) Equipos de prueba

Entre los equipos se encuentra un generador de señales de perturbación, un adaptador de impedancias (150Ω a 50Ω), una pinza de inyección de corriente o una

pinza de inyección electromagnética, un jig de prueba para calibrar las pinzas de corriente, y una red de desacoplamiento.

c) Ajuste del nivel de prueba en el puerto EBP de las pinzas

Incluye las condiciones que se deben considerar antes de realizar el ensayo tanto en entornos de 150 Ω como en entornos de 50 Ω.

d) Disposición del EBP y equipos de prueba

En esta sección se especifican la ubicación y posición que debe cumplir el EBP dentro del sitio de prueba de acuerdo con la sección anterior. Las pinzas deberán ajustarse en los cables antes de realizar las mediciones. En la figura 17 se muestra la configuración de prueba utilizando la inyección por pinzas. El acoplo es realizado por la pinza de inyección; y el desacoplo es realizado por el conjunto RAD 2 y EA 2; el conjunto RAD 1 y EA 1 se utiliza para cumplir las condiciones normales de operación.

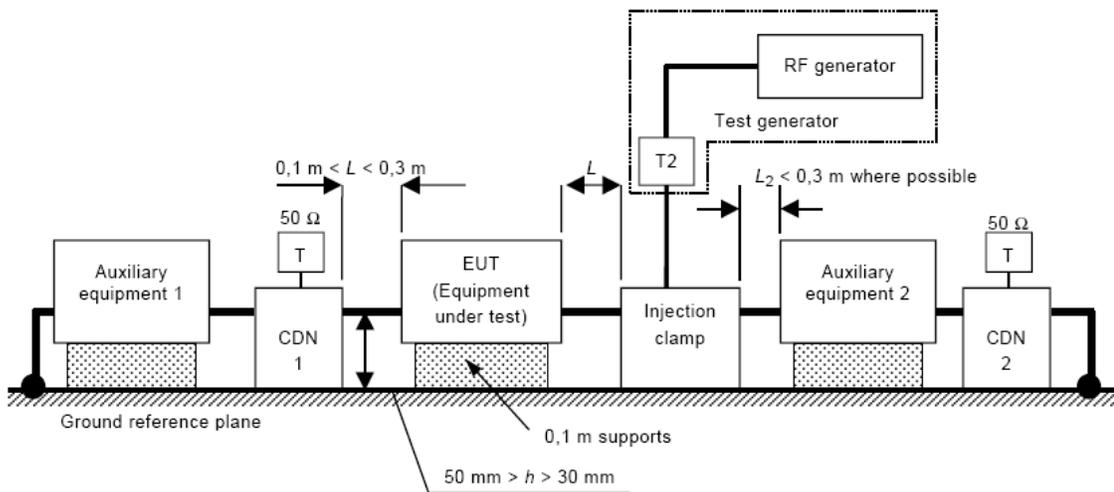


Figura 17. Configuración del método de inyección por pinzas (fuente: IEC 61000-4-6: 2003)

Inyección clamp: Pinza de inyección

e) Procedimiento para la ejecución de la prueba

En esta sección se incluyen todos los pasos que se deben llevar a cabo para realizar

el ensayo de inmunidad conducida en los terminales de alimentación principal y puertos de telecomunicaciones.

3.6.3.7.2.3 Método de inyección directa

Este método utiliza una resistencia de $100\ \Omega$ conectada directamente a los cables que intervienen en el ensayo. Esta sub-sección incluye los siguientes aspectos:

a) Equipos de medición

Se incluyen los mismos equipos de medición de la sub-sección 3.5.3.7.2.1.

b) Equipos de prueba

Entre los equipos se encuentra un generador de señales de perturbación, un adaptador de impedancias ($150\ \Omega$ a $50\ \Omega$), una red de desacoplo.

c) Ajuste del nivel de prueba en el extremo de conexión al EBP

Incluye las condiciones que se deben considerar antes de realizar el ensayo.

d) Disposición del EBP y equipos de prueba

En esta sección se indica que el EBP debe ser configurado de acuerdo a las secciones anteriores. En la figura 18 se muestra la configuración de prueba utilizando la inyección directa. El acoplo se realiza directamente a través de la impedancia de $100\ \Omega$. El desacoplo esta conformado por el conjunto del lado izquierdo y la RAD del lado derecho se utiliza para cumplir las condiciones normales de operación.

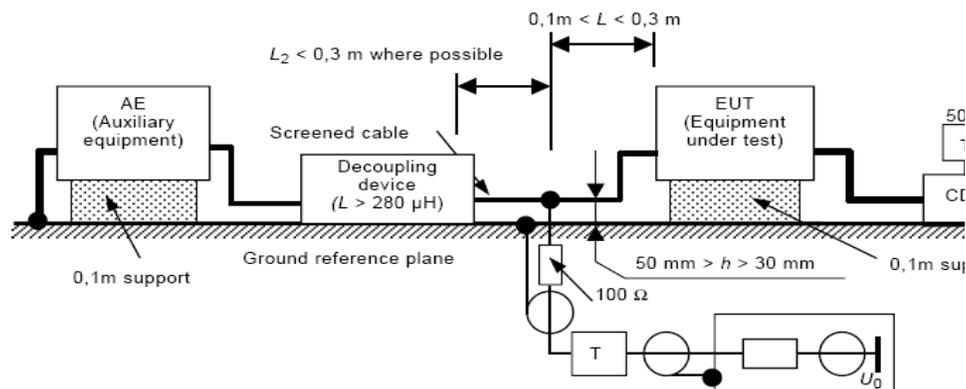


Figura 18. Configuración del método de inyección directa (fuente: IEC 61000-4-6: 2003)

e) Procedimiento para la ejecución de la prueba

En esta sección se incluyen todos los pasos que se deben llevar a cabo para realizar el ensayo de inmunidad conducida.

3.6.3.7.3 Informe de prueba

Esta sección incluye toda la información necesaria de las mediciones realizadas y reproducción del ensayo.

Dentro del tercer bloque, referente a los ensayos de inmunidad frente a perturbaciones radiadas, se tienen los siguientes aspectos:

3.6.3.8 Ensayo de inmunidad frente a perturbaciones radiadas

3.6.3.8.1 Niveles de prueba (Límites de Inmunidad)

En esta sección se incluyen los niveles de perturbación a los cuáles se somete el EBP dependiendo del tipo de equipo. Para cada nivel existe un límite con el cual se evalúa el comportamiento del EBP en el rango de frecuencias de 80 MHz a 1000 MHz. Los niveles de intensidad de campo eléctrico se especifican en la tabla 12, y la clasificación de los niveles de prueba se muestra en la tabla 13.

Tabla 12. Niveles de prueba relacionados a propósitos generales, radio teléfonos digitales y otros dispositivos emisores de Radio frecuencias

Nivel de prueba	Intensidad del campo de prueba (V / m)
1	1
2	3
3	10
4	30
x	Especial

Nota: x es un nivel de prueba abierto y su intensidad de campo asociada podrá ser cualquier valor. Ese nivel puede estar dado en los estándares de producto.

Tabla 13. Guía para la selección del nivel de prueba apropiado

Nivel	Características electromagnéticas del entorno
1	Bajo nivel de perturbación. Niveles típicos de estaciones de TV y radiodifusión localizadas a distancias mayores de 1 Km, y transmisores/receptores de baja potencia
2	Nivel de perturbación moderado. Transceptores portátiles de baja potencia en uso (típicamente inferiores a 1 W), con restricciones en las proximidades de los equipos. Entorno comercial típico.
3	Entorno severo. Uso de transceptores portátiles (de 2 W y más) que se encuentran relativamente cerca de los equipos, pero a una distancia no menor a 1 m. Transmisores de radiodifusión de alta potencia muy cerca al igual que los equipos ISM. Entorno industrial típico.
4	Transceptores en uso que se encuentran a menos de 1 m de los equipos. Otras fuentes de interferencia significativa pueden estar a menos de 1 m de los equipos.
x	Nivel abierto que puede ser indicado en las especificaciones del equipo.

3.6.3.8.2 Métodos de medición

Especifica los métodos basados en la calibración del campo electromagnético en el sitio de prueba. Estos métodos se clasifican en tres pruebas: prueba de iluminación total, prueba de iluminación parcial, y la prueba de ventanas independientes.

3.6.3.8.3 Equipos de medición

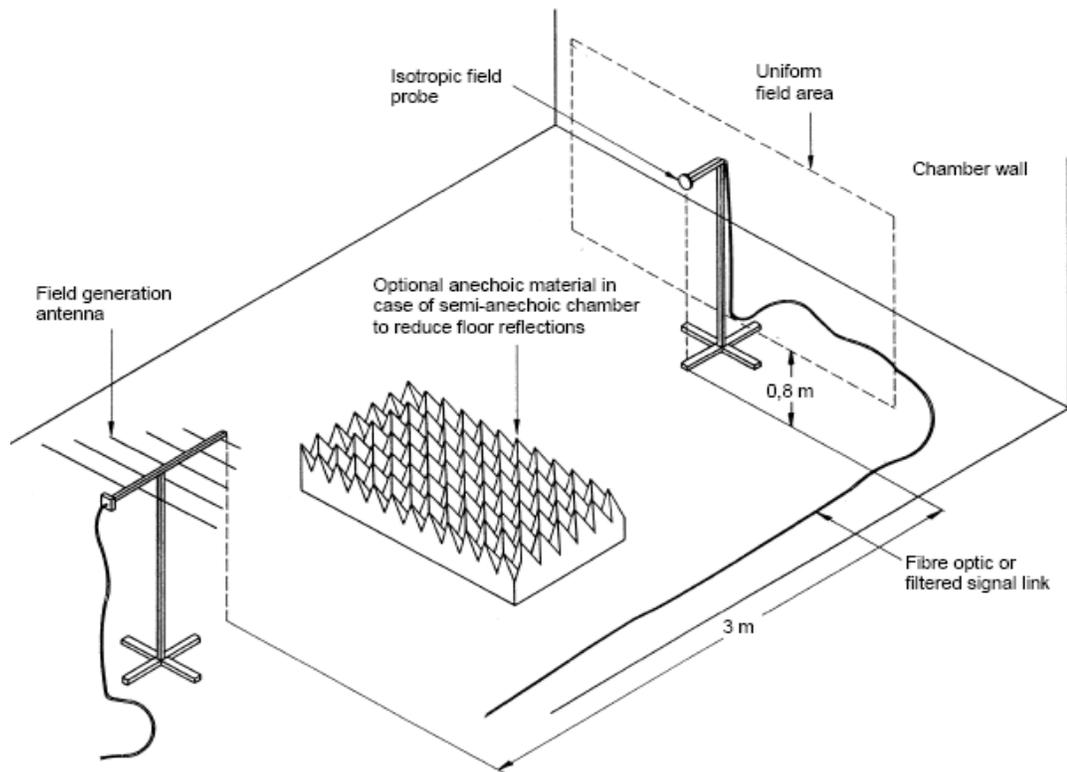
Incluye los receptores a utilizar con sus tipos de detectores.

3.6.3.8.4 Equipos de prueba

Incluye todos los equipos que intervienen en la realización del ensayo, entre los cuales se encuentran: generadores de RF, filtros IEM, amplificadores de potencia, antenas generadoras del campo eléctrico, sensores de campo isotrópicos, y cámaras anecoicas o cámaras semi-anecoicas modificadas.

3.6.3.8.5 Calibración del campo

Esta sección incluye todas las consideraciones y pruebas preliminares que se deben tomar en el entorno de prueba antes de realizar el ensayo. La finalidad de la calibración del campo es asegurar que su uniformidad sobre la muestra de prueba sea suficiente para asegurar la validez de los resultados. En la figura 19 se muestra la configuración de prueba de calibración del campo eléctrico.



**Figura 19. Configuración de prueba para la calibración del campo eléctrico
(fuente: IEC 61000-4-3: 2006)**

3.6.3.8.5.1 Procedimientos para la calibración del campo

En esta sub-sección se incluyen todos los pasos que se deben llevar a cabo para realizar las pruebas de calibración de campo. Existen dos métodos de calibración del campo: la calibración de intensidad de campo constante, y la calibración de potencia constante.

3.6.3.8.6 Configuración de la prueba

Esta sección corresponde a las características que debe tener el sitio de prueba, el cual debe presentar condiciones típicas y normales de operación de los equipos; la disposición del EBP, donde se especifican las condiciones que deben cumplir los equipos de escritorio, equipos de suelo y equipos sujetos al cuerpo humano; y la disposición del cableado, la cual debe representar el uso típico y estar de acuerdo con lo que indica el fabricante. En la figura 20 se muestra la configuración de prueba para un equipo de escritorio.

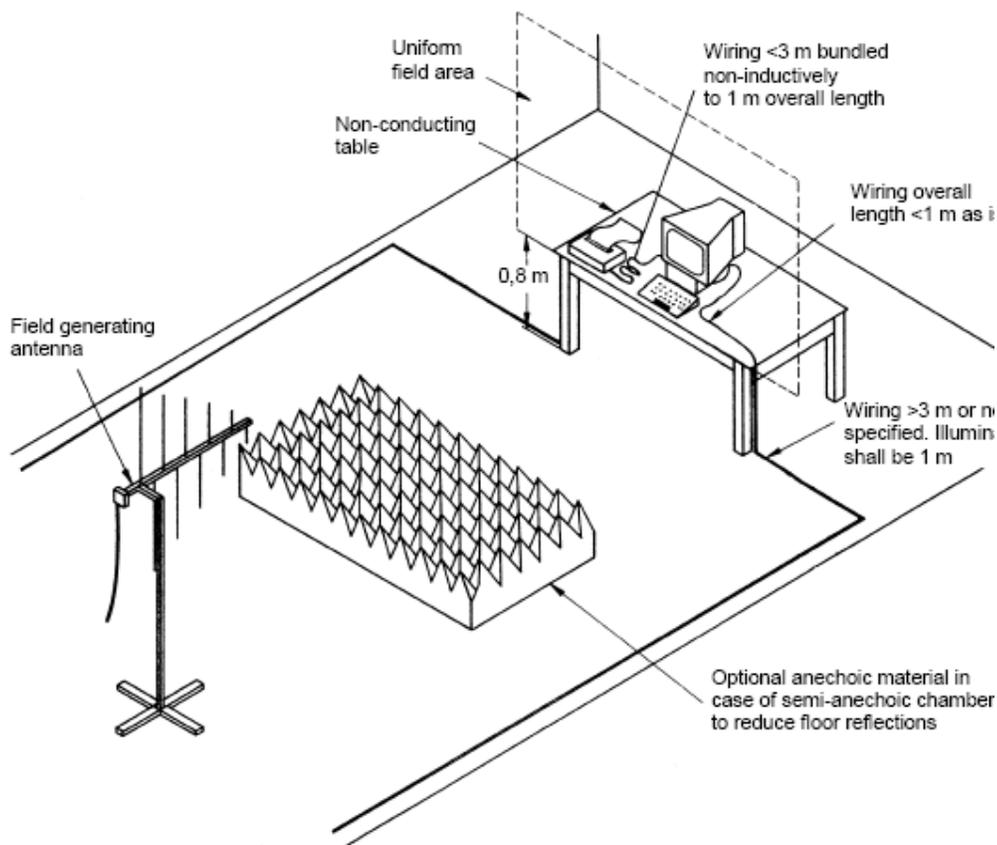


Figura 20. Configuración de prueba de inmunidad frente a perturbaciones radiadas para equipos de escritorio (fuente: IEC 61000-4-3: 2006)

3.6.3.8.7 Procedimiento para la ejecución del ensayo

Esta sección corresponde a todos los pasos que se deben llevar a cabo para realizar el ensayo de inmunidad frente a perturbaciones radiadas, desde los ajustes preliminares (Condiciones de prueba), hasta el registro de mediciones (evaluación de resultados) que debe ser incluido en el informe de prueba.

3.6.3.8.8 Informe de prueba

Esta sección incluye toda la información necesaria de las mediciones realizadas y reproducción del ensayo.

Dentro del cuarto y último bloque, de la primera versión del anteproyecto de norma CEM (SEM) referente a los anexos, se incluyen los siguientes aspectos:

- **Anexo A (Pinzas de inyección)**, incluye la información adicional en cuanto a las pinzas de inyección de corriente y electromagnética.
- **Anexo B (RAD)**, incluye las características y diagramas circuitales de las RAD.
- **Anexo C (Generador de señales de perturbación)**, incluye las características e información adicional acerca del generador de señales de perturbación.
- **Anexo D**, incluye los tipos de modulación utilizados en los ensayos de inmunidad radiada.
- **Anexo E**, incluye los tipos de antena utilizados en los ensayos de inmunidad radiada.
- **Anexo F**, incluye la no linealidad de los amplificadores de potencia y un ejemplo de calibración del campo eléctrico.
- **Anexo G**, características adicionales en cuanto al uso de frecuencias para radio teléfonos digitales.

CAPÍTULO IV

PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS APLICADO A EQUIPOS DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR

4.1 Consideraciones generales

Tomando en consideración el alcance del trabajo especial de grado, se establecieron los ensayos de interferencia electromagnética en cuanto a emisiones conducidas y emisiones radiadas, requeridas para la certificación de equipos de telefonía móvil celular. Estos ensayos fueron seleccionados del conjunto de ensayos y pruebas elaborados del anteproyectos de norma CEM (IEM) y de la primera versión del anteproyecto de norma CEM (SEM).

Tomando como base el anteproyecto de norma CEM (IEM) descrita en el capítulo III, se elaboraron los procedimientos para la ejecución de los ensayos en cuanto emisión de perturbaciones conducidas y emisión de perturbaciones radiadas aplicadas a equipos de telefonía móvil celular.

Como ya se tenía la estructura de los procedimientos para equipos de telecomunicaciones en general incluidos en el anteproyecto de norma CEM (IEM), se comenzó la adaptación de estos procedimientos, a lo que sólo sería aplicable a los teléfonos móviles celulares. También se incluyeron en esta adaptación los siguientes documentos:

- **Reportes de la FCC (FCC repots)**, informes de prueba emitidos por laboratorios de tercera parte, que han sido entregados a la FCC para la regulación y homologación de productos, donde se reflejan todas los ensayos realizados a equipos celulares, y a otros equipos de telecomunicaciones en general.
- **Notas de aplicación del fabricante de equipos de medición Agilent Technologies (Application Notes)**, en donde se encontraron guías detalladas para realizar las mediciones de los equipos bajo prueba con receptores y analizadores de espectro.

4.2 Procedimiento para la ejecución del ensayo de emisiones conducidas en los terminales de alimentación principal de equipos celulares

Basado en todos los documentos analizados de la sección 4.1 se estableció el siguiente procedimiento de prueba:

4.2.1 Configuración de la prueba

- a) El EBP deberá estar constituido por una Estación Móvil (EM), una batería y un cargador (convertidor CA/CD). Antes de comenzar la prueba, la batería deberá estar completamente descargada. Durante la prueba la EM deberá estar en estado de carga.
- b) El EBP deberá colocarse en una mesa no metálica, de dimensiones 1,5 m x 1 m, y de 80 cm de altura respecto al plano de tierra de referencia horizontal del cuarto blindado.
- c) La mesa deberá estar separada a una distancia 40 cm respecto al plano de tierra de referencia vertical del cuarto blindado, y uno de los lados del EBP deberá estar rasante con el borde perteneciente a ese lado de la mesa (véase figura 21).
- d) En caso de que el cable de alimentación CD del cargador sea mayor a 1 metro, este deberá doblarse en el centro formando un lazo de 30 cm a 40 cm de longitud y sujetarse con una cinta adhesiva especial o cualquier otro material no conductor.
- e) La REIL utilizada deberá proporcionar una impedancia de acoplo $50 \Omega / 50 \mu\text{H}$ para la conexión con el receptor de medición, cubriendo el rango de frecuencia de 150 kHz a 30MHz.
- f) La REIL deberá estar unida al plano de tierra de referencia horizontal, separada del EBP a una distancia de 80 cm y conectada a la red de alimentación de energía eléctrica principal.

Nota: Existe una configuración alternativa donde la REIL se conecta al plano de tierra de referencia vertical, para más información vea la figura 9 del anteproyecto de norma CEM (IEM).

- g) Conecte el cable alimentación CD del EBP a la REIL. Las mediciones deberán realizarse en los dos conductores de la línea de alimentación (fase y neutro), ambos respecto a la tierra de referencia.

- h) El receptor de medición utilizado deberá fijarse en el rango de frecuencia de 150 kHz a 30 MHz. El ancho de banda deberá fijarse en 9 kHz (según el requerimiento de ancho de banda en el nivel de atenuación de 6 dB para este rango de frecuencia). Los detectores se pueden fijar en modo cuasi-pico y en modo promedio. Se recomienda hacer un primer barrido con el detector en modo pico.
- i) EL EBP deberá comunicarse con un simulador de Estación Base (EB) (es decir, un set de prueba de comunicación inalámbrica) a través de un radio enlace. El simulador de EB controla al EBP para que pueda transmitir a la máxima potencia definida en las especificaciones del producto. Con esto se satisface el requerimiento de condiciones normales de operación establecido en la sección 7.5 del anteproyecto de norma CEM (IEM).
- j) El EBP deberá operar en un canal típico asignado por el simulador de EB.
- k) Durante las mediciones las condiciones ambientales deberán estar dentro de los siguientes rangos:
- Temperatura: 10 a 40 °C.
 - Humedad: 10 a 90 % de la humedad relativa.

Nota: Estos rangos pueden variar dependiendo del sitio de prueba, o que puedan estar especificados por el fabricante.

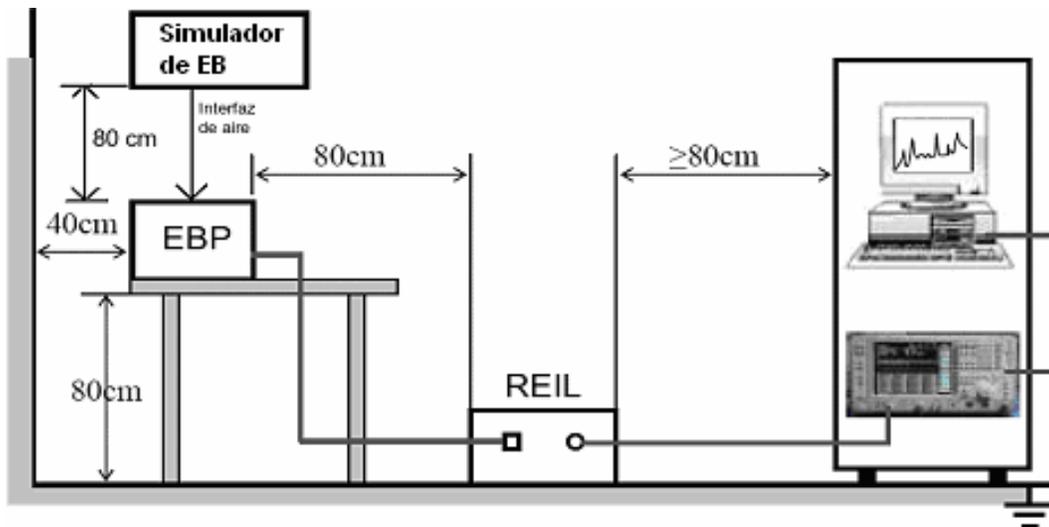


Figura 21. Configuración de prueba de emisión de perturbaciones conducidas en terminales de alimentación de energía eléctrica principal.

4.2.2 Procedimiento de medición

4.2.2.1 Generales

- a) Compruebe la calibración del instrumento de medición antes de comenzar la prueba.
- b) Verifique que todos los cables que intervienen en la prueba están interconectados correctamente a cada dispositivo (EBP, receptor, REIL), y a cada toma de alimentación principal.

4.2.2.2 Ajuste del receptor de medición

- a) Desconecte el cable coaxial (REIL - receptor) del puerto de entrada RF (50Ω) del receptor.
- b) Encienda el receptor de medición. Ajuste el rango de frecuencia correcto (150 kHz – 30 MHz), y el ancho de banda en 9 kHz.

Nota: La alimentación principal debe ser suministrada por una fuente regulada instalada dentro del sitio de prueba.

- c) Basado en el tipo de EBP, seleccione las líneas límite en el receptor que estén en acuerdo con la sección 8.1.1 del anteproyecto de norma CEM (IEM) para equipos clase B (Ej. seleccione en el receptor la función CISPR22_B). Los detectores deberán estar configurados, de tal modo que en la pantalla se muestre tanto el límite cuasi-pico como el promedio.
- d) Dependiendo del tipo de REIL a utilizar, ajuste los factores de corrección de REIL dentro del receptor. Este factor de corrección compensa las pérdidas que se puedan ocasionar en la medición.
- e) Una vez ajustados todos estos parámetros en el receptor, conecte el cable coaxial (REIL - receptor) al puerto de entrada RF (50Ω) del receptor, pero sin encender el EBP. Esto se hace con el fin de verificar que el ruido ambiente esté a 6 dB por debajo del límite especificado. En caso contrario se debe aplicar el procedimiento de la sección 9.6 del anteproyecto de norma CEM (IEM) referente a mediciones en presencia de señales ambientales altas.

Nota: el requerimiento de señales ambientales se debe comprobar tanto para la línea como para el neutro.

4.2.2.3 Ajustes finales

a) Dependiendo del tipo de REIL a utilizar, seleccione uno de los dos conductores (fase o neutro) del cable de alimentación (EBP - REIL) y verifique que los demás puertos, en caso de ser necesario, estén conectados a impedancias terminales de 50 Ω .

Nota: esta conexión terminal puede realizarse de forma automática internamente en la REIL.

b) Active el EBP y verifique que las condiciones ambientales se han estabilizado en los valores normales de operación. En caso contrario, el tiempo de calentamiento deberá incluirse junto con los resultados de medición.

c) Active el simulador de estación base (EB) y establezca el enlace entre el simulador de EB y el EBP. Ajuste los parámetros del simulador (frecuencia, canal y nivel de potencia, etc.), de modo que la EM emita la máxima potencia definida en las especificaciones del producto. Esta función, dependiendo del fabricante, se le denomina Power Control Level (PCL).

d) Compruebe que la posición de los cables, y la posición y operación del EBP representan la configuración que genera la frecuencia de perturbación más alta en relación al límite. Esto se hace con el EBP en operación durante la prueba.

e) Realice el barrido de 150 kHz a 30 MHz con el detector pico en caso que se desee reducir el tiempo de prueba (en el anexo H del anteproyecto de norma CEM (IEM), se incluye un diagrama de flujo que determina la manera en la cual se deben usar los detectores para verificar si la prueba pasa o no pasa).

f) Si las mediciones están conformes vaya al paso g). Si se desea realizar un análisis con más detalle, realice el barrido de 150 kHz a 30 MHz con el detector cuasi-pico, si el nivel es menor al límite promedio, se considerará que el EBP cumple con los límites. En caso contrario (tomando en cuenta que el nivel sea menor al límite cuasi-pico), se debe realizar el barrido con el detector promedio; si el nivel es menor al límite promedio, se considerara que el EBP cumple con el límite.

g) Si la lectura del receptor de medición muestra fluctuaciones cercanas al límite cuasi-pico, se debe realizar nuevamente la medición con el detector cuasi-pico, pero esta vez en intervalos más pequeños que incluyan cada una las frecuencias que

presentan estas fluctuaciones.

h) Seleccione en la REIL el otro conductor a ser medido (fase o neutro) del cable de alimentación (EBP - REIL) y repita los pasos del d) al g) .

4.2.2.4 Registro de mediciones

Registre la configuración de prueba y los resultados finales de la prueba. Se pueden incluir diagramas y fotografías.

4.3 Procedimiento para la ejecución del ensayo de emisiones radiadas en equipos móviles celulares

4.3.1 Procedimiento de la prueba

a) El EBP deberá estar constituido por una EM, una batería y un cargador (convertidor CA/CD). Antes de comenzar la prueba, la batería deberá estar completamente descargada. Durante la prueba la EM deberá estar en estado de carga.

b) El EBP deberá colocarse en una mesa no metálica de 80 cm de altura respecto al plano de tierra situada dentro de una cámara semi-anecoica.

c) La mesa deberá estar colocada sobre una placa giratoria, la cual puede estar rasante con el plano de tierra o por encima del plano de tierra, con las dimensiones adecuadas que cumplan con los requerimientos de atenuación de sitio normalizado como se especifica en el anexo E del anteproyecto de norma CEM (IEM).

d) En caso de tener una placa giratoria elevada, esta debería tener un orificio en el centro que permita dejar caer al cableado directamente al plano de tierra. En caso de tener una placa giratoria rasante con el plano de tierra, ésta deberá tener un cajetín en el centro que permita dejar caer el cableado por debajo de la placa (en ambos casos el rango azimutal de la placa giratoria debe cubrir 360° para ubicar la posición de máximo nivel de emisión).

e) El cableado de servicio eléctrico conectado al EBP debe operar debajo del plano de tierra y ser canalizado hacia fuera de la cámara, y la extensión del cableado entre la mesa de prueba y el cajetín preferiblemente en ángulo recto con los ejes de medición.

- f) Se recomienda que la antena receptora sea de tipo banda ancha (Bilog, 30 MHz - 1000 MHz), o un sistema combinado utilizando la antena tipo bicónica (30 MHz - 300 MHz) y la antena tipo logo-periódica (300 - 1000 MHz).
- g) Dependiendo del tamaño de la cámara semi-anecoica, la antena receptora deberá estar situada a 3 m o a 5 m de la parte más cercana del EBP, y montada sobre un soporte de altura variable que permita mover la antena en el rango de 1 m a 4 m para ubicar el máximo nivel de emisión (véase figura 22).
- h) La antena se debe fijar tanto en la polarización vertical como en la polarización horizontal durante las mediciones, a fin de encontrar la máxima lectura de intensidad de campo.
- i) El receptor de medición utilizado deberá fijarse en el rango de frecuencia de 30 MHz a 1000 MHz. El ancho de banda deberá fijarse en 120 kHz (según el requerimiento de ancho de banda en el nivel de atenuación de 6 dB para este rango de frecuencia). En caso que se desee reducir el tiempo de prueba, el detector deberá fijarse en modo pico. De requerirse un análisis más detallado de la señal, se debe colocar en modo cuasi-pico.
- j) EL EBP deberá comunicarse con un simulador de EB (es decir, un set de prueba de comunicación inalámbrica) a través de un radio enlace. El simulador controla al EBP para que pueda transmitir a la máxima potencia definida en las especificaciones del producto. Con esto se satisface el requerimiento de condiciones normales de operación establecido en la sección 7.5 del anteproyecto de norma CEM (IEM).
- k) Durante las mediciones las condiciones ambientales deberán estar dentro de los siguientes rangos:

- Temperatura: 10 a 40 °C.
- Humedad: 10 a 90 % de la humedad relativa.

Nota: los rangos pueden variar dependiendo del sitio de prueba, o por especificaciones del fabricante.

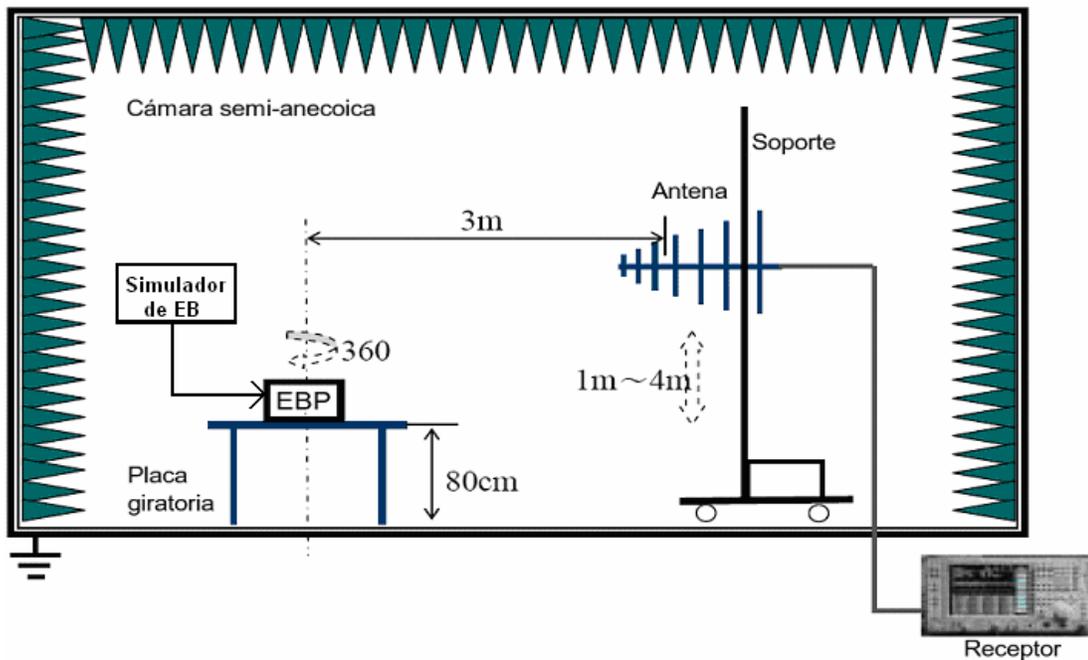


Figura 22. Configuración de prueba de emisión de perturbaciones radiadas en cámara semi-anecoica

4.3.2 Procedimiento de medición

4.3.2.1 Generales

- a) Compruebe la calibración del instrumento de medición antes de comenzar la prueba.
- b) Verifique que todos los cables que intervienen en la prueba están interconectados correctamente a cada dispositivo y a la toma de alimentación de energía eléctrica principal dentro del cajetín.
- c) El rango de frecuencia puede ser explorado en segmentos o en su totalidad dependiendo del rango que maneje la antena receptora de medición (vea f) en 3.2.1), y la resolución y el piso de ruido del instrumento de medición.

4.3.2.2 Ajustes del receptor de medición

- a) Encienda el receptor de medición. Basado en el tipo de EBP, seleccione las líneas límite en el receptor que estén de acuerdo con la sección 9.1.1 del anteproyecto de norma CEM (IEM) para equipos clase B a una distancia de 3 m ó 10 m (Ej. elija FCC_15_B_3m). Los detectores deberán estar configurados, de modo que la pantalla

muestre los límites cuasi-pico y promedio.

b) Ajuste los factores de corrección de la antena dependiendo de la antena que se esté utilizando. Estos ajustes permitirán mostrar en la pantalla del receptor el valor corregido por las pérdidas. Los tipos de antena recomendadas se muestran a continuación:

- Antena bicónica: de 30 MHz a 300 MHz.
- Antena logo-periódica: de 300 MHz a 1 GHz.
- Antena de banda ancha (Bi-Log): de 30 MHz a 1 GHz.

c) Con el EBP apagado, realice un barrido en el rango de frecuencia de interés, esto le dará una buena idea del nivel de ruido ambiente presente, de modo que se pueda verificar que esté a 6 dB por debajo del límite especificado.

Nota: En caso contrario se debe aplicar el procedimiento de la sección 9.6 del anteproyecto de norma referente a mediciones en presencia de señales ambientales altas.

d) Para asegurar que se está midiendo el peor caso de emisión del dispositivo, realice los siguientes pasos:

- Ajuste el control de velocidad de barrido hasta obtener una visión clara en el analizador.
- Rote el EBP alrededor de sus 360° en incrementos de 45°.
- En cada paso de 45° anote la amplitud de las señales más altas.
- Después de realizar todo el recorrido compare los resultados de los pasos angulares para ubicar la posición de máximo nivel de emisión (peor caso).

e) Con el EBP encendido, y orientándolo en la posición de máximo nivel de emisión, realice el barrido nuevamente en el rango de frecuencia de interés repitiendo el paso d). Las señales medidas serán la suma de la de ambiente más la del EBP. Compare estas señales con las realizadas en el paso c) y elimine los duplicados (las cuales serán las señales de ambiente).

Nota: El receptor de medición realiza la exploración de todas las señales cercanas al límite con los detectores pico, cuasi-pico y promedio (si están habilitados) en el rango de interés.

4.3.2.3 Ajustes finales

- a) Con el EBP encendido, active el simulador de estación base y establezca el enlace entre el simulador y el EBP. Ajuste el simulador (frecuencia, nivel de potencia, etc.), de modo que la EM emita la máxima potencia definida en las especificaciones del producto.
- b) Si el EBP está diseñado para operar en más de una frecuencia, las mediciones podrán realizarse con el EBP fijado en una frecuencia o en las frecuencias de la tabla 14.

Tabla 14. Frecuencias de prueba

Rango de frecuencias sobre el cual el dispositivo opera	# F	Ubicación en el rango de operación
Menos de 1 MHz	1	Una en el medio
De 1 a 10 MHz	2	Una cercana al borde superior y una cercana al borde inferior
Más de 10 MHz	3	Una cercana al borde superior, una en el medio y una cercana al borde inferior

- c) Realice el barrido en el rango de interés (ej. 30 MHz - 1 GHz) fijando la altura y la polarización de la antena en una posición, y fijando el azimut del EBP en una posición. De ser apropiado, manipule los cables del sistema para producir la señal de amplitud más alta relativa al límite. Tome nota de la amplitud y la frecuencia de la señal escogida como la más alta.
- d) Rote el EBP 360° para maximizar la señal escogida como la más alta. Si se observa que esta señal u otra a diferente frecuencia excede la amplitud de la señal escogida previamente en el paso c) por 1 dB o más, devuelva el EBP al azimut fijado en c) y repita el paso. En caso contrario, oriente el azimut del EBP hacia la posición que repita la observación de amplitud más alta y continúe con las mediciones.
- e) Mueva la altura de la antena sobre todo su rango permitido para maximizar la señal escogida como la más alta. Si se observa que esta señal u otra a diferente frecuencia exceden la amplitud de la señal escogida previamente en el paso c) por 1 dB o más, con la antena fijada a esta altura repita los pasos c) y d). En caso contrario, mueva la antena hacia la altura que repite la observación de amplitud más alta y continúe con las mediciones.

f) Cambie la polaridad de la antena y realice el barrido en el rango de interés (ej. 30 MHz - 1 GHz), con la antena fijada en una posición y con el azimut del EBP fijado en una posición.

g) Repita los pasos del c) al e). Compare los resultados de la señal escogida como la más alta con esta polarización, y la señal escogida como la más alta en la polarización anterior. Seleccione y tome nota de la más alta de las dos señales. Esta señal se determinará como la señal más alta observada con respecto al límite para este modo de operación del EBP.

h) Si la antena no es de banda ancha, sintonice el receptor de medición al siguiente segmento del espectro a ser explorado (ej. 300 MHz – 1 GHz), y repita los pasos del c) al g) hasta que el rango de frecuencia de interés se haya investigado totalmente.

Nota: En donde el ente regulador requiera mediciones con el EBP sintonizado a más de una frecuencia, repita los pasos del c) al h) para cada frecuencia adicional.

j) Una vez seleccionadas las mediciones con niveles más altos respecto al límite, se verifica que estén a 10 dB por debajo del límite. En caso contrario, se debe tomar un rango más pequeño representativo para cada frecuencia a la cual se sobrepasa el margen de 10 dB, y realizar las mediciones con el detector cuasi-pico.

k) Prepare el informe de prueba final. Si el EBP opera en más de una frecuencia, y si se requiere que las mediciones se realicen para más de una frecuencia de operación, el informe deberá registrar en una lista la frecuencia y la amplitud de las seis emisiones radiadas más altas relativas al límite y a la frecuencia de operación.

4.4 Selección del equipamiento necesario para realizar los ensayos

Se realizó una selección de equipos para la ejecución de los ensayos IEM, a fin de proponer la adquisición de estos para equipar al laboratorio de CEM.

Dado que los laboratorios deben cumplir con ciertos requisitos de acreditación para realizar un ensayo en particular, los equipos de medición y de prueba necesitan ser certificados y estar conforme a los estándares requeridos para cada ensayo.

En los estándares analizados que forman parte de la elaboración de los

anteproyectos de norma, se especifican los tipos de equipos necesarios para realizar los ensayos, y las características que deben cumplir conformes al mismo.

4.4.1 Receptores de medición

Los receptores de medición deben cumplir con los requerimientos establecidos en el anteproyecto de norma CEM (IEM), dicho anteproyecto se basa en el estándar CISPR 16-1:1999 en lo que respecta a estos receptores. El receptor debe poseer un gran ancho de banda e incluir una amplia gama de detectores. El receptor debe ser capaz de hacer al menos dos barridos simultáneos y realizar análisis en el dominio del tiempo. Además de realizar mediciones automáticas, debe permitir realizar las mediciones de manera manual, a fin de identificar, localizar y eliminar de manera efectiva las fuentes de interferencia electromagnética. En la tabla 15 se muestran algunas características resaltantes del total que se incluye en el anexo F del anteproyecto de norma CEM (IEM), de los principales detectores utilizados para este tipo de mediciones.

Tabla 15. Características resaltantes de los detectores

Detector	Parámetro	Rango de frecuencia		
		9 KHz – 150 KHz	150 KHz – 30 MHz	30MHz – 1 GHz
Cuasi-pico	Tiempo de carga	45 ms	1 ms	1 ms
	Tiempo de descarga	500 ms	160 ms	550 ms
	Factor de sobre carga	24 dB	30 dB	43.5 dB
	Ancho de banda (B_6)	200 Hz	9 kHz	120 kHz
	Exactitud de onda seno	± 2	± 2	± 2
Promedio	Factor de sobre carga	B_{imp} / n		
	Ancho de banda (B_6)	200 Hz	9 kHz	120 kHz
	Exactitud de onda seno	± 2	± 2	± 2
Pico	Tiempo de carga / Tiempo de descarga	$1,89 \times 10^4$	$1,25 \times 10^6$	$1,67 \times 10^7$
	Factor de sobre carga	Poco mayor a 1 dB		
	Ancho de banda (B_6)	200 Hz	9 kHz	120 kHz
	Exactitud de onda seno	± 2	± 2	± 2

Nota 1: B_{imp} es el ancho de banda de un impulso en Hz, y n es la tasa de repetición de pulsos en Hz

4.4.2 Red de estabilización de impedancias de la línea

La REIL debe cumplir con los requerimientos establecidos en el anteproyecto de norma CEM (IEM), dicho anteproyecto se basa en los estándares CISPR 16-1:1999, CISPR 16-2:1999, CISPR 22:1997 y ANSI/IEEE C63.4 en cuanto a las características de la REIL se refiere. A este equipo también se le conoce con el nombre de Red Artificial Principal con conexión en V (RAP -V), la cual mide el valor no simétrico de la tensión de la fase y el neutro respecto a tierra en terminales de alimentación principal.

Los requerimientos deben satisfacer las condiciones de aislamiento entre el EBP y el puerto de alimentación, y la impedancia de salida equivalente respecto a su magnitud y fase. Por otro lado en el puerto de medición, la REIL debe incluir un filtro pasa-alto, para prevenir daños al receptor de mediciones causados por altos niveles de señal a baja frecuencia. Adicionalmente la REIL también puede incluir un limitador de pulsos para proteger la entrada del receptor y un atenuador para asegurar que la impedancia sea independiente de la atenuación de entrada del receptor

En la tabla 16 se muestran algunas características resaltantes de una REIL para una red monofásica, con impedancia de salida equivalente de $50 \Omega // (50 \mu\text{H} + 5 \Omega)$ que cubre el rango de 9 kHz a 30 MHz.

Tabla 16. Características resaltantes de las REIL

Rango de frecuencia	9 kHz to 30 MHz
Impedancia característica (CISPR 16-1:1999)	$(50 \mu\text{H} + 5 \Omega) // 50 \Omega$
Límites de error para la impedancia (CISPR 16-1:1999)	$\pm 20\%$
Angulo de fase	$\pm 11.5^\circ$
Corriente máxima permisible según el tipo de conector	15 A - 16 A
Voltaje de alimentación máximo permitido respecto a la tierra de referencia	$V_{\text{rms}} = 255 \text{ V}$
Voltaje DC máximo permitido respecto a la tierra de referencia	$V_{\text{DC}} = 50 \text{ V}$
Radio interferencia máxima permitida (del EBP)	1 W
Filtro pasa-alto (preferiblemente integrado y conmutable)	150 kHz
Atenuador	Approx 10 dB
Frecuencia de alimentación	60 Hz
Conectores	
Salida RF	Conector N, 50Ω

Adicionalmente, es necesario un cuarto blindado de dimensiones adecuadas, de modo que los requerimientos de los planos de tierra (dos placas metálicas, una vertical y una horizontal), la ubicación del EBP y el cableado, estén conformes con la sección 8 del anteproyecto de norma CEM (IEM). Un cuarto blindado permite el aislamiento del entorno de señales como el ruido ambiente, el cual puede interferir en las mediciones de perturbaciones conducidas.

4.4.4 Antenas de banda ancha

De las características mostradas en la tabla 17, se escogió un tipo de antena que cumpliera todo el rango en estudio a fin de eliminar la necesidad de utilizar múltiples antenas, con lo cual se logra incrementar la exactitud en las mediciones y minimizar los tiempos de medición.

La antena Bilog cumple con este requerimiento y los que se establecen en el anteproyecto de norma CEM (IEM), dicho anteproyecto se basa en los estándares CISPR 16-1-4:2004 y IEC 61000-4-3: 2006, en lo que respecta al uso de antenas. Adicionalmente la antena debe manejar altos niveles de potencia y altos niveles de ganancia en el rango de medición. La antena también debe tener alta sensibilidad, lo cual permite incrementar la exactitud en las mediciones.

Tabla 17. Valores típicos de antenas de banda ancha

Rango de frecuencia	(30 – 1000) MHz
Impedancia nominal	50 Ω
Tipo de conector	BNC o N
VSWR	Típicamente < 2:1
Polarización	Líneal
Ganancia	Típicamente 8 dBi

Adicionalmente se necesita un mástil o soporte que sostenga a la antena, preferiblemente de material no conductor con el cual se puedan realizar los cambios de polarización y de altura respecto al plano de tierra.

En los ensayos de emisiones radiadas, es necesario el uso de una cámara semi-anechoica para realizar las mediciones. Esta cámara está constituida internamente por materiales absorbentes que recubren las paredes, y por un manto reflectivo (plano de

tierra) con un espesor que se adecue a los requerimientos de carga asociada a las pruebas a realizar. Todo esto con el fin de controlar la onda reflejada y evitar otras reflexiones indeseadas en el ensayo, y así como también aislar el entorno del ruido ambiente.

Dentro de la cámara se deben tener mesas de prueba, soportes y servomecanismos de traslación y rotación que permitan desplazar remotamente los EBP.

La cámara semi-anechoica debe estar de acuerdo con los requerimientos de medición de atenuación de sitio de la sección 9.2.3.5 y el anexo E del anteproyecto de norma CEM (IEM). También debe cumplir con los requerimientos de los estándares CISPR 16-2-3:2006 y CISPR 16-1-4:2007 en cuanto a configuración y relación de onda estacionaria de voltaje respectivamente.

4.4.5 Simulador de estación base

Es necesario incluir un equipo de medición que cumpla con los estándares de radiocomunicación de la ETSI en armonía con la 3GPP (TS 51 101-1), para el caso de equipos GSM y sus evoluciones; y de la EIA/TIA en armonía con la 3GPP2 (98-C y C.S0011-B) para equipos CDMA y sus evoluciones.

El simulador de EB debe tener integrado un analizador de espectros y tener un amplio rango de frecuencia de operación, de modo que pueda abarcar la cantidad de tecnologías que se necesiten probar. Debe ser preferiblemente de bajo consumo de potencia y baja disipación de calor.

En la tabla 18 se muestra un resumen de los equipos utilizados para realizar los ensayos de IEM, y en la tabla 19 se muestra un resumen general de los equipos que deben ser utilizados para realizar los ensayos de SEM.

Tabla 18. Resumen de ensayos y equipos utilizados en IEM

Ensayo	Prueba	Equipos de medición	Equipos asociados de prueba	Normas que aplican
Emisión de perturbaciones conducidas 150 KHz – 30 MHz	Medición de la tensión en terminales de alimentación principal	Receptores con detector pico, cuasi - pico y promedio. Analizadores de espectro Simulador de EB	REIL tipo V o RAP tipo V (50 Ω // (50 μH + 5 Ω)	CISPR 16-1-1 CISPR 16-1-2 CISPR 16-2-1 CISPR 22 ANSI/IEEE C63.4
Emisión de Perturbaciones radiadas (30 - 1000) MHz	Medición de la intensidad del campo eléctrico	Receptores con detector pico, cuasi - pico y promedio. Analizadores de espectro Simulador de EB	Antenas de banda ancha tales como dipolos, Bilog, logo-periódicas especiales	CISPR 16-1-1 CISPR 16-1-4 CISPR 16-2-3 CISPR 22 ANSI/IEEE C63.4

Tabla 19. Resumen de ensayos y equipos utilizados en SEM

Ensayo	Método de prueba	Prueba	Equipos asociados de prueba	Norma que aplica
Inmunidad frente a Perturbaciones conducidas generadas por inducción de campos de RF (150 kHz – 80 MHz)	Inyección por RAD	Medición en los cables de alimentación principal conectados al EBP	RAD de tipo M1/M2/M3/M4/M5, generador de señales de perturbación, amplificador de potencia, filtros, atenuadores, medidores de potencia	IEC 61000-4-6
		Medición en los cables de telecomunicaciones conectados al EBP (líneas simétricas y sin blindaje)	RAD de tipo T2/T4/T8, generador de señales de perturbación, amplificador de potencia, filtros, atenuadores	
	Inyección por pinzas	Medición en los cables conectados al EBP (cables simétricos multipar, cables asimétricos multi hilos)	Pinza de corriente / electromagnética, RAD T / M, generador de señales de perturbación, amplificador de potencia, filtros, atenuadores, medidores de potencia	
	Inyección directa	Medición en cables blindados y cables coaxiales	RAD T / M, generador de señales de perturbación, amplificador de potencia, filtros, atenuadores, medidores de potencia	
Inmunidad frente a Perturbaciones radiadas (mayor a 80 MHz)	Iluminación completa (mayor a 80 MHz) Para calibración	Exploración de toda la periferia del EBP	Antena dipolo balanceado, bicónica, bilog, generador de señales de perturbación, amplificador de potencia, filtros EMI, filtros PB / PA, sensor de campo isotrópico, medidores de potencia	IEC 61000-4-3
	Iluminación parcial (mayor a 80 MHz) Para calibración		Antena logo-periódica, bocina, generador de señales de perturbación, amplificador de potencia, filtros EMI, filtros PB / PA, sensor de campo isotrópico, medidores de potencia	
	Iluminación de ventanas independientes (Mayor a 1 GHz) Para calibración		Antena bocina tipo piramidal, rectangular, de doble canal, y de ganancia óptima, generador de señales de perturbación, amplificador de potencia, filtros EMI, filtros PB / PA, sensor de campo isotrópico, medidores de potencia	

CONCLUSIONES

Los métodos y procedimientos de prueba y medición propuestos en este trabajo, permitirán la implementación de un conjunto de ensayos que deberán ponerse en práctica una vez que el laboratorio de certificación del CENDIT esté en operación. De esta manera se podrá evaluar el comportamiento de los teléfonos móviles celulares respecto a las interferencias electromagnéticas en el área de compatibilidad electromagnética, y así cumplir con una parte de los requisitos necesarios en el proceso de certificación.

La elaboración del anteproyecto de norma CEM (IEM), permitió establecer el material base de trabajo a discutir en el CT-11 SC-4 de FONDONORMA. Este proceso de discusión dará como resultado una norma que se utilizará para regular equipos de telecomunicaciones en general. El anteproyecto de norma CEM (IEM) está siendo discutido actualmente en CODELECTRA.

El manual de certificación de equipos de telefonía móvil celular (incluido en los anexos), servirá como modelo a seguir para la correcta aplicación de los procedimientos de prueba y mediciones, requeridos para su certificación.

El establecimiento de las normas, para la aplicación de ensayos de IEM en el laboratorio de certificación, permitió identificar las características técnicas que deben cumplir los equipos de medición que van a formar parte del laboratorio.

RECOMENDACIONES

Tomando en consideración los procedimientos empleados en la elaboración de los dos anteproyectos de norma, los procedimientos de ensayo y medición elaborados para telefonía celular, y las posibles mejoras que puedan realizarse a los mismos, se hacen las siguientes recomendaciones:

Dada la importancia que tiene la elaboración de un documento normativo, se recomienda mantener siempre actualizada la documentación de estándares y normas de referencia que se vaya a utilizar, con el fin de elaborar normas que contemplen las últimas modificaciones. Actualmente, se ha iniciado la revisión del anteproyecto de norma técnica CEM (IEM) con toda la normativa vigente correspondiente.

Con la finalidad de obtener un óptimo nivel de confiabilidad en las mediciones a realizar en los laboratorios de certificación, se considera necesario realizar el estudio del cálculo repetibilidad y reproducibilidad, y así mismo el estudio del cálculo de incertidumbre para establecer los niveles de tolerancia de las mediciones. De esta manera se contribuye con los requisitos que deben cumplir los laboratorios en materia de calidad.

Se sugiere efectuar la validación de los procedimientos de ensayo elaborados por el CENDIT en un laboratorio acreditado de tercera parte, por lo menos hasta que la primera fase del laboratorio del CENDIT entre en funcionamiento.

Considerando que el alcance establecido para el desarrollo del anteproyecto de norma técnica CEM (SEM), corresponde con los ensayos de inmunidad frente a perturbaciones conducidas de RF y perturbaciones radiadas por campos electromagnéticos de RF, se sugiere continuar con el estudio y desarrollo de esta

norma a objeto de incluir los siguientes ensayos: inmunidad frente a descargas electrostáticas, transitorios eléctricos rápidos, ondas de choque, y oscilaciones amortiguadas en la línea de alimentación. Adicionalmente se sugiere que esta norma de susceptibilidad, sea desarrollada por secciones o por fase sucesiva, y que cada fase contemple un tipo de fenómeno, a fin de agilizar el proceso de discusión en el comité respectivo.

Dado que el anteproyecto de norma elaborado CEM (IEM), junto con la primera versión del anteproyecto de norma CEM (SEM), aplican a equipos de telecomunicaciones en general, se sugiere la elaboración de procedimientos de pruebas y mediciones a: otros equipos del sistema de telefonía móvil celular, equipos de radio troncalizado, equipos inalámbricos de telefonía fija, y otros equipos inalámbricos de radio frecuencia.

Con la finalidad de equipar de manera adecuada el laboratorio de certificación del CENDIT, se recomienda realizar la adquisición de los siguientes equipos:

- REIL para ensayos de emisión de perturbaciones conducidas.
- Antena de banda ancha para ensayos de emisión de perturbaciones radiadas.
- Receptor de mediciones para el análisis de las señales de ambos ensayos.
- Simulador de EB para ambos ensayos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. FUNINDES-USB. Proyecto de norma técnica referente a la Compatibilidad Electromagnética de equipos de telecomunicaciones de CONATEL
- [2]. CENDIT, Noviembre 2006. Definición de Compatibilidad Electromagnética (EMC). Definición de Interferencia Electromagnética (EMI). Definición de Inmunidad Electromagnética (EMS).
- [3]. Philip Lioio, El lenguaje del ruido Diseño de Sistemas de Potencia y EMI: Una Panorámica.—EN: Revista Española electrónica (2006), p.p 88-90
- [4]. IEC 60050-161 (1990), International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 161: Electromagnetic Compatibility.
- [5]. Tim Williams. EMC control y limitación de energía electromagnética, España
- [6]. Andrea Monsalve. Determinación de los métodos de ensayo para verificar los niveles de emisión de perturbaciones electromagnéticas, aplicable a la certificación de los equipos de telecomunicaciones en Venezuela, (2006), (Tesis).--Caracas: UNEFA.
- [7]. FONDONORMA
<<http://www.fondonorma.org.ve/quienes.htm>>
- [8]. Normalización y certificación electrónica de México
< <http://www.nyce.org.mx/antecede.html>>
- [9]. Normas COVENIN
<<http://www.aqc.com.ve/NormasCOVENIN/NormasCoveninCOVEN.htm>>
- [10]. FONDONORMA. Compendio de normas venezolanas COVENIN ISO 9000, (2000), (Catálogo).-- Caracas

BIBLIOGRAFÍA

Clayton R, Paul. Introduction to Electromagnetic Compatibility, Canada: Publicación John Wiley & Sons, Inc., 2006.

Williams, Tim. EMC control y limitación de energía electromagnética, España: Editorial Parinfo, 1998.

Andrea Monsalve. Determinación de los métodos de ensayo para verificar los niveles de emisión de perturbaciones electromagnéticas, aplicable a la certificación de los equipos de telecomunicaciones en Venezuela, (2006), (Tesis).--Caracas: UNEFA.

Miguel Pérez. Plan de calibración de equipos de medición y pruebas que afecten la calidad de la red instalada por la operadora Movilnet, (2006), (Tesis).—Caracas: UCV.

Rodríguez Rafael. Comunicaciones móviles un nuevo entorno tecnológico, (presentación).-- (2005-2006)

Rodríguez Rafael. Comunicaciones móviles un nuevo entorno tecnológico, (presentación).-- (2005-2006)

2007 Eveliux.com - TECNOLOGIAS DE INFORMACION Y COMUNICACIONES
<http://eveliux.com/mx/index.php?option=com_content&task=view&id=32&Itemid=1>

3GPP2 Specifications

<http://www.3gpp2.org/public_html/specs/tsgc.cfm>

AT4 wireless

<<http://www.at4wireless.com/>>

Bluecom- Technology

<http://www.bluecom.com.ve/technology_gsm_cdma_text.htm>

CFR (Code of Federal Regulation) - Title 47 Telecommunication
<<http://www.access.gpo.gov/cgi-bin/cfrassemble.cgi?title=200647>>

Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela – Historia de movilnet
<<http://www.cantv.com.ve/seccion.asp?pid=1&sid=256>>

Communication Certification Laboratory (CCL)
< <http://cclab.com/services.htm>>

CONATEL - Homologación de Equipos de Telecomunicaciones
<<http://www.conatel.gov.ve/>>

CONATEL - Resolución N° 253
<<http://www.conatel.gov.ve/>>

eCFR – Electronic Code of Federal Regulation
<http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/textdx?c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title15/15cfr285_main_02.tpl>

Electropedia - The World's Online Electrotechnical Vocabulary
<<http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/f026b262dd97acebc12572b3004d6b9c?OpenForm>>

ETSI – Publication Download Area
<<http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>>

FCC – OET - Equipment Authorization System Generic Search
<https://gullfoss2.fcc.gov/oetcf/eas/reports/GenericSearch.cfm>

GSM World - the world wide web site of the GSM Association
<<http://www.gsmworld.com/using/index.shtml>>

INSIDE TELECOM - Adiós a las redes móviles de primera generación: Millón y medio de usuarios deberán migrar este año-- Vol. VIII # 6 7/2/2007 VICTOR SUAREZ, editor - Caracas, Venezuela

<http://www.wcai.com/pdf/2007/gdc%20article_feb7.pdf>

Lucent Technologies – Bell Labs Innovation

<http://www.nopnawiki.org/images/d/d9/MODCELL_4_0B_Indoor.pdf>

Mobiledia – Glosario de términos de telefonía celular

<<http://www.mobiledia.com/glossary/121.html>>

Organismos internacionales reguladores de las telecomunicaciones

<http://teoveras.com.do/Links_reguladores_intern.htm>

Portal ANATEL – Informações Técnicas – Certificação de productos

<<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalInternet.do>>

Producto.com – Noticias

<<http://www.producto.com.ve/218/breves.html>>

Radio and Telecommunications Terminal Equipment (R&TTE) - Directive
1999/5/EC

<<http://ec.europa.eu/enterprise/rtte/dir99-5.htm>>

Telproce - Laboratorios

<<http://www.telproce.com/>>

Wavecontrol – EMC products and services

<<http://www.wavecontrol.com/index2004.php?p=pantalla&pant=Inmunidad%20conducida&idm=170>>

Tele-semana - Redes móviles de 2G+ y la capacidad espectral de los operadores
móviles latinoamericanos

<<http://www.tele-semana.com/archivo/Download.php?c=0656122004021-3130>>

TESEQ / Shaffner – Soluciones y productos

<http://www.teseq.com/com/en/products_solutions/index.php?navid=2>

Thomson / Techstreet Standards

<<http://www.techstreet.com/index.tpl>>

UIT-T – Publicaciones – Recomendaciones – Serie K

<<http://www.itu.int/rec/T-REC-K/es>>

CISPR 16-1-1 (2006), Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Measuring apparatus.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—147p.

CISPR 16-1-2 (2006), Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Conducted disturbances.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—156p.

CISPR 16-1-3 (2004), Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-3: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Disturbance power.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—63p.

CISPR 16-1-4 (2007), Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Radiated disturbances.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—202p.

CISPR 16-1-5 (2003), Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Antenna calibration test sites for 30 MHz to 1 000 MHz.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—103p.

CISPR 16-2-1 (2005), Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity - Conducted disturbance measurements. Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—140p.

CISPR 16-2-2 (2005), Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2-2: Methods of measurement of disturbances and immunity - Measurement of disturbance power.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—89p.

CISPR 16-2-3 (2006), Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity - Radiated disturbance measurements. Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—194p.

CISPR 16-2-4 (2003), Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2-4: Methods of measurement of disturbances and immunity - Immunity measurements.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—49p.

CISPR 22 (2006), Information Technology equipment. Radio Disturbance characteristics. Limits and methods of measurements.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—158p.

IEC 61000-4-2 (2001), Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurement Techniques. Section 2: Electrostatic discharge immunity test.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—75p.

IEC 61000-4-3 (2006), Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—111p.

IEC 61000-4-4 (2004), Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurement Techniques. Section 4 Electrical fast transient.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—63p.

IEC 61000-4-5 (2005), Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Test and Measurement Techniques – Section 5 Surge Immunity Test.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—95p.

IEC 61000-4-6 (2006), Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and

measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields.- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—99p.

UIT- T K42 (1998), Preparación de los requisitos de emisión e inmunidad de los equipos de telecomunicación.- Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.—13p.

UIT - T K43 (2004), Práctica contra interferencia, requisitos de inmunidad para los equipos de telecomunicaciones.- Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.—26p.

UIT - T K48 (2007), Requisitos de Compatibilidad Electromagnética para cada equipo de red de telecomunicación- Recomendación relativa a la familia de productos.- Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.—60p.

ETSI EN 301 489-1 (2007), Electromagnetic Compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 1: Common technical requirements.- Sophia Antipolis Cedex, Francia: European Telecommunications Standards Institut.—45p.

ETSI EN 301 489-7(2005), Electromagnetic Compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 7: Specific conditions for mobile and portable radio and ancillary equipment of digital cellular radio telecommunications systems (GSM and DCS).- Sophia Antipolis Cedex, Francia: European Telecommunications Standards Institut.—21p.

ETSI 301 489-25 (2005), Electromagnetic Compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 25: Specific conditions for CDMA 1x spread spectrum Mobile Stations and ancillary equipment.- Sophia Antipolis Cedex, Francia: European Telecommunications Standards Institut.—22p.

ETSI EN 300 386 (2006), Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Telecommunication network equipment; ElectroMagnetic Compatibility (EMC) requirements.- Sophia Antipolis Cedex, Francia: European

Telecommunications Standards Institut.—48p.

ETSI EN 300 339 (1999), Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); General ElectroMagnetic Compatibility (EMC) for radio communications equipment.- Sophia Antipolis Cedex, Francia: European Telecommunications Standards Institut.—34p.

ANSI/IEEE C63.4 (2003), American National Standard Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz.- New York, USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.—144p.

ANSI/IEEE C63.12 (2003), American National Standard for Recommended Practice for Electromagnetic Compatibility Limits.- New York, USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.—p.

ANSI/IEEE C63.7 (2005), American National Standard for Construction of Open-Area Test Sites for Performing Radiated Emission Measurements.- New York, USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.—23p.

FCC Part 15 section B, Radio frequency devices. intentional Radiators.

ANATEL RES 442 (2006): regulamento para certificação de equipamentos de telecomunicações quanto aos aspectos de compatibilidade electromagnética.

NMX-I-240-NYCE-2000, Compatibilidad Electromagnética- Límites y métodos de medición de las características de las perturbaciones radioeléctricas producidas por equipos de tecnología de la información.

UNE EN 55022 (2000), Equipos de tecnología de la información. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida

IEC 62209 (2005): Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices-human models, instrumentation, and procedures – part 1: procedure to determine the Specific Absorption Rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to

3 GHz) .- Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.—215p.

CENELEC EN 50360 (2001), Product standard to demonstrate the compliance of mobile telephones with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (300 MHz - 3 GHz).

CENELEC EN 50360 (2001): Basic standard for the measurement of specific absorption rate related to human exposure to electromagnetic fields from mobile telephones (300 MHz - 3 GHz).

ANSI / IEEE 1528 (2003): IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques.- New York, USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.—120p.

ANSI / IEEE C95.1 (2005): IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. .- New York, USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.—248p.

ANSI / IEEE C95.3 (2002): IEEE Std C95.3-1991 IEEE Recommended Practice for the Measurement of Potentially Hazardous Electromagnetic Fields—RF and Microwave.- New York, USA: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.—134p.

FCC part 2.1091 (2006): Frequency allocations and radio treaty matters; general rules and regulations. Equipment authorization procedures. Radiofrequency radiation exposure evaluation: mobile devices.

FCC part 2.1093 (2006): Frequency allocations and radio treaty matters; general rules and regulations. Equipment authorization procedures. Radiofrequency radiation exposure evaluation: mobile devices.

OET 65 supplement C: Additional Information for Evaluating Compliance of Mobile and Portable Devices with FCC Limits for Human Exposure to Radiofrequency Emissions.

ANATEL RES 303 (2002): regulamento sobre limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz.-- 21p

IEC 60950-1 (2005), Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements.- Ginebra, Suíça: Comisión Electrotécnica Internacional.—279p.

ANATEL RES 238 (2000), regulamento para certificação de equipamentos de telecomunicações quanto aos aspectos de segurança eléctrica.—11p

ETSI TS 151 010-1 (2007): Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Mobile Station (MS) conformance specification; Part 1: Conformance specification (3GPP TS 51.010-1 version 7.7. Release 7).- Sophia Antipolis Cedex, França: European Telecommunications Standards Institut.—5104p

TIA/EIA 98-C (1999): Recommended Minimum Performance Standards for Dual-Mode Spread Spectrum Mobile Stations.- Arlington, USA: TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION.—173p.

3GPP2 C.S0011-C: Recommended Minimum Performance Standards for CDMA2000 Spread Spectrum Mobile Stations.- Arlington, USA: TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION.—440p.

GLOSARIO

Antena: transductor que emite al espacio energía de RF producida por una fuente de señal, o que intercepta un campo electromagnético incidente, convirtiéndolo en una señal eléctrica.

Burst: secuencia de un número limitado de distintos pulsos, o una oscilación de duración limitada.

Cámara anecoica: recinto blindado recubierto con elementos absorbentes de radio frecuencia para reducir las reflexiones en las superficies internas.

Cámara semi-anecoica: recinto blindado en el cual las superficies internas están recubiertas con material absorbente, exceptuando al suelo que debe ser reflector (Plano de tierra).

Cámara semi-anecoica modificada: cámara semi-anecoica, que contiene absorbentes adicionales instalados en el plano de tierra.

Fading: variación en la magnitud de un campo electromagnético, o potencia de una señal debido a variaciones en el tiempo de las condiciones de propagación.

Filtro: dispositivo lineal de dos puertos diseñado para transmitir componentes espectrales de señales de acuerdo con alguna ley específica, generalmente utilizado para dejar pasar las componentes en ciertas bandas de frecuencia y para atenuar aquellas en otras bandas.

Hand-off: Proceso por el cual se realiza el traspaso de una conversación por teléfono celular de una radiofrecuencia en una celda a otra radiofrecuencia en otra celda. El Hand-off es realizado de forma rápida, de modo que el usuario generalmente no lo nota.

Laboratorio de tercera parte: organismo que actúa con total independencia de fabricantes, proveedores de servicios, operadores, y potenciales compradores de productos. Es apto para realizar ensayos exigidos en el proceso de evaluación de conformidad, y también es apto para emitir informes, conforme a lo previsto en reglamentos, procedimientos, normas para certificación y estándares vigentes.

Radio-transmisor: aparato que produce energía de RF prevista para ser radiada por

una antena, o equipos que comprenden estos equipos y que están asociados a la antena. Normalmente son utilizados para propósitos de radiocomunicación.

Radio-receptor: dispositivo con antena asociada o que incluye una antena, utilizado para seleccionar las señales de RF deseadas de la radiación de RF incidente, para amplificarlas, demodularlas y si es necesario, convertir las señales recuperadas en una forma usable directamente, tales como sonidos o imágenes.

Soft hand-off: proceso que ocurre cuando dos estaciones base, una en la celda donde se ubica el teléfono y otra celda a la cual la conversación se está traspasando, ambas manteniéndose dentro de la llamada hasta completar el Hand off. La primera celda no corta la llamada hasta que reciba la información de que la segunda celda está manteniendo la llamada.

Surge: onda de tensión transitoria propagándose a lo largo de una línea o circuito, caracterizada por un incremento rápido seguido de un decremento más lento de la onda.

Transceptor: combinación en una sola unidad de un radio transmisor y un radio receptor, empleando componentes circuitales comunes, y usualmente la misma antena para transmitir y recibir.

ANEXOS

[ANEXO 1]

Estándares y normas en el área de CEM

- **CISPR 16-1-1 (2006)**, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Measuring apparatus*. Traducción al español: especificaciones de los métodos y equipos de medición para perturbaciones e inmunidad en RF. Parte 1: equipos de medición de perturbaciones e inmunidad en RF.

Alcance: especifica las características y el comportamiento de los equipos de medición de voltaje, corriente y campos de perturbación de RF en el rango de frecuencia de 9 kHz a 18 GHz. También se especifican los requerimientos de medición de perturbaciones discontinuas para equipos especializados. Los requerimientos incluyen las perturbaciones de RF de banda ancha y banda estrecha.

- **CISPR 16-1-2 (2006)**, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Conducted disturbances*. Traducción al español: especificaciones de los métodos y equipos de medición para perturbaciones e inmunidad en RF. Parte 2: equipos de medición de perturbaciones e inmunidad en RF. Equipos auxiliares. Perturbaciones conducidas.

Alcance: especifica las características y comportamiento de los equipos de medición de voltajes y corrientes de perturbación en la frecuencia de 9 kHz a 1 GHz.

- **CISPR 16-1-3 (2004)**, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-3: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Disturbance power*. Traducción al español: especificaciones de los métodos y equipos de medición para perturbaciones e inmunidad en RF. Parte 3: equipos de medición de perturbaciones e inmunidad en RF. Equipos auxiliares. Potencia de Perturbaciones.

Alcance: especifica las características y calibración de pinzas absorbentes para la

medición de potencia de perturbación en la frecuencia de 30 MHz a 1 GHz.

- **CISPR 16-1-4 (2007)**, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Radiated disturbances*. Traducción al español: especificaciones de los métodos y equipos de medición para perturbaciones e inmunidad en RF. Parte 4: equipos de medición de perturbaciones e inmunidad en RF. Equipos auxiliares. Perturbaciones radiadas.

Alcance: especifica las características y comportamiento de los equipos de medición de las perturbaciones radiadas en la frecuencia de 9 kHz a 18 GHz.

- **CISPR 16-1-5 (2006)**, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-5: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Antenna calibration test sites for 30 MHz to 1 000 MHz*. Traducción al español: especificaciones de los métodos y equipos de medición para perturbaciones e inmunidad en RF. Parte 5: equipos de medición de perturbaciones e inmunidad en RF. Sitios de prueba para antenas de calibración de 30 MHz a 1 GHz.

Alcance: especifica la calibración de sitios de prueba utilizados para calibración de antenas, características de las antenas de prueba, procedimientos de verificación de calibración de sitio y criterio de conformidad de sitio. Características y comportamiento de los equipos de medición.

- **CISPR 16-2-1 (2005)**, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity - Conducted disturbance measurements*. Traducción al español: especificaciones de los métodos y equipos de medidas para perturbaciones radioeléctricas. Parte 2: Métodos de medición de perturbaciones e inmunidad. Medición de perturbaciones conducidas.

Alcance: métodos de medición de fenómenos de perturbación conducida en el rango de frecuencias de 9 kHz a 30 MHz.

- **CISPR 16-2-2 (2005)**, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2-2: Methods of measurement of disturbances and immunity - Radiated disturbance measurements*. Traducción al español: especificaciones de los métodos y equipos de medición para perturbaciones radioeléctricas. Parte 2: Métodos de medición de perturbaciones e inmunidad. Medición de perturbaciones radiadas.

immunity - Measurement of disturbance power. Traducción al español: especificaciones de los métodos y equipos de medidas para perturbaciones radioeléctricas. Parte 2: métodos de medición de perturbaciones e inmunidad. Medición de potencia de perturbación.

Alcance: métodos de medición de potencia de perturbación usando la pinza absorbente en el rango de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz.

- **CISPR 16-2-3 (2006)**, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity - Radiated disturbance measurements.* Traducción al español: especificaciones de los métodos y equipos de medidas para perturbaciones radioeléctricas. parte 3: Métodos de medición de perturbaciones e inmunidad. Medición de perturbaciones radiadas.

Alcance: métodos de medición de fenómenos de perturbación radiada en el rango de frecuencias de 9 kHz a 18 GHz.

- **CISPR 16-2-4 (2003)**, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2-4: Methods of measurement of disturbances and immunity - Immunity measurements.* Traducción al español: especificaciones de los métodos y equipos de medidas para perturbaciones radioeléctricas. Parte 2: Métodos de medición de perturbaciones e inmunidad. Medición de inmunidad.

Alcance: Métodos de medición de fenómenos de inmunidad de CEM en el rango de frecuencias de 9 kHz a 18 GHz.

- **CISPR 22 (2006)**, *Information Technology equipment. Radio Disturbance characteristics. Limits and methods of measurements.* Traducción al español: características, límites y métodos de medida de las perturbaciones radioeléctricas generadas por equipos de tecnología de la información.

Alcance: aplica a los equipos de telecomunicaciones y equipos de tecnología de la información, la intención es establecer los requerimientos para los niveles de perturbación de radio frecuencia.

- **IEC 61000-4-2 (2001)**, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing*

and Measurement Techniques. Section 2: Electrostatic discharge immunity test.
Traducción español: Compatibilidad Electromagnética (EMC) – Parte 4: Técnicas de ensayo y medición. Sección 2: ensayo de inmunidad frente a descargas electrostáticas

Alcance: Trata sobre los requerimientos de inmunidad y los métodos de ensayo para equipos eléctricos y electrónicos sujetos a descargas eléctricas estáticas, directamente de los operadores, y a objetos adyacentes.

• **IEC 61000-4-3 (2006)**, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3 : Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test.* Traducción al español: Compatibilidad Electromagnética (EMC) – Parte 4: Técnicas de ensayo y medición. Sección 3: ensayo de inmunidad frente campos electromagnéticos de radio frecuencia Radiados.

Alcance: Aplicable a los requerimientos de inmunidad para equipos eléctricos y electrónicos que irradian energía electromagnética. Establece niveles de prueba, los procedimientos de prueba requeridos, y la referencia común para evaluar la inmunidad cuando los equipos están sujetos a campos electromagnéticos radiados de radio frecuencia

• **IEC 61000-4-4 (2004)**, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Testing and Measurement Techniques. Section 4 Electrical fast transient.* Traducción al español: Compatibilidad Electromagnética (EMC) – Parte 4: Técnicas de ensayo y medición. Sección 4: ensayo de inmunidad frente a transitorios eléctrico rápidos.

Alcance: Trata sobre los requerimientos de inmunidad y los métodos de ensayo para equipos eléctricos y electrónicos frente a transitorios eléctricos rápidos repetitivos. Establece los requerimientos de inmunidad procedimientos de prueba relacionados a los transitorios eléctricos rápidos y bursts. Adicionalmente define los rangos de niveles de prueba.

• **IEC 61000-4-5 (2005)**, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4: Test and Measurement Techniques – Section 5 Surge Immunity Test.* Traducción al español: Compatibilidad Electromagnética (EMC) – Parte 4: Técnicas de ensayo y medición. Sección 5: ensayo de inmunidad frente a ondas de choque.

Alcance: Trata sobre los requerimientos de inmunidad, métodos de ensayo, y el rango de niveles recomendados para equipos frente a ondas de choque unidireccionales causadas por sobretensiones de transitorios de conmutación y descargas atmosféricas. Se definen varios niveles de prueba relacionados a diferentes entornos y condiciones de instalación. Estos requerimientos están desarrollados para, y son aplicados a equipos eléctricos y electrónicos.

- **IEC 61000-4-6 (2006)**, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*. Traducción al español: Compatibilidad Electromagnética (EMC) – Parte 4: Técnicas de ensayo y medición. Sección 6: ensayo de inmunidad frente perturbaciones conducidas, inducidas por campos de radio frecuencia.

- **UIT- T K42**, Preparación de los requisitos de emisión e inmunidad de los equipos de telecomunicación.

Alcance: La presente recomendación se refiere a los requisitos de Compatibilidad Electromagnética (CEM) de los equipos de telecomunicación que se recomienda establecer en particular en la Comisión de Estudio 5 del UIT - T y, según proceda, en otras Comisiones de Estudio. Los principios y procedimientos descritos deberán aplicarse para que las recomendaciones resultantes tengan coherencia y sean compatibles con la práctica corriente y las publicaciones de la CEI que se ocupan de la EMC.

- **UIT - T K43**, Práctica contra interferencia, requisitos de inmunidad para los equipos de telecomunicaciones.

Alcance: La presente recomendación especifica los requisitos esenciales de inmunidad para los equipos utilizados en las redes públicas de telecomunicaciones y equipos terminales conectados a dichas redes. Esta recomendación no abarca la resistibilidad de los equipos.

- **UIT - T K48**, Requisitos de Compatibilidad Electromagnética para cada equipo de red de telecomunicación- Recomendación relativa a la familia de productos.

Alcance: Establece los requerimientos de inmunidad conducida de equipos eléctricos y electrónicos frente a perturbaciones electromagnéticas generadas por transmisores

de RF previstos en el rango de frecuencia de 9 kHz a 80 MHz.

- **ETSI EN 301 489-1 (2007)**, *Electromagnetic Compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 1: Common technical requirements*. Traducción al español: Compatibilidad Electromagnética y asuntos del espectro en RF; estándar de Compatibilidad Electromagnética para equipos de radio y servicios; Parte 1: requerimientos técnicos comunes.

Alcance: Especifica las pruebas, métodos y mediciones de CEM, los límites y criterios de desempeño de los equipos de radio y equipos auxiliares asociados.

- **ETSI EN 301 489-7**, *Electromagnetic Compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 7: Specific conditions for mobile and portable radio and ancillary equipment of digital cellular radio telecommunications systems (GSM and DCS)*. Traducción al español: Compatibilidad Electromagnética y asuntos del espectro en RF; estándar de Compatibilidad Electromagnética para equipos de radio y servicios; Parte 7: condiciones específicas para equipos radio móviles y portátiles, y equipos auxiliares de sistemas de radio telecomunicaciones celulares digitales (GSM y DCS).

Alcance: El presente documento en conjunto con el estándar EN 301-489-1, abarca la determinación de equipos de radio GSM y DSC que satisfacen los requerimientos de Compatibilidad Electromagnética, operando en los sistemas de radio telecomunicaciones celulares digitales.

- **ETSI 301 489-25**, *Electromagnetic Compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 25: Specific conditions for CDMA 1x spread spectrum Mobile Stations and ancillary equipment*. Traducción al español: Compatibilidad Electromagnética y asuntos del espectro en RF; estándar de Compatibilidad Electromagnética para equipos de radio y servicios; Parte 25: condiciones específicas para estaciones móviles de espectro ensanchado CDMA-1x y equipos auxiliares.

Alcance: El presente documento en conjunto con el estándar EN 301-489-1, abarca la

determinación de equipos de radio CDMA-1x. Especifica condiciones de prueba, criterios de funcionamiento y determinación de funcionamiento que satisfacen los requerimientos de Compatibilidad Electromagnética.

- **ETSI EN 300 386 (2006)**, *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Telecommunication network equipment; ElectroMagnetic Compatibility (EMC) requirements*. Traducción al español: Compatibilidad electromagnética y asuntos del espectro en RF; equipos de redes de telecomunicaciones. Requerimientos de Compatibilidad Electromagnética.

Alcance: describe los requisitos de CEM para el equipo previsto para ser utilizado dentro de una red de telecomunicaciones. Los ejemplos de tales equipos son: equipo de conmutación: intercambios de teléfono locales; concentradores de conmutación; interruptores internacionales; interruptores de Telex; multiplexores; equipos de línea y repetidores, SDH, PDH; etc.

- **ETSI EN 300 339 (1999)**, *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); General ElectroMagnetic Compatibility (EMC) for radio communications equipment*. Traducción al español: Compatibilidad electromagnética y Asuntos del espectro en RF; Compatibilidad ElectroMagnética (CEM) General para equipos de radiocomunicaciones.

Alcance: métodos y medidas de CEM, se puede aplicar a todas las categorías de equipos de las comunicaciones por radio a excepción de receptores de radio. Los límites y los criterios mínimos de funcionamiento para el equipo de radio que funciona en el rango de frecuencias de 9 kHz a 3000 GHz. Los límites establecidos en esta norma son los de la norma EN 55022, igual que los métodos de ensayo.

- **ANSI/IEEE C63.4 (2003)**, *American National Standard Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz*. Traducción al español: métodos de medición de emisiones de ruido de RF de equipos eléctricos y electrónicos de baja tensión en el rango de 9 kHz a 40 GHz.

Alcance: métodos, mediciones, instrumentación y pruebas para medir las

perturbaciones en los equipos eléctricos y electrónicos que emiten señales de RF en el rango de frecuencias de 9 kHz a 40 GHz. Los métodos abarcan la emisión radiada y la emisión conducida.

- **ANSI/IEEE C63.12 (2003)**, *American National Standard for Recommended Practice for Electromagnetic Compatibility Limits*. Traducción al español: práctica recomendada para límites de Compatibilidad Electromagnética.

Alcance: sugiere los límites de emisión basados en niveles, con la finalidad de proteger el ambiente existente de radio servicios. Los límites de inmunidad se basan en asegurar la operación satisfactoria del equipo en la presencia de perturbaciones debido a las fuentes de ruido artificial y ambiental.

- **ANSI/IEEE C63.7 (2005)**, *American National Standard for Construction of Open-Area Test Sites for Performing Radiated Emission Measurements*. Traducción al español: construcción de sitios de prueba de área abierta para realizar mediciones de emisiones radiadas.

Alcance: prevé la información que es útil en la construcción de sitios de prueba de área abierta para realizar mediciones de emisiones radiadas en el rango de frecuencias de 30 MHz a 1000 MHz.

- **FCC Part 15 section B**, *Radio frequency devices. intentional Radiators*. Traducción al español: Dispositivos de radiofrecuencia, radiadores intencionales.

Alcance: incluye cláusulas que abarca casos específicos, como los sistemas que transportan energía eléctrica, equipos industriales, científicos y médicos que generan de manera intencionada energía de RF.

- **ANATEL RES 442 (2006)**: *regulamento para certificação de equipamentos de telecomunicações quanto aos aspectos de compatibilidade electromagnética*. Traducción al español: Reglamento para certificación de equipos de telecomunicaciones en cuanto a los aspectos de compatibilidad electromagnética

Alcance: Este reglamento tiene como por objetivo establecer los requisitos de Compatibilidad Electromagnética, que serán atendidos por los productos de telecomunicaciones, tendiendo en cuenta, completar la regulación específica de estos

productos para fines de certificación junto a la Agencia Nacional de Telecomunicaciones- Anatel.

- **NMX-I-240-NYCE-2000**, Compatibilidad Electromagnética- Límites y métodos de medición de las características de las perturbaciones radioeléctricas producidas por equipos de tecnología de la información.

Alcance: Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer los niveles máximos permisibles de las perturbaciones radioeléctricas producidas por el (los) Equipo(s) de Tecnología de la Información (ETI). El alcance de esta norma se extiende al intervalo de radiofrecuencias comprendido de 9 kHz a 40 GHz, pero los límites son establecidos sólo en bandas de frecuencias restringidas, lo cual se considera suficiente para alcanzar niveles de emisión adecuados para protección de radiodifusión y telecomunicaciones y para permitir que otros equipos operen como es debido a una distancia razonable.

- **UNE EN 55022 (2000)**, Equipos de tecnología de la información. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida

Alcance: El objeto y campo de aplicación se extiende a todo el espectro radioeléctrico de 9 kHz a 400 GHz, pero los límites no son especificados más que sobre una parte de este espectro, el cual es considerado como suficiente para alcanzar los niveles de emisión adecuados con el fin de proteger la radiodifusión y los otros servicios de telecomunicación y permitir a otros equipos funcionar correctamente según sus especificaciones si están colocados a una distancia razonable.

Normas y Estándares en el área de SAR

- **IEC 62209 (2005):** *Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices-human models, instrumentation, and procedures – part 1: procedure to determine the Specific Absorption Rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz)*. Traducción al español: exposición humana a campos de radio frecuencia producidos por dispositivos de comunicación inalámbricos sostenidos en mano (hand-held) y colocados sobre el cuerpo (body-mounted) – modelos de cuerpos

humanos, instrumentación y procedimientos – parte 1: procedimiento para determinar la Tasa de Absorción Específica (TAE) para dispositivos sostenidos en mano utilizados en las proximidades de la oreja (rango de frecuencia desde 300 MHz hasta 3 GHz).

- **CENELEC EN 50360 (2001)**, *Product standard to demonstrate the compliance of mobile telephones with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (300 MHz - 3 GHz)*. Traducción al español: estándar de productos para demostrar la conformidad de teléfonos móviles con las restricciones básicas relacionadas a la exposición humana de campos electromagnéticos (300 MHz – 3 GHz).

- **CENELEC EN 50360 (2001)**: *Basic standard for the measurement of specific absorption rate related to human exposure to electromagnetic fields from mobile telephones (300 MHz - 3 GHz)*. Traducción al español: Estándar básico para la medición de la tasa de absorción específica relacionada a la exposición humana de campos electromagnéticos de teléfonos móviles (300 MHz – 3 GHz).

- **ANSI / IEEE 1528 (2003)**: *IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques*. Traducción al Español: Práctica recomendada para determinar el pico espacial promedio de la tasa específica de absorción (SAR) en la cabeza humana debido a equipos inalámbricos de comunicaciones: Técnicas de Medición.

- **ANSI / IEEE C95.1 (2005)**: *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*. Traducción al español: IEEE estándar para niveles seguros con respecto a la exposición de humanos a los campos electromagnéticos de radio frecuencia, de 3 kHz hasta 300 GHz.

- **ANSI / IEEE C95.3 (2002)**: *IEEE Std C95.3-1991 IEEE Recommended Practice for the Measurement of Potentially Hazardous Electromagnetic Fields—RF and Microwave*. Traducción al español: IEEE práctica recomendada para mediciones y

cómputos de campos electromagnéticos de radio frecuencias con respecto a la exposición de humanos a dichos campos, 100 kHz hasta 300 GHz.

Alcance: la recomendación aplica a las exposiciones ocupacionales, sin embargo, las técnicas de medición y los instrumentos descritos también son aplicables a la medición de campos en la vecindad de dispositivos explosivos o inflamables, sin embargo, los estándares de exposición para este tipo de situaciones no se han establecido.

- **FCC part 2.1091 (2006):** *Frequency allocations and radio treaty matters; general rules and regulations. Equipment authorization procedures. Radiofrequency radiation exposure evaluation: mobile devices.* Traducción al español: Asignación de frecuencias y asuntos tratados de radio; reglas generales y regulaciones. Procedimiento de autorización de equipos. Evaluación de la exposición a radiación de radiofrecuencia: equipos móviles.

- **FCC part 2.1093 (2006):** *Frequency allocations and radio treaty matters; general rules and regulations. Equipment authorization procedures. Radiofrequency radiation exposure evaluation: mobile devices.* Traducción al español: Asignación de frecuencias y asuntos tratados de radio; reglas generales y regulaciones. Procedimiento de autorización de equipos. Evaluación de la exposición a radiación de radiofrecuencia: equipos portátiles.

- **OET 65 supplement C:** *Additional Information for Evaluating Compliance of Mobile and Portable Devices with FCC Limits for Human Exposure to Radiofrequency Emissions.* Traducción al español: información adicional para la evaluación de la conformidad de dispositivos móviles y portátiles con los límites de la FCC para exposición humana a emisiones de radiofrecuencia.

- **ANATEL RES 303 (2002):** *regulamento sobre limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz.* Traducción al español: Reglamento sobre limitación de exposición a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos en la banda de frecuencia de 9 kHz a 300 GHz.

Alcance: este reglamento tiene por objetivo establecer límites para la exposición humana a campos asociados a operaciones de estaciones transmisoras de radiocomunicación de servicios de telecomunicaciones, así como definir los métodos de validación y procedimientos que serán observados en cuanto a la licencia de estaciones de radiocomunicaciones, y en lo que respecta a campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos en la referida banda de frecuencias. Este reglamento aplica a todos los que utilicen estaciones transmisoras que exponen a seres humanos a estos campos.

Estándares y normas en el área de Seguridad Eléctrica

- **IEC 60950-1 (2005)**, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*. Traducción al español: equipos de tecnología de la información - Seguridad – Parte 1: Requerimientos generales.

Alcance: este estándar es aplicable a equipos de tecnología de la información alimentados desde la red principal, o alimentados por baterías incluyendo a equipos eléctricos de negocios y equipos asociados con un voltaje nominal que no exceda los 600 V.

- **ANATEL RES 238 (2000)**, *regulamento para certificação de equipamentos de telecomunicações quanto aos aspectos de segurança elétrica*. Traducción al español: reglamento para certificación de equipos de telecomunicaciones en cuanto a los aspectos de seguridad eléctrica.

Alcance: este reglamento tiene por objetivo establecer los requisitos de seguridad eléctrica a ser atendidos por los productos de telecomunicaciones, de modo de complementar la regulación específica de estos productos, para fines de certificación junto a la Agencia Nacional de Telecomunicaciones – Anatel.

Estándares asociados al funcionamiento e interoperabilidad de los equipos y sistemas móviles en RF

- **ETSI TS 151 010-1 (2007)**: *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Mobile Station (MS) conformance specification; Part 1: Conformance specification (3GPP TS 51.010-1 version 7.7. Release 7)*. Traducción al español:

sistemas de telecomunicaciones celulares digitales (Fase 2+); Especificación de conformidad de la estación móvil (EM); Parte 1: Especificación de conformidad (3GPP TS 51.010-1 Versión 7.7).

Alcance: El presente documento describe las características técnicas y métodos de ensayo para estaciones móviles (EM), para el sistema de comunicaciones celular digital Pan-europeo y el sistema de comunicaciones personales (PCS) operando en las bandas de 400, 700, 810, 850, 900, 1800 y 1900 MHz (GSM 450, GSM 480, GSM 710, GSM 750, T-GSM 810, GSM 850, GSM 900, DCS 1 800 y PCS 1 900), estandarizado por el grupo móvil especial (SMG) de la ETSI.

- **TIA/EIA 98-C (1999):** *Recommended Minimum Performance Standards for Dual-Mode Spread Spectrum Mobile Stations*. Traducción al español: estándar de funcionamiento mínimo recomendado para las estaciones móviles de espectro ensanchado en modo dual.

Alcance: detalla las definiciones, métodos de medición y las características mínimas de funcionamiento para estaciones móviles CDMA que operan en la banda celular de 800 MHz, o que operan en la banda PCS de 1,8 GHz a 2 GHz.

- **3GPP2 C.S0011-C:** *Recommended Minimum Performance Standards for CDMA2000 Spread Spectrum Mobile Stations*. Traducción al español: estándar de funcionamiento mínimo recomendado para las estaciones móviles de espectro ensanchado CDMA2000.

Alcance: Este estándar detalla las definiciones, métodos de medición, y las características de funcionamiento mínimas para de las estaciones móviles de acceso múltiple por división de código (CDMA).