

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

**DISEÑO DE UN LABORATORIO DE ANTENAS DE
COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA BAJO LA
NORMA NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.**

AUTOR:

LARGO MACAS VICTOR HUGO

DIRECTOR:

Ing. FRANCISCO BALAREZO.

QUITO, MARZO 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía y cuidar de mí a cada instante.

DEDICATORIA

Dedicado a toda mi familia y en especial a mi hijo, quienes con su comprensión y paciencia soportaron largas jornadas sin mi compañía, cuidado y cariño.

Con profundo amor y gratitud.

Víctor H. Largo.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de gestión de calidad para un laboratorio de calibración de antenas de compatibilidad electromagnética bajo los lineamientos de la norma NTE INEN ISO /IEC 17025:2006, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el procedimiento de calibración de antenas de compatibilidad electromagnética basado en la norma ANSI C 63.5 - American National Standard for Electromagnetic Compatibility – Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control – Calibration Antennas.
- Determinar las ventajas y desventajas de los procedimientos de calibración de antenas propuestos en la norma ANSI C 63.5.
- Determinar el factor de la antena como producto de la calibración de antenas de compatibilidad electromagnética
- Proveer servicios de calibración de antenas con la menor incertidumbre posible y con trazabilidad a patrones nacionales e internacionales
- Realizar los procedimientos de calibración para calibraciones internas de los equipos utilizados en las calibraciones de antenas de compatibilidad electromagnética.

- Determinar el comportamiento de las antenas como primer elemento fundamental para las emisiones radiadas en los sistemas de medición
- Determinación del estudio técnico (tecnología adecuada, infraestructura y recursos humanos) que permita establecer los costos para un laboratorio de calibración de antenas de compatibilidad electromagnética.
- Aportar con información de apoyo para la realización de ensayos de compatibilidad electromagnética para equipos de telecomunicaciones.
- Implementar una intranet donde se aloje el sistema de gestión de calidad del laboratorio con todas las seguridades necesarias para evitar poner en riesgo la integridad de los datos.

ALCANCE

El diseño del laboratorio contempla brindar los servicios de calibración de antenas de banda ancha en el rango de 30 MHz a 1 GHz.

En este rango, el laboratorio estará en la capacidad de calibrar antenas de diferentes tipos como:

- Antena Bicónica
- Antena Log Periódica
- O la combinación de las anteriores.

El rango y los tipos de antenas seleccionadas se justifican en las especificaciones de las normativas internacionales para la cuantificación de energía electromagnética radiada.

RESUMEN

En este trabajo de tesis se presenta el diseño y desarrollo de un sistema de gestión de calidad basado en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 “*Evaluación de la competencia técnica de laboratorios de ensayo y calibración*”, para un laboratorio de antenas de compatibilidad electromagnética.

Los tipos de antenas a calibrar son: antenas bicónicas, log periódicas o la combinación de las anteriores bajo procedimientos establecidos como el Método de Antena Patrón (SAM: Standard Antenna Method) y el Método de Sitio Patrón (SSM: Standard Site Method) en el rango de 30 MHz a 1 GHz.

La visión principal de este laboratorio es determinar el factor de antena, parámetro necesario e imprescindible para realizar mediciones de emisiones de compatibilidad electromagnética.

El primer capítulo engloba una descripción teórica sobre los aspectos relacionados con el desarrollo de la tesis como: compatibilidad electromagnética, características de las antenas, y la descripción y consideración sobre la norma ISO / IEC 17025.

El segundo capítulo describe el diseño del laboratorio de antenas de compatibilidad electromagnética desde sus instalaciones, equipamiento, distribución y condiciones de seguridad para llevar a cabo con éxito el fin previsto.

El tercer capítulo contempla el estudio técnico – financiero de los recursos a utilizar para determinar la viabilidad del proyecto, así como los posibles imprevistos que se puedan generar en el desarrollo del laboratorio.

El cuarto capítulo describe el producto final del proyecto como lo es el desarrollo del sistema de gestión bajo lineamientos de la norma NTE INEN ISO / IEC 17025:2006, aquí se detalla cada punto o requisito de la norma con la respectiva validación del mismo.

El quinto capítulo contempla la creación de una intranet donde se encontrará toda la información generada en el desarrollo del proyecto como manual de calidad, procedimientos generales, específicos, procedimientos de calibración, instructivos, formatos y simulaciones.

Finalmente se adjuntan las conclusiones y recomendaciones del proyecto así como también los anexos de los equipos y documentos utilizados.

ABSTRACT

In this thesis the design and development of a quality management system is presented based on Standard NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 "General requirements for the competence of testing and calibration laboratories" for a laboratory EMC antennas.

The types of antennas to calibrate are: biconical antenna, log periodic or combination thereof under procedures established as Antenna Pattern Method (SAM: antenna Standard Method) and Standard Site Method (SSM: Standard Site Method) in the range of 30 MHz to 1 GHz.

The main vision of this laboratory is to determine the antenna factor, necessary and essential parameter for measuring emission of electromagnetic compatibility.

The first chapter includes a theoretical description of the aspects related to the development of the thesis as: EMC, antenna characteristics, and description and consideration of the ISO / IEC 17025.

The second chapter describes the design lab EMC antennas from its facilities, equipment, distribution and safe to perform successfully the intended purpose.

The third chapter looks at the technical study - financial resources to be used to determine the viability of the project and possible contingencies that may arise in the development of the laboratory.

The fourth chapter describes the final product of the project such as the development of the management system under the guidelines of the standard NTE INEN ISO/IEC 17025: 2006, here every point or requirement of the standard with the respective detailed validation thereof.

The fifth chapter includes the creation of an intranet where all the information generated will be in the project as a quality manual, general procedures, specific, calibration procedures, instructions, formats and simulations.

Finally, attached the conclusions and recommendations of the project as well as the documents and additional material.

CONTENIDO

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA	2
1.2.1 DEFINICIÓN COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA	2
1.2.2 PERTURBACIÓN ELECTROMAGNÉTICA	3
1.2.3 EMISIONES ELECTROMAGNÉTICAS	4
1.2.4 INMUNIDAD A LAS PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS	4
1.2.5 SUSCEPTIBILIDAD	5
1.2.6 NORMAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA	5
1.3 FUNDAMENTOS DE ANTENAS	7
1.3.1 DEFINICIÓN DE ANTENAS	7
1.3.2 PARÁMETROS DE ANTENAS COMUNES PARA EL ÁREA DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.	8
1.3.3 REGIONES DE EMISIÓN DE LAS ANTENAS	12
1.3.4 TIPOS DE ANTENAS	12
1.3.5 NORMAS PARA LA CALIBRACIÓN DE ANTENAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.	14
1.4 SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD BAJO LA NORMA NTE INEN ISO/IEC 17025:2006	15
1.4.1 ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE LA NORMA	16
1.4.2 ACREDITACIÓN	22
	IX

1.4.3 BENEFICIOS DE LA ACREDITACIÓN	22
1.4.4 LABORATORIOS ACREDITADOS – SITUACIÓN ACTUAL DEL PAÍS	23
CAPÍTULO II: DISEÑO DEL LABORATORIO DE ANTENAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA	24
2.1 INTRODUCCIÓN	24
2.2 DISEÑO	24
2.2.1 DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS DE ESPACIO	24
2.2.2 SELECCIÓN DEL SITIO	25
2.2.3 DESARROLLO DEL PLANO	27
2.2.4 CONDICIONES AMBIENTALES	39
2.2.5 COMUNICACIONES Y SISTEMA DE DATOS	40
2.2.6 SEGURIDAD, PROTECCIÓN DE INCENDIOS Y ALARMAS	46
2.2.7 CALENTAMIENTO, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO	47
2.2.8 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA – PLANOS	48
2.2.9 PUESTA A TIERRA	54
2.2.10 CONTROL DE DESCARGA ELECTROSTÁTICA	58
2.2.11 INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA	60
2.2.12 ILUMINACIÓN	60
2.2.13 INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPAMIENTO A UTILIZAR EN EL LABORATORIO	61
2.3 SIMULACIONES DEL LABORATORIO	63
	X

CAPÍTULO III: ESTUDIO TÉCNICO – FINANCIERO DE LOS RECURSOS

	65
3.1 ANTECEDENTES GENERALES	65
3.2 REQUERIMIENTOS DE TALENTO HUMANO	65
3.3 REQUERIMIENTOS DE EQUIPOS - TECNOLOGÍA A UTILIZAR	
	68
3.3.1 ACTIVOS FIJOS	68
3.3.1.1 EQUIPO DE LABORATORIO Y DE OFICINA	68
3.3.1.1.1 GABINETE DE COMUNICACIONES	68
3.3.1.1.2 EQUIPOS LABORATORIO	69
3.3.1.1.3 EQUIPOS DE NETWORKING	71
3.3.1.1.4 SERVIDORES	73
3.3.1.1.5 TELÉFONOS IP	74
3.3.1.1.6 AIRE ACONDICIONADO	75
3.3.1.1.7 EQUIPO DE COMPUTACIÓN	75
3.3.1.1.8 MUEBLES Y ENSERES	76
3.3.1.2 MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA INSTALACIÓN DEL LABORATORIO	77
3.3.1.2.1 CABLEADO ESTRUCTURADO	77
3.3.1.2.2 TRANSFORMADOR	77
3.3.1.2.3 RED DE MEDIA TENSIÓN Y BAJANTES AL TABLERO PRINCIPAL	78
3.3.1.2.4 GENERADOR	78
3.3.1.2.5 PROTECCIONES	78

3.3.1.2.6 PUESTA A TIERRA Y PARARRAYOS	79
3.4 REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA	79
3.4.1 TERRENO	79
3.4.2 INFRAESTRUCTURA	80
3.4.2.1 ELABORACIÓN DE PLANO.	80
3.4.2.2 COSTOS CONSTRUCCIÓN DEL LABORATORIO	80
3.4.2.3 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO PARA CALIBRACIÓN	81
CAPÍTULO IV: SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD	93
4.1 MANUAL DE CALIDAD	93
4.1.1 CAPÍTULO 1	93
4.1.2 CAPÍTULO 2	101
4.1.3 CAPÍTULO 3	113
4.1.4 CAPÍTULO 4	117
4.1.5 CAPÍTULO 5	122
4.1.6 CAPÍTULO 6	125
4.1.7 CAPÍTULO 7:	131
4.1.8 CAPÍTULO 8	134
4.1.9 CAPÍTULO 9	137
4.1.10 CAPÍTULO 10	143
4.1.11 CAPÍTULO 11	146
4.1.12 CAPÍTULO 12	152
4.1.13 CAPÍTULO 13	157
	XII

4.1.14 CAPÍTULO 14	162
4.1.15 CAPÍTULO 15	168
4.1.16 CAPÍTULO 16	172
4.1.17 CAPÍTULO 17	182
4.1.18 CAPÍTULO 18	188
4.1.19 CAPÍTULO 19	194
4.1.20 CAPÍTULO 20	202
4.1.21 CAPÍTULO 21	203
4.1.22 CAPÍTULO 22	208
4.1.23 CAPÍTULO 23	213
4.2 PROCEDIMIENTOS GENERALES	220
4.2.1 PROCEDIMIENTO PGE-LACEM -001	220
4.2.2 PROCEDIMIENTO PGE-LACEM -002	238
4.2.3 PROCEDIMIENTO PGE-LACEM -003	246
4.2.4 PROCEDIMIENTO PGE-LACEM-004	256
4.2.5 PROCEDIMIENTO PGE-LACEM-005	269
4.2.6 PROCEDIMIENTO PGE-LACEM -006	282
4.3 PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE TRABAJO	301
4.3.1 PROCEDIMIENTO PTT-LACEM-001	301
4.3.2 PROCEDIMIENTO PTT-LACEM-002	345
4.3.3 PROCEDIMIENTO PTT-LACEM-003	366
4.3.4 PROCEDIMIENTO PTT-LACEM-004	386
4.4 INSTRUCTIVOS	403

4.4.1 INSTRUCTIVO IN-LACEM-001	403
CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN UNA INTRANET	419
5.1 INTRODUCCIÓN.	419
5.2 IMPLEMENTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE INTRANET.	422
5.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA PÁGINA WEB.	423
5.4 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD FÍSICA Y LÓGICA DE LA INTRANET.	432
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	434
BIBLIOGRAFÍA.	438
ANEXOS	441

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1: Elementos de compatibilidad electromagnética	2
Ilustración 1.2: Interferencia Electromagnética	4
Ilustración 1.3: Niveles CEM	5
Ilustración 1.4: Antena Bicónica	13
Ilustración 1.5: Antena Logarítmica – Periódica.....	14
Ilustración 2.1: Mapa de Puenbo.....	26
Ilustración 2. 2: Clima Puenbo.....	27
Ilustración 2.3: Plano del laboratorio	27
Ilustración 2.4: Vista principal laboratorio.....	28
Ilustración 2. 5: Vista superior del laboratorio	28
Ilustración 2.6: Vista posterior del laboratorio	29
Ilustración 2.7: Área Recepción.....	30
Ilustración 2.8: Área Calibración.....	31
Ilustración 2.9: Área de oficina técnica.....	31
Ilustración 2.10: Área de oficina administrativa.....	32
Ilustración 2.11: Área de reuniones.....	32
Ilustración 2.12: CALTS - Vista frontal	33
Ilustración 2.13: CALTS – vista lateral	34
Ilustración 2. 14: Configuración de CALTS	35
Ilustración 2. 15: Configuración con mesa giratoria	35
Ilustración 2.16: CALTS LACEM	36

Ilustración 2.17: Configuración de CALTS LACEM.....	37
Ilustración 2.18: Construcción del plano metálico	38
Ilustración 2.19: Esquema de la red	41
Ilustración 2.20: Diagrama Eléctrico Unifilar	49
Ilustración 2.21: Simbología Eléctrica	52
Ilustración 2.22: Plano de Iluminación.....	53
Ilustración 2.23: Plano de tomacorrientes	54
Ilustración 2.24: Configuración puesta a tierra.....	56
Ilustración 2.25: Malla de puesta a tierra	58
Ilustración 2.26: Cinema 4D	63
Ilustración 2. 27: After Effects.....	63
Ilustración 2.28: Illustrator	64
Ilustración 4.1.1.1: Organigrama Laboratorio.....	99
Ilustración 4.1.1.2: Plano del laboratorio	100
Ilustración 4.3.1. 1: Diagrama Básico.....	316
Ilustración 4.3.1.2: Diagrama Calibración de Antenas	318
Ilustración 4.3.1.3: Método del sitio Patrón - SSM	321
Ilustración 4.3.1. 4: Tres mediciones usando tres diferentes antenas.....	322
Ilustración 4.3.1. 5: Conexión con Antenas.....	327
Ilustración 4.3.1.6: Conexión Directa.....	328
Ilustración 4.3.1.7: Conexión Directa.....	330
Ilustración 4.3.1.8: Conexión con antenas.	331

Ilustración 4.3.1.9: Método de antena de referencia.....	334
Ilustración 4.3.2.1: Patrón e IBC.....	355
Ilustración 4.3.2.2: Patrón e IBC – Medición en amplitud	356
Ilustración 4.3.3.1: Patrón e IBC.....	376
Ilustración 4.3.4.1: Patrón e IBC – Calibración Atenuadores.....	397
Ilustración 4.4.1.1: Conexión Directa.....	412
Ilustración 4.4.1. 2: Configuración Conexión Antenas	413
Ilustración 5. 1: Instalación AppServ	420
Ilustración 5.2: Instalación de AppServ 2.5.10.....	420
Ilustración 5.3: Instalación de MySQL.....	421
Ilustración 5. 4: Interfaz administración Joomla 2.5	422
Ilustración 5.5: Modulo Remository	423
Ilustración 5.6: Página Web LACEM	424
Ilustración 5.7: Inicio página web	425
Ilustración 5.8: Política SGC LACEM	426
Ilustración 5.9: Servicios LACEM	426
Ilustración 5. 10: Contacto LACEM	427
Ilustración 5.11: Quienes somos LACEM.....	428
Ilustración 5.12: Usuario calidad LACEM.....	429
Ilustración 5.13: Usuario Técnico LACEM.....	429
Ilustración 5.14: Documentación LACEM.....	430

Ilustración 5.15: Carpeta Manual Calidad - LACEM	430
Ilustración 5.16: PTT LACEM	431
Ilustración 5.17: Procedimientos Generales LACEM	431

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1: Normas CEM.	6
Tabla 1.2: Patrón de Radiación de antenas	10
Tabla 1.3: Normas Calibración Antenas CEM.....	15
Tabla 1.4: Laboratorios Acreditados Ecuador	23
Tabla 2.1: Áreas del Laboratorio	25
Tabla 2.2: Distribución Laboratorio.....	30
Tabla 2.3: Condiciones ambientales y de funcionamiento.....	40
Tabla 2. 4: Requisitos Servidores.....	43
Tabla 2.5: Equipos de conectividad.....	45
Tabla 2.6: Requisitos Estaciones de Trabajo.....	45
Tabla 2.7: Requisitos impresoras	46
Tabla 2.8: Requisitos Teléfonos IP.....	46
Tabla 2.9: Datos climatización.....	48
Tabla 2.10: Potencia Consumida	50
Tabla 2.11: Requisitos elementos de protección	51
Tabla 2.12: Requisitos para puesta a tierra	57
Tabla 2.13: Equipos Laboratorio	62
Tabla 3. 1: Gabinete de Comunicaciones	69
Tabla 3.2: Equipos Laboratorio Alternativa I	70
Tabla 3.3: Equipos Laboratorio Alternativa II	71
Tabla 3.4: Equipos de Networking Alternativa I	72

Tabla 3.5: Equipos de Networking Alternativa II	73
Tabla 3.6: Servidores Alternativa I	73
Tabla 3.7: Servidores Alternativa II	74
Tabla 3.8: Teléfonos IP.....	74
Tabla 3.9: Aire Acondicionado.....	75
Tabla 3.10: Estaciones de trabajo e impresoras	75
Tabla 3.11: Muebles y Enseres de oficina	76
Tabla 3.12: Cableado Estructurado.....	77
Tabla 3.13: Transformador	77
Tabla 3.14: Red de media tensión y bajantes al tablero principal	78
Tabla 3.15: Generador 90 kVA.....	78
Tabla 3.16: Protecciones.....	78
Tabla 3.17: Puesta a Tierra y Pararrayos	79
Tabla 3.18: Terreno del Laboratorio.....	80
Tabla 3.19: Elaboración del plano del laboratorio.....	80
Tabla 3.20: Construcción del Laboratorio	81
Tabla 3. 21: Acondicionamiento del CALTS.....	81
Tabla 3.22: Resumen de activos fijos.....	83
Tabla 3.23: Resumen activos Diferidos.....	84
Tabla 3.24: Normas utilizadas para la elaboración del Proyecto.....	85
Tabla 3.25: Mano de Obra Directa	86
Tabla 3.26: Mano de Obra Indirecta.....	87
Tabla 3.27: Servicios Básicos	87

Tabla 3.28: Suministros de Oficina.....	88
Tabla 3.29: Suministros de aseo	89
Tabla 3.30: Depreciaciones.....	90
Tabla 3.31: Resumen de Capital de Trabajo.....	90
Tabla 3.32: Resumen Inversión Laboratorio	92
Tabla 4.2.4.1: Tabla de Validación	264
Tabla 4.2.4.2: Análisis a realizar	265
Tabla 4.3.1.1: Símbolos.....	311
Tabla 4.3.1.2: Equipos.....	314
Tabla 4.3.1.3: Condiciones ambientales	315
Tabla 4.3.1.4: Valores de E_D^{\max} en un sitio ideal de atenuación	323
Tabla 4.3.1.5: Factores de Corrección para antenas biónicas.....	333
Tabla 4.3.1.6: Longitud de cada elemento de la antena dipolo de referencia para configuración resonante y factor de antena versus frecuencia	336
Tabla 4.3.2.1: Aparatos y Equipos	353
Tabla 4.3.2.2: Patrones	353
Tabla 4.3.3.1: Aparatos y Equipos	374
Tabla 4.3.3.2: Patrones de referencia	374
Tabla 4.3.4.1: Aparatos y equipos – Calibración Atenuadores.....	394
Tabla 4.3.4.2: Patrones de referencia – Calibración Atenuadores.	394

Tabla 4.4.1.1 Frecuencia vs. Altura.....	410
Tabla 4.4.1.2: Tolerancias máximas para d= 10 m	416

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

Las telecomunicaciones hoy en día han crecido vertiginosamente y han generado un adelanto tecnológico en todos los ámbitos, específicamente en la fabricación de equipos y componentes eléctricos y electrónicos. Dicha fabricación deberá tomar en cuenta los límites de energía electromagnética radiada, por lo que se hace necesario que coexistan en un ambiente donde la interacción electromagnética provenientes de diversas fuentes bien sean naturales y/o artificiales no pongan en riesgo el funcionamiento de los mismos ni provoquen perturbaciones al medio en el que funcionen.

Las antenas son parte de los sistemas de comunicaciones y poseen características físicas y eléctricas por lo que es necesario conocer que funcionan en forma satisfactoria en su entorno electromagnético sin introducir perturbaciones. Razón por la cual es necesario que se calibren para asegurar el correcto funcionamiento de las mismas y puedan consignarse resultados válidos y satisfactorios con el fin de mantener en estado óptimo los sistemas de medición donde se emplean.

La aplicación fundamental de la calibración de este tipo de antenas es para cuantificar las emisiones de energía electromagnética que radian los dispositivos, elementos, equipos o sistemas que funcionan con energía eléctrica.

1.2 Compatibilidad Electromagnética

1.2.1 Definición Compatibilidad electromagnética

Compatibilidad electromagnética es la capacidad de un equipo o de un sistema para funcionar en su ambiente electromagnético de forma satisfactoria y sin que produzca perturbaciones electromagnéticas intolerables para todo lo que se encuentra en este ambiente. [1]

Para el estudio de compatibilidad electromagnética es necesario tomar en cuenta tres elementos:

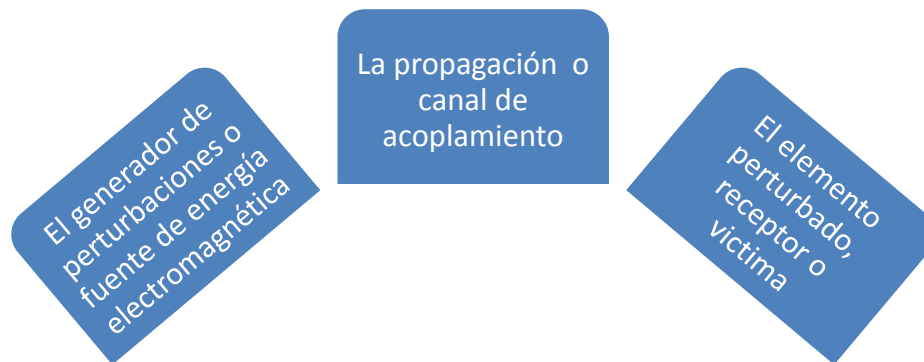


Ilustración 1.1: Elementos de compatibilidad electromagnética
Fuente: Autor

Todo dispositivo o componente eléctrico o electrónico para su funcionamiento crea a su alrededor una emisión electromagnética en mayor o menor medida catalogadas como perturbaciones. Estas

¹ IEC 60050-161 – Vocabulario Electrotécnico Compatibilidad Electromagnética

perturbaciones electromagnéticas pueden degradar el funcionamiento de un equipo, sistema o componente.

Estas perturbaciones se pueden generar por conducción, es decir a través de los cables (conducida) o por radiación en forma de ondas electromagnéticas (radiada), produciendo alteraciones indeseables como ejemplos tenemos el ruido en un receptor de radio, descargas eléctricas naturales, descargas electrostáticas.

La compatibilidad electromagnética trata de mejorar la armonía entre elementos que puedan emitir y/o ser susceptibles a perturbaciones electromagnéticas.

1.2.2 Perturbación electromagnética

Todo dispositivo o componente eléctrico o electrónico para su funcionamiento crea a su alrededor una emisión electromagnética en mayor o menor medida catalogadas como perturbaciones. Estas perturbaciones electromagnéticas pueden degradar el funcionamiento de un equipo, sistema o componente. Esta perturbación es conocida como interferencia electromagnética EMI [2]

Estas perturbaciones se pueden generar por conducción, es decir a través de los cables (conducida) o por radiación en forma de ondas electromagnéticas (radiada), produciendo alteraciones indeseables,

² MOLINA, López Victoria - CENAM, Compatibilidad Electromagnética -2008

como ejemplos tenemos: el ruido en un receptor de radio, descargas eléctricas naturales, descargas electrostáticas.

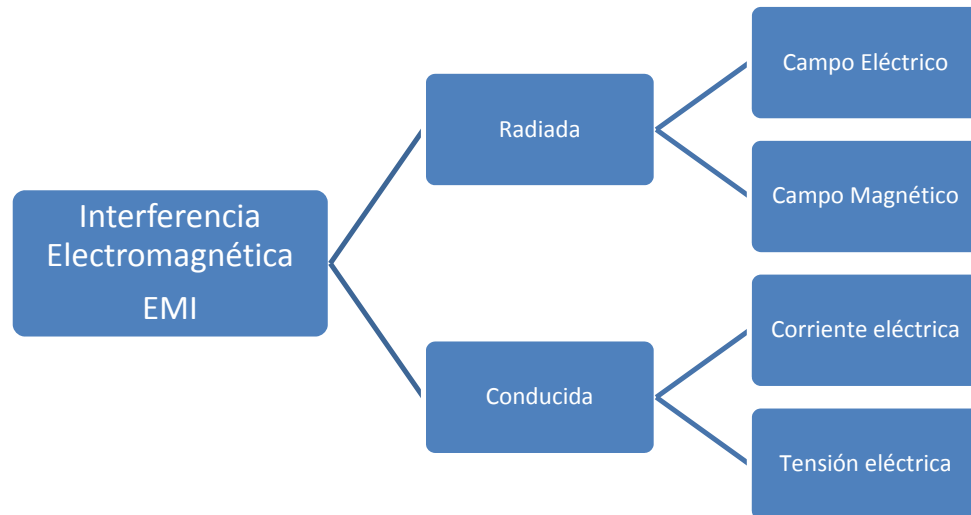


Ilustración 1.2: Interferencia Electromagnética
Fuente: Autor

1.2.3 Emisiones electromagnéticas

Emisión electromagnética se define como la energía emanada por una fuente hacia el exterior. Estas emisiones pueden ser intencionales (motor, conmutaciones interruptores) o no intencionales (descargas electrostáticas, ruido térmico).

1.2.4 Inmunidad a las perturbaciones electromagnéticas

Es la capacidad de un elemento, equipo o sistema de funcionar sin ser degradado o afectado en su funcionamiento por la presencia de interferencia electromagnética.

1.2.5 Susceptibilidad

Se define como lo opuesto a la inmunidad es decir es la capacidad de un elemento, equipo o sistema para variar su comportamiento cuando se ve influenciado por interferencias electromagnéticas.

A continuación se representa una ilustración donde se evidencia los términos definidos anteriormente:

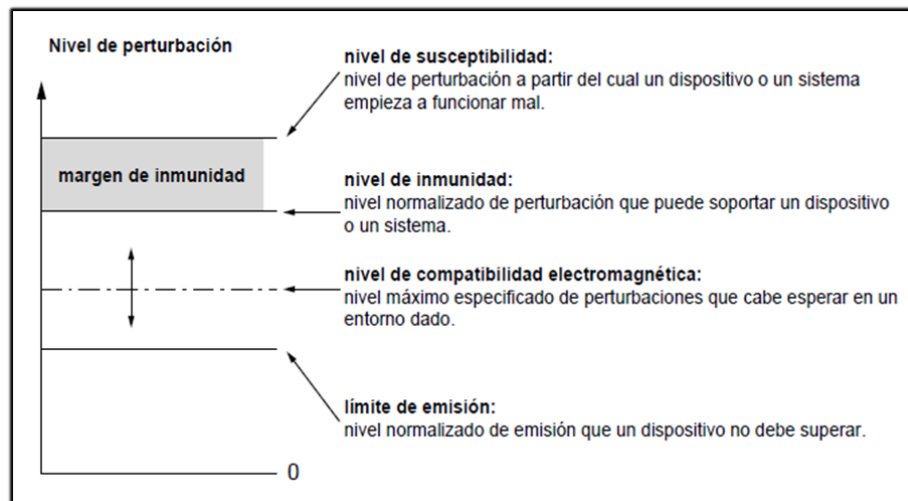


Ilustración 1.3: Niveles CEM
Fuente: Manual CEM Telemecanique 2000 [3]

1.2.6 Normas de Compatibilidad Electromagnética

Para determinar si en efecto los dispositivos, equipos o sistemas emiten o son inmunes a interferencias electromagnéticas es necesario contar con un laboratorio con instalaciones y equipamiento especializado para la aplicación de diversas técnicas de ensayo y

³ Manual CEM Telemecanique 2000

medición. Estos ensayos están regulados por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y el Comité Especial Internacional en Radio Interferencias (CISPR).

NORMAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.	
IEC : Comisión Electrotécnica Internacional	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
IEC 61000-4-2	Ensayos de inmunidad a las interferencias a las descargas electrostáticas.
IEC 61000-4-3	Ensayos de inmunidad a las interferencias a las perturbaciones radioeléctricas radiadas
IEC 61000-4-4	Ensayos de inmunidad a las interferencias a transientes y ráfagas de impulso
IEC 61000-4-5	Ensayos de inmunidad a las interferencias a sobretensiones
IEC 61000-4-6	Ensayos de inmunidad a las interferencias a perturbaciones radioeléctricas conducidas
IEC 61000-4-8	Ensayos de inmunidad a las interferencias a los campos magnéticos de frecuencia industrial
CISPR : Comité Especial Internacional en Radio Interferencias	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
CISPR11	Límites y Ensayos de emisión de interferencias para equipos de radiofrecuencia ISM.
CISPR13	Límites y Ensayos de emisión de interferencias para receptores de televisión y sonido.
CISPR22	Límites y Ensayos de emisión de interferencias para equipos de tecnologías de información.
CISPR20	Límites y Ensayos de inmunidad a las interferencias para receptores de televisión y sonido.
CISPR24	Límites y Ensayos de inmunidad a las interferencias para equipos de tecnologías de información.
CISPR16	Especificaciones para mediciones y aparatos de medición de inmunidad y radio perturbaciones.

Tabla 1. 1: Normas CEM.

Fuente: Laboratorio Cubano de EMC – Dr. José Ramón Roca [4]

⁴ Laboratorio Cubano de EMC – Dr. José Ramón Calvo de Lara

En el país no se dispone de normativa alguna que regule la Compatibilidad electromagnética de productos, solo existe la resolución 01-01-CONATEL-2005, emitido por el CONATEL que hace referencia a un reglamento de protección de emisiones de radiación no ionizante generadas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico. [5]

1.3 Fundamentos de Antenas

Las antenas de compatibilidad electromagnética juegan un rol muy importante en la ejecución de las pruebas para verificar la conformidad de productos y equipos con normas internacionales, razón por la cual deben ser calibradas. Estas antenas deberán ser trazables a patrones internacionales.

1.3.1 Definición de Antenas

Una antena es un transductor que emite y recibe energía electromagnética y por su reciprocidad forma parte de un sistema de comunicación para la transmisión y recepción. Una antena de transmisión transforma la energía electromagnética que se conduce a una energía electromagnética radiada y una antena de recepción transforma la energía electromagnética radiada (campo magnético y

⁵ Resolución 01-01-Conatel-2005

campo eléctrico) a energía electromagnética que se conduce y se presenta en tensión o corriente. [6]

1.3.2 Parámetros de antenas comunes para el área de compatibilidad electromagnética.

Las antenas semi-isotrópicas son esenciales para medir las emisiones e inmunidad de la energía electromagnética radiada. Los parámetros más importantes de las antenas de compatibilidad electromagnética son:

1.3.2.1.1 Factor de Antena

Es un parámetro de las antenas utilizadas en mediciones radiadas de compatibilidad electromagnética que permite medir campos eléctricos desconocidos.

Permite calcular la intensidad de campo eléctrico en las mediciones de las emisiones electromagnéticas radiadas, relaciona la tensión de salida en la antena con el campo eléctrico que le incide. [7]

Su expresión es:

$$FA = \frac{Ei}{V} \quad (1.1)$$

Dónde:

⁶ Colegio Oficial Ingenieros de telecomunicaciones - Emisiones radioeléctricas: Normativa, Técnicas de Medida y protocolos de certificación.

⁷ Servicios de calibración en el laboratorio de antenas, CENAM (Mariano Botello/Israel García/Victoria García)

FA = Factor de antena (m^{-1})

E_i = Intensidad de campo eléctrico (Voltios / metro)

V = Tensión eléctrica en terminales de antena (Voltios)

El factor de antena expresado en dB es igual a:

$$FA = 20 \cdot \log_{10} \frac{E_i}{V} \quad \text{dB (1/m)} \quad (1.2)$$

1.3.2.2 Directividad

La directividad describe qué tan bien una antena concentra la intensidad de radiación en cierta dirección o recibe una señal de esa dirección.

1.3.2.3 Ganancia (G)

Es el producto de la directividad y el factor de pérdida óhmica llamado también eficiencia óhmica.

Se define como la potencia de salida, en una dirección particular comparada a la producida por una antena isotrópica (ideal) [8]

La ganancia se expresa en decibelios referidos a una fuente isotrópica (dBi) y se define por:

$$G_{dBi} = 10 \cdot \log_{10} (G) \quad (1.3)$$

1.3.2.4 Patrón de radiación

Es la representación gráfica (mapa tridimensional) de la distribución de la energía radiada por una antena, es decir la cobertura de la intensidad del campo eléctrico o magnético en función del ángulo de vista.

⁸ BERNAL, Iván - Revisión de Conceptos Básicos de Antenas y Propagación, abril 2008

La dificultad de representar el mapa en tres dimensiones, dio lugar a los patrones en el plano E (campo eléctrico) y plano H (campo magnético). Estos campos son perpendiculares.

Patrón de Radiación	Característica	Ejemplos
Isotrópica	Antena ideal que radia uniformemente en todas las direcciones	No existe
Omnidireccional	Antena que radia en todas las direcciones en uno de los planos	Monopolos, dipolos, bicónicas
Direccional	Antena que radia en una dirección	Cornetas, log periódicas

Tabla 1.2: Patrón de Radiación de antenas
Fuente: Autor

1.3.2.5 Ancho del haz

Es el margen angular de direcciones en las que el diagrama de radiación de un haz toma el valor de la mitad del máximo.

1.3.2.6 Ancho de Banda

Es el rango de frecuencias en la cual opera una antena sin disminuir su desempeño.

El ancho de banda viene determinado por las características del sistema en el que se va a utilizar.

1.3.2.7 Polarización

Es la orientación del eje de medición de la antena respecto a un plano de referencia que es horizontal y puede ser el plano de tierra. La polarización vertical existe cuando el eje de medición es

perpendicular al plano de referencia y la polarización horizontal cuando el eje de medición es paralelo al plano de referencia [7].

1.3.2.8 Coeficiente de Reflexión

Es la potencia que radia una antena y se expresa por la diferencia de la potencia que se alimenta en la antena con respecto a la potencia que se refleja.

1.3.2.9 Relación de tensión de onda estacionaria (ROE)

Es la relación del máximo valor de tensión medido en la terminal de la antena dividido por el mínimo valor.

Se presenta por el desacoplamiento de impedancias fuente – carga.

Es importante que la antena refleje el mínimo nivel de potencia, cuando esto se logra se tiene un valor de ROE cercano a uno, éste puede ser expresado por medio del coeficiente de reflexión.

1.3.2.10 Potencia neta radiada

Se determina por la diferencia de la potencia que se alimenta en la antena y la potencia reflejada. Es la potencia que radia una antena.

1.3.3 Regiones de emisión de las antenas

El campo electromagnético asociado con una antena tiene propiedades que varían proporcionalmente con la distancia de la antena.

Las mediciones de emisiones de antenas de compatibilidad electromagnética se realizan en el campo cercano radiante (zona de Fresnel), esto se debe a requerimientos de las normativas vigentes que determinan que los dispositivos bajo prueba se coloquen en la región de campo cercano de las antenas de prueba.

Los sistemas de comunicación trabajan en el campo lejano radiante (zona de Fraunhofer) [9].

1.3.4 Tipos de antenas

Las antenas para compatibilidad electromagnética ocupan el espectro de frecuencias desde 10 Hz a 40 GHz.

Para la calibración de antenas de compatibilidad electromagnética nos centraremos en Antenas Bicónicas y Logarítmicas periódicas.

- Antenas Bicónicas

Es una variación de las antenas dipolos con elementos radiadores en forma de un cono lo que permite ampliar el ancho de banda del dipolo

⁹ RODRIGUEZ, Vicente – Introducción a Antenas: Antenas para compatibilidad electromagnética – 2008.

Son utilizadas para medir campo eléctrico en rangos de 20 MHz a 300 MHz, pueden utilizarse en distancias tan cercanas a 1 metro. Sus ganancias típicas van desde 0 dBi a 4 dBi. Ver ilustración 1.4.



Ilustración 1.4: Antena Bicónica
Fuente: ETS Lindgren Dr. Vicente Rodríguez

- Antenas Logarítmicas Periódicas

Se forman de la combinación de dipolos sintonizados a diferentes frecuencias y conectados a una misma línea de transmisión. Son muy utilizadas en la calibración de antenas de compatibilidad electromagnética, sus ganancias típicas van de 7 dBi a 8 dBi.

Son antenas de muy alta ganancia, es decir son más sensibles para aplicaciones de recepción y puede operar con baja potencia de entrada.



Ilustración 1.5: Antena Logarítmica – Periódica
Fuente: ETS Lindgren Dr. Vicente Rodríguez

1.3.5 Normas para la Calibración de Antenas de compatibilidad electromagnética.

La calibración de antenas se realiza con normas provenientes de organizaciones internacionales relacionadas con estudios y experiencia en compatibilidad electromagnética de acuerdo a las mejores prácticas de medición para asegurar resultados confiables.

Con este antecedente indicamos de manera resumida los aspectos más sobresalientes de las normas empleadas en la calibración de antenas de compatibilidad electromagnética.

NORMA	SUMARIO
ANSI C 63.5 American National Standard for Electromagnetic Compatibility – Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control – Calibration Antennas (9 KHz – 40 GHz).	Fue la primera norma en incursionar en calibración de antenas de compatibilidad electromagnética, brinda tres métodos de medición de FA para una variedad de antenas utilizadas en ensayos de emisiones radiadas.

SAE/ARP 958-2003 Aerospace Recommended Practice: Electromagnetic Interference Measurement Antennas; Standard Calibration Method	Es utilizada para calibrar antenas utilizadas en ensayos de emisiones y por ende para determinar el factor de antena a 1 metro de distancia
CISPR 16-1-6 Radio disturbance and immunity measuring apparatus – EMC – Antenna calibration.	Esta norma es producto de la homogenización de los métodos de medición de calibración de antenas, contempla la calibración de antenas en espacio libre FSAF (Free Space Antenna Factor), método de las tres antenas, método de la antena patrón, y el método SSM (Standar Site Method) de la norma ANSI C 63.5 Se cuantifica la incertidumbre en cada método de calibración

Tabla 1.3: Normas Calibración Antenas CEM

Fuente: MOLINA, Victoria; García Israel – Métodos de calibración de antenas de compatibilidad electromagnética empleadas en la industria – 2009.

1.4 Sistema de Gestión de Calidad bajo la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006

La norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006, establece los “*Requisitos Generales para la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y calibración*”. El objetivo general de esta norma implica que los laboratorios posean un sistema de gestión de calidad, sean técnicamente competentes y capaces de generar resultados técnicamente válidos [10].

¹⁰ NTE INEN ISO/IEC 17025:2006

1.4.1 Estructura y contenido de la Norma

La norma de referencia se compone del siguiente contenido:

1. Objeto y Campo de aplicación

Requisitos para la competencia de ensayo y calibración, incluido el muestreo.

Utilizando:

- Métodos normalizados.
- Métodos no normalizados.
- Métodos desarrollados por el laboratorio.

Es aplicable a Laboratorios 1ª, 2ª Y 3ª parte.

Laboratorios utilizados en inspección o certificación de producto.

Laboratorios de cualquier tamaño.

- Personal
- Número de ensayos o calibraciones.

Algunos requisitos de la norma pueden no ser aplicables (Muestreo, diseño de métodos.)

Esta norma es para que utilicen los laboratorios cuando desarrollen los sistemas de gestión para sus actividades de calidad, administrativas y técnicas.

Esta norma no puede ser utilizada como base para la certificación de los laboratorios.

El cumplimiento con requisitos reguladores y de seguridad no está cubierto por esta norma. (No BPL, HACCP).

2. Referencias normativas

Los documentos vitales para la aplicación de esta norma son:

- ISO/IEC 17000: Evaluación de conformidad. Vocabulario y principios generales.
- VIM, Vocabulario Internacional de términos fundamentales y generales de metrología.

3. Términos y definiciones

Se establecen los términos y definiciones pertinentes a la norma ISO/IEC 17000 y VIM.

4. Requisitos relativos a la gestión

4.1 Organización

Entidad legalmente responsable, personal directivo y técnico libre de presiones

4.2 Sistema de la calidad

Establecer, mantener e implementar un sistema de gestión apropiado al alcance de sus actividades (Manual de calidad, política de calidad).

4.3 Control de documentos

Establecer y mantener procedimientos para el control de todos los documentos del sistema de gestión (internos o externos).

4.4 Revisión de los pedidos, ofertas y contratos

Establecer y mantener procedimientos para la revisión de los pedidos, ofertas y contratos.

4.5 Subcontratación de ensayos y calibraciones

Subcontratista competente.

4.6 Compras de servicios y suministros

Política y procedimientos para la selección y compra de los servicios y suministros.

4.7 Servicio al cliente

Disponibilidad para cooperar con los clientes, el laboratorio deber obtener información de retorno.

4.8 Quejas

Políticas y procedimientos para la solución de quejas.

4.9 Control de los trabajos de ensayo/calibración no conformes

Políticas y procedimientos a ser implementados cuando resultados del trabajo no estén conformes.

4.10 Mejora

Mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión

4.11 Acciones correctivas

Establecer una política y procedimientos para la implementación de acciones correctivas cuando se haya identificado un trabajo con conforme o desvíos de las políticas y procedimientos de todo el sistema de gestión o de las operaciones técnicas.

4.12 Acciones preventivas

Identificar las mejoras necesarias y las potenciales fuentes de no conformidades bajo instrucciones documentadas.

4.13 Control de Registros

Establecer y mantener procedimientos para identificar, recopilar, codificar, acceso, archivo, almacenamiento, mantenimiento y disposición de los registros de calidad y los registros técnicos.

4.14 Auditorías Internas

Realizar auditorías internas para verificar el cumplimiento con los requisitos del sistema de gestión y de la norma periódicamente, con un calendario y un procedimiento predeterminado.

4.15 Revisión por la dirección

La alta dirección deber efectuar periódicamente, de acuerdo con un calendario y un procedimiento una revisión del sistema de gestión y de las actividades de calibración.

5. Requisitos técnicos

5.1 Generalidades

Muchos factores determinan la exactitud y fiabilidad de las calibraciones efectuadas por el laboratorio.

5.2 Personal

El laboratorio debe asegurar la competencia del personal.

5.3 Instalaciones y condiciones ambientales

Apropiadas para la ejecución de las calibraciones.

5.4 Métodos de ensayo/calibración y validación de métodos

Se deben aplicar métodos y procedimientos apropiados para la realización de las calibraciones.

Validación de los métodos.

Estimación de la incertidumbre de calibración.

Control de los datos.

5.5 Equipos

El laboratorio debe estar provisto con todos los equipos para el muestreo, la medición y el ensayo requeridos para la ejecución de los ensayos y/o calibraciones.

Debe tener programas de calibración, verificación y mantenimiento.

5.6 Trazabilidad de la medición

Laboratorio equipado con todos los equipos, patrones y materiales de referencia.

Calibraciones trazables al SI.

5.7 Muestreo

Planes de muestreo y procedimientos.

5.8 Manejo de ítems de ensayo y calibración

Procedimientos para el transporte, recepción, manejo, protección, almacenamiento, retención y/o disposición de los ítems de ensayo/calibración.

5.9 Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo/calibraciones

El laboratorio debe tener procedimientos de control de la calidad para realizar el seguimiento de la validez de las calibraciones llevadas a cabo.

5.10 Informe de los resultados

Resultados informados en forma exacta, clara y no ambigua y objetiva, de acuerdo con las instrucciones de los métodos de calibración.

Anexo A: Referencias cruzadas a ISO 9001:2000

Anexo B: Directrices para establecer aplicaciones para campos específicos.

1.4.2 Acreditación

La acreditación es una declaración de la competencia técnica del laboratorio para realizar las actividades incluidas en el alcance de acreditación. Dicha competencia se establece mediante la evaluación del cumplimiento por parte del laboratorio de los requisitos establecidos a tal efecto en normas internacionales. [11]

El Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) establece los requisitos de acreditación que deben cumplir los laboratorios, así como los procedimientos de acreditación y evaluación a seguir, con el fin de que las acreditaciones concedidas sean plenamente válidas y confiables, tanto en Ecuador como en el ámbito internacional.

1.4.3 Beneficios de la Acreditación

Se resumen en los siguientes:

- Facilita el crecimiento del comercio y economía.

Los datos generados por un laboratorio acreditado pueden conducir a la aceptación más rápida de los productos exportados a si como pueda facilitar las importaciones, ya que reduce o elimina la necesidad de volver a calibrar en otro país.

- Capacidad de producir datos correctos, trazables y reproducibles.
- Disminución de los errores.

¹¹ SANETRA Clemens, MARBAN Roció – Una infraestructura de la calidad -2007

- Disminución de quejas y reclamos de los clientes.
- Mejora continua de las competencias del personal.
- Incremento de la productividad del laboratorio.
- Mejora la imagen del laboratorio.
- Acceso a nuevos clientes (nacionales o extranjeros).

1.4.4 Laboratorios acreditados – situación actual del país

En el Ecuador se disponen de 8 laboratorios de calibración acreditados para diferentes magnitudes ubicados en las ciudades de Quito y Guayaquil.

LABORATORIO	ALCANCE	CIUDAD
METROLAB	Calibración de balanzas, pesas, presión, temperatura, volumen	GUAYAQUIL
ELICROM	Calibración de balanzas, pesas, presión, temperatura, humedad volumen	GUAYAQUIL
SUPRAINDUS	Calibración de balanzas y pesas	GUAYAQUIL
CMEE	Calibración de magnitudes eléctricas baja frecuencia (Voltaje, corriente, resistencia, frecuencia), alta frecuencia (potencia y frecuencia), presión, temperatura, tiempo	QUITO
METROLOGIC	Calibración de presión y temperatura	QUITO
TECNOESCALA	Calibración de balanzas y pesas	QUITO
PRECITROL	Calibración de balanzas	QUITO
CERTMETROL	Calibración de balanzas	GUAYAQUIL

Tabla 1.4: Laboratorios Acreditados Ecuador
Fuente: www.acreditacion.gob.ec – Febrero 2015.

Mayor información sobre los alcances y los equipos a calibrar se puede obtener en www.acreditacion.com.ec.

CAPÍTULO II: DISEÑO DEL LABORATORIO DE ANTENAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

2.1 Introducción

Este capítulo aplica al diseño de un laboratorio de antenas de compatibilidad electromagnética, desde la definición de los requerimientos de los espacios hasta las consideraciones técnicas a tomar en cuenta para cada una de las partes que conforma un laboratorio de calibración de esta naturaleza.

El laboratorio será denominado como **LACEM** (Laboratorio de Antenas de Compatibilidad Electromagnética).

2.2 Diseño

2.2.1 Definición de requerimientos de espacio

Los aspectos de diseño así como los requerimientos de espacio se basan en lo estipulado en la recomendación internacional como es "Recommended Practice RP7 – Laboratory Design del National Conference of Standards Laboratories - NCSL INTERNATIONAL", utilizada para diseñar la infraestructura de laboratorios de calibración e Institutos Nacionales de Metrología.

El laboratorio se encontrará conformado de las siguientes áreas con las siguientes dimensiones:

Nro.	Área	Dimensiones (m²)
1	Área de Recepción e ingreso de Equipos	37
2	Área de Oficinas (administrativa, técnica y gestión de calidad, dirección)	66 (17/25.3/23.6)
3	Área de Almacenamiento de equipos	35
4	Área de calibración	80
5	Baños (2)	14
6	Área de capacitación y despeje	16
7	Área de comunicaciones	16.5
8	Sala de maquinas	27
9	Sitio de calibración de antenas (CALTS)	400

Tabla 2.1: Áreas del Laboratorio
Fuente: Autor

El plano del laboratorio se ubicaría en un área total de 352 m².

2.2.2 Selección del sitio

Para seleccionar el sitio donde deberá ubicarse este laboratorio deberá tomarse en consideración los siguientes aspectos:

- 1) El área total necesaria deberá estar libre de obstrucciones (árboles, líneas de media tensión, edificaciones, tuberías subterráneas).
- 2) La resistividad del suelo debe garantizar mantener las condiciones del sitio de calibración CALTS, tomando en cuenta

que estará a la intemperie se deberá asegurar que la temperatura, humedad, estratigrafía, compactación, naturaleza del terreno, salinidad, variaciones estacionales no afecten al sitio.

- 3) El área deberá estar libre de campos electromagnéticos presentes en el medio ambiente.

El sitio tentativo donde podría construirse el laboratorio es en la parroquia de Puembo, ubicado al nororiente de la capital.

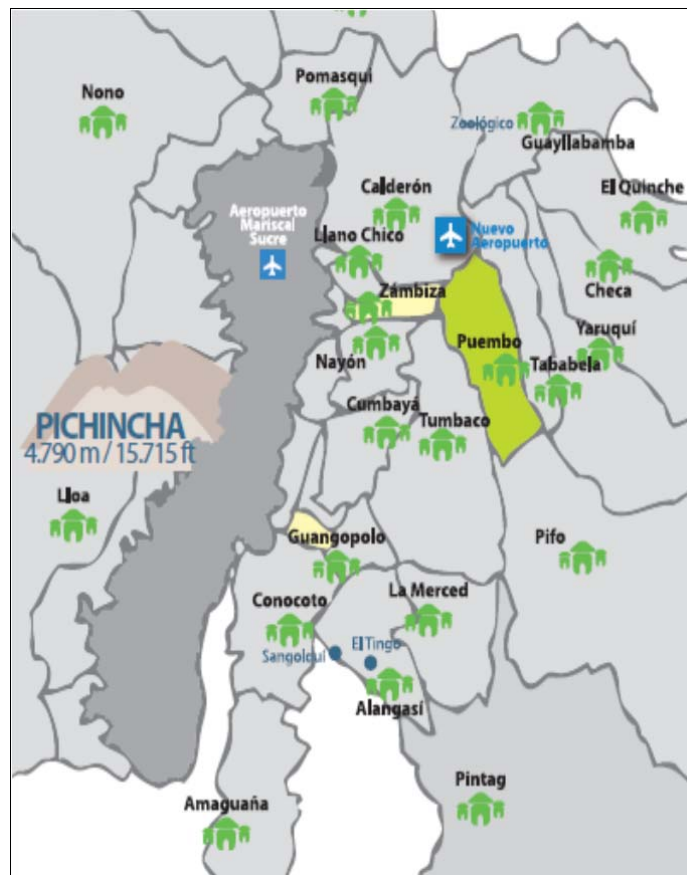


Ilustración 2.1: Mapa de Puembo
Fuente: Mapa Puembo - www.quito.com.ec

Se escogió este sitio por las bondades climáticas que ofrece, en relación a precipitaciones y a su temperatura ambiente, siendo ideales para un laboratorio. Ver ilustración 2.2:

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	53	96	113	126	75	37	12	23	67	100	98	69
°C	16.3	16.2	16.3	16.3	16.3	15.8	15.7	15.8	16.1	16.2	16.1	16.2
°C (min)	9.1	9.1	9.4	9.6	9.1	8.2	7.5	7.5	8.0	8.9	8.9	8.8
°C (max)	23.5	23.3	23.2	23.0	23.5	23.4	23.9	24.1	24.3	23.6	23.3	23.6
°F	61.3	61.2	61.3	61.3	61.3	60.4	60.3	60.4	61.0	61.2	61.0	61.2
°F (min)	48.4	48.4	48.9	49.3	48.4	46.8	45.5	45.5	46.4	48.0	48.0	47.8
°F (max)	74.3	73.9	73.8	73.4	74.3	74.1	75.0	75.4	75.7	74.5	73.9	74.5

Ilustración 2. 2: Clima Puenbo

Fuente: Clima Puenbo - <http://es.climate-data.org/location/180518/>

2.2.3 Desarrollo del plano

El plano del laboratorio quedaría constituido de la siguiente forma:

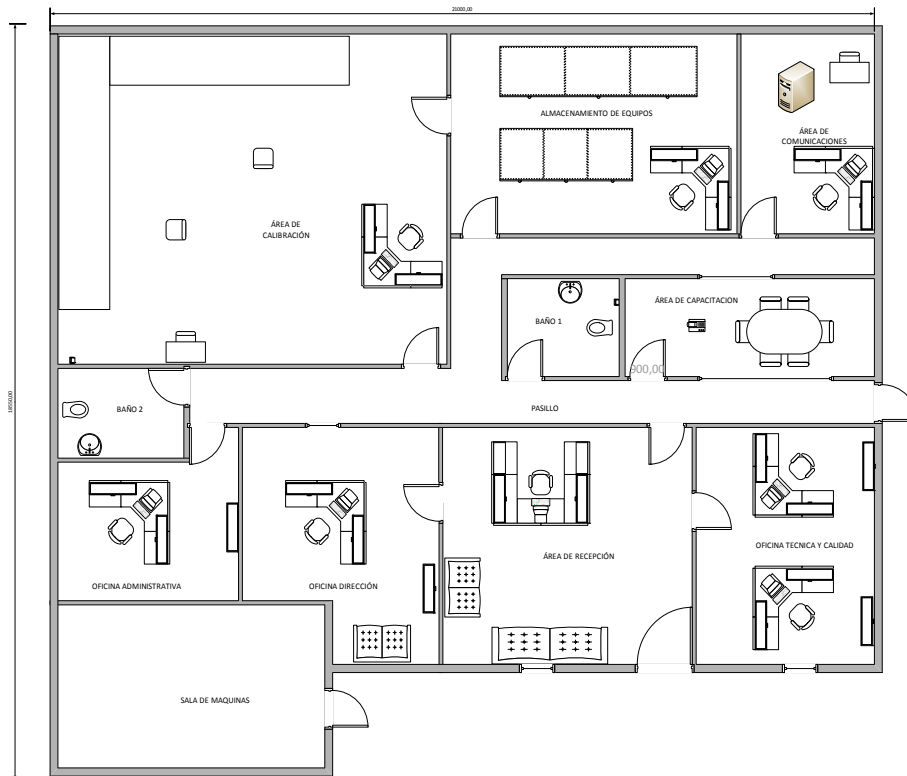


Ilustración 2.3: Plano del laboratorio

Fuente: Autor

En vista en 3D quedaría de la siguiente manera:



Ilustración 2.4: Vista principal laboratorio
Fuente: Autor



Ilustración 2.5: Vista superior del laboratorio
Fuente: Autor



Ilustración 2.6: Vista posterior del laboratorio
Fuente: Autor

El laboratorio constaría de las siguientes áreas:

Nro.	Área	Descripción
1	Área de Recepción e ingreso de Equipos	Área destinada a la recepción de los equipos a ser calibrados
2	Área de Oficinas (administrativa, técnica y gestión de calidad, dirección)	Oficinas destinadas a realizar actividades técnicas y de gestión
3	Área de Almacenamiento de equipos	Área destinada al almacenamiento de equipos luego de la calibración
4	Área de calibración	Área donde se realizaran las calibraciones de antenas. Se compone de dos pórticos ubicados en las paredes para la conexión con los equipos ubicados en el CALTS
5	Baños (2)	
6	Área de capacitación y despeje	Lugar destinado a la capacitación

7	Área de comunicaciones	Centro de computo del laboratorio
8	Sala de maquinas	Área donde se ubican los tableros eléctricos principales y generador
9	Sitio de calibración de antenas (CALTS)	Área destinada para ubicar los antenas destinadas a calibración

Tabla 2.2: Distribución Laboratorio
Fuente: Autor

Las áreas más representativas quedarían implementadas de la siguiente forma:

Área Recepción:



Ilustración 2.7: Área Recepción
Fuente: Autor

Área de Calibración:



Ilustración 2.8: Área Calibración
Fuente: Autor

Área de Oficinas:

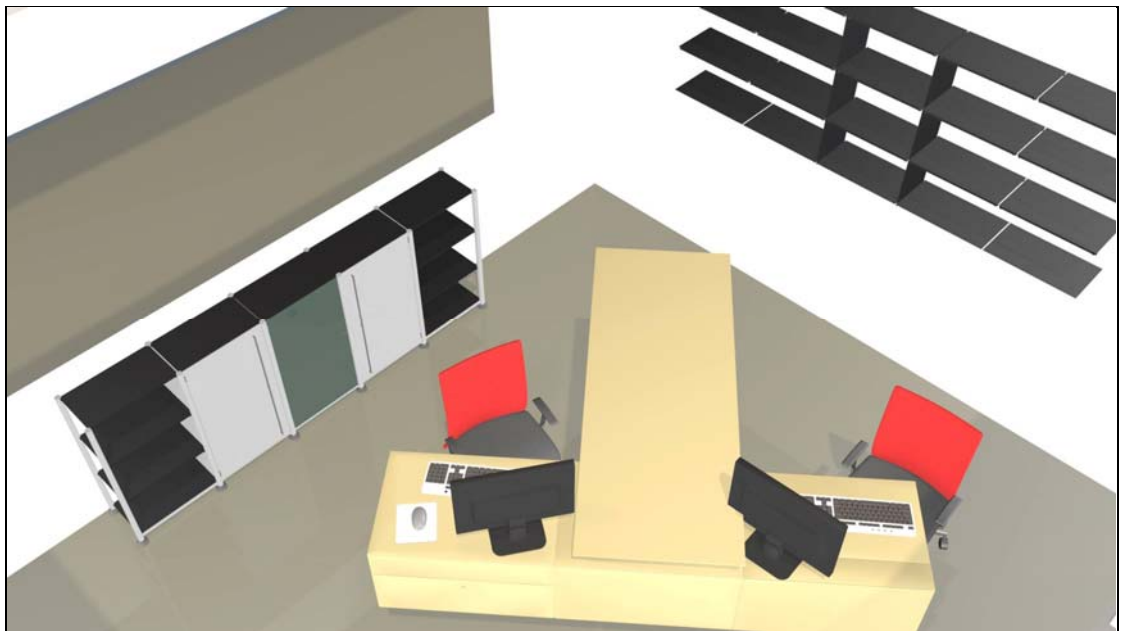


Ilustración 2.9: Área de oficina técnica
Fuente: Autor

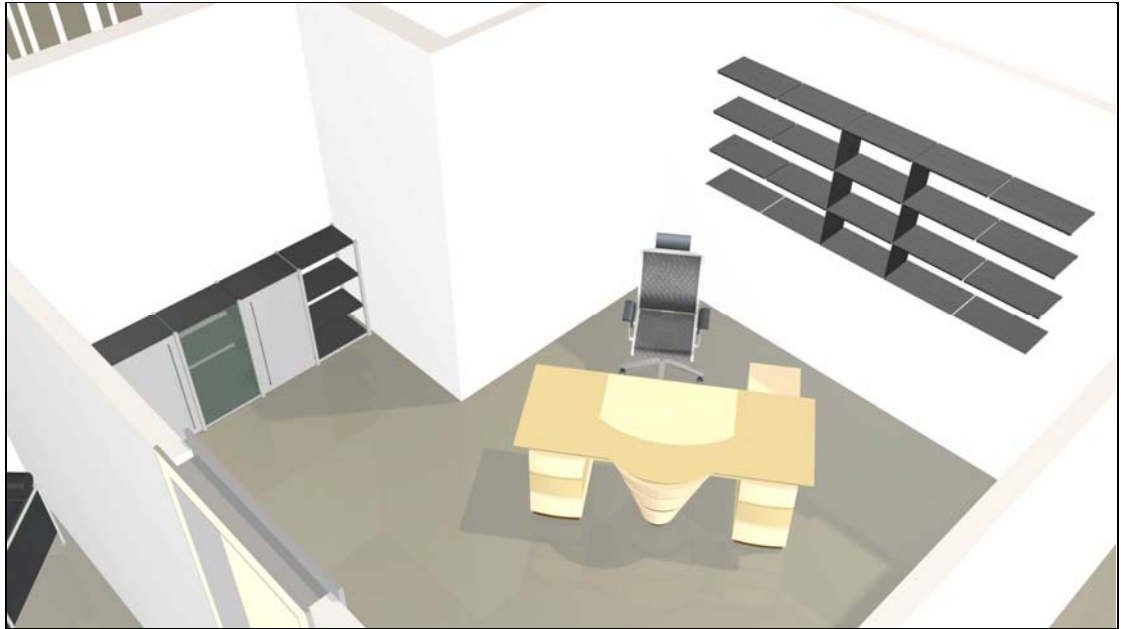


Ilustración 2.10: Área de oficina administrativa
Fuente: Autor

Área de reuniones:



Ilustración 2.11: Área de reuniones
Fuente: Autor

Sitio de Calibración de antenas:

Un sitio para calibración a campo abierto o CALTS es aquel sitio que proporciona un entorno adecuado para calibrar el factor de antena en espacio libre de obstrucción de las antenas bajo prueba. Se compone por un plano de tierra metálico (conductor y liso) o plano reflectante, por lo que las dimensiones del sitio de calibración han sido establecidas de acuerdo a la norma CISPR 16-1.5:2003 – Emplazamientos de ensayo para calibración de antenas de 30 MHz a 1000 MHz.

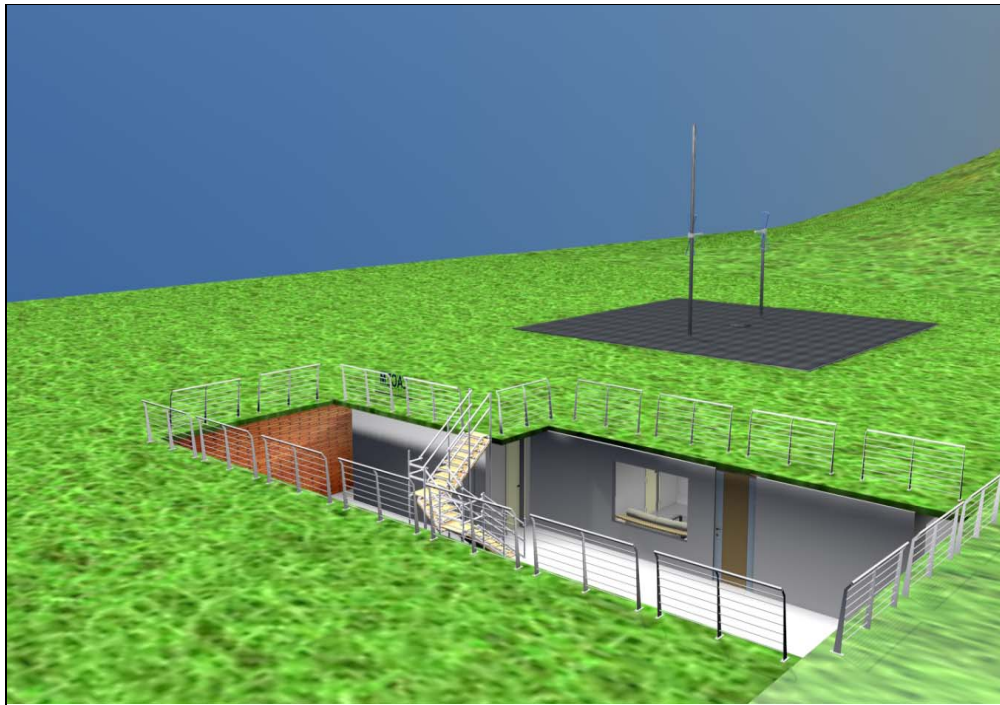


Ilustración 2.12: CALTS - Vista frontal
Fuente: Autor

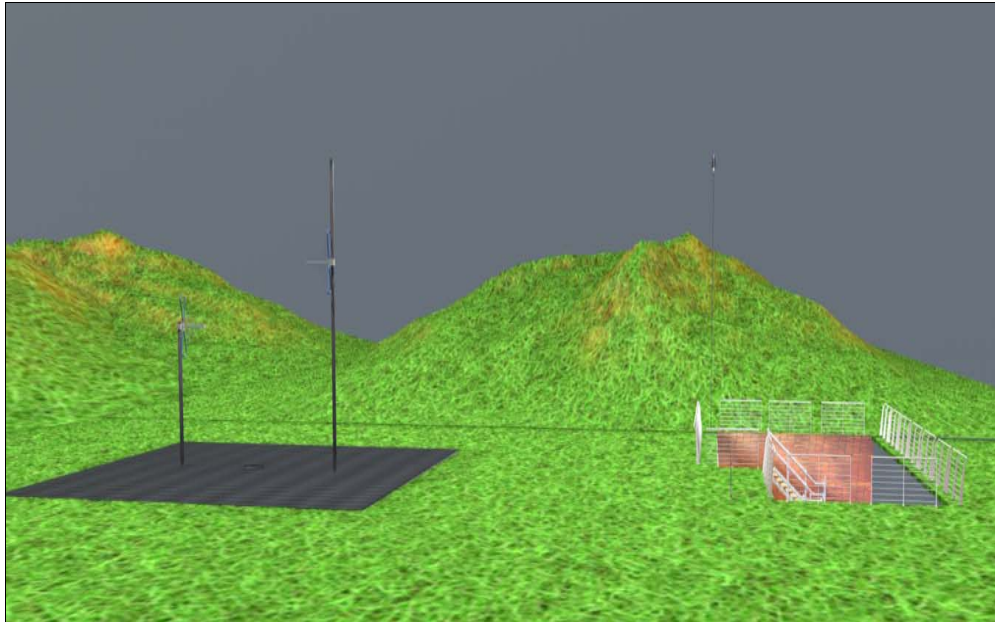


Ilustración 2.13: CALTS – vista lateral
Fuente: Autor

El criterio para establecer las dimensiones del sitio de calibración CALTS viene de la norma CISPR 16-1-4:2000 / UNE-EN 55016-1-4:2011, en la que se define que el tamaño y la forma depende de la distancia de medida y de la necesidad de rotar o no el equipo sometido a ensayo (antena bajo prueba). Si el sitio está equipado con una mesa giratoria (para ubicar el objeto bajo prueba) la zona libre de obstáculos recomienda que sea una elipse donde la antena patrón y la antena bajo prueba (o cuando se realizan mediciones de emisiones - antena de recepción y el equipo bajo prueba) se encuentren en los dos focos y donde el eje mayor es igual al doble de la distancia de medida y el eje menor es igual al producto de las distancia de medida por la raíz cuadrada de tres. [12]

¹² UNE-EN 55016-1-4:2011 Antenas y emplazamientos de ensayo para medidas de perturbaciones radiadas.

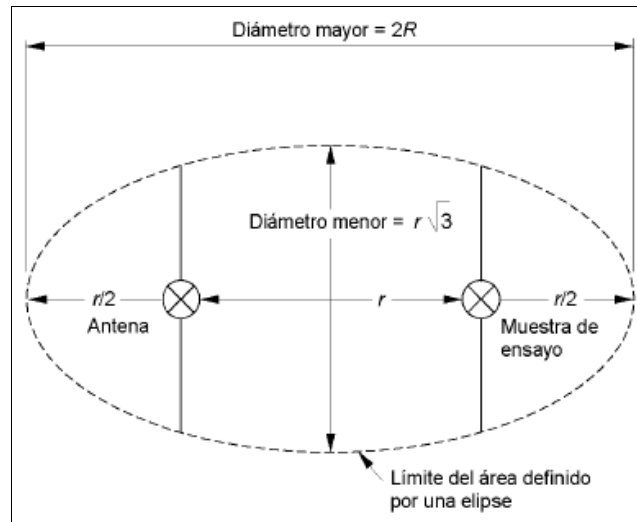


Ilustración 2. 14: Configuración de CALTS

Fuente: UNE-EN 55016-1-4:2011 Antenas y emplazamientos de ensayo para medidas de perturbaciones radiadas.

Si el sitio no está equipado con una mesa giratoria, es decir el ítem a calibrar es estacionario, la zona libre de obstáculos recomendada es una zona circular tal que la distancia radial desde el borde del equipo sometido al ensayo hasta el borde de la zona sea igual a la distancia de medida multiplicada por 1.5 veces. En este caso, la antena se desplaza alrededor del equipo sometido a ensayo a la distancia de separación.

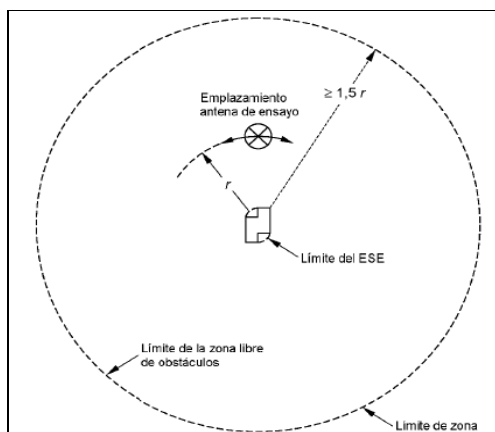


Ilustración 2. 15: Configuración con mesa giratoria

Fuente: UNE-EN 55016-1-4:2011 Antenas y emplazamientos de ensayo para medidas de perturbaciones radiadas.

Es importante acotar que la CISPR 16-1.5:2008 recomienda que el tamaño del plano de tierra metálico debería cubrir la primera zona de Fresnel. Esto es para un sitio de medición de 10 metros los ejes mayor y menor son 16.3 y 13 metros.

Para la calibración de antenas utilizaremos una mesa giratoria, esto es con el fin de que este proyecto también sea útil para realizar ensayos de medición de emisiones.

Con esto tenemos que el área de medición de antenas será de 10 metros, con lo que definiríamos que el diámetro mayor será de $2 \times 10 = 20$ metros y el diámetro menor será $10 \text{ metros} \times \sqrt{3}$, tendiendo 17,3 metros, formando una elipse. El área total del plano metálico será de 400 m^2 con dimensiones establecidas de $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ (siendo 17.3).

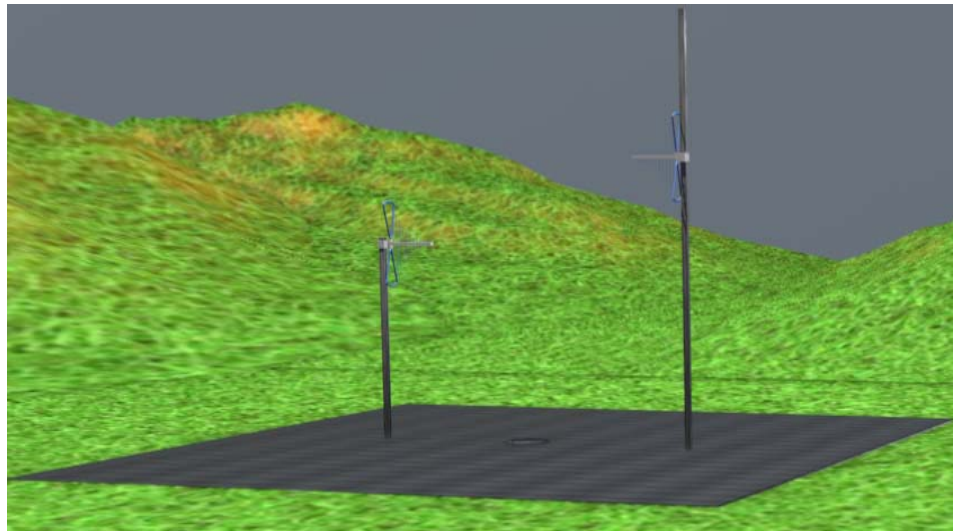


Ilustración 2.16: CALTS LACEM
Fuente: Autor

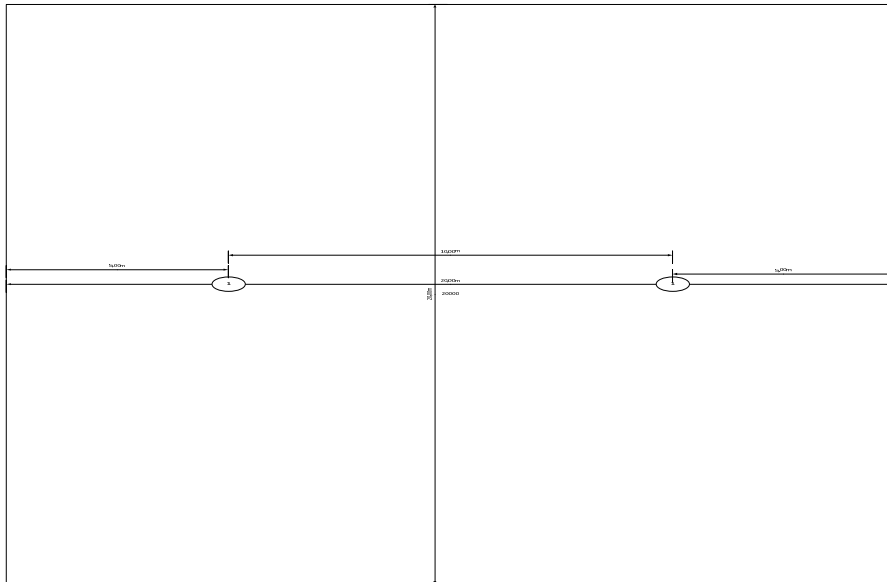


Ilustración 2.17: Configuración de CALTS LACEM
Fuente: Autor

Un CALTS deberá tener una zona libre de obstrucciones, por lo que es necesario establecer un perímetro desde los bordes donde no deberá existir ningún tipo de construcción, cables, arboles, piedras, cerramientos. Se recomienda que sea de 6 veces la longitud de medición entre antenas es decir 60 metros. Similar situación debajo de la plataforma, es necesario asegurarse de que no existan cables, tuberías salvo las necesarias para la realización de las calibraciones.

Se deberá tomar en cuenta que el plano de tierra metálico deberá estar en el mismo plano del suelo. Las instalaciones del laboratorio se encontraran a desnivel con el plano del suelo.

La construcción del plano de tierra metálico contemplará las siguientes etapas:

1. Acondicionar el terreno con una plataforma inicial de piedra y cemento para evitar posibles movimientos de tierra (Espesor de 15 cm).
2. Construcción de una losa de concreto, para soportar el placas de acero (Espesor de 10 cm).
3. Armado de una rejilla lisa sobre la losa de concreto, las que nos ayudará a mantener plano el sitio. Esta rejilla es de acero negro galvanizado de alto soporte de carga y gran resistencia.
4. Colocación de las placas metálicas de acero.

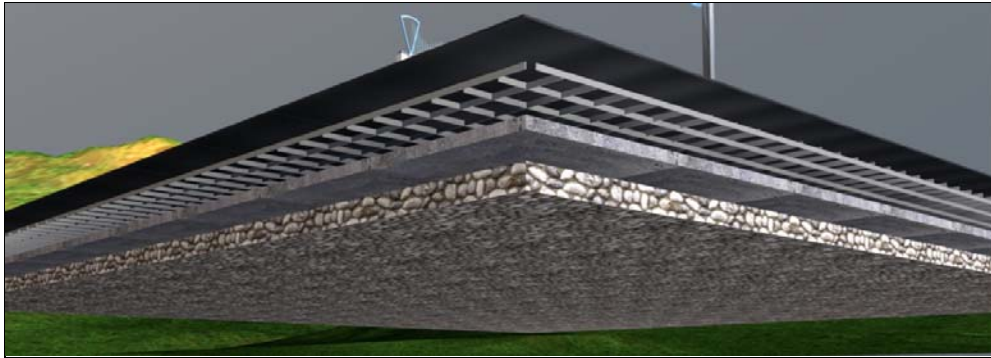


Ilustración 2.18: Construcción del plano metálico
Fuente: Autor

Se deberá dejar al centro del plano un espacio de al menos 1 metro de diámetro para la colocación de la mesa giratoria en un plano de 360 °, la misma que deberá estar al mismo nivel del plano metálico.

Al final de la construcción se deberá comprobar la rugosidad del plano metálico que para mediciones de 10 metros será de ± 10 mm para frecuencias de hasta 1000 MHz, según del criterio de Rayleigh.

2.2.4 Condiciones Ambientales

Las condiciones establecidas para un laboratorio de calibración de antenas de compatibilidad electromagnética se apegarán a los siguientes requerimientos, tomando en consideración la clasificación de laboratorios de calibración y prueba de acuerdo a la norma ISA-RP52.1-1975.

CLASIFICACIÓN	NIVEL 2 Laboratorios de referencia y secundarios: Laboratorios públicos Laboratorios de universidades Laboratorios militares Laboratorios privados
SUBDIVISIÓN	TIPO 1 Estos laboratorios realizan comparaciones con el nivel 1 (Laboratorios nacionales o custodios de patrones nacionales)
CONDICIONES AMBIENTALES	RUIDO ACÚSTICO Nivel máximo 45 dB
	PARTICULAS DE POLVO $< 7 \cdot 10^6$ partículas/m ³ > 1 μ m $< 4 \cdot 10^7$ partículas/m ³ > 0.5 μ m Sin partículas > 50 μ m
	CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Intensidad, campo de radiación < 100 μ V/m Bus común de CC a tierra, < 2 Ω Común de CA a tierra, < 5 Ω
	PRESIÓN DEL AIRE Presión positiva en el laboratorio 10 Pa
	ILUMINACIÓN 1000 lux en la superficie de trabajo
	HUMEDAD RELATIVA 35 a 55 % HR @ 23 °C
	TEMPERATURA 23 \pm 1.5 °C

	<p>VIBRACIÓN</p> <p>Sin requerimientos específicos en laboratorio, sin embargo en el sitio CALTS asegurar lo siguiente:</p> <p>Desplazamiento < 0,25 um @ 0,1 Hz a 30 Hz</p> <p>Aceleración < 0,001 g @ 30 Hz a 200 Hz</p>
	<p>TENSIÓN</p> <p>Variación de salida regulada 0,1 %</p> <p>Variación de línea < ± 10 % (120 VAC)</p> <p>rms armónicas < 5% rms fundamental (60 Hz)</p>

Tabla 2.3: Condiciones ambientales y de funcionamiento
Fuente: Clasificación de laboratorios de calibración y prueba de acuerdo a la norma ISA-RP52.1-1975

2.2.5 Comunicaciones y Sistema de Datos

El laboratorio deberá contar con un sistema de comunicación que provea calidad de servicio y seguridad en la red tanto para datos como para telefonía, la misma que deberá ser escalable, disponible y de fácil administración.

El diseño de la red se basará en un modelo jerárquico en donde intervienen las siguientes capas:

Capa de Acceso: Donde se conectan todos los usuarios finales de la red como: computadores, impresoras, escáneres, teléfonos IP etc. El objetivo de esta capa es establecer un medio de conexión entre los dispositivos y la red.

Capa de Distribución: En esta capa se implementan todas las políticas de acceso y seguridad a la red como ACL (listas de acceso), ruteo, VLANS. El objetivo de esta capa es establecer el nexo entre la capa de acceso y la capa de núcleo o core. Aquí se define que paquetes deben llegar a la capa de core.

Capa de Núcleo o Core: Como su nombre lo indica es el núcleo de la red, el objetivo de esta capa es conmutar los paquetes a la brevedad posible.

El diagrama de red será el siguiente:

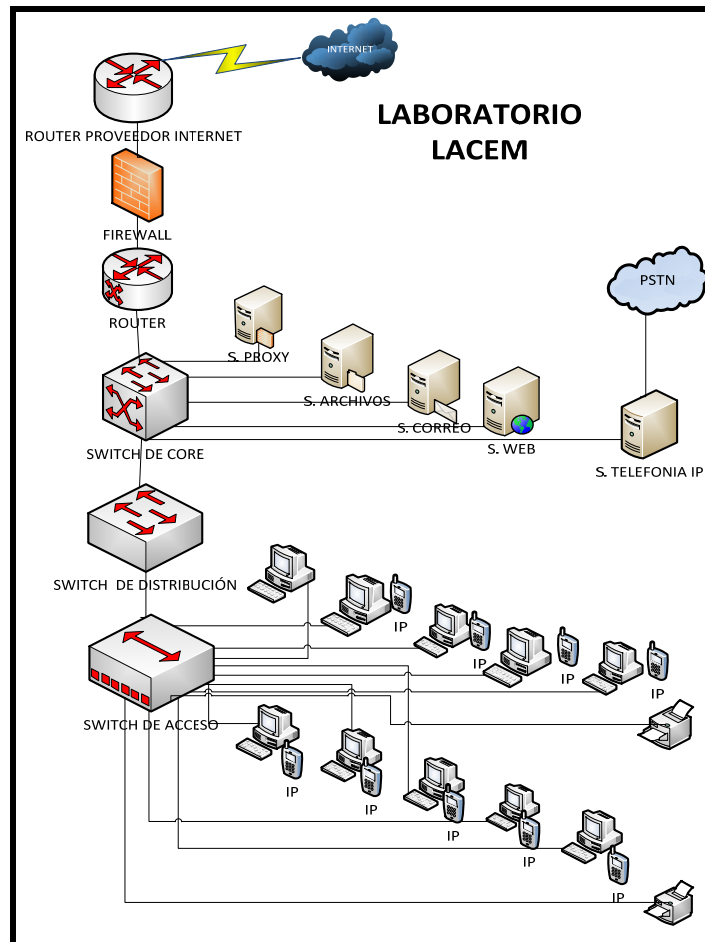


Ilustración 2.19: Esquema de la red
Fuente: Autor

La tecnología de red utilizada será Gigabit Ethernet debido a que ofrece ventajas muy acentuadas en torno a la velocidad de transmisión, escalabilidad, bajos costos, calidad de servicio. Etc.

(Utilizando como medio de transmisión cable UTP categoría 6.La topología de la red será en estrella).

El cableado estructurado deberá ir empotrado dentro de la estructura de la construcción a través de tuberías y llegara hasta cada oficina y laboratorio a través de faceplates dobles.

En el cuarto de comunicaciones se dispondrá de un gabinete el mismo que deberá ser diseñado en base a los puntos de red requeridos.

Las características técnicas y funcionales en relación a los servidores de fundamentan en las prestaciones de la red, la cantidad de usuarios y compatibilidad entre equipos, abarcando todas en conjunto, el criterio básico de especialización.

Los servidores tendrán las siguientes características:

Servidor	Características Funcionales	Características Técnicas Básicas
Servidor Proxy	El mismo que servirá de conexión entre los equipos conectados a la red LAN y el Internet, cuyo objetivo fundamental será proteger a la red de ataques externos, y brindar mayor velocidad en la navegación y el acceso al Internet. En este servidor se podrán controlar los accesos a Internet por cada usuario así como su navegación.	Procesador: Intel Xeon Memoria: RAM 4 Gb Almacenamiento: 300 Gb Tarjeta de Red: 2 NIC 1000 Mbps
Servidor Correo	Este servidor tendrá dentro de sus funciones proveer el servicio de correo electrónico a todos los usuarios del laboratorio. El acceso podría establecerse desde un	Procesador: Intel Xeon Memoria: RAM 4 Gb Almacenamiento: 500 Gb con RAID Tarjeta de Red: NIC

	navegador web o de un cliente de correo instalado en cada estación de trabajo.	1000 Mbps
Servidor Web	Servidor utilizado para contener la página web del laboratorio bien sea dinámica o estática	Procesador: Intel Xeon Memoria: RAM 4 Gb Almacenamiento: 500 Gb Tarjeta de Red: NIC 1000 Mbps
Servidor Archivos	Servidor utilizado para contener todos los documentos del Sistema de gestión de calidad del laboratorio. Los usuarios podrán acceder a la información de este servidor de acuerdo a los permisos otorgados. (lectura / escritura)	Procesador: Intel Xeon Memoria: RAM 4 Gb Almacenamiento: 500 Gb con RAID Tarjeta de Red: NIC 1000 Mbps
Servidor Telefonía	Este servidor nos permitirá gestionar y administrar el sistema telefónico del laboratorio bajo direcciones IP. Deberá tener soporte del protocolo SIP, códec G711.	Procesador: Intel Core Memoria: RAM 1 Gb Almacenamiento: 300 Gb Tarjeta de Red: NIC 1000 M Interfaz: Jack RJ11 y faceplate RJ11
Cada servidor dispondrá de un UPS de 1000 VA de entrada y salida a 110 VAC		

Tabla 2. 4: Requisitos Servidores
Fuente: Autor.

Los equipos de conectividad y sus características se justifican en brindar:

- Aplicaciones y servicios en tiempo real.
- Calidad de servicio QoS.
- Disponibilidad de los servicios.
- Confiabilidad dentro de la red.

- o Seguridad.

Las características de los equipos de conectividad son:

Equipos de conectividad	
Switch de Acceso	
Cantidad:	1
Puertos:	24 puertos full duplex 10/100/1000 Mbps 2 puertos uplink
Latencia:	Menor a 5 μ s
Otros:	Soporte VLAN's, ACL, Spanning tree Protocolo de priorización de tráfico, protocolos de seguridad, Soporte de paquetes de telefonía IP Administración vía consola y WEB
Switch de Distribución	
Cantidad:	1
Puertos:	4 puertos full duplex 10/100/1000 Mbps 2 puertos uplink
Otros:	Conmutación capa 2 y 3. Soporte VLAN's, ACL, Spanning tree Protocolo, priorización de tráfico, protocolos de seguridad, Soporte de paquetes de telefonía IP Administración vía consola y WEB
Switch de Núcleo	
Cantidad:	1
Puertos:	8 puertos full duplex 10/100/1000 Mbps 2 puertos uplink
Otros:	Conmutación capa 2 y 3 Soporte VLAN's, ACL, Spanning tree Protocolo de priorización de tráfico, protocolos de seguridad, Soporte de paquetes de telefonía IP Administración vía consola y WEB
Router	
Cantidad:	1
Puertos:	3 puertos full duplex 10/100/1000 Mbps

	2 interfaces seriales.
Otros:	Enrutamiento estático y dinámico Soporte VLAN's, VPN, ACL, Spanning tree Protocol, protocolos de enlace WAN, priorización de tráfico, protocolos de seguridad, Soporte de paquetes de telefonía IP Administración vía consola y WEB

Tabla 2.5: Equipos de conectividad
Fuente: Anexos, Hojas técnicas - equipos de conectividad.

Los equipos de conectividad estarán conectados a un Sistema de Alimentación ininterrumpida – UPS de 2000 VA.

Las características de las estaciones de trabajo, impresoras y teléfonos IP, se fundamentan en el reducido número de usuarios que utilizaran la infraestructura del laboratorio por lo que se dispone de características básicas que aseguran un buen desempeño en base a experiencias mantenidas.

Estaciones de Trabajo	
Cantidad:	10
Procesador:	Inter Core i7
Sistema Operativo:	Windows 7 Professional 64 bits
Memoria RAM:	4 Gb
Almacenamiento:	500 Mb
Tarjeta de Red:	NIC 10M/100M/1000M
Otros	Cada estación de trabajo dispondrá de un UPS de 1000 VA de entrada y salida a 110 VAC

Tabla 2.6: Requisitos Estaciones de Trabajo
Fuente: Anexos, Hojas técnicas - equipos de conectividad.

Las características de las impresoras serán:

Impresoras	
Cantidad:	2
Características	Resolución 1200 dpi Laser en color, copiadora y escáner
Interface:	NIC 10 M/100M

Tabla 2.7: Requisitos impresoras
Fuente: Anexos, Hojas técnicas - equipos de conectividad

Las características de los teléfonos IP serán:

Teléfonos IP	
Cantidad:	9
Puertos:	Dos puertos Ethernet 10/100/1000 Mbps
Protocolo:	SIP
Codec:	G711
Funciones:	Transferencia de llamada, ajuste de volumen, llamada en espera, redial entre los principales.

Tabla 2.8: Requisitos Teléfonos IP
Fuente: Anexos, Hojas técnicas - equipos de conectividad

2.2.6 Seguridad, Protección de incendios y alarmas

El laboratorio debe contar con un sistema de seguridad, incendio y emergencias para suplir cualquier acto fortuito que pueda presentarse.

Seguridad: De preferencia el laboratorio deberá tener seguridad física las 24 horas del día para salvaguardar la inversión provista.

Protección de incendios: El laboratorio deberá contar con sistema de alarma contra incendios basándose en detectores de humo y sistemas de supresión de incendios por gas, ya que el agua puede causar graves daños en los equipos.

2.2.7 Calentamiento, Ventilación y Aire acondicionado

El área de calibraciones será el único lugar donde será necesario tener temperaturas controladas y por ende mantener un aire acondicionado para lo cual necesitamos dimensionar el equipo, tomando en cuenta los siguientes factores:

- Clima.
- Área a ser climatizada (m^2).
- Carga térmica (personas, computadores, muebles).

Tomando en cuenta que el laboratorio deberá estar entre 21.5 a 24.5 °C, en un clima templado es decir de 19 a 25 °C se considera 550 BTU/ m^2 .

El área a ser climatizada será de 80 m^2 .

La carga térmica se compone de todos los elementos que generan calor en el área a ser climatizada como personas, computadores, muebles. Teniendo los siguientes datos: Ver tabla 2.9.

Persona= 500 BTU
Computador = 400 BTU
Televisor = 600 BTU
Luminarias / muebles = 400 BTU
Con esos datos establecemos la capacidad total siendo:
$C = \text{Área} \cdot \text{BTU}/\text{m}^2 + \text{carga térmica}$
$C = 80 \text{ m}^2 \cdot 550 \text{ BTU}/\text{m}^2 + (2 \cdot 500 \text{ BTU} + 2 \cdot 400 \text{ BTU} + 3 \cdot 400 \text{ BTU})$
C= 47000 BTU
A este valor aumentamos un 15% por consideraciones de ajustes al diseño teniendo: $47000 \text{ BTU} + 15\% = 54050 \text{ BTU}$
Al sistema internacional tenemos = 57, 02 MJ (Mega Julios)

Tabla 2.9: Datos climatización
Fuente: Autor

Comercialmente tenemos equipos con capacidad de 60000 BTU.

2.2.8 Alimentación Eléctrica – Planos

Los planos sobre las instalaciones eléctricas están estructurados de la siguiente forma:

Acometida principal al Laboratorio.

Para la construcción del laboratorio se deberá tomar en cuenta los siguientes requerimientos establecidos en el diagrama eléctrico unifilar propuesto.

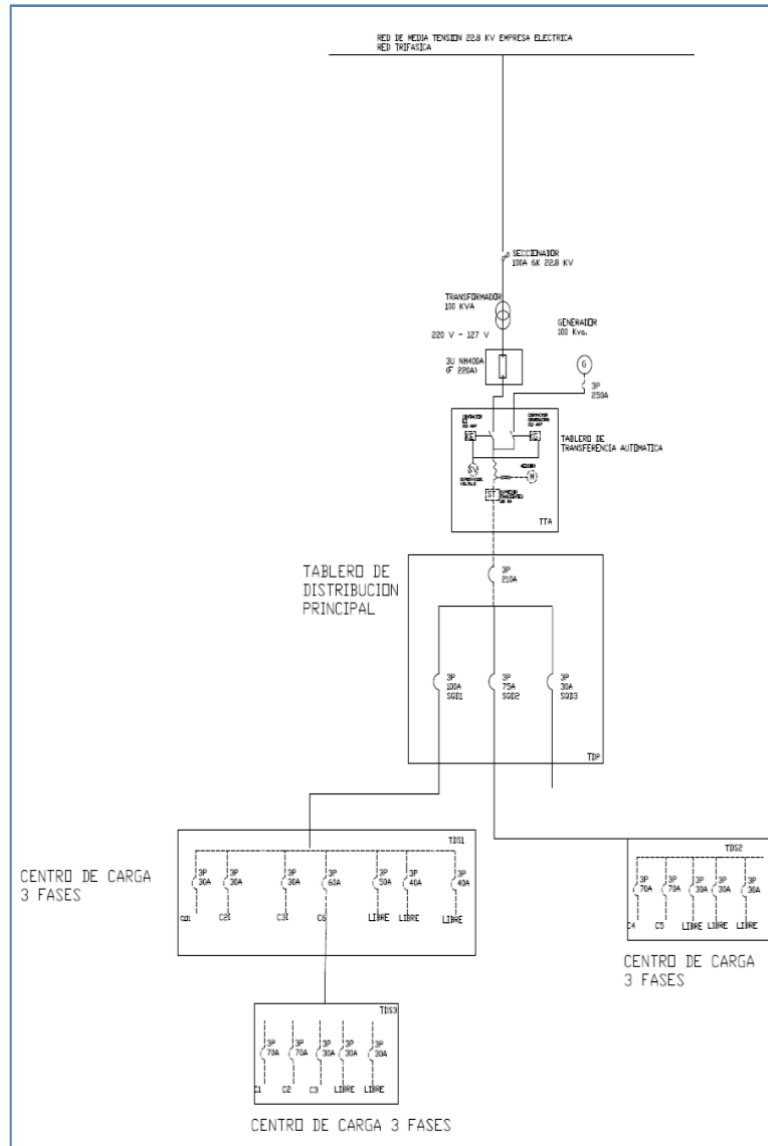


Ilustración 2.20: Diagrama Eléctrico Unifilar
Fuente: Autor

Potencia del Transformador

Considerando la potencia que deberá abastecer al laboratorio y los transformadores comerciales, se consideró para un consumo aproximado de 45 kW un transformador de 100 kVA.

Características:

Transformador trifásico.

Potencia: 100 kVA – 3 fases.

Tensión Primario: 22800 V.

Tensión Secundario: 220 / 127 V.

Los requerimientos de potencia de los equipos se establecen de acuerdo a las características de cada equipo (potencia consumida) y del número de equipos instalados, de acuerdo a sus hojas técnicas dispuestas en anexos.

Equipo	Potencia
Aire Acondicionado (1)	25 kW
Luminarias (69)	8 kW
Equipos de cómputo e impresoras	6 kW
Equipos de Telecomunicaciones	3 kW
Equipos de Oficina	3 kW
Total	45 kW

Tabla 2.10: Potencia Consumida
Fuente: Autor

También está considerado el uso de un generador de 100 kVA de las siguientes características:

Potencia: 90 kVA – 72 kW – 3 fases

Tensión de salida: 110-127 V / 208-220 V

Frecuencia: 60 Hz

Corriente eléctrica: 250 A

Así como un sistema de alimentación ininterrumpida de 1000 kVA para cada equipo de telecomunicaciones y los ordenadores.

Cabe destacar que dentro del diseño se tomó en cuenta un supervisor de voltaje y un supresor de transientes, los mismos que tienen las siguientes funciones:

Supervisor de Voltaje: Protección contra alto o bajo voltaje, desbalance de fases, pérdida de fase, secuencia invertida.

Supresor de Transientes: Destinados a la protección de las instalaciones eléctricas contra sobretensiones generadas por fenómenos transitorios. Evacúa las corrientes asociadas a dichas sobretensiones.

Estos equipos disponen de las siguientes características:

Equipo	Características
Supervisor de Voltaje	Voltaje de operación: 190 a 600 VAC trifásico Frecuencia: 50- 60 Hz Desbalance ajustable
Supresor de Transientes	120/240 V, 3 fases protección a 160 kA

Tabla 2.11: Requisitos elementos de protección
Fuente: Anexos, Hojas técnicas.

Instalaciones dentro del Laboratorio.

La simbología a utilizar en los planos es la siguiente:

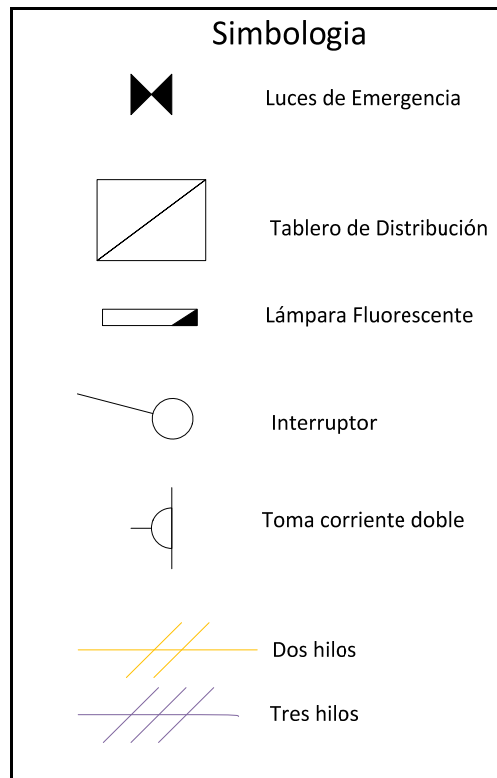


Ilustración 2.21: Simbología Eléctrica
Fuente: Simbología Visio.

Plano de iluminación:

Conformado por tres circuitos

- 1) Circuito Iluminación Calibración-Almacenamiento-Centro de computo (amarillo).
- 2) Circuito Iluminación Capacitación-baños-pasillos (verde).
- 3) Circuito Iluminación Oficinas – sala maquinas (azul).

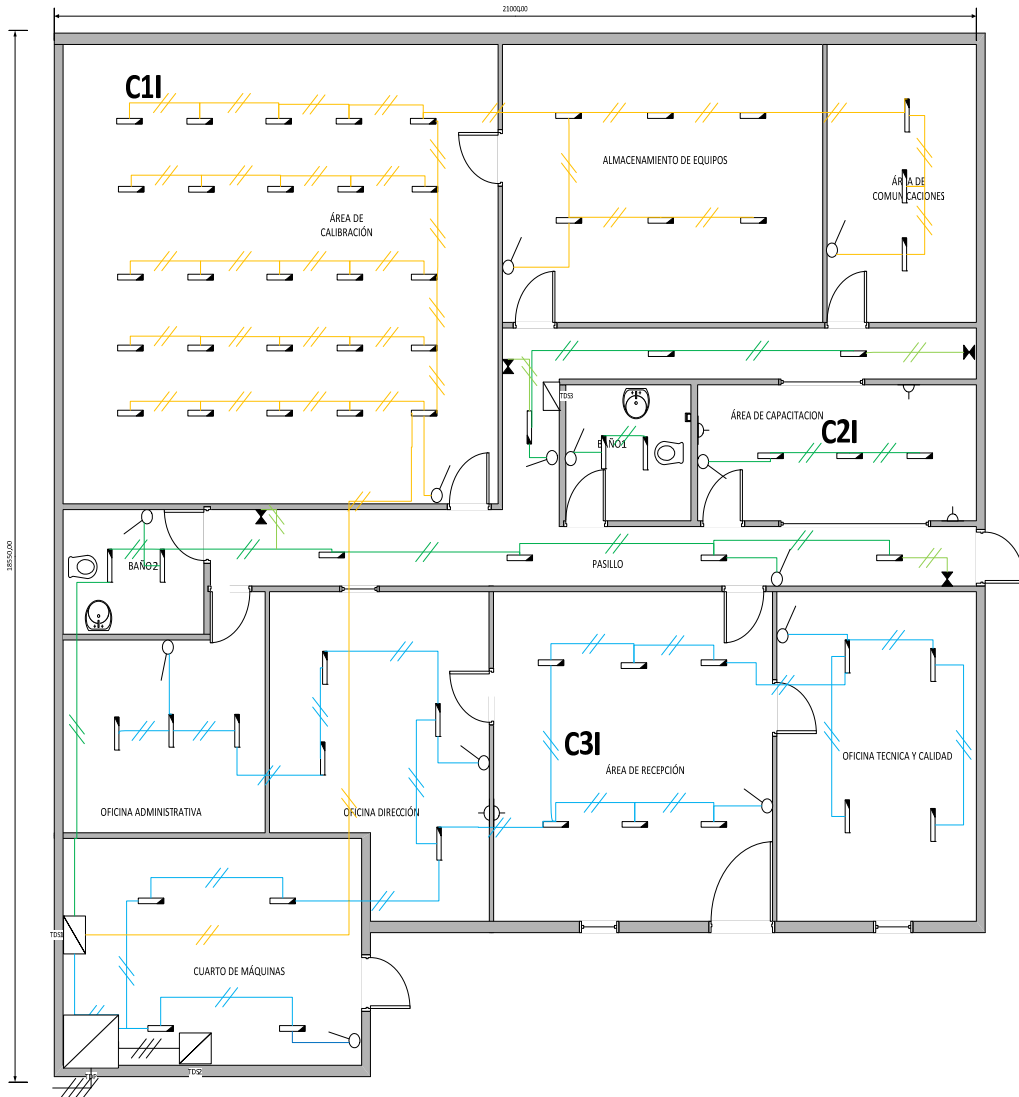


Ilustración 2.22: Plano de Iluminación
Fuente: Autor

Plano de tomas

Conformado por tres circuitos:

- 1) Circuito de tomas del área de calibración (Amarillo).
- 2) Circuito de tomas de almacenamiento, computo, capacitación (Violeta).

- 3) Oficinas administrativas(Azul).
- 4) Tomas especiales área calibración (verde).
- 5) Tomas especiales sala de máquinas (negro).

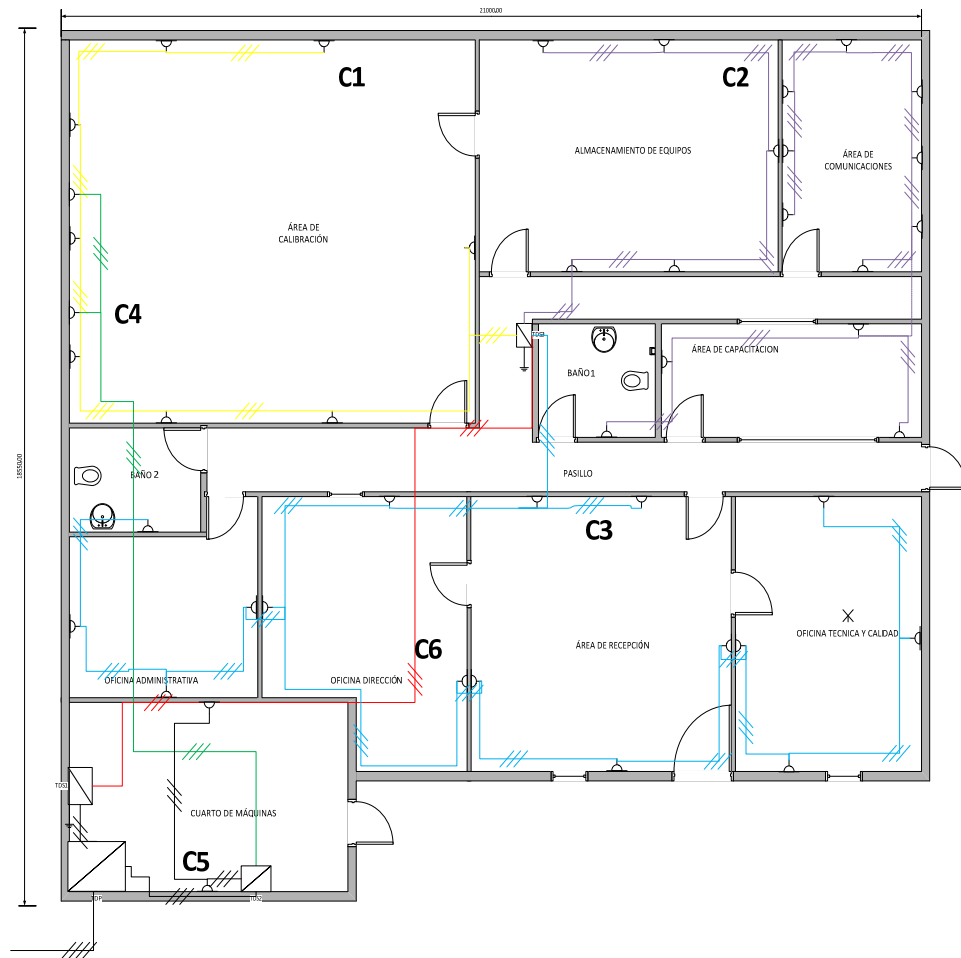


Ilustración 2.23: Plano de tomacorrientes
Fuente: Autor.

2.2.9 Puesta a tierra

Para el diseño de la puesta a tierra se tomó los criterios establecidos en la norma UNE 21000-5-2-IN Compatibilidad Electromagnética (CEM) - Parte 5: Guías de instalación y atenuación -Sección 2: Puesta a tierra y cableado.

Uno de los aspectos más críticos en un laboratorio de antenas de compatibilidad electromagnética es la puesta a tierra. Para esto es necesario tomar en cuenta las funciones principales de un sistema de puesta a tierra:

- Asegurar la seguridad del personal y la protección de las instalaciones contra eventos fortuitos como rayos y fallos de red eléctrica.
- Contribuir para la atenuación de las perturbaciones de los sistemas electrónicos y eléctricos sensibles e interconectados.

El objetivo de un sistema de tierra es tener una referencia común absoluta de tensión, donde puedan liberarse todas las posibles diferencias de tensión entre dos puntos.

La puesta a tierra del laboratorio será conformada por la interconexión o unión de los sistemas de tierra, los mismos que deberán tener conductores independientes y preferentemente por trayectorias distintas donde el único punto de conexión debe ser la malla de tierra formando finalmente un mismo punto de referencia. La tierra propuesta interconectará el CALTS y el laboratorio de calibración.

La resistencia de puesta a tierra recomendada para equipos sensibles es de 5Ω .

Para poder alcanzar ese valor es necesario realizar una malla de tierra con la siguiente configuración: (vista desde arriba).

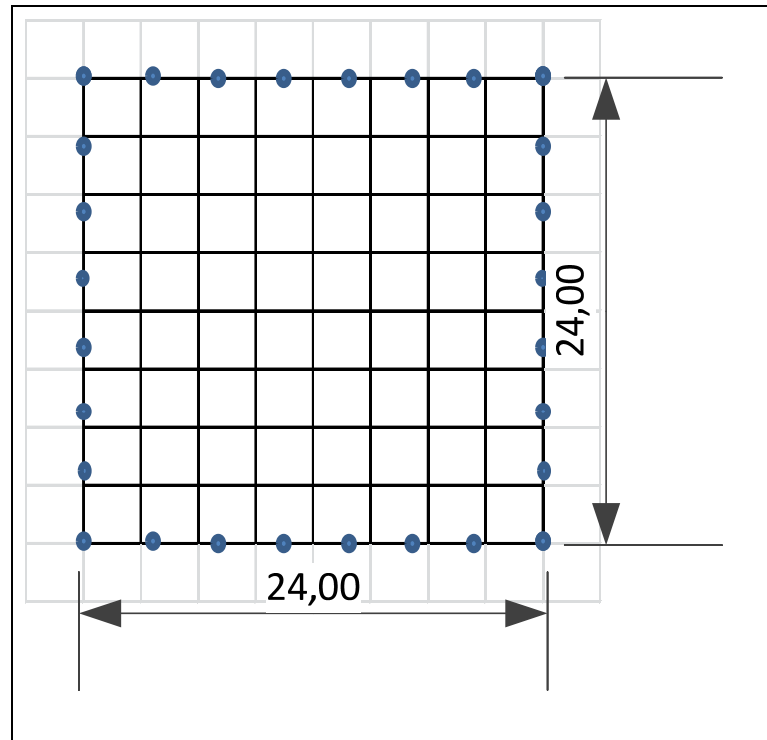


Ilustración 2.24: Configuración puesta a tierra
Fuente: Autor

Y los siguientes parámetros:

Área Total (A)	576 m ²
Largo (L1) y ancho (L2) de la malla	24 m
Número de conductores a lo largo y ancho (M1 y M2 respectivamente)	9
Espacio entre conductores (D)	3 m
Diámetro del conductor (Φ)	2/0 AWG
Numero de varillas de cobre (N)	28
Longitud de varillas (Lv)	3 m

Resistividad del terreno (ρ)	220 Ωm
Profundidad de enterramiento (h)	0,30 m
Corriente de falla (I_f)	140 A
Tiempo de la falla (t_f)	0,1 s

Tabla 2.12: Requisitos para puesta a tierra
Fuente: Autor

Cada punto de interconexión se lo realizara con suelda exotérmica.

Tomando en consideración estos parámetros se espera obtener una resistencia de **4,7 ohmios**, en base a los siguientes cálculos:

$$L_c = M_1 * L1 + M_2 * L2 \quad (2.1)$$

Dónde:

L_c = longitud del conductor horizontal

$$L_t = L_c + N * L_v \quad (2.2)$$

Dónde:

L_t = Longitud total del conductor

Resistencia de puesta a tierra R_g

$$R_g = \rho * \left[\frac{1}{L_t} + \frac{1}{\sqrt{20 * A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \quad (2.3)$$

Remplazamos los datos y obtenemos los siguientes resultados:

$$L_c = (24 * 9) + (24 * 9)$$

$$L_c = 432$$

$$L_t = 432 + 28 \cdot 3$$

$$L_t = 516 \text{ m}$$

$$R_g = 220 * \left[\frac{1}{516} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot 576}} \left(1 + \frac{1}{1 + 0,3 * \sqrt{\frac{20}{576}}} \right) \right] = 4,71 \Omega$$

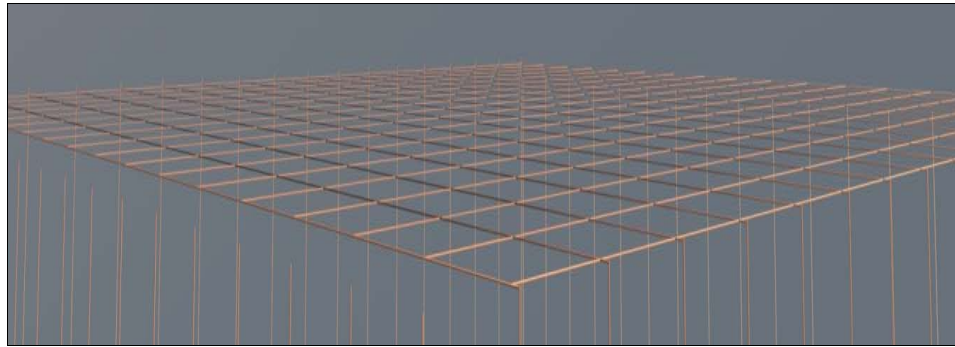


Ilustración 2.25: Malla de puesta a tierra
Fuente: Autor

También se incluye un pararrayos para la protección de descargas eléctricas tanto para el plano metálico como para el laboratorio.

2.2.10 Control de Descarga Electroestática

El área de calibraciones será sujeto de control de la descarga electrostática tomando en consideración que la humedad relativa tiene una relación con la electricidad estática, siendo a mayor humedad menor cantidad de electrostática. Sin embargo dicho riesgo siempre va a existir, denotando que la humedad del laboratorio se encontrara entre 35 a 55 % HR @ 23 °C.

Para mitigar los efectos de descarga electrostática será necesario tomar las siguientes recomendaciones:

- El personal técnico que realice las calibraciones deberá utilizar mandil u overol de algodón, sin bolsillos. (El tema de los bolsillos es para eliminar la fricción que exista al rato de ingresar las manos en ellos).
- En las actividades de calibración de antenas el técnico de calibraciones deberá utilizar la manilla antiestática. (manipulación de generador de señales y analizador de espectro).
- El calzado utilizado deberá ser antiestático, el mismo que evitará la acumulación electrostática.
- Todos los equipos e instrumentación existente en el laboratorio deberán estar puestos a tierra.
- Utilizar en los bancos de trabajo lonas antiestáticas.
- El suelo que fácilmente drena las cargas a tierra es el concreto sin tratar, sin embargo por razones de estética y limpieza no es recomendable. Para ello se recomienda utilizar baldosas cerámicas.

2.2.11 Interferencia Electromagnética

Se deberá tomar especial consideración en la interferencia electromagnética existente en el exterior del laboratorio así como en su interior.

Externamente, es importante que el laboratorio no se encuentre en medio de líneas de alta tensión, arboles, construcciones, antenas de radio y televisión. etc. Se puede considerar niveles adecuados a exposición aproximadamente 13.53 mG a 0 metros y 2.48 mG a 30.48 metros con corrientes máximas hasta 243 A.

Internamente se deberá tener mucho cuidado con la puesta a tierra de las lámparas fluorescentes ya que emiten interferencia electromagnética en un amplio espectro de frecuencias. (100 kHz a 5 MHz). Así como también con el arranque de cargas inductivas.

En relación a los cables de comunicación utilizados deberán sus blindajes estar conectados a masa en más de un punto.

2.2.12 Iluminación

En relación a la iluminación el área de calibración deberá a estar en mediciones superiores o iguales a 1000 luxes o 100 ftc aproximadamente, por lo que el laboratorio asegura este nivel utilizando el software DIALux el mismo que nos permitirá simular y obtener los valores adecuados de iluminación.

Para las áreas diferentes a la de calibración se deberá asegurar mediciones superiores o iguales a 500 luxes.

En los anexos adjunto los cálculos derivados del software utilizado de acuerdo al área disponible.

2.2.13 Instrumentación y Equipamiento a utilizar en el laboratorio

La instrumentación a utilizar en el laboratorio se basa en las especificaciones establecidas en la norma ANSI C 63.5:2006, la misma que establece las especificaciones básicas de los equipos.

Equipo	Especificaciones básicas
Generador de Radiofrecuencia	Hasta 1 GHz
Receptor de Medición (analizador de espectro)	Intervalo de operación: 30 MHz a 1 GHz Impedancia de entrada Nominal 50 Ω Relación de onda estacionaria (ROE) ≤ 2:1 cuando la atenuación de entrada de RF es 0 dB y a 1,2:1 cuando la atenuación de RF es 10 dB o superior. Precisión en tensión sinusoidal debe ser mejor que ± 2 dB Exactitud de frecuencia: 0.5 μHz /Hz Sensibilidad ≥ 120 dBm Exactitud en amplitud: mejor o igual a ± 1 dB Resolución: 0.1 dB Detector: Cuasi pico (120 kHz ancho de banda)
Atenuador 6 dB	Atenuador coaxial N(h)- N(m) hasta 18 GHz. 50 ohm. 25 W

Preamplificador	Preamplificador coaxial de banda ancha Ganancia máxima: 30 dB Rango de frecuencia: 9 KHz – 2 GHz Bajo ruido. Protección ESD Conexiones tipo N.
Mástil de Antena 1	Mástil fijo a 2 metros
Mástil de Antena 2	Mástil de altura variable de 1 a 4 metros
Antenas	Antenas Bicónicas (2) Antenas Log periódicas (2)
Antena para validación de CALTS	Antenas Dipolo de alta exactitud para validación de CALTS (2)
Cable coaxial	Impedancia a 50 ohmios, conectores tipo N
Mesa giratoria	Mesa giratoria no metálica
Control electrónico de mesa giratoria y mástil	Control de mesa giratoria y mástil de antena 2
Computadores	De escritorio junto con su UPS
Varios	Ferritas para cable coaxial de 50 ohmios, manillas antiestáticas. Regulador de voltaje
Registrado de condiciones ambientales	Humedad 0 – 90% Humedad Relativa Temperatura 0 – 50 °C, resolución 0.1 °C

Tabla 2.13: Equipos Laboratorio
Fuente: Autor

2.3 Simulaciones del Laboratorio

Para una mejor comprensión fue necesario realizar simulaciones en 3D tanto del laboratorio como el área de calibraciones para lo cual realizamos a través de las herramientas de diseño gráfico y 3D como son:

- Cinema 4D estudio R12: Es una herramienta utilizada para diseñar gráficos avanzados en 3D y animaciones avanzadas de objetos.



Ilustración 2.26: Cinema 4D

Fuente: Cinema 4D

- After Effects CC: Herramienta Gráfica utilizada para la gestión y elaboración de efectos visuales animados por computadora.



Ilustración 2. 27: After Effects

Fuente: After Effects CC

- Adobe Illustrator CC: Herramienta de diseño gráfico utilizada para la elaboración de piezas gráficas.



Ilustración 2.28: Illustrator
Fuente: Illustrator

Como producto de este trabajo adjunto en anexos simulaciones en 3D que podrán visualizarse en cualquier reproductor de video.

Las simulaciones contienen:

- Distribución del laboratorio.
- Puesta a tierra.
- Sitio de calibración.
- Construcción del plano del Sitio de calibración.

CAPÍTULO III: ESTUDIO TÉCNICO – FINANCIERO DE LOS RECURSOS

3.1 Antecedentes Generales

ESTUDIO TÉCNICO

Realiza la identificación del tamaño óptimo del proyecto, la localización, y que equipos se utilizarán, así como también, el personal necesario para llevar a cabo el Laboratorio de Antenas de Compatibilidad Electromagnética.

La localización del proyecto se efectúa en base al análisis de la macro y micro localización.

Las instalaciones del laboratorio estará ubicado en:

Provincia: Pichincha.

Cantón: Quito.

Parroquia: Puembo.

3.2 Requerimientos de Talento Humano

Para la etapa de operación del laboratorio, es necesario contar con una adecuada organización, pues para su funcionamiento se debe contar con procesos legales y administrativos la misma que facilite la asignación de funciones y responsabilidades al recurso humano de tal forma que se logre la eficiencia, calidez y calidad en el desempeño de las actividades. Tomando

en cuenta un número aproximado de personal necesario a continuación se detalla:

PERSONAL ADMINISTRATIVO

Gerente General 1

Secretaria/ Contadora 1

Director de Calidad 1

PERSONAL OPERATIVO

Director Técnico 1

Técnico/ Calibrador 2

PERSONAL DE SERVICIO

Conserje 1

Para la constitución y funcionamiento del laboratorio se debe cumplir con los siguientes requisitos legales:

RUC (Registro único de contribuyente).

Patente Municipal (Distrito Metropolitano de Quito).

Permiso Uso del Suelo.

Permiso de Funcionamiento Sanitario.

Permiso de Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito.

Registro Mercantil (Escritura Constitución).

Licencia Anual de Funcionamiento.

Contribución uno por mil de Activos Fijos.

Certificado Ambiental.

Registro en el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

Los gastos de constitución comprende: gastos profesionales, legales de registro y pagos por permisos que necesita el laboratorio para poder funcionar.

ESTUDIO FINANCIERO

Determina cuál será el monto total de la inversión y el financiamiento que se pueda realizar con capital propio o mediante crédito bancario otorgado por una institución financiera, esto se hace en base a los requerimientos del talento humano, infraestructura y equipos a utilizar.

INVERSION Y FINANCIAMIENTO

INVERSIÓN DEL PROYECTO

La inversión consiste en asignar una cantidad de dinero para obtener una utilidad, luego de un periodo de tiempo determinado, las inversiones en el proyecto de laboratorio son: Activos Fijos, Activos Diferidos y Activo Circulante o Capital de Trabajo.

3.3 Requerimientos de Equipos - Tecnología a utilizar

3.3.1 Activos fijos

Son todas las inversiones que se realizan en bienes tangibles y son de propiedad de la empresa/laboratorio, sirven de apoyo a las operaciones de la misma, son todos los bienes que se emplean en la administración y generación del servicio de calibración de las antenas, para efectos contables, los activos fijos están sujetos a depreciaciones, los cuales se los hace de acuerdo a una tabla establecida, los terrenos no sufren depreciaciones, pero si se revalorizan por la plusvalía generada por el desarrollo urbanístico. Los activos fijos necesarios para el proyecto son los siguientes:

3.3.1.1 Equipo de laboratorio y de oficina

Compuesto por todos los equipos y dispositivos necesarios para llevar adecuadamente las tareas administrativas y operativas del laboratorio.

3.3.1.1.1 Gabinete de comunicaciones

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Gabinete cerrado - RACK de 15 U, incluye ventilador, regleta de conexión y barra de puesta a tierra	1,00	280,00	280,00
Faceplates dobles - para RJ 45	17,00	0,95	16,15
Caja montaje faceplates	17,00	1,65	28,05
Jack RJ45	34,00	5,25	178,50

Rollo de cable - Categoría 6 - 305 metros	2,00	210,00	420,00
Patch core Categoría 6 - 2 metros	45,00	4,10	184,50
Organizador horizontal	1,00	13,00	13,00
Patch panel -24 puertos categoría 6	1,00	135,00	135,00
TOTAL (Incluye IVA)			1255,20

Tabla 3. 1: Gabinete de Comunicaciones
Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones).

3.3.1.1.2 Equipos laboratorio

Alternativa I

Los equipos presentados en esta alternativa corresponden a la marca ANRITSU para los equipos y las antenas corresponden a la marca Schwarzbeck que ofrecen una garantía de 2 años sobre defectos de fábrica.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Generador de Radiofrecuencia	1	10157,65	10157,65
Receptor de Medición (analizador de espectro)	1	55819,42	55819,42
Atenuador 6 dB	2	809,94	1619,89
Preamplificador	2	238,22	476,44
Mástil de Antena 1	1	27271,28	27271,28
Mástil de Antena 2	1	2572,76	2572,76
Antenas Biconicas / Log periódicas	2	10157,65	20315,30
Antena para validación de CALTS	2	12196,80	24393,60
Cable coaxial	1	4345,11	4345,11
Mesa giratoria	1	16198,88	16198,88

Control electrónico de mesa giratoria y mástil	1	7584,89	7584,89
Balun/ holder de banda ancha	2	2401,25	4802,49
Regulador CDP B-AVR3008 3000VA/1500W Regul. 8Outl. 120v	1	41,45	41,45
Ferritas para cable coaxial 50 ohmios, diámetro desde 4,5 a 6 mm	30	4,91	147,30
Manillas antiestáticas	2	10,90	21,80
Registrador de condiciones ambientales	2	350,00	700,00
TOTAL (Incluye IVA y equipos con certificado de calibración)			176468,24

Tabla 3.2: Equipos Laboratorio Alternativa I
Fuente: Empresas extranjeras (Anexo cotizaciones).

Alternativa II

La alternativa II contempla equipos de la marca ETS- Lindgren, la misma que presenta dos años de garantía contra defectos de fábrica.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Generador de Radiofrecuencia	1	12425,00	12425,00
Receptor de Medición (analizador de espectro)	1	50512,50	50512,50
Atenuador 6 dB	2	800,00	1600,00
Preamplificador	2	441,89	883,78
Mástil de Antena 1	1	1325,00	1325,00
Mástil de Antena 2	1	25000,00	25000,00
Antenas Biconicas / Log periódicas	2	10350,00	20700,00
Antena para validación de CALTS	2	15815,00	31630,00
Cable coaxial (60 metros)	1	2139,00	2139,00
Mesa giratoria	1	15687,50	15687,50

Control electrónico de mesa giratoria y mástil	1	8958,75	8958,75
Balun/ holder de banda ancha	2	952,00	1904,00
Regulador CDP B-AVR3008 3000VA/1500W Regul. 8Outl. 120v	1	41,45	41,45
Ferritas para cable coaxial 50 ohmios, diámetro desde 4,5 a 6 mm	30	4,91	147,30
Manillas antiestáticas	2	10,90	21,80
Registrador de condiciones ambientales	2	181,25	362,50
TOTAL (Incluye IVA y equipos con certificado de calibración)			173338,58

Tabla 3.3: Equipos Laboratorio Alternativa II
Fuente: Empresas extranjeras (Anexo cotizaciones).

Elección de alternativa.

Para la elección de la mejor alternativa fue necesario tomar en cuenta las prestaciones y la garantía ofrecida por cada empresa así como el respaldo posventa y calibración de los equipos.

Otra consideración importante fue trabajar con marcas que dispongan toda la gama de equipos, esto es por tema de compatibilidad y obviamente el precio no se quedó atrás. Con todos estos antecedentes optamos por la alternativa II.

3.3.1.1.3 Equipos de Networking

Alternativa I

La alternativa I contempla equipos marca CISCO, los cuales presentan tres años de garantía contra defectos de fábrica.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Switch de acceso – marca CISCO 24 puertos Modelo: WS-C2960S-24PD-L	1	3847,49	3847,49
Switch de distribución - marca CISCO, 8 puertos. Modelo: WS-C3560X-24P-S	1	4269,99	4269,99
Switch de core – marca CISCO 8 puertos Modelo: 3750V2-24TS	1	7487,50	7487,50
Router CISCO. Modelo: 3925	1	9099,99	9099,99
UPS Smart 2200 VA 120 V.	1	892	892
TOTAL (Incluye IVA)			25596,96

Tabla 3.4: Equipos de Networking Alternativa I
Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad – empresas extranjeras (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones).

Alternativa II

La alternativa II contempla equipos activos marca HP, los cuales presentan características muy similares a la alternativa I pero se diferencia en su garantía de 2 años por defectos de fábrica.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Switch de acceso – marca HP 24 puertos, modelo: 5120-24G-PoE	1	1963,74	1963,74
Switch de distribución - marca HP, modelo: 3500-24 PoE, 24 puertos	1	3926,19	3926,19
Switch de core – marca HP, modelo: A5500- 24G-SFP.	1	6637,50	6637,50
Router marca HP, modelo MSR30-20	1	3661,25	3661,25

UPS Smart 2200 VA 120 V.	1	892	892
TOTAL (Incluye IVA)			17080,68

Tabla 3.5: Equipos de Networking Alternativa II
Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad – empresas extranjeras (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones)

Elección de alternativa.

Si bien la alternativa I es mucho más costosa que la alternativa II, la misma presenta ciertas ventajas a la hora de elegir. Esto radica en el tiempo de vida útil así como también el respaldo de su garantía y soporte técnico por lo que escogeremos la alternativa I.

3.3.1.1.4 Servidores

Alternativa I

En esta alternativa se contemplan servidores HP con tres años de garantía sobre defectos de fábrica.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Servidor HP Proliant ML310 E Gen8 E3-1240V3 (memoria de 4 GB, 1000 GB de almacenamiento SATA, procesador Intel Xeon 3.1 GHz, quad core)	5,00	1362	6807,60
UPS de 1000 VA	5,00	446	2230,00
TOTAL (Incluye IVA)			9037,60

Tabla 3.6: Servidores Alternativa I
Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones)

Alternativa II

La alternativa II contempla servidores de la marca LENOVO, los mismos que ofrecen un año de garantía contra defectos de fabricación.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Servidor Lenovo ThinkServer TS140 70 A 4001 MUX (memoria de 4 GB, 500 GB de almacenamiento, procesador Intel Xeon 3.2 GHz, quad core)	5,00	1072,57	5362,85
UPS de 1000 VA	5,00	446	2230
TOTAL (Incluye IVA)			7592,85

Tabla 3.7: Servidores Alternativa II

Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones)

Elección de alternativa.

Si bien la alternativa I tiene un costo más elevado, la misma presenta mayor capacidad de almacenamiento y mayor tiempo de garantía, por lo que sin duda fue la elegida.

3.3.1.1.5 Teléfonos IP

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Teléfonos IP (Protocolo SIP, códec G.711, G.722, G.723, G.726, G.729)	9,00	140,00	1260,00
TOTAL (Incluye IVA)			1260,00

Tabla 3.8: Teléfonos IP

Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones)

3.3.1.1.6 Aire acondicionado

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Aire acondicionado de 60000 BTU / 220 V / 60 Hz - Temperatura y humedad controlada	1	6290,00	6290,00
TOTAL (Incluye IVA)			6290,00

Tabla 3.9: Aire Acondicionado

Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones).

3.3.1.1.7 Equipo de Computación

Representa el valor de los computadores y equipos de tecnología que serán utilizados en el proyecto del laboratorio.

ESTACIONES DE TRABAJO E IMPRESORAS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Estaciones de trabajo intel core i7	10,00	890,00	8900,00
Licencias Windows 7	10,00	194,99	1949,90
UPS de 1000 VA	10,00	446,00	4460,00
Impresoras multifunción	2,00	750,00	1500,00
TOTAL (Incluye IVA)			16809,90

Tabla 3.10: Estaciones de trabajo e impresoras

Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones).

En aplicación de la ley de Régimen Tributario Interno, donde se establece que el tiempo de vida útil del equipo de cómputo es de tres años, es importante estimar el valor de reposición del equipo de cómputo, para ello

se estima que el costo de los equipos se incrementará en un 50%. Para ello se tiene provisionado del porcentaje de imprevistos.

3.3.1.1.8 Muebles y enseres

Comprende la inversión que se realiza en los muebles que se utilizarán en el Laboratorio tanto en el área operativa como en la administrativa.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Escritorios 1.5 x1.5 m, en L con cajonera de tres usos	8	587,00	4696,00
Sillas giratoria ergonómica, sistema de regulación altura y control de posición del espaldar	10	322,00	3220,00
Mesa sala de reuniones 3.4 x 1.5 m, con porta cables	1	1812,00	1812,00
Silla giratorio ergonómica en cuero	6	416,00	2496,00
Archivadores aéreos (largo 0.90 cm alto 0.42 cm Profundidad 0.25 cm)	8	100,00	800,00
Estanterías (estanterías metálicas de 5 bandejas Fabricado en toll de alta resistencia con ángulos ranurados para regulación de bandejas revestido en pintura electrostática medidas alto 2 m ,ancho 115 cm y fondo 0.35 cm)	4	120,00	480,00
Mesas para calibración (1x6x0.9 m)	2	900,00	1800,00
TOTAL (Incluye IVA).			10608,00

Tabla 3.11: Muebles y Enseres de oficina

Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones).

3.3.1.2 Materiales y equipos para la instalación del laboratorio

Comprende la adquisición de materiales y equipos que se utilizarán en la instalación del laboratorio.

3.3.1.2.1 Cableado estructurado

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Puntos de red	17	70,00	1190,00
Certificación puntos de red	17	10,00	170,00
TOTAL (Incluye IVA)			1360,00

Tabla 3.12: Cableado Estructurado

Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones).

3.3.1.2.2 Transformador

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Transformador 100 kVA	1	4000,00	4000,00
TOTAL (Incluye IVA)			4000,00

Tabla 3.13: Transformador

Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones).

3.3.1.2.3 Red de media tensión y bajantes al tablero principal

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Montaje y puesta a punto del transformador	1	4.593,00	4.593,00
Acometida desde el transformador al tablero principal del laboratorio	1	5.208,00	5.208,00
TOTAL (Incluye IVA)			9.801,00

Tabla 3.14: Red de media tensión y bajantes al tablero principal
Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones).

3.3.1.2.4 Generador

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Generador Saonon 90 kVA, rpm=1800, voltaje de salida 110-127 /208 -220 V, 60 Hz, con motor cummins 4bt3.9-g2, potencia 107 HP / 80 kW,	1	25.000,00	25.000,00
Instalación y puesta a punto del generador	1	4.500,00	4.500,00
TOTAL (Incluye IVA)			29.500,00

Tabla 3.15: Generador 90 kVA
Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones).

3.3.1.2.5 Protecciones

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Supervisor de voltaje	1	250,00	250,00
Supresor de transientes	1	125,75	125,75
TOTAL (Incluye IVA)			375,75

Tabla 3.16: Protecciones
Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones).

3.3.1.2.6 Puesta a Tierra y Pararrayos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Varillas de 3 metros	28	25,00	700,00
Cable de cobre desnudo 2/0 AWG	432	7,70	3326,40
Suelda exotérmica	81	4,50	364,50
Moldes para suelda exotérmica cable -cable /cable tierra	1	145,00	145,00
Pararrayos (sistema: ionizante ecológico / no afecta la restauración de la capa de ozono capacidad de disipación: de 100 a 500 kiloamperios voltaje de descarga: 75.000 voltios campo de ozonización: 25 metros sobre la punta del pararrayos cobertura parabólica: 150 metros de diámetro, desde su origen tipo de fijación: polarizado, anclado, aislado) incluye 50 metros de cable de cobre	1	1753,84	1753,84
TOTAL (Incluye IVA)			6289,74

Tabla 3.17: Puesta a Tierra y Pararrayos

Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones).

3.4 Requerimientos de Infraestructura

3.4.1 Terreno

El terreno que se adquiera y en donde se construya el laboratorio estará de acuerdo a los requerimientos y condiciones establecidas anteriormente (ver capítulo II).

TERRENO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Terreno ubicado en el sector de Puembo	800	35,00	28000,00
TOTAL			28000,00

Tabla 3.18: Terreno del Laboratorio.

Fuente: Terreno en Puembo: <http://www.evisos.ec/compra-venta-inmuebles/puembo.htm>

3.4.2 Infraestructura

Comprende el conjunto de medios técnicos, servicios e instalaciones necesarias para el desarrollo del proyecto.

3.4.2.1 Elaboración de plano.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Construcción por m2	352	12	4224,00
TOTAL (incluye IVA)			4224,00

Tabla 3.19: Elaboración del plano del laboratorio

Fuente: Costos vivienda - <http://www.constructorareivax.com/blog/2013/11/29/costos-de-la-construcción-de-una-vivienda/>.

3.4.2.2 Costos construcción del laboratorio

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Construcción por metro cuadrado.	352	516,70	181878,40
Incluye lo siguiente:			
- Estructura de hormigón armado			

- Mampostería de bloque			
- Puertas de madera			
- Ventanas de hierro			
- Pintura de caucho			
- Parquet de chanul			
- Instalaciones empotradas			
- Azulejo tradicional unicolor			
- Piezas sanitarias Nacionales			
TOTAL (incluye IVA)			181878,40

Tabla 3.20: Construcción del Laboratorio
Fuente: Cámara de la Industria de la Construcción Agosto 2014.

3.4.2.3 Acondicionamiento del terreno para calibración

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Planchas de acero inoxidable al carbono de 4mm. 1.22 x 2.44 m (93.56 kg.)	135	96,05	12966,75
Rejillas metálicas tipo Irvin	200	193,75	38750,00
Servicio de soldadura	1080	8,00	8640,00
Acondicionamiento de terreno (incluye losa de 10 cm y preparación del terreno 15 cm)	1	25000,00	25000,00
TOTAL (Incluye IVA)			85356,75

Tabla 3. 21: Acondicionamiento del CALTS
Fuente: Distribuidoras e Importadoras de la ciudad (Adjunto proformas, Anexo cotizaciones).

RESUMEN TOTAL DE ACTIVOS FIJOS

Todos los activos fijos del laboratorio LACEM, involucran una fuerte inversión, sin embargo este laboratorio también podrá ser utilizado para la realización de ensayos de emisiones radiadas a equipos eléctricos - electrónicos.

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
EQUIPO DE LABORATORIO Y DE OFICINA	
Accesorios del Sistema de Comunicación	1.255,20
Equipo de laboratorio	173.338,58
Equipos Networking	25596,96
Servidores	9037,60
Teléfonos	1.260,00
Aire Acondicionado	6.290,00
EQUIPOS DE COMPUTACIÓN	
Estaciones de Trabajo e Impresoras	16.809,90
MUEBLES Y ENSERES	
Muebles y Enseres de Oficina	10.608,00
MATERIALES PARA LA INSTALACION DEL LABORATORIO	
Cableado Estructurado	1.360,00
Transformador	4.000,00
Red de media tensión y Bajantes al tablero principal	9.801,00
Generador 90 kVA	29.500,00

Protecciones	375,75
Materiales para puesta tierra	6.289,74
TERRENO	
Terreno de 800 m2	28.000,00
INFRAESTRUCTURA	
Elaboración del Plano de Construcción del Laboratorio	4.224,00
Edificio	181.878,40
Acondicionamiento del CALTS	85.356,75
SUBTOTAL	594.981,88
Imprevistos (5%)	29749,09
TOTAL	624.730,97

Tabla 3.22: Resumen de activos fijos
Fuente: Autor.

El rubro de imprevistos se toma un 5% para cualquier eventualidad que se presente durante la adquisición de activos fijos, y la adecuación de las áreas administrativa y técnica.

ACTIVOS DIFERIDOS

Estas inversiones se las realiza sobre activos constituidos para los servicios o derechos adquiridos necesarios para la marcha del proyecto y son susceptibles de amortización, según la legislación ecuatoriana permite amortizarlos hasta en 5 años.

Las inversiones en activos diferidos son todas las inversiones que se realizan sobre los activos constituidos por los servicios o derechos adquiridos por la empresa que son necesarios para la puesta en marcha del proyecto, entre estos se encuentran los gastos de constitución patentes, gastos de puesta en marcha , etc. Son egresos que se realizan al inicio del proyecto, y está destinado a cubrir un rubro importante dentro del proyecto, las mismas que se han amortizado por cinco años de vida útil, este rubro asciende a \$ 13840,77 como se refleja en el siguiente cuadro.

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
Normas utilizadas para el proyecto	781,69
Minuta/escritura constitución del laboratorio	500,00
Acreditación	10200,00
Diseño de página web	1200,00
Contribución e impuestos	500,00
SUBTOTAL	13181,69
Imprevistos (5%)	659,08
TOTAL	13840,77

Tabla 3.23: Resumen activos Diferidos
Fuente: Autor

Las normas necesarias para la ejecución del proyecto son:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
ANSI 63.5	1	88,00	88,00
UNE-EN_55016-1-5=2008	1	58,48	58,48
UNE-EN_55016-1-5=2008(A1=2013	1	36,03	36,03
UNE-EN_55016-1-1=2011	1	76,67	76,67
UNE-EN_55016-1-4=2011	1	89,02	89,02
UNE-EN_55016-1-4=2011(A1=2013	1	54,58	54,58
UNE-EN_55016-4-2=2012	1	139,15	139,15
UNE_21000-5-2=2003_IN	1	155,52	155,52
NTE INEN ISO/IEC 17025:2006	1	9,24	9,24
NCSLI RP7	1	75,00	75,00
TOTAL			781,69

Tabla 3.24: Normas utilizadas para la elaboración del Proyecto
Fuente: Página web INEN /AENOR /NCSLI [13]

Cabe destacar que las normas a ser utilizadas en el proyecto obedecen a organizaciones reconocidas y han sido tomadas sus últimas versiones.

¹³ Página web INEN /AENOR /NCSLI

CAPITAL DE TRABAJO O ACTIVO CIRCULANTE

El Capital de Trabajo tiene que ver con los egresos necesarios para dotar al laboratorio. La estimación del monto de capital de trabajo es de vital importancia ya que debe ser lo suficientemente adecuado para que las operaciones que se ejecuten en el laboratorio puedan realizarse sin ninguna complicación financiera. Estos recursos deben estar disponibles en un tiempo máximo de un mes.

MANO DE OBRA DIRECTA.- Se la considera mano de obra directa a los recursos humanos que intervienen directamente en el servicio de calibración de antenas. [14]

MANO DE OBRA DIRECTA

PERSONAL TÉCNICO

CONCEPTO	1er. MES	SUELDO Primer Año
DIRECTOR DE CALIDAD (1)	650,89	7810,68
DIRECTOR TECNICO (1)	650,89	7810,68
TECNICO/ CALIBRADOR (2)	650,82	15619,68
TOTAL	1952,6	31.241,04

Tabla 3.25: Mano de Obra Directa
Fuente: Anexo Nro. 3.3

¹⁴ BACA, Urbina Gabriel: Evaluación de proyectos tercera edición.

Cabe indicar que estos valores a considerar en la inversión inicial no se consideran los fondos de reserva, estos se cancelarán a partir del segundo año. Para ello se tiene previsto del rubro imprevisto.

MANO DE OBRA INDIRECTA.- está conformada por todo aquel personal que no interviene directamente.

MANO DE OBRA INDIRECTA

PERSONAL ADMINISTRATIVO

CONCEPTO	1er. MES	SUELDO Primer Año
GERENTE GENERAL (1)	652,68	7832,16
SECRETARIA/CONTADORA (1)	644,89	7738,68
CONSERJE (1)	630,16	15123,84
TOTAL	1927,73	30.694,68

Tabla 3.26: Mano de Obra Indirecta
Fuente: Anexo Nro. 3.4

SERVICIOS BÁSICOS

DESCRIPCIÓN	VALOR MENSUAL	VALOR ANUAL
Energía Eléctrica	50,00	600,00
Teléfono	30,00	360,00
Internet	50,00	600,00
Agua Potable	20,00	240,00
TOTAL	150,00	1.800,00

Tabla 3.27: Servicios Básicos
Fuente: EEQ, CNT.

SUMINISTROS DE OFICINA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Facturas (Talonario de 100)	3	20	60
Papel bond	1	3,5	3,5
Cajas de esferos	24	0,25	6
Grapadora	1	5	5
Cuaderno universitario	3	1	3
Sellos	2	15	30
Carpetas	12	0,25	3
Carpetas para archivar	3	6	18
Caja de clips	1	1,5	1,5
TOTAL (Incluye IVA)			130

Tabla 3.28: Suministros de Oficina
Fuente: Librería DILIPA

SUMINISTROS DE ASEO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Juego de herramientas	1	50	50
Escobas	4	2,5	10
Trapeadores	5	3,5	17,5
tachos basura	2	15	30
Galón de cloro	2	3	6
Cepillos de baño	2	2	4

Franclas limpiadoras	4	1	4
Baldes plásticos	2	1,5	3
Espejos	2	10	20
Secadora de manos	2	50	100
Dispensador de jabón	2	6	12
Dispensador de papel	2	5	10
TOTAL (Incluye IVA)			266,5

Tabla 3.29: Suministros de aseo
Fuente: Megamaxi / KYWI

DEPRECIACIONES.

La depreciación no es más que la pérdida de valor de activo por el uso que se la da, y se deprecia a través del método de línea recta, el cual indica que depreciación es igual a $(\text{valor histórico} - \text{valor residual}) / \text{vida útil del bien}$.

[15]

De acuerdo a la Ley de régimen Tributario Interno Ecuatoriano los porcentajes de depreciación son los siguientes:

- Muebles y Enseres 10%, 10 años
- Herramientas y equipo de oficina 20%, 10 años
- Equipo de Cómputo 33%, 3 años.
- Edificios 5%, 20 años

¹⁵ Reglamento de aplicación de la ley de régimen tributario interno

DEPRECIACIONES

DESCRIPCIÓN	ANEXOS	VALOR DEPRECIACIÓN ANUAL
Equipo de Laboratorio y de Oficina	3.5	34646,56
Equipos de Computación	3.6	3754,21
Muebles y Enseres	3.7	1909,44
Infraestructura	3.8	8639,22
TOTAL		48949,43

Tabla 3.30: Depreciaciones.
Fuente: Anexos 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8.

Es este apartado se presenta un resumen del capital que se requiere para iniciar:

RESUMEN DE CAPITAL DE TRABAJO

DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL	COSTO MENSUAL
Mano de Obra Directa	31.241,04	1.952,60
Mano de Obra Indirecta	30.694,68	1.927,73
Servicios Básicos	1.800,00	150,00
Suministros de Oficina	1.560,00	130,00
Suministros de Aseo	3.198,00	266,50
SUBTOTAL	68.493,72	4.426,83
Imprevistos 5%	3424,69	221,34
TOTAL	71.918,41	4.648,17

Tabla 3.31: Resumen de Capital de Trabajo
Fuente: Autor

En la determinación del capital de trabajo no se toma en consideración las depreciaciones por cuanto no son egresos reales sino técnicos y con estos cálculos lo que se pretende determinar la inversión inicial que se requerirá para el presente proyecto.

RESUMEN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO

El resumen de la inversión total se demuestra en la siguiente tabla.

DESCRIPCIÓN	MONTO	PORCENTAJE
ACTIVOS FIJOS		
EQUIPOS DE LABORATORIO Y OFICINA		
Accesorios del sistema de comunicación	\$ 1.255,20	
Equipos de laboratorio	\$ 173.338,58	
Equipos	\$ 25.596,96	
Servidores	\$ 9.037,00	
Teléfonos	\$ 1.260,00	
Aire acondicionado	\$ 6.290,00	
EQUIPOS DE COMPUTACION		
Estaciones de trabajo e impresoras	\$ 16.809,90	
MUEBLES Y ENSERES		
Muebles y enseres de oficina	\$ 10.608,00	
MATERIALES PARA LA INSTALACION Y PUESTA A PUNTO DEL LABORATORIO		
Cableado estructurado	\$ 1.360,00	
Transformador	\$ 4.000,00	
Red de media tensión y bajantes al tablero principal	\$ 9.801,00	
Generador de 90 kVA	\$ 29.500,00	
Protecciones y puesta a tierra	\$ 375,75	
Material para la instalación	\$ 6.289,74	
TERRENO		
Terreno de 800 m2	\$ 28.000,00	
INFRAESTRUCTURA		
Plano de la construcción del laboratorio	\$ 4.224,00	
Edificio	\$ 181.878,40	
Acondicionamiento del CALTS	\$ 85.356,75	
SUBTOTAL	\$ 594.981,88	
Imprevistos (5%)	\$ 29.749,09	
TOTAL	\$ 624.730,97	97,12

ACTIVOS DIFERIDOS		
Normas utilizadas para el proyecto	\$ 781,69	
Minuta/escritura constitución del laboratorio	\$ 500,00	
Registro en el Servicio de Acreditación Ecuatoriano	\$ 10.200,00	
Diseño de página Web	\$ 1.200,00	
Contribución e impuestos	\$ 500,00	
SUBTOTAL	\$ 13.181,69	
Imprevistos (5%)	\$ 659,08	
TOTAL	\$ 13.840,77	2,15
CAPITAL DE TRABAJO (DE UN MES)		
Mano de obra directa	\$ 1.952,60	
Mano de obra indirecta	\$ 1.927,73	
Servicios básicos	\$ 150,00	
Suministros de oficina	\$ 130,00	
Suministros de aseo	\$ 266,50	
SUBTOTAL	\$ 4.426,83	
Imprevistos (5%)	\$ 221,34	
TOTAL	\$ 4.648,17	0,72
TOTAL INVERSION INICIAL	\$ 643.219,91	100%

Tabla 3.32: Resumen Inversión Laboratorio
Fuente: Autor.

CAPÍTULO IV: SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

4.1 MANUAL DE CALIDAD

4.1.1 CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1. OBJETO

2. ALCANCE

3. REFERENCIAS

4. GENERAL

4.1 Abreviaturas

5. DESCRIPCIÓN

5.1 Identificación

5.2 Identidad legal

5.3 Campos principales de actividad

5.4 Instalaciones

5.5 Política de Calidad

6. ANEXOS

Anexo I: Organigrama básico

Anexo II: Plano de las instalaciones

1. OBJETO

El objeto del presente capítulo es definir y describir las características particulares del Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio de Antenas de Compatibilidad Electromagnética, en adelante LACEM., así como los criterios generales aplicables al presente Manual de la Calidad.

2. ALCANCE

Lo establecido en éste capítulo afecta a todas las actividades relacionadas con los servicios que preste LACEM.

3. REFERENCIAS

Para la elaboración del presente Manual de Calidad se ha seguido las directrices de los siguientes documentos:

- Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025: 2006. Requisitos generales relativos a la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y calibración.
- Criterios generales. Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración. OAE CR GA 01.
- Criterios para la participación en Ensayos de Aptitud OAE CR GA10 R01.
- Criterios generales para la utilización del símbolo de acreditación OAE y referencia a la condición de acreditados. OAE CR GA04.
- Política de Trazabilidad OAE PL01 R02.
- Política de incertidumbre OAE PL02 R00.

- Guía para la expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones. OAE G02 R00.

En aquellos capítulos que así lo precisen se hará mención a las referencias específicas en ellos utilizadas.

4. GENERAL

El objeto primordial de este Manual de la Calidad es describir los distintos elementos que conforman el Sistema de Gestión de la Calidad definido según la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025: 2006 y complementado con los requisitos específicos del documento del organismo acreditador (OAE CR GA 01), aplicable a las actividades de Calibración llevadas a cabo por LACEM.

De igual manera, el Manual contempla descripciones, informaciones, procedimientos y previsiones implantadas para asegurar la consecución de los objetivos marcados por la Dirección.

4.1 Abreviaturas

SAE	Servicio de Acreditación Ecuatoriano
LACEM	Laboratorio de Antenas de Compatibilidad Electromagnética
MCA	Manual de la Calidad
PGE / PGE.s	Procedimiento/s General/es
PTT / PTT.s	Procedimiento/s Técnico/s de Trabajo
INS / INS.s	Instructivo/s

F.s	Formato /s
GGE	Gerente General
RTE	Jefe de Metrología
RCA	Jefe de Calidad
TC	Técnico de calibración

5. DESCRIPCIÓN

5.1 Identificación

Nombre: LACEM

Actividad: Servicios de calibración de antenas de compatibilidad electromagnética.

Domicilio:

Teléfono:

Fax:

E-mail:

5.2 Identidad Legal

En este punto se deberá contemplar la información referente a la creación del laboratorio como fecha de creación, constitución. Etc.

El organigrama tentativo del laboratorio se muestra en el Anexo I.

5.3 Campos de actividad

El laboratorio de antenas de compatibilidad electromagnética – LACEM, brindara el servicio de calibración de antenas para determinar el factor de antena.

Las antenas a calibrar son:

- Antena Bicónica
- Antena Log Periódica
- O la combinación de las anteriores.

5.4 Instalaciones

Para desarrollar su campo de actividad el laboratorio LACEM cuenta con instalaciones permanentes, las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

Área de Recepción e ingreso de Equipos.

Área de Oficinas (administrativa, técnica y gestión de calidad, dirección).

Área de Almacenamiento de equipos.

Área de calibración.

Baños (2).

Área de capacitación y despeje.

Área de comunicaciones.

Sala de máquinas.

Sitio de calibración de antenas (CALTS).

Ver anexo II, para mayor comprensión.

5.5 Política de Calidad

El laboratorio de antenas de compatibilidad electromagnética – LACEM realiza calibraciones de antenas con calidad bajo un sistema de gestión de calidad implementado en su totalidad bajo la norma NTE INEN ISO/IEC 17025 y buenas practicas metrológicas para satisfacer las necesidades de nuestro clientes, requisitos legales y reglamentarios.

Nuestro personal se encuentra familiarizado con la documentación del sistema de gestión en relación a sus políticas y procedimientos establecidos y se relaciona con las actividades de calibración promulgadas en los procedimientos técnicos de calibración.

El laboratorio se compromete a cumplir con la norma y a mejora día a día en cada actividad realizada bajo tres preceptos fundamentales: confidencialidad, imparcialidad e integridad de la información para de esta manera entregar resultados válidos y confiables a nuestros clientes.

6. ANEXOS

No aplica.

ANEXO I

Organigrama general de LACEM

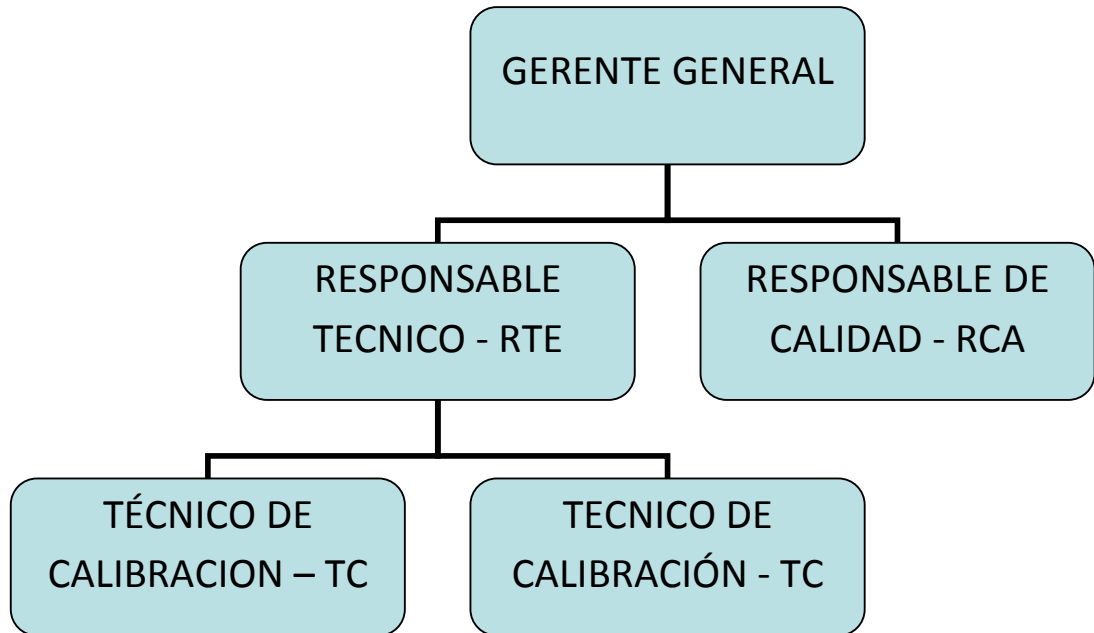


Ilustración 4.1.1.1: Organigrama Laboratorio
Fuente: Autor.

ANEXO II

Plano de las instalaciones

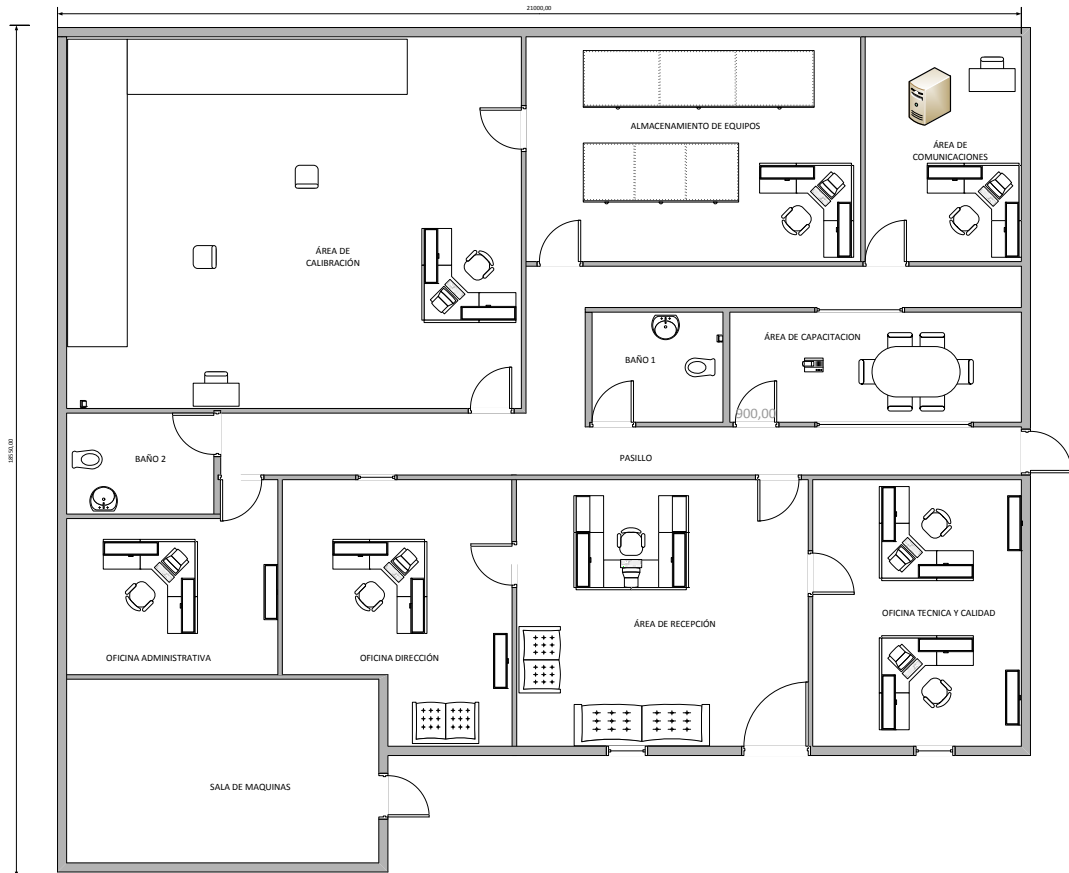


Ilustración 4.1.1.2: Plano del laboratorio
Fuente: Autor.

4.1.2 CAPÍTULO 2

ORGÁNICO FUNCIONAL

1. OBJETO

2. ALCANCE

3. GENERAL

4. DESCRIPCIÓN

4.1 Descripción General de los Puestos

4.2 Dependencia funcional

4.3 Conflictos de interés

4.4 Salvaguardias

4.5 Comunicación Interna

4.6 Protección de la Información

5. ANEXOS

Anexo I: Organigrama de LACEM

1. OBJETO

El objeto del presente capítulo es describir la organización de LACEM., (funciones, responsabilidades e interrelaciones) para asegurar un funcionamiento óptimo y una comunicación fluida tanto interna como externamente, así como describir las disposiciones tomadas para salvaguardar su integridad, confidencialidad y seguridad en el desempeño de las actividades que le son propias.

2. ALCANCE

Este capítulo es de aplicación a todo el personal que tiene vinculación con el sistema de gestión de calidad del laboratorio LACEM.

3. GENERAL

Los servicios de calibración que presta LACEM. se ejecutan en las instalaciones del laboratorio.

4. DESCRIPCIÓN

La estructura de LACEM es la que se desprende del organigrama del Anexo I del Capítulo 1.

El LACEM está conformado de la siguiente manera

GGE	Gerente General
RTE	Responsable Técnico
RCA	Responsable de Calidad
TC	Técnico de Calibración

4.1 Descripción General de los Puestos

A continuación, se describe las funciones y responsabilidades de cada uno de los puestos definidos.

GERENTE GENERAL DE LACEM (GGE)

Es la máxima autoridad ejecutiva de LACEM

Sus funciones específicas relacionadas con el Sistema de Gestión de la Calidad son:

- Definir y firmar la política de calidad de LACEM.
- Revisión del sistema de gestión de la calidad y exigir su cumplimiento.
- Convocar y dirigir las reuniones de revisión del sistema de gestión de calidad.
- Asistir a las reuniones de Revisión del Sistema de Gestión de la Calidad.
- Aprobar el manual de calidad.
- Asignación de recursos para la implementación, mantenimiento y mejora del sistema de gestión de calidad.

En su ausencia, esta función será sustituida por el RTE.

RESPONSABLE DE CALIDAD (RCA)

Sus funciones específicas relacionadas con el Sistema de Gestión de la Calidad son:

- Definir la política de calidad de LACEM., en coordinación con el

GGE.

- Asegurar la implantación, mantenimiento y mejora continua del Sistema de Gestión de Calidad en el Laboratorio.
- Supervisar la implantación del Sistema de Gestión de Calidad.
- Controlar la eficacia del Sistema de Gestión de Calidad.
- Formación en calidad del personal del Laboratorio.
- Evaluar la eficacia de las capacitaciones.
- Gestionar el sistema de detección de No Conformidades y propuesta de Acciones Correctivas y de acciones Preventivas.
- Supervisar la implantación de Acciones Correctivas y de Acciones Preventivas, al menos en plazo y contenido.
- Recepción de los objetos que serán sometidos a ensayo.
- Revisión de informes de ensayo.
- Participar en la definición de las compras a realizar.
- Establecer el Programa Anual de Auditorias.
- Asistir a las Reuniones de Revisión del Sistema de Gestión de Calidad.
- Asesoramiento y apoyo, desde el punto de vista de la calidad, a la actuación técnica.
- Realización de calibraciones internas de acuerdo con los procedimientos establecidos.
- Cumplir con las responsabilidades que se le asignen en los distintos documentos del Sistema de Gestión de Calidad.

En su ausencia, esta función será sustituida por el RTE.

RESPONSABLE TÉCNICO (RTE)

Es la máxima autoridad técnica de LACEM., dentro del laboratorio y su área de competencia técnica. Como tal, asume la responsabilidad de que todas las actividades de calibración sean realizadas de conformidad a lo establecido en la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025: 2006 y los documentos del sistema.

Entre sus funciones cabe destacar las siguientes:

- Supervisión técnica y funcional.
- Coordinar y gestionar de manera conjunta con el GGE la asignación de recursos para la implementación, mantenimiento y mejora continua del sistema de gestión de calidad.
- Programación de trabajos y plazos.
- Aprobación / autorización de los Procedimientos Técnicos de Trabajo.
- Validación de procedimientos de calibración.
- Estimación de la incertidumbre de las mediciones.
- Elaboración de los programas de formación técnica y de calificación del personal a su cargo.
- Evaluar la aptitud del personal de nueva incorporación.
- Emisión de las solicitudes de compra de equipos y suministros.

- Asistir a las reuniones de Revisión del sistema de gestión de calidad.
- Revisión y programación de solicitudes de trabajo.
- Gestión de los equipos (inventario, registros, identificación, control, etc).
- Implantación del Programa de Calibración/ Verificación y Plan de Mantenimiento de los Equipos.
- Recepción de los equipos que serán sometidos a calibración.
- Realización de calibraciones internas de los patrones de trabajo en coordinación con los técnicos de calibración, de acuerdo con los procedimientos establecidos.
- Supervisión de calibraciones.
- Evaluación de los resultados de las calibraciones.
- Tratar y reanudar un trabajo no conforme.
- Evaluación del control de calidad de las calibraciones.
- Elaboración y firma de informes de calibraciones.
- Establecimiento de Acciones Correctivas y de Acciones Preventivas.
- Gestión y supervisión de quejas.
- Evaluación y selección de proveedores para el laboratorio.
- Definición de las características técnicas de los equipos a comprar así como de la aceptación de suministros y servicios técnicos comprados para el laboratorio.

- Aceptación de suministros y servicios en función de los criterios que se establezcan.
- Participar en la elaboración del Programa Anual de Auditorías.
- Asistir y cooperar con el equipo auditor de su área de competencia.
- Cumplir con las responsabilidades que se le asignen en los distintos documentos del Sistema de Calidad.

En su ausencia, esta función será sustituida por el RTE.

TECNICO DE CALIBRACIÓN (TC)

Es la autoridad técnica dentro de su laboratorio como tal, está supeditado al RTE, asume la responsabilidad de que todas las actividades de calibración sean realizadas de conformidad a lo establecido en la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025.

Normalmente, es el responsable de la supervisión técnica y funcional del laboratorio siendo el soporte para el RTE, además, de la ejecución de las calibraciones. Sus funciones son básicamente las siguientes:

- Revisión de procedimientos técnicos e instrucciones.
- Revisión de programas de mantenimiento, verificación y calibración.
- Coordina la elaboración de Procedimientos Técnicos e

Instrucciones de su área de competencia.

- Puesta a punto de los Procedimientos Técnicos.
- Mantenimiento al día de la documentación técnica.
- Mantenimiento de equipos e instalaciones.
- Manejo de objetos de calibración (recepción, codificación, almacenamiento, manipulación, etc). Al interior del laboratorio.
- Coordina la realización de calibraciones a clientes y calibraciones internas que se le encomienden de acuerdo con los procedimientos establecidos, dentro del laboratorio.
- Realización de las calibraciones a clientes y calibraciones internas que se le encomienden de acuerdo con los procedimientos establecidos, dentro del laboratorio.
- Recopila e informa de requerimientos en su laboratorio.
- Supervisión de los resultados de las calibraciones.
- Es el responsable de la recepción de equipo a ser calibrado.
- Cumplir con las responsabilidades que se le asignen en los distintos documentos del Sistema de Calidad.

En su ausencia, esta función será sustituida por otro TC

4.2 Dependencia Funcional

La dependencia funcional de cada puesto es la que se refleja en el organigrama que se presenta en el Anexo I de éste capítulo.

4.3 Conflictos de interés

Considerando el campo de acción del LACEM se han identificado las actividades en las que se podrían generar conflictos de interés, relacionadas directamente a la ejecución del trabajo como:

- Recepción de la solicitud de trabajo.
- Programación de la calibración.
- Realización de la calibración.
- Elaboración del informe.

4.4 Salvaguardias

Con el fin de proteger los intereses y derechos de sus clientes, y para asegurar su independencia, imparcialidad, integridad, seguridad y confidencialidad, en LACEM se ha tomado las siguientes medidas:

- a) LACEM no realizará actividades que puedan comprometer su independencia en su función de calibración, garantizando su actuación como LACEM., libre de intereses distintos a su buen quehacer técnico.
- b) La remuneración del personal del Laboratorio encargado de realizar calibraciones no dependerá del número de ensayos realizados ni de sus resultados.
- c) El personal que presta servicios en LACEM, no ejercerá actividades de carácter productivo, comercial, etc. que pudieran tener influencia sobre el resultado de su actuación.
- d) Toda información recibida, relativa a las calibraciones,

independientemente del carácter que tenga (documental, verbal, del equipamiento, etc.), será tratada como confidencial.

- e) El acceso tanto a la información como a las dependencias del laboratorio esta únicamente consentido para personal autorizado.
- f) En los casos en que sea posible y conveniente, el tratamiento e identificación de los objetos de calibración se hará de forma que se desconozca su procedencia por el personal técnico del laboratorio. Se prestará especial atención al tratamiento confidencial frente a otros clientes.
- g) No se podrá reproducir total o parcialmente ninguna información facilitada por el cliente, para fines distintos de los propios de la calibración, sin su autorización expresa. La generada en la actuación calibradora requerirá la autorización del laboratorio.
- h) Las calibraciones se realizarán conforme a procedimientos establecidos.
- i) No se aceptarán calibraciones cuya viabilidad o resultados previsibles puedan poner en peligro la integridad e independencia de juicio de LACEM
- j) Los documentos del Sistema de Gestión de la Calidad de LACEM. son de su propiedad, debiendo ser tratados confidencialmente y no pudiendo ser reproducidos sin su autorización.

Si existiese cambio de personal clave en LACEM., este cambio debe ser informado al organismo acreditador.

Con el fin de garantizar los puntos anteriormente citados, la Gerencia del Laboratorio solicitará al personal que labora en LACEM., la declaración de salvaguardia correspondiente (**formato F-MC0201**).

Para garantizar que dentro de la organización no se tenga Conflictos de Interés, o presión por alguno de los miembros del mismo que afecte el sistema, se firma la declaratoria de liberación de conflictos de interés (**formato F-MC0202**).

La identificación de otros posibles puntos que generen conflictos de interés dentro y fuera de LACEM., y su control es responsabilidad del RCA.

4.5 Comunicación Interna.

LACEM mantendrá una comunicación fluida entre todos su personal, utilizaran como medio de comunicación el correo electrónico y también a través de reuniones periódicas.

4.6 Protección de la Información.

El LACEM garantiza la protección de la información que genera y recibe de la siguiente forma:

Soporte Físico:

- Toda información confidencial generada o recibida por el LACEM en soporte físico será almacenada por el RCA, en los respectivos armarios que dispondrán de llave para el acceso.

Soporte Electrónico:

- Toda la información generada por el LABSA es centralizada en el computador del RCA o RTE, quién es el responsable de brindar acceso al personal autorizado del LACEM al archivo electrónico del laboratorio. La información es restringida, y está disponible únicamente para lectura.
- Los computadores del LACEM se encuentran en red y cada uno disponen de una clave personal de acceso.
- La transferencia de información electrónicamente, se realizara en formato PDF.

5. ANEXOS

ANEXO I: Organigrama de LACEM. (Ver Ilustración 4.1.1.1)

4.1.3 CAPÍTULO 3

DOCUMENTOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

3.1 OBJETO

3.2 ALCANCE

3.3 GENERAL

3.4 DESCRIPCIÓN

3.1. OBJETO

Este capítulo tiene por objeto definir la estructura de la documentación utilizada en el Sistema de Calidad adoptado por LACEM.

3.2. ALCANCE

Este capítulo es de aplicación a todos los documentos que definen el Sistema de Calidad de LACEM. La estructura de la documentación es la siguiente:

- Manual de la Calidad.
- Procedimientos Generales.
- Procedimientos Técnicos de trabajo (de operación, instalación, calibración y mantenimiento).
- Instrucciones.
- Formatos.
- Documentos Externos.

3.3. GENERAL

Se entiende por Sistema de Calidad el conjunto de la estructura de organización, de responsabilidades, de procedimientos, de procesos y de recursos que se establecen para llevar a cabo la gestión de la calidad (aspecto de la función general de la gestión que determina y aplica las directrices y objetivos generales de una entidad, relativos a la calidad, expresados formalmente por la Gerencia).

Los documentos que definen el Sistema de Calidad responden básicamente a las siguientes definiciones:

- **Manual de la Calidad (MCA):** "Documento que establece la política de la calidad y describe el sistema de la calidad de una organización". Establece la organización, actividades a desarrollar y responsabilidades básicas. En algunos casos, describe la forma de llevar a cabo esas actividades, o bien, incluye la referencia al procedimiento que lo detalla. Su utilización tiene carácter general y es aplicable por cualquier persona de LACEM para realizar funciones sujetas a requisitos de calidad.
- **Procedimientos Generales (PGEs):** Desarrollan el Manual de la Calidad cuando así se considera necesario y describen, con el nivel de detalle necesario, cómo se realizan las actividades de carácter general (gestión de documentos, realización de auditorías internas), cuándo y por quién. Su utilización tiene igualmente carácter general y son aplicables por cualquier persona de LACEM para realizar funciones sujetas a requisitos de calidad.
- **Procedimientos Técnicos de Trabajo (de Calibración,... (PTT.s)):** Describen cómo se realizan las actividades técnicas (calibraciones, mantenimiento, etc.), cuándo, dónde y por quién. Su utilización está restringida al personal responsable de realizar las actividades de su alcance.
- **Instrucciones (INS.):** Desarrollan los procedimientos, cuando se considera necesario, describiendo cómo se realizan actividades particularizadas (p.e. actividades de manejo de equipos,

mantenimiento, etc.). Normalmente describen actividades de carácter técnico que se repiten en múltiples PTT.s. Su utilización, normalmente, está restringida al personal responsable de realizar las actividades que describen.

- **Formatos (FOR.):** Son hojas normalizadas destinadas a recoger información derivada de una actividad concreta que se lleva a cabo en relación con el Sistema de Gestión de la Calidad o con trabajos técnicos concretos (hojas de toma de datos). Una vez que se completan (llena toda la información) se convierten en registros de calidad.
- **Documentos Externos:** Son documentos que no han sido elaborados por el laboratorio, cuya información es aplicada en el desarrollo de los trabajos y con influencia en la calidad de los mismos (normas y métodos para la realización de ensayos, normas de calidad, legislación, publicaciones técnicas, requisitos de clientes, etc.).

3.4. DESCRIPCIÓN

La sistemática para llevar a cabo la elaboración de los documentos se describe en el PG-LACEM-001 y la gestión de la documentación se describe en el PG-LACEM-002 teniendo en cuenta la naturaleza de los documentos:

Documentos Internos (MCA, PGEs, PTTs, INS, FOR).

Documentos Externos.

4.1.4 CAPÍTULO 4

GESTIÓN DE SOLICITUDES, OFERTAS Y CONTRATOS

4.1 OBJETO

4.2 ALCANCE

4.3 GENERAL

4.3.1 Definiciones

4.4 DESCRIPCIÓN

4.4.1 Ofertas

4.4.2 Recepción de solicitudes

4.1. OBJETO.

El objeto del presente capítulo es describir la sistemática adoptada por LACEM., para atender todas las solicitudes recibidas por los clientes, elaborar la cotización de acuerdo a la capacidad técnica del laboratorio y revisar los contratos acordados con los clientes.

4.2 ALCANCE

Este capítulo es de aplicación a la recepción de la solicitud en el laboratorio de calibración, posterior la elaboración, entrega, seguimiento y aceptación o no de la cotización del servicio.

4.3 GENERAL

Definiciones

Oferta

Documento en el que se recogen los precios y condiciones de ejecución de las calibraciones que la Gerencia establece para la información de sus clientes, en base a solicitudes de calibración bajo especificaciones definidas por el cliente, por documento normativo, solicitud verbal o por documento interno.

Contrato/ pedido

Cualquier acuerdo escrito o verbal para prestar servicios de calibración a un cliente LACEM.

4.4 DESCRIPCIÓN

4.4.1 Ofertas.

LACEM realizará ofertas a los clientes que lo solicitaran, los que pueden ser entidades públicas o privadas, sean nacionales o extranjeras.

Una vez que el cliente se comunice con LACEM vía telefónica, verbal o correo electrónico, se procede a revisar el pedido y se evalúa si el laboratorio está en capacidad de ofrecer el servicio.

El RTE o RCA procede a realizar la cotización en el formato F-MC0401, y procede a enviar al cliente. (El laboratorio debe asegurarse que el cliente recibió la cotización).

Si el cliente requiere una modificación a la cotización, se realiza y se genera otra oferta. (Manteniendo los registros de las modificaciones de la oferta).

Una vez que este todo claro entre el laboratorio y el cliente se procede a la aceptación de la cotización. Esta aceptación se constituirá en el contrato entre las dos partes.

Si el laboratorio no está en capacidad de atender la solicitud, deberá informar de manera inmediata la no disponibilidad del servicio.

Cualquier diferencia entre el pedido u oferta y el contrato se resuelve antes de iniciar un trabajo. Cada contrato es aceptable tanto para LACEM como para el cliente.

LACEM conserva los registros de las revisiones, incluidas todas las modificaciones significativas. También se conserva registros de las conversaciones mantenidas con los clientes relacionadas con sus requisitos o con los resultados del trabajo realizado durante el período de ejecución del contrato.

LACEM no realiza subcontrataciones

Cualquier desvío con respecto al contrato, el cliente es informado.

Si un contrato necesita ser modificado después de haber comenzado el trabajo, se repite el mismo proceso de revisión de contrato y se comunica los cambios a todo el personal afectado.

4.4.2 Recepción de solicitudes de trabajo.

LACEM podrá recibir solicitudes de petición de calibración que puedan provenir o no de la aceptación de las ofertas realizadas

Los ítems de calibración serán codificados de la siguiente manera:

Código: XXYYY

Dónde:

XX: Dígitos correspondientes a las dos últimas cifras del año correspondiente.

YYY: Número secuencial de acuerdo al ingreso al laboratorio.

Toda la información del ítem a calibrar será registrada en el formato F-MC0402, incluye observaciones que se presenten para la realización de la calibración

Este formato será entregado al RCA para la emisión de la factura correspondiente.

En el caso de que un cliente notifique el cambio o modificación de uno o varios de los requisitos de las solicitudes durante el periodo de ejecución, se repetirá el proceso de revisión de la solicitud y el RTE será informado de las modificaciones.

Cuando se produzca una desviación, modificación respecto a los términos del pedido por parte del laboratorio, el RTE informará al cliente y se dejara constancia en el formato F-MC0402.

4.1.5 CAPÍTULO 5

SUBCONTRATACIÓN

5.1 OBJETO

5.2 ALCANCE

5.3 DESCRIPCIÓN

5.1 OBJETO

El objeto del presente capítulo es definir la política de LACEM., respecto de la subcontratación de Servicios de Calibración, a fin de asegurar que se mantenga los niveles de competencia técnica y calidad establecidos para sí mismo.

5.2 ALCANCE

Actividad que LACEM., realizará con sus propios medios, y las que en el futuro pudiera abordar.

5.3 DESCRIPCIÓN

Si por alguna razón de fuerza mayor (como daño de equipos, incremento en el volumen de calibraciones, incapacidad temporal del personal etc.) El laboratorio no puede brindar los servicios de calibración podrá optar por subcontratar laboratorios que deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Laboratorios acreditados con organismos acreditadores que tengan reconocimiento internacional.

El laboratorio informará al cliente por escrito su intención de subcontratar la actividad en cuestión y obtendrá su aceptación por escrito.

La responsabilidad total de los resultados será de LACEM a menos que el laboratorio a subcontratar sea indicado por el cliente o por una autoridad reguladora.

El RCA será responsable de mantener un registro de los subcontratistas que podrá utilizar el laboratorio, formato F-MC0501, así como un registro que evidencie el cumplimiento como laboratorio competente.

4.1.6 CAPÍTULO 6

COMPRA DE SERVICIOS Y SUMINISTROS

6.1. OBJETO

6.2. ALCANCE

6.3. DESCRIPCIÓN

6.3.1. Necesidad de compra

6.3.2. Selección de suministradores

6.3.3. Petición de ofertas

6.3.4. Selección de oferta

6.3.5. Orden de compra

6.3.6. Recepción

6.3.7. Almacenamiento

6.3.8. Evaluación anual de proveedores

6.1 OBJETO

El objeto de este capítulo es describir la sistemática de compras aplicada por LACEM con el fin de asegurar que los suministros y servicios que se utilicen y que influyen en la calidad de los Servicios de Calibración, vayan a satisfacer los requisitos de selección y adquisición establecidos.

6.2 ALCANCE

Cuanto se establece en este capítulo, es aplicable a la adquisición, recepción y almacenamiento de equipos, materiales, productos consumibles y servicios, relacionados con las actividades de Calibración que realiza LACEM.

6.3 DESCRIPCIÓN

El procedimiento que se describe a continuación, se desarrollan en las siguientes fases, para cada una de las cuales se establecen los correspondientes criterios y directrices. Estas fases son:

6.3.1 Necesidad de compra

La necesidad de compra de suministros, servicios o equipos puede ser realizada por cualquier persona que trabaja en LACEM.

6.3.2 Selección de suministradores

LACEM solicitara a sus proveedores que envíen una carta de presentación de los servicios que ofertan.

La información recibida por cada uno de los proveedores será revisada por el RTE y/o RCA. En caso de aprobarlos como proveedores serán los encargados de incluirlos en el listado de proveedores F-MC0602 y abrir la ficha de proveedor F-MC0601.

Para la selección de suministradores para servicios y productos (equipos, repuestos, etc.) LACEM., ha establecido una sistemática basada en una matriz de evaluación que consta en la ficha del suministrador, la cual es aplicada a todas las empresas proveedoras, con el objetivo de verificar el cumplimiento de requisitos establecidos por LACEM., según criterios de calidad, eficacia y economía.

6.3.3 Petición de ofertas

En base al listado de proveedores, se enviará el pedido a los que puedan proveer del ítem requerido. El pedido incluirá todas las características técnicas del bien o servicio.

6.3.4 Selección de oferta

Las proformas (cotizaciones) que han sido presentadas para proveer suministros y servicios, serán evaluadas por el responsable técnico del laboratorio, dejando el registro de revisión y aprobación en la cotización.

6.3.5 Orden de compra

Para realizar la adquisición se debe generar una orden de compra, correspondiente (formato F-MC0603) incluirá todas las especificaciones requeridas y descritas por LACEM., para asegurar el cumplimiento de los requisitos aplicables.

6.3.6 Recepción

La recepción física del suministro/ equipo o servicio brindado será llevada a cabo por el responsable técnico o la persona que designe donde comprobará que las características del ítem suministrado sean acorde a la orden de compra. Deberá registrarse la aceptación del ítem suministrado.

Si no ha sido aceptado el ítem no podrá ser utilizado.

6.3.7 Almacenamiento

El almacenamiento de los suministros, equipos adquiridos se realizará en la bodega predestinada para dicho fin en el laboratorio.

6.3.8 Evaluación anual a proveedores.

Para realizar la evaluación del servicio brindado, se llevará un registro por proveedor en el formato F-MC0601, donde se citarán las adquisiciones de bienes y servicios realizados y las incidencias en caso de que se hayan suscitado.

El RCA / RTE en base a la información registrada procederá a evaluar anualmente a los proveedores y tomando en cuenta los siguientes criterios para la evaluación:

CRITERIOS PARA ADQUISICIÓN DE PRODUCTOS/ EQUIPOS

1. Requisitos de calidad del producto.
2. Requisitos técnicos.
3. Cumplimiento en tiempos de entrega.
4. Atención oportuna y de calidad.

CRITERIOS PARA MANTENIMIENTO / CALIBRACIÓN

1. Tiempo de ejecución del trabajo.
2. Entrega oportuna de informes.
3. Claridad y calidad del informe.
4. Atención oportuna y de calidad.
5. Sistema de Calidad implementado. (Acreditado).

CRITERIOS PARA CAPACITACION/ AUDITORIA

1. Cumplimiento de programa establecido.
2. Conocimiento del tema.
3. Sistema de calidad.
4. Atención oportuna y de calidad.

CRITERIOS PARA INTERCOMPARCIONES

1. Organización.
2. Información técnica.

3. Sistema de calidad.

4. Atención oportuna y de calidad.

De esta evaluación se define si el proveedor continúa aprobado para constar en la lista de proveedores de LACEM y se debe registrar en las observaciones del mismo formato.

4.1.7 CAPÍTULO 7:

SERVICIO AL CLIENTE

7.1 OBJETO

7.2 ALCANCE

7.3 DESCRIPCIÓN

7.1 OBJETO

El objeto del presente capítulo es describir los criterios y las directrices que seguirá LACEM., en el servicio que presta a sus clientes.

7.2 ALCANCE

Este capítulo será aplicable al servicio que preste LACEM., a sus clientes.

7.3 DESCRIPCIÓN

La cooperación que LACEM., establece con sus clientes o sus representantes establecerá una vía de comunicación encaminada a facilitar la relación entre ambos para un mayor beneficio común. Dicha cooperación tendrá por objetivos:

- Aclarar las solicitudes de calibración.
- Aclarar cotizaciones.
- Permitir al cliente el acceso a sus instalaciones y al laboratorio, para revisar las actividades de calibración, en relación al trabajo solicitado (siempre que asegure la confidencialidad frente a otros clientes).
- Realizar análisis de contradictorios cuando el cliente lo solicite.
- Mantener un sistema de realimentación de los clientes, para considerar en la política de mejora continua.

LACEM realizara una encuesta de satisfacción del cliente en el formato F-MC0701 y analizará esta información para la mejora continua del sistema de gestión.

4.1.8 CAPÍTULO 8

QUEJAS

8.1. OBJETO

8.2. ALCANCE

8.3. GENERAL

8.3.1. Definiciones

8.4. DESCRIPCIÓN

8.4.1. Recepción y tramitación

8.4.2. Registros

8.1 OBJETO

El objeto del presente capítulo es definir las políticas y describir el procedimiento utilizado por LACEM., para el tratamiento de las quejas que pudieran surgir como consecuencia de las actividades que le son propias.

8.2 ALCANCE

Lo previsto en este capítulo será de aplicación a todas las quejas recibidas en LACEM en relación con las actividades que realiza, servicios de calibración.

8.3 GENERAL

Definiciones

Queja

Disconformidad que puede presentar el cliente cuando el servicio prestado por LACEM., no satisface, desde su punto de vista, el cumplimiento de las especificaciones aplicables.

8.4 DESCRIPCIÓN

LACEM. Considera las posibles reclamaciones a su actuación como circunstancias, que aun siendo indeseables, permiten poner a prueba, y en su caso modificar, el Sistema de Gestión de la Calidad implantado.

Para este efecto, LACEM., cuenta con un sistema de gestión de registros y, cuando sea necesario, un tratamiento de los objetos de

calibración una vez finalizadas las mismas, que le permite estar en disposición de aclarar y/o resolver cualquier tipo de queja presentada, tomando las acciones que convengan para su resolución.

8.4.1 Recepción y tramitación.

Las quejas son recibidas por cualquier personal del laboratorio y serán registradas en el formato F-MC0801.

El responsable técnico y/o calidad serán los responsables de dar el tratamiento correspondiente de las quejas analizando detenidamente las mismas.

Cuando la queja no tiene sustento, el RCA informara al cliente.

Cuando la queja está fundamentada, se considerara una no conformidad y se dará el tratamiento como tal.

8.4.2 Registros

En cualquier caso, todas y cada una de las reclamaciones (sean aceptadas como tales o no) recibidas en LACEM., estarán debidamente documentadas en el formato correspondiente y archivadas conjuntamente y de forma secuencial por el RCA.

4.1.9 CAPÍTULO 9

CONTROL DE TRABAJOS NO CONFORMES

9.1. OBJETO

9.2. ALCANCE

9.3. GENERAL

9.3.1. Definiciones

9.4. DESCRIPCIÓN

9.4.1. Detección de trabajos no conformes

9.4.2. Proceso operativo

9.4.3. Información, documentación y aceptación de la no conformidad

9.4.4. Codificación

9.4.5. Evaluación

9.4.6. Acciones inmediatas

9.4.7. Información al cliente

9.4.8. Cierre

9.1 OBJETO

El objeto del presente capítulo es describir el procedimiento establecido por el LACEM para detectar, identificar y documentar trabajos no conformes que se deriven de cualquier aspecto de su trabajo de ensayo, de sus propios procedimientos o de los requisitos acordados con el cliente, así como de los incumplimientos de los requisitos establecidos en el Sistema de Calidad.

9.2 ALCANCE

El sistema que más adelante se describe es aplicable a todas las No Conformidades que se detecten en las calibraciones o a los resultados de dicho trabajo, o en el Sistema de Calidad.

9.3 GENERAL

Definiciones

No conformidad:

Incumplimiento de un requisito.

Trabajo no conforme

Se pueden identificar trabajos no conformes con el Sistema de gestión o con las actividades relacionadas a las calibraciones o en diversos puntos del sistema o de las operaciones técnicas.

9.4 DESCRIPCIÓN

9.4.1 Detección de trabajos no conformes

El sistema interno de detección de trabajos no conformes de LACEM, está basado en el control de sus actividades, que contemplará acciones de supervisión, revisión de datos primarios, auditorías internas.

Cuando algún aspecto del trabajo o resultado presenta una no conformidad con el procedimiento de calibración o con las especificaciones de trabajo acordado con el cliente, el técnico o cualquier persona del laboratorio está obligado a reportar esta condición al RCA o RTE, quienes serán los responsables de la gestión del trabajo no conforme en su ámbito de acción.

La detección de posibles No Conformidades podrá ser realizada por cualquier persona relacionada con las actividades del laboratorio.

9.4.2 Proceso operativo

Las actividades a llevar a cabo, una vez detectada una No Conformidad, serán las siguientes:

- a) Documentar la posible No Conformidad en el formato F-MC0901, informe de no conformidad.
- b) Evaluación de la no conformidad para determinar si es procedente o no.

- c) Si es procedente continuar con procedimiento, si no es procedente archivar e informar a interesados.
- d) Ejecución de acciones inmediatas si procede.
- e) Si la No Conformidad es detectada en el curso de una actividad, determinar si procede su interrupción.
- f) Evaluar la importancia de la No Conformidad detectada (por ejemplo, identificando los ítems afectados).
- g) Análisis de causa raíz del problema.
- h) Adopción de Acciones Correctivas.
- i) Informar al cliente, si procede.
- j) Autorizar la reanudación del trabajo si corresponde.
- k) Cierre de la no conformidad.

9.4.3 Información, documentación y aceptación de la No Conformidad

La persona que detecta una posible *No Conformidad* es responsable de informar RTE en el ámbito técnico, o al RCAL en ámbito del sistema de gestión, quienes complementarán el “Informe de No Conformidad” (formato F-MC0901).

Si el trabajo No Conforme se produce en el transcurso de una calibración, se registrará en los registros de datos correspondientes.

9.4.4 Codificación

El RCA asignara un número al informe de no conformidad según el siguiente código:

INC – XX- YYY

Dónde:

XX: Son los dos últimos dígitos del año en curso

YYY: es un número correlativo a partir del 001

9.4.5 Evaluación de la no conformidad

El RCA evaluará, con la colaboración del RTE en caso de ser necesario, si es realmente una No Conformidad.

En caso de que el RCA o el RTE consideren que no se trata de una No Conformidad, dará una explicación razonada de la no aceptación en el propio formato y se notificará a la persona que la detectó.

9.4.6 Acciones inmediatas

Una vez identificada la No Conformidad, el RCA o el RTE, decidirá si se requiere tomar acciones inmediatas; por ejemplo, interrupción de un ensayo o retirar informes de ensayos ya emitidos.

9.4.7 Información al cliente

El RTE deberá notificar a su cliente, inmediatamente y por escrito, cualquier circunstancia que pudiera poner en duda la validez de los resultados de los ensayos recogidos en un informe emitido.

9.4.8 Cierre de la No conformidad

Luego que se ha cumplido con las acciones planificadas, con la implantación de las acciones correctivas, el seguimiento de las acciones planificadas y la verificación de su idoneidad, se declara cerrada la No Conformidad registrando en el formato F-MC0901 las fechas y firmas de responsabilidad.

Si una vez finalizado el plazo previsto, no se hubiese podido cerrar la No Conformidad, los responsables de la evaluación y de la revisión (RCA o RTE) analizarán las causas, tomando las medidas necesarias, y definirán un nuevo plazo que se documentará en el formato F-MC0901.

En el caso de ser una No Conformidad derivada de una actuación externa, se procederá a informar, por escrito a la persona o entidad que inició el proceso, sobre las Acciones Correctivas propuestas, los plazos previstos y los resultados.

4.1.10 CAPÍTULO 10

MEJORA

10.1. OBJETO

10.2. ALCANCE

10.3. GENERAL

10.4. REGISTROS

10.1 OBJETO

El objeto de este capítulo es describir la política y sistemática establecida por LACEM, para disponer de un sistema de mejoramiento continuo, fortaleciendo el sistema de calidad implantado de una manera dinámica.

10.2 ALCANCE

Este capítulo es de aplicación a todas las actividades, técnicas y administrativas que se realizan en LACEM.

10.3. GENERAL

Para la identificación de oportunidades de mejora, tanto técnica como relativa al Sistema de Calidad, el RTE mantendrá reuniones mensuales con el personal, orientadas a elaborar planes de acción que serán implantados por el RTE o el RCA en el área de su responsabilidad, al igual que el seguimiento a los planes de implantación

El LACEM asegura que sigue un proceso de mejora continua mediante el uso y cumplimiento de:

- Su política de calidad
- Objetivos de calidad
- Resultados de auditorías
- Análisis de datos

- Revisión por la dirección
- Acciones correctivas
- Acciones preventivas.

10.4. REGISTROS

El RCA es responsable de mantener registros de todas las actividades relacionadas a sistemas de mejora que se traten en el LACEM.

4.1.11 CAPÍTULO 11

ACCIONES CORRECTIVAS

11.1. OBJETO

11.2. ALCANCE

11.3. GENERAL

11.3.1 Definiciones

11.4 DESCRIPCIÓN

11.4.1 Análisis de las causas de no conformidad

11.4.2 Propuesta e implantación de acciones correctivas

11.4.3 Seguimiento, verificación y cierre de acciones correctivas

11.4.4 Auditorías adicionales

11.4.5 Registros

11.1 OBJETO

El objeto de este capítulo es describir el sistema establecido por LACEM., para emprender Acciones Correctivas con el objeto de subsanar, de forma eficaz, las causas que han originado No Conformidades y para evitar la repetición de las mismas.

11.2 ALCANCE

El sistema que más adelante se describe es aplicable a todas las Acciones Correctivas adoptadas para la eliminación de las No Conformidades que se detecten en el laboratorio.

11.3. GENERAL

11.3.1 Definiciones

Acción correctiva

Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación indeseable.

11.4 DESCRIPCIÓN

11.4.1 Análisis de las causas de No Conformidad

Una vez detectadas las No conformidades, se analizarán las causas que motivaron su detección para determinar el origen del problema y poder actuar de manera consecuente.

La responsabilidad de efectuar el análisis de la No Conformidad, recaerá sobre el RTE o RCA, cada uno en su

ámbito, iniciando un análisis y estudio para determinar las posibles causas que originaron la No conformidad entre las que pueden encontrarse las siguientes:

- Requisitos de los clientes
- Especificaciones de los objetos de calibración
- Especificaciones de los procedimientos de calibración y/o procedimientos del Sistema de la Calidad
- Formación del personal
- Otros, etc.

El RCA o el RTE, son responsables de mantener los registros actualizados de las investigaciones llevadas a cabo para estudiar el origen que provocó la No Conformidad, dependiendo del área de competencia.

11.4.2 Propuesta e Implantación de Acciones Correctivas

Como consecuencia de la investigación llevada a cabo, los responsables de evaluación de la No Conformidad (causas y efectos), el RTE o el RCA, según su ámbito de responsabilidad, propondrán Acciones Correctivas y las Acciones Inmediatas a tomarse si las hubiere (formato F-MC0901), seleccionando para su implantación las más factibles con indicación de plazos de ejecución y persona o entidad encargada de realizarlas. Las

Acciones Correctivas seleccionadas serán sometidas a la revisión del RC.

11.4.3. Seguimiento, verificación y cierre de Acciones Correctivas.

El seguimiento del cumplimiento de la Acción Correctiva y los plazos previstos correrán a cargo de la persona que firma en el Informe de No Conformidad como responsable de evaluación y se realizarán durante el periodo establecido como plazo previsto.

La verificación del cumplimiento de la Acción Correctiva, en plazo y contenido, corresponde al RCA. Esta verificación se realizará a la finalización del plazo previsto de implantación que se documentarán en el formato F-MC0901. Si una vez finalizado el plazo previsto, no se hubiese podido cerrar la No Conformidad, los responsables de la evaluación y de la revisión (RCA) analizarán las causas, tomando las medidas oportunas, y definirán un nuevo plazo que se documentará en el formato F-MC0901.

Implantada la Acción Correctiva y verificada su idoneidad, el RCA procederá al cierre de la No Conformidad.

En el "Informe de No Conformidad" correspondiente, formato F-MC0901, se documentarán, todos los puntos descritos anteriormente. En el caso de ser una No Conformidad derivada de una actuación externa, se procederá a informar, por escrito

a la persona o entidad que inició el proceso, sobre las Acciones Correctivas propuestas, los plazos previstos y los resultados.

Aunque la No Conformidad está cerrada, el RCA supervisará que las Acciones Correctivas implantadas han sido eficaces. La evaluación de la eficacia de una Acción Correctiva se hará en base a la no aparición de la No Conformidad que trataba de corregir. La comprobación de la eficacia deberá registrarse e indicar las evidencias encontradas firmado y fechado por el responsable que corresponda.

11.4.4 Auditorias adicionales

Cuando la identificación de No Conformidades ponga en duda el cumplimiento, por parte del laboratorio, de sus propias políticas o procedimientos o del cumplimiento de los requisitos de acreditación, indicados en la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025, LACEM., efectuará auditorias adicionales según el procedimiento de auditorías internas.

Dichas auditorias, serán realizadas una vez emprendidas las Acciones Correctivas establecidas para la No Conformidad detectada, de tal manera que se pueda evaluar la eficacia de tales Acciones Correctivas.

11.4.5 Registros

El RCA mantendrá los informes de No Conformidad mientras los responsables de la implantación y seguimiento trabajan

sobre ellas. Una vez cerradas las No Conformidades el RCAL archivará los registros.

4.1.12 CAPÍTULO 12

ACCIONES PREVENTIVAS

12.1 OBJETO

12.2 ALCANCE

12.3 GENERAL

12.3.1 Definiciones

12.4 DESCRIPCIÓN

12.4.1 Información, documentación y aceptación de la acción preventiva

12.4.2 Evaluación y análisis

12.4.3 Plan de acción

12.4.4 Implantación, seguimiento, verificación y cierre

12.4.5 Registros

12.1 OBJETO

El objeto de este capítulo es describir el sistema establecido por el laboratorio para identificar Acciones Preventivas, de mejora y posibles fuentes de No Conformidades.

12.2 ALCANCE

El sistema que más adelante se describe es aplicable a todas las Acciones Preventivas identificadas para conseguir la mejora del Sistema de la Calidad de LACEM.

12.3 GENERAL

12.3.1 Definiciones

Acción preventiva

Acción tomada o ejecutada para eliminar la causa de una No Conformidad potencial u otra situación potencialmente indeseable.

12.4 DESCRIPCIÓN

Cualquier persona relacionada con el sistema de calidad del LACEM, basándose en su experiencia, en el autocontrol de sus actividades, gracias a sus acciones de supervisión o de revisión o de auditoría interna, mediante el análisis de datos o de tendencias o de riesgos o de resultados obtenidos en los ensayos de aptitud, interlaboratorios, entre otras, puede identificar Oportunidades de Mejora o situaciones potenciales

de No Conformidad. Las actividades, una vez identificada una posible Acción Preventiva, serán las siguientes:

- a) Documentar la posible Acción Preventiva e informar de ello para considerar si es aceptada.
- b) Evaluar la importancia de la Oportunidad de Mejora o No Conformidad Potencial detectada.
- c) Adopción de Acciones Preventivas.

12.4.1 Información, documentación y aceptación de la acción preventiva.

La persona que detecta una posible Acción Preventiva es responsable de informar de ello, cumplimentando el “Informe de Acción Preventiva” (formato F-MC1201) y remitiéndolo al RCA. El RCA evaluará, con la colaboración del RTE, si procede aceptar la propuesta y, en este caso, asignará N° al Informe de Acción Preventiva (IAP) según el siguiente código: IAPXXYYY donde:

XX son los dos últimos dígitos del año en curso.

YYY es un número correlativo que comienza en 001 cada año.

En caso de que el RCA, con la colaboración del RTE, considere que NO es procedente, dará una explicación razonada de la no aceptación en el propio formato y notificará esta decisión a la persona que la detectó.

12.4.2 Evaluación y análisis de la acción preventiva propuesta.

La aceptación de una Acción Preventiva exige su análisis para la identificación de los posibles Planes de Acción para la eliminación de la situación que se ha identificado como No Conformidad Potencial o para implantar la Mejora aceptada como oportuna.

12.4.3 Plan de acción

El RCA, con la colaboración del RTE, elige la opción más factible y elaboran un Plan de Acción para la implantación de la Acción Preventiva, designando responsables de realización y seguimiento y definiendo un plazo para llevarlo a cabo, dejando constancia de los mismos en el Informe de Acción Preventiva (F-MC1201).

12.4.4 Implantación, seguimiento, verificación y cierre de Acción Preventiva.

El responsable de implantación designado realiza las acciones necesarias para llevar a cabo, en plazo y contenido, el Plan de Acción propuesto, dejando constancia de las mismas en el Informe de Acción Preventiva (F-MC1201). El responsable de seguimiento designado realiza las acciones necesarias para impulsar y asegurar que se lleva a cabo, adecuadamente, el Plan de Acción propuesto, dejando constancia de las mismas

en el formato F-MC1201. El RCA realiza la verificación de la implantación adecuada, en plazo y contenido, el cierre y la comprobación de la eficacia de la Acción Preventiva, dejando constancia de los mismos en el Informe de Acción Preventiva (F-MC1201). La verificación se realizará al menos a la finalización del plazo previsto de implantación.

12.4.5 Registros

Una vez cerradas las acciones preventivas, el RCA archivará las acciones preventivas.

4.1.13 CAPÍTULO 13

CONTROL DE LOS REGISTROS

13.1 OBJETO

13.2 ALCANCE

13.3 GENERAL

13.3.1 Definiciones

13.4 DESCRIPCIÓN

13.4.1 Mantenimiento

13.4.2 Disponibilidad y uso

13.4.3 Conservación

13.4.4 Archivo de registros

12.1 OBJETO

El objeto de este capítulo es describir el sistema utilizado por LACEM., para asegurar el control de los registros, tanto técnicos como de gestión.

12.2 ALCANCE

Este capítulo es de aplicación a todos los registros relacionados con el Sistema de Calidad establecido en LACEM, es política del laboratorio que todos los registros se mantengan en formato digital.

12.3 GENERAL

13.3.1 Definiciones

Registro

Documento que proporciona resultados obtenidos o proporciona evidencias de actividades desempeñadas.

Documento

Información y su medio de transporte.

13.4 DESCRIPCION

Los registros serán emitidos y complementados en los formatos correspondientes, por las personas designadas en la documentación del Sistema de Calidad. A los registros, sólo podrán acceder las personas autorizadas para ello, requiriendo cada persona un usuario y la clave de acceso a la intranet del laboratorio y será provisto por el DCA.

El DCA será responsable de la identificación, recopilación, codificación, acceso, archivo, almacenamiento, mantenimiento y las disposición de los registros de calidad (informes de auditorías internas, revisión por la dirección, registros de acciones correctivas y preventivas) y técnicos.

En los registros informáticos, la corrección se hará mediante tachado y escribiendo junto a la misma la corrección realizada, el propio sistema informático, en la medida de lo posible, dispondrá de un control de modificaciones que permitirá conocer la fecha en la que se realizaron los cambios así como el motivo y la persona que los realizó; si no fuera posible, se abrirá un campo denominado histórico para indicar los datos de la modificación.

La información se conservará en los archivos correspondientes, teniendo en cuenta, además de lo expuesto en este capítulo, los requisitos derivados de disposiciones legales, de acreditación y de capacidad de reproducción.

En el caso de registros referidos a **calibraciones**, éstos deben contener los datos e información necesaria para poder establecer una ruta de auditoría, poder identificar los factores que afectan a la incertidumbre así como permitir la repetición de la calibración, al menos en condiciones similares o lo más parecidas, especialmente en todos aquellos cálculos que le afectan. Estos registros deben incluir la identidad del personal que realizó la calibración.

Las observaciones, los datos y los cálculos se deben registrar en el momento de hacerlos y deben ser relacionados con la operación en cuestión.

13.4 1 Mantenimiento

LACEM tomará medidas apropiadas para:

- Realizar, periódicamente, copias de seguridad de todos los registros informáticos. Las copias de seguridad se pueden archivar en soporte informático. Éstas se archivarán en lugares distintos al de los originales.
- Establecer niveles adecuados de seguridad y riesgos de acceso accidentales o deliberados, acordes con la importancia y vulnerabilidad de los datos. El RCA será encargado de generar y distribuir claves para el acceso a la intranet, así como de la modificación de las mismas cuando lo requieran las circunstancias.

La clave deberá ser personalizada y asegurar que el usuario sólo pueda acceder y trabajar con las partes del programa para las que está debidamente autorizado.

El emplazamiento para los registros en soporte informático tendrá condiciones adecuadas para evitar la pérdida de información.

13.4.2 Disponibilidad y uso

Los registros deben estar disponibles para una rápida utilización por parte del personal autorizado, siendo por tanto su acceso fácil y garantizado.

13.4.3 Conservación

Los datos, observaciones y demás información contenida en los registros deberán poder establecer una ruta de auditoría para lo cual el período mínimo de conservación será de 5 años, salvo especificación distinta establecida en normas o reglamentos o bien por imposición contractual, siendo de aplicación siempre el período mayor.

Una vez vencido el periodo de conservación, los registros serán almacenados en medios magnéticos.

13.4.4 Archivo de registros

El sistema de archivo de los registros se lo realizará en la intranet.

4.1.14 CAPÍTULO 14

AUDITORÍAS INTERNAS

14.1. OBJETO

14.2. ALCANCE

14.3. GENERAL

14.3.1. Definiciones

14.4. DESCRIPCIÓN

14.4.1. Responsabilidades

14.4.2. Registros

14.1 OBJETO

El objeto de este capítulo es describir las medidas adoptadas por el laboratorio para comprobar la eficacia del Sistema de Calidad, a través de su sistema de auditorías internas.

14.2 ALCANCE

Lo previsto en este capítulo es aplicable a todas las auditorías a realizar en LACEM. Cubriendo todos los elementos (actividades, equipos, personal, etc.) sujetos al Sistema de Calidad definido.

14.3 GENERAL

14.3.1 Definiciones

Auditoría

Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias del Sistema de Calidad y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría.

Auditor

Persona con la competencia para llevar a cabo una auditoría.

14.4 DESCRIPCIÓN

El RCA junto con el RTE establecerá un Programa anual de auditorías internas en las reuniones de Revisión del Sistema para tener en cuenta cualquier indicación u observación que considere hacer la Gerencia General. Dicho Programa se llevará a cabo para comprobar el cumplimiento de los requisitos exigidos en el Sistema de Calidad de

acuerdo a un calendario establecido (formato F-MC1401). La periodicidad de las auditorías será, al menos, una vez al año.

Las auditorías programadas abarcarán a todas las áreas del laboratorio (actividades técnicas) y Sistema de Calidad definido y deberán complementarse con otras adicionales cuando se produzca alguna de las siguientes circunstancias:

- Cuando se introduzcan cambios significativos en el Sistema de Calidad, a fin de evaluar su impacto.
- Cuando exista sospecha o se tenga certeza de que no se cumplen los requisitos de calidad establecidos.
- Cuando la implantación de Acciones Correctivas haya sido motivada por la detección de No Conformidades que pongan en duda el cumplimiento, por parte del laboratorio, de sus propias políticas, procedimientos o requisitos establecidos en el Sistema de Calidad.

Los objetivos básicos a cubrir por el programa de auditorías internas de calidad son los siguientes:

- Verificar la implantación del Sistema de Calidad.
- Controlar periódicamente su funcionamiento.
- Evaluar la eficacia del Sistema.
- Detectar No Conformidades.

- Controlar la corrección y cierre de las No Conformidades.

Las auditorías internas de calidad se realizarán según el procedimiento para la realización de auditorías internas de calidad PGE-LACEM-003.

En lo posible las auditorías se realizarán por un equipo auditor contratado, de no ser posible, el laboratorio formará/capacitará y designará los equipos auditores, debiendo estar debidamente calificados y ser independientes, en la medida de lo posible del área auditada.

Los auditores internos deberán al menos tener los siguientes requisitos:

- Curso de la norma ISO/IEC 17025:2005
- Curso de auditoría interna de laboratorio
- Experiencia de al menos dos años en laboratorio de calibración

Para el caso de evaluación y selección de auditores externos, se exigirá experiencia (haber realizado al menos tres auditorías en laboratorios de calibración), curso de la norma ISO/IEC 17025:2005.

En las reuniones de Revisión del Sistema de Calidad se hará un seguimiento de las auditorías realizadas, comprobando la eficacia de las Acciones Correctivas implantadas.

14.4.1 Responsabilidades

El RCA es responsable de:

- Programar, coordinar y hacer el seguimiento de cada auditoría, salvo auditorías externas y auditorías de su área de competencia.
- Verificar la ejecución de las Acciones Correctivas en plazo y contenido a la finalización del plazo de ejecución.

El RTE o el RCA en su caso, son responsables de proponer las Acciones Correctivas resultantes de las No Conformidades detectadas en cada auditoría a su área de responsabilidad.

El responsable del área auditada, tiene el deber de asistir y cooperar con el equipo auditor durante la realización de la misma.

14.4.2 Registros

El responsable del área auditada, recibirá el informe de auditoría y fijará el plazo para la ejecución de las Acciones Correctivas.

El archivo de la documentación generada durante la aplicación del programa de auditorías es responsabilidad del RCA. El archivo estará formado por:

- El correspondiente informe de auditoría documentando todas las actividades llevadas a cabo (preparación, selección, plan e informe).
- Las Acciones Correctivas derivadas de las áreas auditadas.
- Documentos acreditativos de la calificación de los auditores, tanto internos como externos.

4.1.15 CAPÍTULO 15

REVISIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD

15.1 OBJETO

15.2 ALCANCE

15.3 GENERAL

15.3.1 Definiciones

15.4 DESCRIPCIÓN

15.4.1 Registros

15.1 OBJETO

En este capítulo se describe el procedimiento adoptado por el laboratorio para la Revisión del Sistema de Calidad.

14.2. ALCANCE

Lo previsto en este capítulo es aplicable a todas las Revisiones del Sistema de Calidad.

15.3 GENERAL

15.3.1 Definiciones

Revisión del Sistema de la Calidad

Evaluación formal por parte de la Dirección de la situación y adaptación del Sistema de Calidad a la Política de la Calidad y a nuevos objetivos debidos a cambios circunstanciales.

15.4 DESCRIPCIÓN

La Dirección del laboratorio revisará, al menos, una vez al año el Sistema de Calidad, con el fin de asegurar su eficiencia permanente, introducir acciones de mejora y, en caso necesario, iniciar las Acciones Correctivas correspondientes. A sí mismo, esta revisión tiene por objeto asegurar que se mantiene la integridad del sistema cuando se han llevado a cabo cambios en él.

La fecha de la reunión será propuesta por el RCA a la gerencia General. A la reunión asistirán, además del RCA, el GGE, el RTE, así como las personas que se consideren necesarias para esta Revisión.

En el orden del día se incluirán al menos los siguientes puntos:

1. Informes de supervisión y de los responsables de calidad y técnicos.
2. Informes de auditorías externas.
3. Resultados de las auditorías internas y seguimiento de las mismas.
4. Acciones correctivas.
5. Acciones preventivas y recomendaciones para la mejora.
6. Detalles de quejas recibidas.
7. Información obtenida de los clientes.
8. Idoneidad del recurso humano y equipamiento existente.
9. Planes futuros referentes a nuevos trabajos, equipos, personal adicional.
10. Formación del nuevo personal y puesta a punto del existente.
11. Resultados de las actividades de aseguramiento interno de la calidad de las calibraciones.
12. Resultados de los ensayos de aptitud.
13. Revisión de política, manual de calidad, procedimientos y documentación del sistema de gestión de calidad.
14. Programa anual de auditorías para el año siguiente.
15. Revisión de los objetivos de calidad, metas, acciones a tomar.
16. Fecha tentativa de próxima revisión.

15.4.1 Registros

De cada reunión se levantará un Acta (formato F- MC1501) en la que conste:

- Asistentes
- Fecha o fechas
- Asuntos tratados
- Planificación para el año siguiente con los objetivos, metas, acciones a tomar
 - Responsables de la implantación
 - Plazos de ejecución
 - Responsable del seguimiento de la ejecución

El RCA será responsable de la documentación y archivo generado en cada Revisión.

4.1.16 CAPÍTULO 16

PERSONAL

16.1 OBJETO

16.2 ALCANCE

16.3 GENERAL

16.3.1 Definiciones

16.4 DESCRIPCIÓN

16.4.1 Necesidades de Personal

16.4.2 Requerimientos del personal

16.4.2.1 Gerente General

16.4.2.2 Responsable de Calidad

16.4.2.3 Responsable Técnico

16.4.2.4 Técnico en Calibración

16.4.3 Formación

16.4.4 Cualificación

16.4.5 Autorización

16.4.6 Registros

16.1 OBJETO

El objeto de este capítulo es definir la política de personal de LACEM., en los aspectos de formación, entrenamiento y calificación, así como los registros correspondientes, para asegurar que todas las actividades que afecten a la calidad de los servicios de calibración son realizadas por personal con la calificación adecuada.

16.2 ALCANCE

Cuanto se establece en este capítulo es de aplicación a todo el personal del laboratorio.

16.3 GENERAL

16.3.1 Definiciones

Formación

Actividad de adquisición de conocimientos. Calidad de conocimientos adquiridos.

Cualificación

Reconocimiento formal, en base a requisitos preestablecidos de conocimientos técnicos, formación, entrenamiento y experiencia, de la capacidad de una persona para poder asumir la responsabilidad de llevar a cabo correctamente una determinada actividad que le sea asignada.

Autorización

Sinónimo de cualificación.

16.4 DESCRIPCIÓN

El personal que presta servicio en el laboratorio mantendrá una relación laboral específica y definida de acuerdo a los requisitos establecidos en un contrato.

El laboratorio se asegurará que el personal empleado en el mismo es competente para las actividades que se le encomienden mediante la exigencia de unos requisitos mínimos a su incorporación.

La contratación de personal temporal, ya sea técnico o auxiliar, exigirá además una supervisión de las actividades que realice para asegurar que desempeña su labor de acuerdo con el Sistema de Calidad del laboratorio.

16.4.1 Necesidades de Personal

La dirección del Laboratorio se compromete a llevar a cabo las acciones necesarias para mantener los efectivos de personal que sean apropiados para el tipo y volumen de trabajo demandados por sus clientes y a establecer en cada momento las relaciones más efectivas entre los distintos estamentos.

Se dispondrá, bajo responsabilidad del RCA, un Listado de Personal del laboratorio, según formato F-MC1601.

16.4.2 Requerimientos del personal

Los requisitos mínimos necesarios para cubrir los puestos del LACEM son los siguientes:

16.4.2.1 GERENTE GENERAL (GGE)

Titulación: Ingeniero

Formación: Capacitación gerencial

Experiencia: 2 años de experiencia profesional.

16.4.2.2 RESPONSABLE DE CALIDAD. (RCA)

Titulación: Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones o afines.

Formación: Específica en la norma ISO/IEC 17025.

Auditoría de sistemas de calidad ISO/IEC 17025.

Experiencia: Mínima de 1 año en laboratorio de calibración.

Habilidades: Manejo avanzado de ofimática.

Dominio intermedio de inglés.

Dominio de herramientas estadísticas.

Capacidad de liderar el equipo de trabajo.

16.4.2.3 RESPONSABLE TECNICO (RTE)

Titulación: Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones o afines

Formación: Formación específica en Metrología e Instrumentación.

Experiencia: Mínima de 2 años en el área funcional de medición y calibración de equipos relacionados al área del laboratorio.

Habilidades: Manejo avanzado de ofimática.

Dominio intermedio de inglés.

Dominio de herramientas estadísticas.

Capacidad de liderar el equipo de trabajo.

16.4.2.4 *TÉCNICO EN CALIBRACIÓN (TC)*

Titulación: Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones o afines.

Formación: Formación específica Instrumentación y Metrología.

Experiencia: Mínima de 1 año en el área funcional calibración de equipo de medición, en relación a magnitudes eléctricas y alta frecuencia.

Habilidades: Manejo avanzado de ofimática,

Dominio intermedio de inglés.

Dominio de herramientas estadísticas.

Todo el personal del laboratorio elaborará un Currículum Vitae, según formato F- MC1602 y lo entregará firmado y fechado al RCA.

Los currículos vitae se revisarán a demanda del RCA o cuando los cambios en su contenido sean de una importancia que, a criterio del interesado, así lo aconseje.

16.4.3 Formación

Todo el personal que realiza actividades que afectan a la calidad de las calibraciones u otras actividades (manejo de equipos, calibración, mantenimiento, auditorías internas, etc.) recibirá, considerando las responsabilidades que tenga asignadas, la formación que se haya considerado necesaria.

Las necesidades de formación se podrán detectar por alguno de los siguientes métodos:

- a) Solicitud de formación por parte del personal del laboratorio para completar su formación con el objeto de mejorar la realización del trabajo que se les encomienda.

Cada persona comunicará al RCA su propuesta para su aprobación. La decisión será comunicada al interesado y, en el caso de ser positiva, el RTE gestionará su participación en las

actividades correspondientes o buscará los cauces necesarios para cubrir dicha necesidad.

b) Programa de Formación Anual del laboratorio.

c) Otras necesidades que se manifiesten y así se consideren por el RTE.

El RCA junto con el RTE elaborará un programa de formación en base a las necesidades detectadas, las actividades que se realizan y las que se prevén realizar, contemplando aspectos técnicos y de calidad (formato F- MC1603).

Para dar cumplimiento a los programas de formación, la Gerencia general del laboratorio estudiará la participación del personal en cursos, conferencias, seminarios etc.

El programa de formación requerirá ser revisado para su actualización en los siguientes casos:

I) Cuando el personal designado para realizar una función no tiene la formación suficiente.

II) Cuando los resultados obtenidos en una actividad no son satisfactorios y pueden ser atribuibles al personal.

III) Cuando se producen cambios en el laboratorio.

El personal en formación será supervisado por el RTE (con la colaboración del RCA en su caso). El RCA llevará a cabo un seguimiento de las actividades programadas en el propio

formato F-MC1603 y en el formato F-MC1604 (Evaluación de la eficacia).

16.4.4 Cualificación

Para el personal que realiza actividades específicas (manejo de determinados equipos, realización de calibraciones, evaluación de resultados y firma de certificados de calibración), el RTE, con la colaboración del RCA (si es necesario), elaborará un Programa de Cualificación (formato F- MC1605).

En este programa se reflejarán las actividades necesarias para llegar a la confianza de que está capacitado y es competente para la realización del trabajo encomendado, previa consideración de la titulación, formación, experiencia y habilidades.

Dicho Programa contendrá la siguiente información:

- Nombre y apellidos de la persona que va a recibir la cualificación.
- Actividad o actividades para las que se le cualifica.
- Actividades necesarias para conseguir la calificación (actividades teóricas de formación internas o externas, prácticas supervisadas, etc.).
- Persona o personas responsables de la supervisión.

Las actividades para las que se cualifica podrán considerar tareas de formación (asistencia a cursos, lectura de documentos, etc.) o entrenamiento (período de iniciación, realización de las actividades objeto de la cualificación en presencia de otra persona calificada que supervisa su actuación, etc.).

En aquellos casos en los que el responsable de cualificación (RTE), considere que la cualificación se tiene en función de la titulación, formación, entrenamiento y cualificación previa, se documentará esta circunstancia en el programa y se emitirá el correspondiente certificado.

La recualificación será automática, siempre que la persona calificada haya estado realizando continuamente las actividades que el certificado cubre y siempre que no se hayan producido cambios sustanciales en los procedimientos o equipos; caso contrario será necesario llevar a cabo un nuevo proceso de cualificación que recoja los cambios realizados.

16.4.5 Autorización

Es necesario disponer de autorización para la realización de las siguientes actividades:

- Realización de determinadas calibraciones.
- Elaboración de certificados de calibración.
- Manejo de determinados equipos.

- Modificación y Validación de procedimientos de calibración.
- Publicación de opiniones e interpretaciones sobre la calibración o los resultados de la misma.

16.4.6 Registros

A fin de mantener un historial y control de las actividades realizadas como consecuencia de lo establecido en este capítulo, LACEM., mantendrá los siguientes registros:

I) Listado de personal de LACEM con cargo, firma y tipo de contrato (formato F-MC1601).

II) Currículo vitae actualizado donde figure la titulación, formación y experiencia tanto académica como profesional (formato F-MC1602).

III) Programa de capacitación y seguimiento (formatos F-MC1603 y F-MC1604).

IV) Certificados de calificación/ autorización (formatos F-MC1605).

Estos registros estarán debidamente actualizados y bajo la responsabilidad del RCA.

4.1.17 CAPÍTULO 17

INSTALACIONES Y CONDICIONES AMBIENTALES

17.1 OBJETO

17.2 ALCANCE

17.3 DESCRIPCIÓN

17.3.1 Áreas de calibración

17.3.2 Condiciones Ambientales

17.3.3 Acceso a las instalaciones del laboratorio.

17.3.4 Registros

17.1 OBJETO

El objeto del presente capítulo es establecer:

- a) las medidas que se tomarán para asegurar que las condiciones ambientales de las áreas donde se realizan las calibraciones sean tales que no influyan negativamente en el resultado de los mismos, ni comprometan la exactitud requerida a las mediciones realizadas.
- b) las disposiciones y criterios con que se asegura el control del acceso a las instalaciones de LACEM.
- c) las medidas con las que se persigue la seguridad del personal que realiza actividades de Calibración.

17.2 ALCANCE

Las medidas y criterios expuestos en este capítulo, afectan a todas aquellas áreas en que se realizan actividades sometidas al Sistema de la Calidad y a las propias actividades.

17.3 DESCRIPCIÓN

17.3.1 Áreas de calibración

En general, las calibraciones a realizar por LACEM., serán llevados a cabo en sus instalaciones permanentes, las cuales serán adecuadas y estarán en perfecto estado.

El RTE indicará documentalmente aquellos requisitos técnicos relativos a los locales que puedan influir sobre las calibraciones sobre los que se tendrá especial consideración.

Se deberá establecer la separación de aquellas áreas en las que realicen actividades no compatibles (mediciones que pudieran producir contaminación o afectar a otros equipos de medida, almacenaje de productos potencialmente peligrosos, equipos sensibles a humedad, interferencias, etc.) Se asegurará este extremo teniendo en cuenta la separación entre actividades, con el fin de asegurar la correcta ejecución de cada trabajo.

Los locales e instalaciones se mantendrán cuidadosamente, garantizando un estado adecuado de orden y limpieza.

17.3.2 Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales en las instalaciones del laboratorio serán tales que se asegure el correcto funcionamiento de los equipos utilizados, permitiendo la obtención de medidas de calidad y resultados válidos.

El RTE comprobará el cumplimiento de los requisitos técnicos relativos a las condiciones ambientales frente a Normas y Procedimientos específicos.

Como referencia se ha considerado las recomendaciones RP-7 del NCSLI para determinar las condiciones ambientales que influyen y deben cumplirse en el laboratorio.

LACEM dispondrá de un sistema de monitoreo y control (p. ej.: registradores de temperatura y humedad, etc.) que permitan

controlar y registrar el mantenimiento de las condiciones ambientales necesarias.

El monitoreo de las condiciones ambientales deberá realizarse de manera automática, al igual que su registro, con el objetivo de cumplir con los requerimientos de la norma y las exigencias de la entidad acreditadora nacional,

El sistema de monitoreo también permitirá generar señales de control (señales de alarma), cuando las condiciones ambientales están fuera de los límites establecidos para realizar las calibraciones, éstas podrán ser audibles y/o visuales.

Si al comienzo o durante la realización de una calibración, las condiciones ambientales no estuvieran dentro de los límites establecidos, se pospondrá el trabajo hasta que las condiciones sean las adecuadas.

17.3.3 Acceso a las instalaciones del laboratorio

El acceso a las distintas áreas de LACEM. Estará limitado y controlado según los siguientes criterios:

l) Áreas de calibración: el acceso estará limitado al personal de LACEM. o a aquel que esté debidamente autorizado. Se prestará especial atención al mantenimiento de las

condiciones ambientales y a las restricciones originadas por motivos de seguridad o contaminación.

Cuando existan restricciones por motivos de seguridad y/o contaminación el personal debe conocer:

- El uso pretendido de una determinada área.
- Las restricciones impuestas en relación al trabajo desarrollado en dichas áreas.
- Las razones para imponer dichas restricciones.
- La necesidad de mantener las más estrictas condiciones de higiene personal (no fumar, no comer, etc.).

II) No se permitirá la estancia a personal ajeno al LACEM si no es acompañado por una persona autorizada.

III) Las distintas dependencias, archivos, sistemas informáticos, etc. de LACEM dispondrán de los correspondientes sistemas de seguridad que permitan garantizar un acceso restringido a los mismos.

IV) Se permitirá el acceso a las dependencias del laboratorio para visitas y explicaciones prácticas de carácter educativo informativo a centros de enseñanza, autoridades, o asociaciones gremiales involucradas en el sector, pero

siempre bajo la supervisión y guía del personal del laboratorio.

17.3.4 Registros

El RCA será el encargado de mantener el sistema de monitoreo y control de las condiciones ambientales, generando reportes mensuales de los mismos.

4.1.18 CAPÍTULO 18

MÉTODOS DE CALIBRACION Y VALIDACIÓN DE MÉTODOS

18.1 OBJETO

18.2 ALCANCE

18.3 GENERAL

18.3.1 Definiciones

18.4 DESCRIPCIÓN

18.4.1 Selección de métodos

18.4.2 Validación de métodos

18.4.3 Estimación de la incertidumbre de medida

18.1.1 OBJETO

El objeto del presente capítulo es describir la metodología empleada por LACEM S.A. para asegurar la utilización de métodos de calibración apropiados para las calibraciones que realiza.

18.2 ALCANCE

Este capítulo será de aplicación a todos métodos de calibración sometidos a requerimientos de calidad.

18.3 GENERAL

18.3 1 Definiciones

Validación

Confirmación mediante el suministro de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos para la utilización o aplicación específica prevista.

NOTAS:

1. El término “validado” se utiliza para designar el estado correspondiente.
2. Las condiciones de utilización para validación pueden ser reales o simuladas.

18.4 DESCRIPCIÓN

Todas las fases que apliquen a la actividad de calibración en su conjunto, además de la propia calibración, tales como la manipulación, el transporte, la preparación de objetos a calibrar, la

estimación de la incertidumbre de medida, el análisis de los datos y la emisión del certificado de calibración, serán descritas en los procedimientos de calibración aplicables por LACEM.

Los procedimientos contendrán, como mínimo, la siguiente información:

- Identificación del documento.
- Alcance.
- Descripción del objeto sometido a calibración.
- Parámetros o Magnitudes y Rangos a determinar.
- Equipos y Materiales necesarios (incluyendo requisitos técnicos de funcionamiento).
- Patrones de referencia requeridos.
- Condiciones ambientales requeridas y cualquier periodo de estabilización que sea necesario.
- Descripción del procedimiento, incluyendo:
 - ◇ identificación, transporte, almacenamiento y preparación de objetos a calibrar.
 - ◇ verificaciones a realizar antes de comenzar el trabajo.
 - ◇ verificaciones del correcto funcionamiento de los equipos y cuando corresponda, su calibración y ajuste antes de cada uso.
 - ◇ registro de observaciones y resultados.

◇ medidas de seguridad a observar.

- Criterios de aceptación o rechazo de resultados.
- Datos a registrar, método de análisis de datos y presentación de los mismos.
- Incertidumbre, o bien, indicación del procedimiento a utilizar para estimarla.

Los resultados, datos y observaciones de la calibración quedarán reflejados en los registros adecuados en los que se especificarán claramente los datos a tomar; deberán ser terminados completa y adecuadamente durante la realización de la actividad por las personas designadas en la documentación del Sistema de Calidad.

18.4.1 Selección de métodos

LACEM. Utilizará métodos de calibración apropiados para el uso que se le pretende dar; para lo cual, se apoyarán fundamentalmente en:

- documentos publicados en normas internacionales, nacionales, etc. (en los que se encuentran los métodos normalizados).
- documentos publicados por organizaciones de prestigio, en revistas científicas, en instrucciones de fabricantes de equipos, etc. (constituyen los métodos no normalizados).

LACEM también podrá utilizar métodos desarrollados/ adaptados por el propio laboratorio. Estos métodos deben ser elaborados por personal calificado. Por ejemplo, será necesario desarrollar métodos internos cuando un método normalizado no contenga toda la información indicada anteriormente.

El cliente podrá acordar con LACEM el método de calibración a utilizar (métodos no normalizados) incluyendo dicho método las especificaciones del cliente; LACEM estimará si el método propuesto es o no apropiado. En cualquier caso, el cliente será informado acerca del método elegido.

Cuando el cliente no especifique el método a utilizar, se utilizarán métodos normalizados.

18.4.2 Validación de métodos

Los métodos no normalizados y los desarrollados por el laboratorio deben ser validados antes de su uso para verificar si son apropiados. Asimismo, necesitarán validación aquellos métodos normalizados, en este caso la validación no será tan exhaustiva como en los métodos no normalizados.

La validación de un método permite obtener el rango y exactitud de los valores que se obtienen al realizar la calibración (incertidumbre de los resultados, selectividad, linealidad, límites de repetibilidad/ reproducibilidad, robustez –

frente a influencias externas -, sensibilidad – frente a efectos de influencia del objeto a calibrar).

El proceso de validación se realizará siguiendo la sistemática descrita en el **PGE-LACEM-004** - Validación de Métodos y quedará registrado y conservado por el RCA junto con una declaración sobre la validez del método.

18.4.3 Estimación de la incertidumbre de medida

La información contenida en los registros de las calibraciones permitirá identificar todos los factores que afectan a la incertidumbre, y realizar, en base a ello, una estimación de la incertidumbre de medida.

El cálculo de la incertidumbre será realizado según lo descrito en el **PGE-LACEM-005** - Estimación de la incertidumbre de medición.

4.1.19 CAPÍTULO 19

EQUIPOS Y TRAZABILIDAD DE LAS MEDIDAS

19.1 OBJETO

19.2 ALCANCE

19.3 REFERENCIAS

19.4 GENERAL

19.4.1 Definiciones

19.5 DESCRIPCIÓN

19.5.1 Control de equipos

19.5.2 Calibración/ Verificación de equipos internos

19.5.3 Mantenimiento de equipos

19.5.4 Trazabilidad de las medidas

19.1 OBJETO

Este capítulo tiene por objeto definir los criterios de gestión y control de los equipos de medida y calibración empleados por LACEM para realizar correctamente las calibraciones (incluyendo los patrones de referencia, patrones de trabajo, preparación de los objetos a calibrar, los de procesamiento y análisis de datos - p.e. software -, etc.).

19.2 ALCANCE

Lo establecido en este capítulo será aplicable a todos los equipos que se utilicen en los trabajos de calibración de LACEM y que afecten a la exactitud de las mediciones que se realicen.

19.3 REFERENCIAS

Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006. Requisitos Generales para laboratorios de ensayo y calibración.

19.4 GENERAL

Definiciones

Calibración

Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una

relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

Error

Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.

Error Máximo Permitido

Valor extremo del error de medida, con respecto a un valor de referencia conocido, permitido por especificaciones o reglamentaciones, para una medición, instrumento o sistema de medida dado.

Exactitud

Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando.

Incertidumbre

Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza.

Precisión

Proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones especificadas.

Patrón

Realización de la definición de una magnitud medida dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia.

Patrón de referencia

Patrón designado para la calibración de otros patrones de magnitudes de la misma naturaleza en una organización o lugar dado.

Trazabilidad

Propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida.

Verificación

Aportación de evidencia objetiva de que un elemento dado satisface los requisitos específicos.

NOTA: Todas las definiciones han sido tomadas del Vocabulario Internacional de Metrología – VIM 3ra edición 2012.

19.5 DESCRIPCIÓN

Los criterios y responsabilidades que se describen a continuación se desarrollan en el procedimiento general PGE-LACEM-006.

Excepcionalmente, cuando LACEM tenga que utilizar equipos ajenos, se asegurará previamente de su calidad y correcto funcionamiento de acuerdo con los criterios que se describen a continuación y en el citado procedimiento.

19.5.1 Control de equipos

LACEM dispondrá de todos los equipos auxiliares, patrones de trabajo y patrones de referencia necesarios para la realización de calibraciones internas y externas de tal manera que ofrezcan la Capacidad de calibración y medición (CMC) requerida y cumplan con las especificaciones requeridas. La aprobación de los mismos será realizada por el RTE, teniendo en cuenta los requisitos de características, tolerancias e incertidumbres exigibles por las normas aplicables.

El RTE se asegurará de que cada uno de los equipos y patrones (así como su software y los elementos auxiliares del mismo) dispongan de una identificación unívoca.

Cada equipo dispondrá de registros que contengan al menos los siguientes datos:

- Nombre e identificación.
- Fabricante, modelo y número de serie, o cualquier otra identificación única.

- Comprobación de que los equipos cumplen con las especificaciones.
- Localización habitual, cuando corresponda.
- Instrucciones del fabricante (Manual de uso, mantenimiento, etc.) o referencia a su ubicación.
- Historia de calibraciones/ verificaciones y ajustes con datos, resultados, informes y certificados, criterios de aceptación y fecha prevista de próxima calibración.
- Historia del mantenimiento del equipo realizado hasta la fecha y Plan de mantenimiento, cuando sea aplicable.
- Historia de daños, averías, modificación o reparación de los equipos.

La documentación del equipo estará actualizada y disponible en el Laboratorio.

Los equipos serán manejados sólo por personal autorizado.

Cuando un equipo quede fuera del control de LACEM. (p.e. si se envían a reparar), el laboratorio deberá asegurarse de que se verifican el funcionamiento y el estado de calibración del equipo y de que son satisfactorios antes de que el equipo sea reintegrado al servicio.

19.5.2 Calibración - Verificación de equipos /patrones.

Los equipos que lo precisen y antes de ponerse en funcionamiento, deberán ser calibrados/ verificados de forma que, se asegure el cumplimiento con los requisitos especificados por el laboratorio y las especificaciones contenidas en los procedimientos de Calibración.

El estado de calibración de un equipo se comprobará realizando controles intermedios entre calibraciones sucesivas de acuerdo con los procedimientos establecidos en LACEM para tales circunstancias.

LACEM dispondrá de un Plan de Calibración/ Verificación para aquellas magnitudes de los equipos /patrones que influyan en los resultados obtenidos tras una medición, de tal manera que se asegure la trazabilidad de las medidas. Dicho Plan será implantado por el RTE.

Los equipos/patrones de LACEM sujetos a calibración estarán etiquetados mediante una identificación que indique su estado de calibración, fecha de última calibración y fecha o criterios de próxima calibración.

19.5.3 Mantenimiento de equipos

El RTE con la colaboración de los técnicos de calibración definirán un Sistema de Mantenimiento que contemple:

- aquellos equipos o infraestructura que necesitan, para asegurar su correcto funcionamiento y evitar su deterioro, ser sometidos a actividades de Mantenimiento.
- las actividades de mantenimiento a realizar planificadas.
- y las instrucciones para realizarlas.

LACEM conservará registro de las actividades de mantenimiento efectuadas de tal manera que quede evidencia de su realización, tanto si el mantenimiento es interno como externo.

19.5.4 Trazabilidad de las medidas

La trazabilidad de las medidas de los equipos y patrones utilizados en el laboratorio de compatibilidad electromagnética deberán desarrollarse siguiendo la política de trazabilidad establecida por el Organismo Acreditador.

Cuando un equipo o patrón haya salido del laboratorio para mantenimiento, calibración o como préstamo y este retorna, será el RTE el único que autorice su uso, luego de una verificación del mismo.

LACEM estudiará su participación en programas de intercomparación adecuados para la magnitud y rango precisados, teniendo en cuenta lo estipulado por el Organismo Acreditador.

4.1.20 CAPÍTULO 20

MUESTREO

NO APLICA

4.1.21 CAPÍTULO 21

MANEJO DE OBJETOS A CALIBRAR

21.1 OBJETO

21.2 ALCANCE

21.3 DESCRIPCIÓN

21.3.1 Recepción

21.3.2 Identificación

21.3.3 Conservación, transporte y almacenamiento

21.3.4 Manipulación

21.3.5 Finalización

21.1 OBJETO

El objeto del presente capítulo es describir las medidas empleadas por LACEM para la recepción, transporte, identificación, manipulación, protección, almacenamiento y finalización de los objetos de calibración, a fin de proteger la integridad del objeto a calibrar.

21.2 ALCANCE

Las medidas e instrucciones que se describen en este capítulo aplican a todos los objetos de calibración, destinados a calibración en el laboratorio LACEM.

21.3 DESCRIPCIÓN

Las instrucciones y los criterios que regirán el manejo de los objetos a calibrar en LACEM, se recogen a continuación según las etapas básicas a considerar:

I) Recepción

II) Identificación

III) Conservación, transporte y almacenamiento

IV) Manipulación

V) Finalización

21.3.1 Recepción

Será responsable de la recepción de los objetos a calibrar el Técnico de calibración - TC del laboratorio, asistido cuando la situación sea necesaria por el RTE.

Las operaciones a realizar para receptar el objeto a calibrar serán las siguientes:

1. Comprobación de la idoneidad del objeto a calibrar que se pretende recibir (estado, contenido, cantidad, etc.).
2. Comprobación de que la información que proporciona el objeto a calibrar (marcada sobre el propio objeto, contenida en un documento adjunto, proporcionada por el cliente y registrada, etc.) concuerdan con lo realmente obtenido.
3. Comprobación de que la información que proporciona el objeto a calibrar es suficiente para la calibración a realizar.
4. Registro de anomalías o desviaciones de las condiciones especificadas en el método de calibración aplicable.
5. Aceptación del equipo.
6. Registro de entrada del objeto a calibrar, formato F-MC0402.

21.3.2 Identificación

El objeto a calibrar permanecerá, en todo momento, identificado durante su estancia en LACEM para evitar

confusiones. Las marcas de identificación utilizadas no deberán eliminarse del propio objeto mientras permanezca en el laboratorio.

En cualquier caso, las marcas de identificación deberán estar en un lugar visible, durante todas las etapas en las que se manejen. Deberán ser claras y no afectar al objeto a calibrar ni a las actividades que se realicen con ellos.

21.3.3 Conservación, transporte y almacenamiento

LACEM dispondrá de las instalaciones apropiadas para evitar el deterioro, pérdida o daño de los objetos a calibrar, teniendo en cuenta sus características, para asegurar su seguridad e integridad.

Las actividades de conservación, transporte y almacenamiento serán responsabilidad de los técnicos de calibración.

En el caso de que el objeto a calibrar precise un acondicionamiento especial (p.e. conservación a determinadas condiciones ambientales), se registrarán dichas condiciones especiales.

21.3.4 Manipulación

Durante las distintas fases en que se encuentre el objeto a calibrar, su manipulación se realizará siguiendo lo establecido en los procedimientos de manipulación correspondientes y en

las instrucciones que se entregasen junto al objeto en el momento de su recepción, si es el caso.

En cualquier caso, el RTE y los TC deben asegurarse de que la manipulación del objeto a calibrar no afecta a los resultados de la calibración, ni provoca su deterioro.

21.3.5 Finalización

Una vez finalizada la calibración y en función de los resultados de éste, el objeto calibrado se almacena de nuevo en el lugar definido al efecto, con el respectivo certificado y etiquetado de calibración, hasta que se dé la orden de egreso y se alcance el plazo de entrega.

El etiquetado de los equipos calibrados deberá incluir la identidad y fecha de calibración.

4.1.22 CAPÍTULO 22

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

22.1 OBJETO

22.2 ALCANCE

22.3 DESCRIPCIÓN

22.3.1 Comprobación de Resultados

22.3.2 Control de las actividades de calibración

22.1 OBJETO

El objeto del presente capítulo es describir las políticas tomadas por el laboratorio con el fin de comprobar la validez de las calibraciones realizadas.

22.2 ALCANCE

Las medidas recogidas en este capítulo son aplicables a todos los datos obtenidos durante las actividades de calibración.

22.3 DESCRIPCIÓN

22.3.1 Comprobación de Resultados

El registro de los datos obtenidos durante la realización de una calibración, permitirán al RTE detectar su tendencia y análisis de los resultados mediante la aplicación de técnicas estadísticas. (ANOVA, estudios de repetibilidad y reproducibilidad).

Los resultados serán revisados por el RTE, repitiendo si procede, las operaciones de cálculo, para asegurar su idoneidad. Así mismo, se responsabilizará de verificar la correcta transferencia al certificado de calibración de los datos indicados en la toma de datos y su coherencia.

22.3.2 Control de las actividades de calibración

Las calibraciones serán controladas según los distintos métodos expuestos a continuación:

A) INTERCOMPARACIONES

Independientemente de las actividades que se programen de entre las que se indican en la siguiente literal, el laboratorio deberá participar de forma regular en ejercicios de intercomparación que cubran todas las familias de calibración.

En dichas participaciones se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

1. Se habrán definido, previamente, criterios de actuación y responsabilidades relativas a la intercomparación para asegurar la participación.
2. Las calibraciones se realizarán de acuerdo con lo establecido en el Sistema de Gestión de la Calidad del Laboratorio y las instrucciones específicas de la intercomparación.
3. Se evaluarán los resultados obtenidos en el ejercicio de intercomparaciones y se tomarán las acciones oportunas en base al análisis realizado.

B) CONTROL DE CALIDAD INTERNO

Para cada calibración, se programarán actividades elegidas de entre las siguientes como alternativas para verificar la idoneidad del sistema de calidad implantado o pueden ser más de una de estas alternativas las que se apliquen.

- Utilización habitual de patrones de referencia calibrados (antenas de referencia).
- Realización de calibraciones en paralelo con un patrón sobre el que se conocen los resultados.
- Repetición de calibraciones por el mismo técnico (en condiciones de repetibilidad).
- Repetición de calibraciones por un técnico distinto (en condiciones de reproducibilidad).

Independientemente de lo anterior se realizarán las actividades aplicables de entre las siguientes:

- Supervisión periódica de las actividades de calibración por el RTE, documentando las observaciones más significativas a través de las hojas de toma de datos o registros correspondientes.

- Verificación de la coherencia de los resultados, teniendo en cuenta diferentes características del objeto a calibrar.
- Repetición, por decisión del RTE, de una calibración utilizando el mismo método u otros, a fin de comprobar la idoneidad de los mismos y la forma de actuación. Se analizará la necesidad de repetición de una calibración cuando se produzca una de las siguientes circunstancias:
 - ◇ Petición escrita por el cliente, organismo externo, etc.
 - ◇ Detección de anomalías significativas en el funcionamiento de los equipos del laboratorio.
 - ◇ Desviación no justificada al procedimiento.
 - ◇ Obtención de resultados anormales para una calibración determinada.
 - ◇ Incumplimiento de los requisitos iniciales.

Para aquellas calibraciones en los que el RTE lo considere necesario, se utilizarán gráficos de control para seguir su evolución. Se recomienda su uso para las calibraciones realizados con mayor frecuencia.

4.1.23 CAPÍTULO 23

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

23.1. OBJETO

23.2. ALCANCE

23.3. GENERAL

23.3.1. Definiciones

23.4. DESCRIPCIÓN

23.4.1. Identificación

23.4.2. Emisión

23.4.3. Unidades

23.4.4. Opiniones e interpretaciones

23.4.5. Resultados remitidos por subcontratistas

23.4.6. Modificaciones

23.1 OBJETO

El objeto del presente capítulo es establecer las instrucciones y criterios para la emisión, transmisión y corrección de los certificados de calibración con el fin de informar acerca de los resultados obtenidos y de cualquier otra información útil de forma objetiva, precisa, clara y sin ambigüedades.

23.2 ALCANCE

Este capítulo es de aplicación a todos los certificados de calibración emitidos por LACEM, que estén sometidos a las previsiones del Sistema de Calidad establecido.

23.3 GENERAL

23.3.1 Definiciones

Certificado de calibración

Documento que contiene las mediciones de un equipo con referencia a un patrón de medición. Generalmente es válido cuando se presentan las mediciones asociadas a una incertidumbre.

23.4 DESCRIPCIÓN

El certificado de calibración, como recopilación documental de las actividades realizadas y de los resultados obtenidos, debe contener:

- toda la información solicitada por el cliente, si es el caso;
- toda la información necesaria para la interpretación de los resultados,

- y, la información requerida por el método utilizado para realizar la calibración.

Estará basado en los datos, observaciones, etc., tomados de la documentación original y de la generada en el proceso de calibración.

La notificación de los resultados al cliente podrá hacerse de forma resumida, no conteniendo toda la información necesaria, en los casos en los que se haya alcanzado un acuerdo entre las partes. Esta circunstancia quedará registrada por escrito.

Cuando los resultados de los ensayos se transmitan electrónicamente al cliente (correo electrónico) se asegurará de proteger la información enviada para evitar su modificación (en formato pdf) y de conservar copias de seguridad en soporte electrónico.

Si un instrumento para calibración ha sido ajustado o reparado, se deberá informar los resultados de la calibración antes y después de la reparación.

Un certificado de calibración (o etiqueta de calibración) no deberá contener ninguna recomendación sobre el intervalo de calibración, excepto que esto haya sido acordado con el cliente.

23.4.1 Identificación de los certificados de calibración

El Certificado de calibración se identifica con un número de informe del tipo:

XXYYY

Donde:

XX: Corresponde a los dos últimos dígitos del año

YYY: Número secuencial del informe.

23.4.2 Emisión de los Certificados de calibración

La emisión del Certificado de calibración es responsabilidad del RTE, que procederá a revisar y evaluar los resultados de cada uno de los certificados de calibración para su posterior autorización.

El certificado de calibración contendrá lo siguiente:

- a) Título del documento
- b) Nombre y dirección del laboratorio
- c) Identificación única del certificado de calibración.
- d) Nombre y dirección del cliente.
- e) Procedimiento de calibración utilizado
- f) Descripción, estado e identificación de los objetos calibrados.
- g) Fecha de realización de la calibración
- h) Resultados derivados de las medidas y calibraciones realizadas con unidades de medidas y apoyo de gráficos, tablas, dibujos, fotografías, etc. cuando proceda.

- i) Nombre, cargo y firma de la persona/s firmantes del certificado, autorizadas para ello.
- j) Declaración de que el certificado sólo afecta a los objetos sometidos a calibración.

Además, para permitir una correcta interpretación de los resultados, se considerará el incluir los siguientes requisitos:

- Información sobre las condiciones específicas de calibración indicadas en los procedimientos de calibración (p.e. condiciones ambientales)
- La incertidumbre de la medición o una declaración del cumplimiento con una especificación metrológica identificada o con partes de está
- Evidencia de que las mediciones son trazables.

23.4.3 Unidades

Normalmente las unidades empleadas en el certificado de calibración serán las del "Sistema Internacional" (SI),

23.4.4 Opiniones e interpretaciones

Cuando se considere oportuno, se podrán realizar opiniones e interpretaciones, indicando los motivos en los que se basan, sobre los resultados de las calibraciones. Será responsable de ello el RTE. Sin embargo las opiniones o interpretaciones son no acreditables.

23.4.5 Resultados remitidos por subcontratistas

Para los casos de subcontratación el laboratorio presentara el certificado de calibración del laboratorio subcontratado.

El subcontratista notificará por medios electrónicos los resultados obtenidos a LACEM.

23.4.6 Modificaciones

Las reclamaciones que se pudieran plantear a los certificados de calibración emitidos por LACEM., serán evaluadas por el RTE, quien ordenará la modificación de los mismos, siempre que dichas reclamaciones fueran debidas a un error imputable al laboratorio.

Si el error fuese detectado por LACEM., después de su emisión, se procedería de forma idéntica que en el caso anterior.

Una vez admitida la necesidad de modificación, el RTE o su delegado investigarán la causa que la motivó, la registrará en una No Conformidad, y tomará las medidas necesarias encaminadas a evitar su repetición.

Las modificaciones se realizarán mediante un nuevo documento con su correspondiente número de certificado, haciendo referencia al certificado original que modifica.

En el nuevo certificado se dejará constancia claramente visible del certificado al que modifica, con la siguiente declaración: “SUPLEMENTO DEL CERTIFICADO (número del certificado al que modifica)”.

4.2 PROCEDIMIENTOS GENERALES

4.2.1 PROCEDIMIENTO PGE-LACEM -001

ELABORACION DE DOCUMENTOS

Emisión:

Entra en vigencia:

ÍNDICE

1. OBJETO

2. ALCANCE

3. REFERENCIAS

3.1 Documentos utilizados en la elaboración

4. DESCRIPCIÓN

4.1 Manual de Calidad y formatos.

4.2 Procedimientos Generales y formatos

4.4 Procedimientos Técnicos de trabajo

4.4 Instrucciones

1. OBJETO

El presente procedimiento tiene por objeto describir el contenido a desarrollar en cada uno de los documentos elaborados internamente, que forman parte del sistema de la calidad de LACEM.

2. ALCANCE

Este procedimiento se aplicará a todos los documentos internos del Sistema de la Calidad emitidos por LACEM, sujetos al Sistema de Gestión de la Calidad:

- Manual de la Calidad.
- Procedimientos Generales.
- Procedimientos Técnicos de Trabajo (calibración, operación, mantenimiento de equipos).
- Procedimientos de operación de equipos.
- Instrucciones (para actividades específicas que requieran ampliar una explicación en la documentación que maneja LACEM).
- Formatos derivados de los documentos anteriores.

3. REFERENCIAS

3.1. Documentos utilizados en la elaboración

Como referencia básica para la elaboración de este procedimiento se han tomado los criterios establecidos en el Manual de la Calidad.

4 DESCRIPCIÓN

4.1 Manual de la Calidad y formatos

Es el documento que establece la política de la calidad y describe el Sistema de la Calidad de una organización. Establece la organización, actividades a desarrollar y responsabilidades básicas. En algunos casos describe cómo y cuándo se realizarán esas actividades, desarrollo de procedimientos cortos, que se encuentran incluidos.

Estructura

El Manual de la Calidad tendrá la siguiente estructura:

- Portada: se indicará el título del documento, identificación de LACEM, dirección, la edición, distribución, difusión y la fecha de la emisión (fecha de entrada en vigor del documento).
- Política de calidad: está dado por el Gerente General de LACEM, sus compromisos, obligaciones y alcances con el sistema de calidad, respaldados con su rúbrica.
- Índice.
- Histórico de modificaciones: se indicarán las sucesivas ediciones del documento y la causa de la modificación.
- Capítulos que conforman el Manual de Calidad.

ESTRUCTURA DE LOS CAPÍTULOS DEL MANUAL DE CALIDAD

Cada uno de los capítulos se redactará siguiendo la estructura:

Carátula del Capítulo

En el que se indicará en número del capítulo, el título del mismo y el respectivo índice, de acuerdo a formato emitido en capítulo 3 del manual de calidad.

1 Objeto

Describirá la finalidad del capítulo.

2 Alcance

Incluirá los elementos o actividades a los que se refiere el capítulo.

3 Referencias

Se indicarán los documentos utilizados como referencia para la elaboración del capítulo.

4 General

Cuando sea necesario, este apartado detallará toda aquella información que se considere útil y/o ayude a la utilización y comprensión del capítulo (definiciones, abreviaturas, antecedentes, documentos paralelos en su uso, etc.).

5 Descripción

Se expondrá el desarrollo del proceso a seguir para realizar adecuadamente la actividad a la que se refiera en tantos apartados como sea necesario.

6 Anexos

Cuando aplique, se incluirán tantos anexos como se estime necesario para facilitar la comprensión del capítulo.

Los **formatos** que se generen relacionados con el Manual de la Calidad se identificarán por el título y a través del siguiente código:

F-MCXXYY-ZZ

Dónde:

F: identificación de formato

MC: corresponde al tipo de documento, en este caso Manual de la Calidad

XX: indica el número del capítulo del Manual en el que se define dicho formato

YY: nº correlativo de formato dentro de un mismo capítulo

ZZ: indica el número de edición del formato, empezando por 01.

4.2 Procedimientos Generales y formatos

Los Procedimientos Generales son documentos que guían el desarrollo de los capítulos del Manual de Calidad y describen sistemáticas de gestión: p.e. gestión de documentación, realización de auditorías, gestión de equipos, etc.

Los formatos son hojas normalizadas destinadas a recoger información derivada de una actividad concreta (calibraciones, verificaciones, mantenimiento, control, etc.). Una vez complementados se convierten en registros de calidad.

Estructura e Identificación

Estos documentos se transcribirán en los siguientes formatos:

- Hoja de portada de Procedimiento, en la que se indicará el título del documento, la edición, la fecha de la emisión (fecha de entrada en vigor del documento), identificación del responsable de elaboración, revisión y aprobación del documento.
- Hoja de control de modificaciones.
- Hoja de Procedimiento en la que se irá redactando el contenido del procedimiento. En éstas se identificará el documento mediante el código asignado, la edición y el número de páginas y total de páginas.

El código a asignar será:

PGE-LACEM-XXX

Siendo:

PGE: indica el tipo de documento al que corresponde, en este caso

Procedimiento General

LACEM: siglas que identifican el laboratorio.

XXX: número correlativo dentro de la clase de procedimiento
empezando por el 001.

Contenido

Los Procedimientos Generales se redactarán de acuerdo a los siguientes
apartados:

ÍNDICE

Se indicarán los apartados que se van a desarrollar en el procedimiento.

1 OBJETO

Definirá claramente el objeto del Procedimiento (p.e. definir el sistema
de, definir criterios, etc.

2 ALCANCE

Establecerá el campo de aplicación del Procedimiento.

3 REFERENCIAS

Se indicarán los documentos utilizados como referencia para realizar el Procedimiento, así como otros documentos que lo complementen.

Se redactará, siempre que sea aplicable, agrupándolos en los siguientes sub-apartados:

1. Documentos utilizados en la elaboración

En todos los casos se hará referencia a este Procedimiento, salvo en este documento.

Además, se indicarán todos aquellos documentos externos (normas, reglamentos, manuales, etc.) que hayan sido utilizados como referencia, o que se hubiera utilizado/consultado durante la elaboración del documento, indicando su revisión.

2. Documentos a utilizar conjuntamente

Se indicarán todos aquellos documentos internos y/o externos que se deben utilizar conjuntamente con el Procedimiento para desarrollar la actividad en él descrita.

3. GENERAL

Cuando sea necesario, este apartado detallará toda aquella información que se considere útil y/o ayude a la utilización y comprensión del Procedimiento (definiciones, abreviaturas, antecedentes, introducción teórica, etc.).

4. DESCRIPCIÓN

Detallará, siempre que sea posible, la secuencia de actuación en la actividad objeto del Procedimiento, medios necesarios, responsabilidades, registros generados, criterios de aceptación o rechazo, si procede, y archivo o registro.

5. ANEXOS

Cuando aplique, contendrán todos aquellos documentos, planos, fotos, gráficos, etc., que se consideren necesarios.

Los **formatos** que se generen relacionados con los Procedimientos Generales se identificarán con el título y con el siguiente código:

F-PGXXXYY-ZZ

Dónde:

F:	identificación de formato
PG:	indica el tipo de documento del cual proceden (Procedimiento General)
XXX	indicar el número de procedimiento en el que se define dicho formato
YY:	nº correlativo de formato dentro de un mismo Procedimiento
ZZ:	indica el número de edición del formato, empezando por 01.

En algunos casos, los formatos se podrán identificar únicamente con el título y con el número de edición.

6. Procedimientos Técnicos de Trabajo (PTT)

Son documentos que describen las actividades necesarias para realizar la calibración o la verificación de los ítems a calibrar.

Estructura e Identificación

Estos documentos se transcribirán en los siguientes formatos:

- Hoja de portada de Procedimiento, en la que se indicará el título del documento, la edición, la fecha de la emisión (fecha de entrada en vigor del documento), identificación del responsable de elaboración, revisión y aprobación del documento.
- Hoja de control de modificaciones.
- Hoja de Procedimiento, en la que se irá redactando el contenido del procedimiento. En éstas se identificará el documento mediante el código asignado, la edición y el número de páginas y total de páginas.

El código a asignar será:

PTT-LACEM-XXX

Siendo:

PTT: Siglas que identifican el tipo de documento, en este caso Procedimiento Técnico de Trabajo.

LACEM: siglas que identifican el Laboratorio

XXX: número correlativo dentro de la clase de procedimiento empezando por el 001

Contenido

Se redactarán de acuerdo a los siguientes apartados:

ÍNDICE

Se indicarán los apartados que se van a desarrollar en el Procedimiento.

7. OBJETO

Definirá claramente el objeto del Procedimiento.

8. ALCANCE

Se indicará el ítem o grupo de ítems a los que aplica el Procedimiento.

9. REFERENCIAS

Se indicarán los documentos utilizados como referencia para realizar el Procedimiento, así como otros documentos que lo complementen.

10. GENERAL

Cuando sea necesario, este apartado detallará toda aquella información que se considere útil y/o ayude a la utilización y comprensión del Procedimiento (definiciones, abreviaturas, antecedentes, introducción teórica, etc.).

11. DESCRIPCIÓN

Detallará, siempre que sea posible, la secuencia de actuación en la actividad objeto del Procedimiento, medios necesarios, responsabilidades, registros generados, criterios de aceptación o rechazo, si procede, y archivo o registro.

11.1. GENERALIDADES

11.2. PARAMETROS Y RANGOS

Se indicaran los parámetros o las magnitudes y los rangos a ser determinados.

11.3. APARATOS Y EQUIPOS

Se incluirá todos los aparatos y equipos utilizados en la calibración incluidos los requisitos técnicos de funcionamiento.

11.4. PATRONES DE REFERENCIA

Incluir todos los patrones de referencia a utilizar en la calibración.

11.5. CONDICIONES AMBIENTALES

Incluir las condiciones ambientales requeridas y cualquier periodo de estabilización que sea necesario.

11.6. DESARROLLO

Incluirá la descripción del procedimiento, incluida la siguiente información:

- Colocación de las marcas de identificación, manipulación, transporte, almacenamiento, y preparación de los ítems a calibrar.
- Verificaciones previas.

- Verificaciones del correcto funcionamiento de los equipos y cuando corresponda, su calibración y ajuste antes de cada uso.
- El método de registro de las observaciones y de los resultados.
- Las medidas de seguridad a observar.

11.7. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Incluirá los criterios del laboratorio para aceptar o rechazar una medición.

11.8. DATOS A REGISTRAR

Incluirá que datos serán registrados y la manera de análisis y cálculo.

11.9. INCERTIDUMBRE

Incluirá el cálculo de la incertidumbre o la referencia al procedimiento para estimar la incertidumbre.

12. Instrucciones

Son documentos que describen de forma resumida las actividades necesarias para realizar un adecuado uso, verificación, mantenimiento, recepción de los equipos, como respaldo a los diferentes procedimientos.

Estructura e Identificación

Estos documentos se transcribirán en el siguiente formato:

- Hoja de carátula, en la que se indicará el título del documento, su codificación, la edición, la fecha de la emisión (fecha de entrada en

vigor del documento), identificación de responsables de la emisión del documento.

- “Hoja de instrucción, en la que ira redactando el contenido de las instrucciones.

El código a asignar será:

IN-LACEM –XXX

Siendo:

IN: Siglas que identifican el tipo de documento, en este caso Instrucción

LACEM: siglas identificativas del laboratorio

XXX: número correlativo dentro de la clase de instructivo empezando por el 001.

Contenido

En cuanto al contenido, éste se estructurará en los siguientes apartados:

13. OBJETO

Definirá claramente el objeto de la instrucción de equipos indicando el equipo o tipos de equipos a los que se va a aplicar.

14. DESCRIPCIÓN

Detallará la secuencia de actuación en la actividad objeto de la Instrucción, medios necesarios, responsabilidades, registros generados, criterios de aceptación o rechazo, si procede, y archivo o registro.

15. BIBLIOGRAFÍA

Se indicarán los documentos utilizados como referencia para realizar la instrucción.

4.2.2 PROCEDIMIENTO PGE-LACEM -002

CONTROL DE DOCUMENTOS

Emisión:

Entra en vigencia:

ÍNDICE

- 1 OBJETO
- 2 ALCANCE
- 3 REFERENCIAS
 - 3.1 Documentos utilizados en la elaboración
- 4 DESCRIPCIÓN
 - 4.1 Documentos internos
 - 4.1.1 Elaboración
 - 4.1.2. Revisión
 - 4.1.3 Aprobación y emisión
 - 4.1.4 Distribución
 - 4.1.5 Retiro de documentos obsoletos
 - 4.1.6 Revisión periódica
 - 4.1.7 Cambios
 - 4.1.8 Identificación de cambios en formato digital
 - 4.1.9 Anulación de documentos
 - 4.2 Documentos externos
- 5 ANEXOS

1. OBJETO

Este procedimiento describe los lineamientos para el control de documentos de LACEM

2. ALCANCE

Este procedimiento se aplica documentos internos elaborados por LACEM y a documentos externos, que forman parte del sistema de gestión.

3. REFERENCIAS

Como referencias básicas para la elaboración de este procedimiento se han tomado los criterios establecidos en los siguientes documentos:

- Manual de la Calidad de LACEM, Edición 01.
- Procedimiento para la elaboración de documentos; PGE-LACEM-001.

4. DESCRIPCIÓN

Se describe a continuación la sistemática para llevar a cabo la gestión de la documentación en función de su naturaleza:

- Documentos Internos (MCA PGEs, PTTs, Instrucciones, Formatos)
- Documentos Externos

Toda la documentación se maneja en formato digital y la misma será alojada en una intranet.

4.1 Documentos Internos

4.1.1 Elaboración

Todo el personal de LACEM está autorizado a elaborar documentos internos siguiendo los lineamientos del procedimiento general PGE-LACEM-001.

4.1.2 Revisión

Consiste en la comprobación, por persona diferente a la que realizó el documento, de que éste es completo, adecuado y está de acuerdo con los requisitos establecidos en los documentos del Sistema de la Calidad.

La aprobación del manual de calidad está a cargo del Gerente General

La demás documentación será revisada por el Responsable de Calidad.

4.1.3 Aprobación y emisión

Todos los documentos serán aprobados por el Gerente General o de la persona que designe, antes de su emisión.

Los documentos aprobados son detallados en la lista maestra de documentos del sistema de gestión de calidad, donde se

identifica el estado actual de la revisión y la distribución de los documentos.

El responsable de calidad será quien emita los documentos creados o modificados. Como política de LACEM, no se imprimirán documentos, toda la información se maneja en formato digital.

4.1.4 Distribución

Los documentos aprobados se emiten y son colgados en la intranet del laboratorio, para ello cada miembro del laboratorio dispondrá de un usuario y clave para el acceso a la red. Estos documentos serán solo de lectura.

4.1.5 Retiro de documentos obsoletos

Toda la documentación del laboratorio estará a cargo del responsable de calidad, sin embargo los documentos en desuso serán removidos del sistema y serán ubicados en el link de documentos obsoletos. Dentro del documento constará la leyenda de: “documento obsoleto”.

4.1.6 Revisión periódica de los documentos internos y externos.

Los documentos internos que forman parte del sistema de gestión de calidad serán revisados cada año para verificar la aplicabilidad

de los mismos. La revisión periódica requiere una nueva emisión para lo cual se seguirán los lineamientos descritos en 4.12. Esta revisión periódica está a cargo de la función que realizó la revisión del documento.

El software u hojas de cálculo serán revisados cada año para verificar el funcionamiento y la aplicabilidad del mismo.

4.1.7 Cambios en los documentos

Cualquier personal de LACEM puede sugerir cambios. Esta sugerencia se realiza a la función que revisó el documento, a través de correo electrónico dirigido al RCA. La función analiza los cambios sugeridos, y de ser beneficiosa para su aplicabilidad procede a modificar el documento. Para la emisión del documento modificado se sigue los lineamientos del numeral 4.1.3.

4.1.8 Identificación de cambios en formato digital

El texto nuevo o modificado es identificado con letra cursiva y en color azul

4.1.9 Difusión

Antes de entrar en vigencia los documentos del sistema de gestión de calidad serán difundidos por el responsable de calidad a todo el personal

4.2 Documentos Externos

Se consideran documentos externos aquellos que proceden de fuentes externas utilizados como bibliografía o referencia en la elaboración de los documentos internos o bien son aplicados directamente en la realización de alguna actividad ya sea de gestión o técnica (p.e. norma NTE-INEN ISO/IEC 17025, Directivas o normativa oficial, normas de ensayo, etc.).

Los documentos externos utilizados constaran en la lista maestra de documentos del laboratorio.

Los documentos externos se revisarán anualmente para verificar los cambios existentes en ellos. De existir cambios en estos documentos se debe analizar la aplicabilidad de ellos y de ser posible aplicarlos.

5. ANEXOS

4.2.3 PROCEDIMIENTO PGE-LACEM -003

AUDITORÍAS INTERNAS

Emisión:

Entra en vigencia:

ÍNDICE

1 OBJETO

2 ALCANCE

3 REFERENCIAS

3.1 Documentos utilizados en la elaboración

4 DESCRIPCIÓN

4.1 Preparación

4.2 Realización

4.3 Informe

4.4 Tratamiento a la Auditoría Interna

4.5 Revisión, seguimiento y cierre

5 ANEXOS

1. OBJETO

El objeto del presente procedimiento es definir los criterios para la realización de auditorías internas del Sistema de Calidad del laboratorio, en orden a verificar el cumplimiento de todos los aspectos relacionados con su grado de implantación o cumplimiento

2. ALCANCE

Este procedimiento es de aplicación a todas las auditorías internas a realizar en LACEM.

3. REFERENCIAS

Como referencias básicas para la elaboración de este procedimiento se han tomado los criterios establecidos en los siguientes documentos:

- Manual de la Calidad de LACEM, Edición 01.
- Procedimiento para la elaboración de documentos; PGE-LACEM-001.

4. DESCRIPCIÓN

La auditoría tiene por objeto asegurar, sobre la base de comprobaciones muestrales (por lo que si no se encuentra ninguna desviación, no significa que no exista o no sea mejorable), que la organización del laboratorio, los procedimientos implantados, los equipos y los controles que se llevan a

cabo, son tales que el funcionamiento del laboratorio se desarrolla de acuerdo con el sistema establecido.

El alcance de una auditoría puede ser todos o algunos de los aspectos (documentación, registros, calibración, etc.) contemplados en el Sistema de Calidad. Al menos, una vez al año, se habrán de analizar todos los aspectos del Sistema en todas las áreas de actividad. Además se realizarán auditorías de control por parte del personal de laboratorio cuando el RTE o RCA lo disponga, con el fin de que el laboratorio conozca la medida de la eficiencia del Sistema e identifique las actividades que son potencialmente generadoras de problemas.

Para llevar a cabo una auditoría del Sistema de Calidad es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Preparación
- Realización
- Informe
- Seguimiento
- Registros

4.1 Preparación.

Siguiendo el Programa Anual de Auditorías Internas y a propuesta del RCA, se establecerá el calendario y alcance de la auditoría, de acuerdo con el responsable del área a auditar.

El RCA definirá el equipo auditor y designará al responsable, normalmente él mismo, salvo para auditorías de su área de responsabilidad, en cuyo caso el responsable será el RTE.

El equipo auditor estará formado por personal cualificado en la realización de auditorías según ISO/IEC 17025, con los suficientes conocimientos acerca del Sistema de Calidad que se va a auditar y que no tengan responsabilidades directas en los aspectos del sistema a ser auditados.

El equipo auditor:

- Recopilará y estudiará la documentación aplicable.
- Preparará el cuestionario de auditoría.

Para la realización de una auditoría es conveniente la preparación previa de un cuestionario adaptado a los requerimientos específicos del Sistema de la Calidad a auditar. En los cuestionarios deberán aparecer preguntas o verificaciones concretas a realizar, así como referencias al documento que establece el requisito (cuando se crea necesario) y espacio para anotar las observaciones y los registros consultados que presentan la evidencia que da respuesta a la pregunta.

No obstante, la auditoría no se debe limitar al cuestionario, sino que además, el auditor se debe extender a aquellas áreas que a su juicio merecen atención en función del desarrollo de las comprobaciones.

- Notificará a los responsables del área a auditar, por escrito y con al menos 1 semana de antelación, de:
 - o Alcance de la auditoria.
 - o Día y hora de comienzo.
 - o Duración.
 - o Programa o calendario.
 - o Requisitos necesarios (presencia responsable del área auditada, etc.).
 - o Composición del equipo auditor.

4.2 Realización

La realización de la auditoria consiste en verificar, mediante el examen y estimación de pruebas objetivas, que se cumplen de forma eficaz los requisitos del Sistema de Calidad.

Reunión de apertura

Se reunirán todos los involucrados para indicar el plan de auditoría interna que incluye el alcance, el objetivo, los horarios y cualquier asunto general.

Realización

El Grupo Auditor procede a ejecutar la recopilación de evidencias mediante preguntas, uso de un cuestionario (Lista de Verificación OAE), observación de las actividades, revisión de procedimientos, instrucciones y revisión de

registros. Se registran los hallazgos y los hace del conocimiento del Auditado. El Grupo Auditor se reúne al final de cada día para resumir e informar a los Auditados el resultado de los hallazgos encontrados. Al finalizar la recopilación de evidencias objetivas, el Grupo Auditor ayuda al Auditor Líder a elaborar el Informe de Auditorías Internas y el levantamiento de las no conformidades.

Reunión de Cierre

Durante la reunión de cierre se procederá de la siguiente manera:

- Se reunirán todos los participantes de la Auditoría Interna.
- Se agradecerá a los Auditados su tiempo.
- Se hará un recuento de la auditoria mencionando los hallazgos encontrados y posteriormente se entregará el informe final a los responsables de áreas auditadas para que inicien el cierre de las No Conformidades u Observaciones.
- Se animará al Auditado al cierre de no conformidades y se mencionan las fortalezas del Sistema de Calidad.
- El DCA mantendrá el Informe de la Auditoría Interna, una copia de este documento se entregará al Gerente General.

Comprobaciones

Se seguirán los cuestionarios de auditoría.

Se registrarán todas las desviaciones detectadas, indicando los registros en los que se basan.

4.3 Informe

Los resultados de las Auditorías Internas se documentan en el Informe de Auditoría Interna, este documento consta de lo siguiente:

- Los requisitos generales que fueron auditados.
- La documentación de referencia
- Las áreas auditadas.
- Los nombres del Grupo Auditor.
- La fecha de la auditoria.
- Las no conformidades encontradas.
- Las observaciones o comentarios.

4.4 Tratamiento a la Auditoría Interna

Las respuestas para las no conformidades identificadas durante la Auditoría Interna se documentan en los formatos de Registro de Informes de no conformidad o acción preventivas. Cada una de las no conformidades son contestadas por el RCA o RTE apoyados por los TC.

El tiempo para el tratamiento de los hallazgos derivados de las auditorías internas o externas será de un mes calendario.

4.5 Revisión de la auditoria, Seguimiento y Cierre

El RCA revisara el tratamiento de las acciones correctivas propuestas y si las considera adecuadas las acepta, caso contrario se deberá realizar nuevamente el tratamiento.

Las actividades de seguimiento comprobaran que se ha eliminado la causa y subsanado los efectos, mediante el cierre de cada no conformidad documentada.

Las no conformidades se consideran cerradas cuando todas las acciones correctivas tomadas con respecto a las no conformidades son satisfactoriamente cerradas e implementadas.

5. ANEXOS

No aplica

4.2.4 PROCEDIMIENTO PGE-LACEM-004

VALIDACIÓN DE MÉTODOS DE CALIBRACIÓN

Emisión:

Entra en vigencia:

ÍNDICE

1. OBJETO
2. ALCANCE
3. REFERENCIAS
 - 3.1 Documentos utilizados en la elaboración
4. GENERAL
 - 4.1 Definiciones
5. DESCRIPCIÓN

1. OBJETO

El objeto del presente procedimiento es la confirmación y evidencia de resultados que se cumple en la aplicación de los métodos de calibración.

2. ALCANCE

Este procedimiento se aplicará para confirmar y verificar los métodos de calibración aplicados en LACEM.

3. REFERENCIAS

3.1. Documentos utilizados en la elaboración

- Procedimiento PGE-LACEM-001. “Procedimiento para la elaboración de documentos “.
- Manuales de operación calibración y mantenimiento descritos en los procedimientos de calibración respectivos.
- Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.

4 GENERAL

4.1 Definiciones

Para la mejor comprensión de este procedimiento se incluyen las definiciones de una serie de términos que van a ser utilizados en el mismo.

Validación:

Verificación de que los requisitos específicos son adecuados para un uso previsto.

Exactitud

Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando.

Incertidumbre

Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza.

Precisión

Proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones especificadas.

Patrón

Realización de la definición de una magnitud medida dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia.

Patrón de referencia

Patrón designado para la calibración de otros patrones de magnitudes de la misma naturaleza en una organización o lugar dado.

Trazabilidad

Propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida.

Repetibilidad

Precisión de medida bajo un conjunto de condiciones de repetibilidad.

Condiciones de repetibilidad

Condiciones de medición, dentro de un conjunto de condiciones que incluye el mismo procedimiento de medida, los mismos operadores, el mismo sistema de medida, las mismas condiciones de operación y el mismo lugar, así como mediciones repetidas del mismo objeto o de un objeto similar en un periodo corto de tiempo.

Reproducibilidad

Precisión de medida bajo un conjunto de condiciones de reproducibilidad.

Condiciones de reproducibilidad

Condición de medición, dentro de un conjunto de condiciones que incluye diferentes lugares, operadores, sistemas de medida y mediciones repetidas de los mismos objetos u objetos similares.

NOTA: Todas las definiciones han sido tomadas del Vocabulario Internacional de Metrología – VIM 3ra edición 2012.

6. DESCRIPCIÓN

Para validar un método de calibración se tomará en cuenta los siguientes parámetros, que pueden ser tomados como objetivos de validación:

- Condiciones ambientales
- Patrón a utilizar
- Precisión (Repetibilidad y Reproducibilidad)
- Exactitud
- Incertidumbre

Bajo técnicas estadísticas como:

- Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad
- Error Normalizado

Estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad

Un método de calibración puede ser validado a través del estudio de repetibilidad y reproducibilidad (r&R).

Los métodos para determinar la repetibilidad y reproducibilidad de las mediciones están basados en la evaluación estadística de las dispersiones de los resultados, ya sea en forma de su rango o su representación como varianza o desviación estándar.

Se realizará el análisis de varianza (ANOVA), esta es una técnica estadística usada para separar y calcular la variación debido a los errores aleatorios de la medición de la variación causada por cualquier otro factor que podría introducir cambios en la lectura de la calibración de los equipos.

ANOVA tiene más ventajas respecto a otros análisis estadísticos ya que:

- Es posible manejar cualquier arreglo o estructura experimental.
- Es posible estimar las varianzas más exactamente.
- Se obtiene mayor información de los datos experimentales.

- Permite conocer la interacción entre la repetibilidad y reproducibilidad.

La hoja de cálculo constara de las siguientes tablas para cada tipo de antena y por cada punto de calibración.

	TC1	TC2	RTE
Calibración 1			
Calibración 2			
Calibración 3			
Calibración 4			
Calibración 5			
\bar{x}			
s			
s^2			
v			
vs^2			

Tabla 4.2.4.1: Tabla de Validación

Fuente: Autor

Dónde:

\bar{x} = Promedio

s = desviación estándar

s^2 = cuadrado de desviación estándar

v =grados de libertad

Análisis a realizar

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad (v)	Cuadrado medio (MS)
Entre-grupos SS_e	$SS_e = SS_t - SS_d$	$V_e = p - 1$	$MSe = SS_e / V_e$
Dentro-grupos SS_d	$SS_d = \sum V_i S_i^2$	$V_d = p(n-1)$	$MS_d = SS_d / V_d$
Total SS_t	$SS_t = V_t S_t^2$	$V_t = pn-1$	

Tabla 4.2.4.2: Análisis a realizar
Fuente: Análisis de la Varianza - www.seqc.es

El cuadrado medio MSe y MS_d , son comparados para determinar si MSe es significativamente mayor que MS_d o viceversa, dependiendo de cuál es el mayor.

Es decir, si hay una diferencia estadísticamente significativa entre-grupos. Para esto, se usa la prueba F.

Si $F_c > F_{0.05}$, existe una razonable evidencia de una real variación entre grupos.

Si $F_c < F_{0.05}$, es usual considerar que la variación entre grupos NO es significativa.

Por lo que se espera tener resultados que NO tengan significancia estadística.

Los criterios de aceptación de los resultados obtenidos son:

- Si $\% r\&R < 10\%$, el sistema de medición es aceptable
- Si $10\% > \%r\&R < 30\%$, el sistema de medición puede ser aceptable según su uso, aplicación, costo del instrumento de medición, costo de reparación.
- Si $\% r\&R > 30\%$, el sistema de medición es considerado como no aceptable y requiere mejoras en cuanto al operador, equipo, procedimiento o condiciones ambientales.

Error Normalizado (*En*)

Para determinar la exactitud de la calibración, se calibra un ítem conocido, es decir que se conoce su valor e incertidumbre. Los resultados de la calibración del técnico, deben ser compatibles con los

valores conocidos. Esta compatibilidad es medida utilizando el criterio el error normalizado. [16]

$$En = \frac{V_{medido} - V_{referencia}}{\sqrt{U_{medido}^2 - U_{referencia}^2}}$$

Dónde:

V_{medido} = resultado del laboratorio o técnico participante

$V_{referencia}$ = resultado del laboratorio o técnico de referencia

U_{medido} = Incertidumbre expandida reportada por el laboratorio o técnico participante

$U_{referencia}$ = Incertidumbre expandida reportada por el laboratorio o técnico referencia

El criterio de aceptación es:

Si:

$|En| \leq 1$, el resultado es satisfactorio

$|En| > 1$, el resultado es no satisfactorio

¹⁶ ISO/IEC 17043 - Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para los ensayos de aptitud

También podemos validar un método a través de intercomparaciones con resultados satisfactorios.

5.1 Registros

El laboratorio debe registrar los resultados obtenidos y una declaración sobre la aptitud del método para el uso previsto.

Si los objetivos predefinidos se han cumplido podemos proceder a declarar el método validado.

4.2.5 PROCEDIMIENTO PGE-LACEM-005

ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

Emisión:

Entra en vigencia:

ÍNDICE

1. OBJETO
2. ALCANCE
3. REFERENCIAS
 - 3.1 Documentos utilizados en la elaboración
4. GENERAL
 - 4.1 Definiciones
5. DESCRIPCIÓN
 - 5.1 Modelo Matemático
 - 5.2 Coeficientes de sensibilidad
 - 5.3 Incertidumbre tipo A
 - 5.4 Incertidumbre tipo B
 - 5.5 Incertidumbre de cada factor de influencia
 - 5.6 Incertidumbre combinada
 - 5.7 Número efectivo de grados de libertad
 - 5.8 Grados de libertad de cada factor de influencia

5.9 Incertidumbre Expandida

5.10 Factor de cobertura

5.11 Expresión de resultados.

1. OBJETO

El objeto del presente procedimiento es establecer la metodología y criterios a tener en cuenta para la estimación de la incertidumbre en calibraciones internas y externas desarrolladas por LACEM.

2. ALCANCE

Este procedimiento se aplicará para calcular las incertidumbres en todas las calibraciones que se realicen en LACEM.

3. REFERENCIAS

3.1. Documentos utilizados en la elaboración

La documentación considerada para la realización de este procedimiento ha sido:

- Procedimiento PGE-LACEM-001. "Procedimiento para la elaboración de documentos "
- CEA-ENAC-LC/02 "Expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones".
- Centro Español de Metrología - CEM, "Evaluación de datos de medición, Guía para la expresión de la incertidumbre de Medida – 2008"

4 GENERAL

4.1 Definiciones

Para la mejor comprensión de este procedimiento se incluyen las definiciones de una serie de términos que van a ser utilizados en el mismo.

Mensurando

Magnitud particular sometida a medición.

NOTA – La definición del mensurando puede necesitar indicaciones relativas a magnitudes tales como el tiempo, la temperatura y la presión.

Magnitud de salida, Y

Es el resultado cuya incertidumbre se desea determinar.

Estimación de la magnitud de salida, y

Valor estimado de la magnitud de salida Y .

Magnitudes de entrada, X_i

Son las variables de las cuales depende la magnitud de salida.

Estimación de la magnitud de entrada, x

Valor estimado de una magnitud de entrada utilizado en la evaluación del resultado de una medición.

Incertidumbre típica, $u(x)$

Incertidumbre del resultado de una medición expresada en forma de desviación típica.

Evaluación de tipo A (de incertidumbre)

Método de evaluación de la incertidumbre mediante el análisis estadístico de serie de observaciones.

Evaluación de tipo B (de incertidumbre)

Método de evaluación de la incertidumbre por medios distintos al análisis estadístico de serie de observaciones.

Incertidumbre típica combinada, u_c

Incertidumbre típica del resultado de una medición, cuando el resultado se obtiene a partir de los valores de otras magnitudes.

Incertidumbre expandida, U

Magnitud que define un intervalo en torno al resultado de una medición y en el que se espera encontrar una fracción importante de la distribución de valores que podrían ser atribuidos razonablemente al mensurando.

Factor de cobertura, k

Factor numérico utilizado como multiplicador de la incertidumbre típica combinada para obtener la incertidumbre típica expandida.

5. DESCRIPCIÓN

La incertidumbre es un Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza [17].

La estimación de la incertidumbre se calcula a partir de:

5.1 Modelo matemático

Es una expresión matemática la cual permite materializar en forma numérica el resultado de la medición. Normalmente, el modelo matemático contiene en forma explícita todos los factores de influencia de la medición. En ocasiones, difícilmente un factor de influencia puede indicarse en forma explícita en el modelo matemático. En este caso se procede a estimar su influencia en forma experimental [18].

En forma general, un modelo matemático se la expresa de la siguiente manera:

¹⁷ Vocabulario Internacional de Metrología – VIM 3ra edición 2012.

¹⁸ OAE G02 R01, Expresión de Incertidumbre de medida en las calibraciones

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_N)$$

Lo que nos indica que el resultado Y , es una función de los N factores de influencia x_i .

5.2 Coeficientes de sensibilidad, C_i

Es un coeficiente que nos da la proporcionalidad en que el resultado varía frente a la variación del factor de influencia. La forma de calcular este coeficiente es mediante la utilización de las derivadas parciales, de la siguiente manera.

$$C_i = \frac{\partial F}{\partial x_i}$$

5.3 Incertidumbre tipo A

La incertidumbre tipo A es aquella que proviene de un número n de observaciones o mediciones repetidas. Esta es estimada mediante la desviación estándar de la media.

$$u(x_i) = \frac{1}{n} \left(\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (\bar{x}_i - x_j)^2 \right) = \frac{\sigma(x_i)}{n} = \sigma(\bar{x}_i)$$

5.4 Incertidumbre tipo B

La incertidumbre tipo B es aquella que no proviene de un número repetido de observaciones o mediciones. Entre ellas se puede

mencionar, las que provienen de información previas conocidas, de especificaciones técnicas de fabricación, de tablas dadas en manuales técnicos, de ítems similares, de asumir distribuciones, etc.

Cuando se asume distribución rectangular, la incertidumbre tipo B viene dada por la siguiente expresión:

$$u(x_i) = \frac{a}{2\sqrt{3}}$$

Donde a es el ancho del intervalo de la distribución rectangular.

5.5 Incertidumbre de cada factor de influencia

La incertidumbre de cada uno de los factores de influencia se la estima utilizando las expresiones para las incertidumbres tipo A y tipo B, o a su vez siguiendo todo este procedimiento.

5.6 Incertidumbre combinada del resultado, $u_c(Y)$

La incertidumbre combinada del resultado se la obtiene utilizando la ley de propagación de la incertidumbre dada por la siguiente expresión:

$$u_c(Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial F}{\partial x_i}\right)^2 [u(x_i)]^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial F}{\partial x_i} \frac{\partial F}{\partial x_j} u(x_i, x_j)}$$

$$r(x_i, x_j) = \frac{u(x_i, x_j)}{u(x_i)u(x_j)}$$

Cuando los factores de influencia x_i no están correlacionados entre sí, entonces la expresión se reduce a:

$$u_c(Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial F}{\partial x_i}\right)^2 [u(x_i)]^2}$$

5.7 Número efectivo de grados de libertad, v_{eff}

El número efectivo de grados de libertad lo encontramos utilizando la fórmula de Welch-Satterthwaite

$$v_{eff} = \frac{[u_c(Y)]^4}{\sum_{i=1}^N \frac{[C_i u(x_i)]^4}{v_i}}$$

5.8 Grados de libertad de cada factor de influencia, v_i

Si se trata de una incertidumbre tipo A, de n mediciones u observaciones repetidas, el número de grados de libertad es igual a:

$$v_i = n - 1$$

Si se trata de una incertidumbre tipo B se recomienda utilizar el valor de $v_i \approx 5$ proveniente de utilizar la siguiente fórmula:

$$v_i \approx \frac{1}{2} \left[\frac{\Delta u(x_i)}{u(x_i)} \right]^{-2}$$

Normalmente, $u(x_i)$ da para x_i , un nivel de confianza de aproximadamente el 68%, lo que da una desconfianza sobre x_i de 32%. Si asumimos para $\Delta u(x_i)$ esta desconfianza sobre $u(x_i)$, entonces el número de gados de libertad es igual a:

$$v_i \approx \frac{1}{2} \left[\frac{0,32 u(x_i)}{u(x_i)} \right]^{-2} \approx 5$$

5.9 Incertidumbre expandida, U

La incertidumbre expandida se la obtiene multiplicando la incertidumbre combinada u_c por un factor de cobertura k .

$$U = k \cdot u_c(Y)$$

Esta expansión de la incertidumbre se la realiza para proveer al resultado un intervalo de confianza en el que se encuentra el valor real del mensurando. El nivel de confianza que normalmente se reporta es de aproximadamente 95%.

Para determinar el valor de k , de manera que el intervalo tenga un nivel de confianza del 95%, utilizamos los grados efectivos de libertad y la tabla t de Student.

5.10 Factor de cobertura, $k = 2$

Se puede expresar un intervalo de confianza con un nivel de aproximadamente el 95%. Esto se la obtiene utilizando un factor de cobertura $k = 2$.

5.11 Expresión de resultados

Para expresar el resultado, se debe tomar en consideración lo siguiente:

- El valor numérico de la incertidumbre de medida debe expresarse como máximo, con dos cifras significativas.
- El valor numérico del resultado de la medición debe redondearse en su expresión final a la menor cifra significativa en el valor de la incertidumbre expandida asignada al resultado de la medición.
- Para el proceso de redondeo, deben aplicarse las normas habituales para el redondeo de cifras.
- Si el valor de redondeo reduce el valor numérico de la incertidumbre de medición en un más de un 5%, debe utilizarse el valor redondeado hacia arriba.

4.2.6 PROCEDIMIENTO PGE-LACEM -006

GESTIÓN DE EQUIPOS Y PATRONES

Emisión:

Entra en vigencia:

ÍNDICE

1. OBJETO
2. ALCANCE
3. REFERENCIAS
 - 3.1 Documentos utilizados en la elaboración
4. DESCRIPCIÓN
 - 4.1 Sistema de Gestión
 - 4.1.1 Codificación
 - 4.1.2 Identificación
 - 4.1.3 Recepción y alta
 - 4.1.4 Inventario
 - 4.1.5 Documentación
 - 4.1.6 Utilización
 - 4.1.7 Control de Anomalías
 - 4.1.8 Factores de corrección
 - 4.2 Sistema de Calibración

4.2.1 Clasificación

4.2.2 Trazabilidad

4.2.3 Períodos de calibración/ verificación

4.2.4 Programa de calibración/ verificación / mantenimiento

4.2.5 Procedimientos de calibración/ verificación internos

4.2.6 Registros de calibración/ verificación

4.2.7 Identificación del estado de calibración

4.2.8 Protección contra ajustes.

4.3 Manejo, Transporte y Almacenamiento de Equipos y patrones.

4.4 Sistema de Mantenimiento

5. Anexo

1. OBJETO

El objeto de este procedimiento es describir el Sistema de Gestión de Equipos y patrones a seguir por LACEM, para garantizar la disponibilidad y correcto funcionamiento de sus equipos y patrones, cuando sean necesarios, incluyendo la trazabilidad de las medidas.

2. ALCANCE

El sistema establecido es aplicable a todos los equipos y patrones del laboratorio.

Los equipos se clasifican en:

- a) Patrones de referencia.
 - b) Patrones de trabajo
 - c) Equipo de trabajo
- Incluyen software utilizado

3. REFERENCIAS

3.1 Documentos utilizados en la elaboración

Para la elaboración de este procedimiento se han utilizado como referencia los siguientes:

- Manual de Calidad de LACEM.

- PGE-LACEM-001 Procedimiento para la elaboración de documentos.

4. DESCRIPCIÓN

4.1 Sistema de Gestión

Se describen a continuación una serie de elementos, actuaciones, directrices y criterios que configuran el sistema de control.

4.1.1 Codificación

A todos los equipos y patrones el RTE les asignará un código con la siguiente estructura:

XX- YY

Dónde:

- XX identifica el tipo de equipo
 - PR: Patrón de referencia
 - PT: Patrón de trabajo
 - EQ: Equipo Trabajo
 - AC: Accesorios
- YY: Número que corresponda, iniciando por 01

4.1.2 Identificación

El código asignado a un equipo deberá ir marcado sobre él, de forma indeleble o a través de una etiqueta que indique su descripción y el código asignado, salvo para accesorios, en el que la identificación se realizará en su ubicación habitual.

La identificación es responsabilidad del RTE.

4.1.3 Recepción y alta

Una vez realizada la compra de un equipo o patrón y recibido éste en el laboratorio, se llevarán a cabo bajo la supervisión directa del RTE las siguientes actividades para su recepción:

- Inspección visual para detectar posibles golpes, daños, etc.
- Desembalaje y comprobación de modelo, cantidad, documentación, etc.
- Asignación y acondicionamiento de ubicación e instalación de acuerdo con las instrucciones del fabricante, cuando proceda.
- Asignación de código y colocación de la etiqueta de identificación o marcado, si aplica.
- Inclusión en el inventario.
- Calibración y/o verificación funcional, si procede.

- Verificación de que los equipos cumplen con lo establecido por la norma y/o documento/s aplicable/s.
- Elaboración de la hoja de vida del equipo.

4.1.4 Inventario

LACEM dispondrá de un inventario general, que deberá mantenerse actualizado para disponer de un listado de todos los equipos existentes en el momento en que sea necesario.

Existirá un Listado General de Equipos, formato F-MC1901, en el que se incluirán **equipos e instrumentos de medida y patrones** con el siguiente contenido:

- Código (no será necesario para accesorios).
- Descripción.
- Marca/modelo.
- Número de serie.
- Observaciones.

4.1.5 Documentación

El laboratorio mantendrá registros de cada equipo o patrón utilizado para la ejecución de las calibraciones (hoja de vida) formato F-MC1902.

Dicha información contendrá lo siguiente:

- Identificación del equipo y su software
- El nombre del fabricante, modelo, número de serie.
- Verificaciones de la conformidad del equipo con especificaciones.
- Las instrucciones del fabricante o referencia a su ubicación.
- Operaciones de control: se indicará el tipo de actividad preventiva a realizar en el equipo, p.e.: calibración, verificación, mantenimiento. así como la frecuencia de realización.
- Todo daño o mal funcionamiento.

4.1.6 Utilización

El laboratorio asegurará que solo el personal autorizado opere los equipos.

De todos los equipos y patrones se dispondrá de Procedimientos de Operación, Instrucciones de Utilización o bien el Manual de Instrucciones de fabricante.

Siempre que un equipo vaya a ser utilizado se comprobará visualmente su estado y si la calibración/ verificación está en vigor (si aplica), etc.

Los patrones de referencia (Antenas de referencia.) sólo se utilizarán para la calibración interna de los equipos

encontrándose en un lugar adecuado e identificados convenientemente de forma que se garantice su uso restringido, aunque también se podrán utilizar para calibraciones a clientes si se demuestra que su condición de patrón no es alterada (p.e.: la deriva que se determina no es superior al error de clase del equipo).

4.1.7 Control de anomalías

Cualquier equipo que haya sufrido sobrecargas o usos incorrectos, que proporcione resultados sospechosos, o que, de manera fundada, se considere defectuoso, será retirado e identificado como FUERA DE USO para evitar su utilización hasta que una calibración o verificación demuestren que su funcionamiento es correcto. El RTE o su designado examinarán los posibles efectos que hubiera podido ejercer el ítem defectuoso sobre actividades anteriores a la retirada del mismo, lo que podrá conllevar a levantar un trabajo no conforme.

La detección de una anomalía en un equipo o patrón así como las acciones a tomar sobre el equipo, se registrarán en un apartado de observaciones o incidencias en las hojas de resultados de la actividad que se está realizando (si es durante

la calibración o verificación se indicará en los registros correspondientes).

4.1.8 Factores de corrección

Se deberá incluir los factores de corrección de los equipos utilizados en las calibraciones en los documentos del sistema (hojas de cálculo, software etc), cada vez que se disponga de un nuevo certificado de calibración de los equipos o patrones.

4.2 Sistema de calibración y/o verificación

Estará soportado por los siguientes elementos:

4.2.1 Clasificación

El RTE deberá:

- Definir de entre todos los equipos, aquellos que por su influencia en los resultados de las calibraciones deben estar sujetos a calibración.
- Decidir si la calibración va a ser realizada interna o externamente.

Esta información quedará documentada en los correspondientes registros de cada uno de los equipos (hojas de vida).

4.2.2 Trazabilidad

LACEM tendrá como política realizar las calibraciones de sus equipos en los siguientes laboratorios.

- a) Laboratorio acreditado por SAE o por cualquiera de los organismos de acreditación que el SAE reconoce, para la magnitud y rango precisado con la incertidumbre necesaria.
- b) Laboratorios nacionales o Institutos Nacionales de Metrología firmantes del acuerdo del reconocimiento mutuo MRA que hayan declarado sus CMC's en la base de datos del BIPM.

Los **certificados de calibración** serán revisados por el RTE con el fin de comprobar si los resultados son adecuados (comprobar que la incertidumbre y las correcciones que aparecen en los certificados son compatibles con el error máximo permitido (EMP) marcadas para los equipos o para las calibraciones en los que intervienen) y si contienen los datos mínimos necesarios:

- Si es un laboratorio acreditado, la marca del organismo acreditador o la referencia a condición de acreditado.
- Medidas realizadas y su incertidumbre.
- Nombre, cargo y firma del signatario.

- Declaración de trazabilidad.

En caso contrario se requerirá al laboratorio contratado para que los complete.

Si todo es correcto, se procederá a la aceptación del certificado de calibración por parte del RTE, para lo cual firmará en el mismo indicando que se ha revisado y se considera adecuado.

Una vez aceptado el certificado, el personal técnico (TC) deberán actualizar todos los documentos, con los nuevos datos (incertidumbre y corrección, al menos) indicados en el mismo.

4.2.3 Períodos de calibración / verificación

El período o intervalo de calibración es el tiempo que debe transcurrir entre dos calibraciones sucesivas de un equipo o patrón de forma que la fiabilidad de los resultados de las medidas realizadas con ese equipo esté asegurada durante este tiempo con una probabilidad elevada, salvo mal uso o avería.

En primera instancia todos los equipos serán calibrados al año

Luego de tener al menos dos certificados de calibración sucesivos de cada equipo el laboratorio podrá establecer nuevos periodos de calibración en base a:

- Normativa aplicable.
- Grado de exactitud del equipo.
- Frecuencia de uso.
- Tipo de utilización del equipo (patrón, de medida, etc.).
- Estabilidad y deriva con el tiempo.
- Recomendaciones del fabricante.
- Datos de otros laboratorios de metrología.

Las frecuencias de calibración serán establecidas por el RTE

Para aquellos que presenten mayor estabilidad y menor deriva en el tiempo, se podrán dilatar los períodos de calibración; por el contrario, para los que muestren mayor inestabilidad y deriva en el tiempo, se analizará la conveniencia de acortar sus períodos de calibración.

Como regla general LACEM realizara al menos una verificación intermedia entre calibraciones para mantener la confianza en el estado de calibración de los equipos. Estas verificaciones se realizaran en base a un procedimiento o instructivo documentado. Así mismo se deberán mantener los registros de estas verificaciones.

4.2.4 Programa de calibraciones/ verificaciones / mantenimiento

Se mantendrá el programa de calibraciones / verificaciones /mantenimiento (formato F - MC1903) anual, con el siguiente contenido mínimo:

- Código
- Descripción
- Fecha de calibración/ verificación / mantenimiento. Se denotara la actividad con una letra C para calibración, V para verificación y M para mantenimiento.

Dicho programa será actualizado periódicamente.

El RTE es responsable de mantener al día la programación.

4.2.5 Procedimientos de calibración/ verificación internos

Se elaborarán procedimientos específicos para todos aquellos equipos o patrones que se hayan de calibrar / verificar internamente.

4.2.6 Registros de calibración/ verificación

Cada vez que se lleve a cabo una calibración/ verificación interna, se registrarán los datos obtenidos en los formatos definidos, y se actualizará el programa de calibraciones/ verificaciones.

El contenido de estos registros será:

- Identificación del equipo calibrado/ verificado: Código y descripción.
- Identificación de los patrones utilizados.
- Condiciones ambientales, si son de aplicación.
- Procedimiento de calibración/ verificación utilizado (código).
- Resultados obtenidos y cálculos realizados.
- Incertidumbre asociada a la calibración/ verificación (indicando el factor k utilizado), calculada o estimada según el procedimiento correspondiente.
- Evaluación de los resultados obtenidos (CUMPLE/ NO CUMPLE con los criterios de aceptación y rechazo).
- Fecha y firmas (Persona que realizó la calibración/ verificación)

Una vez realizada la evaluación de resultados, se deberán actualizar todos aquellos documentos en los que se han de tener en cuenta los resultados (corrección e incertidumbre) obtenidos en la calibración (p.e. cálculo de la incertidumbre de las calibraciones donde intervienen dichos equipos).

4.2.7 Identificación del estado de calibración

En los equipos sometidos al sistema de calibración, salvo en aquellos que no estén identificados con su código sobre ellos,

se identificará su estado de calibración por medio de etiquetas que se fijarán sobre el propio equipo, sobre su funda, o por cualquier otro medio que cumpla la misma función.

Para equipos que son difíciles de colocar una etiqueta se fijará la etiqueta de calibración en el lugar de almacenamiento definido.

- **Etiqueta de calibración/ verificación**

Se situará sobre el equipo cuando el resultado de la calibración permita su utilización sin restricción alguna. Su contenido será:

- ◇ Identificación
- ◇ Fecha de calibración
- ◇ Próxima calibración

La etiqueta será sustituida por otra nueva cada vez que el equipo sea sometido a una nueva calibración.

Si el equipo ha sido calibrado externamente, se podrá utilizar la etiqueta del laboratorio externo.

4.2.8 Protección contra ajustes

Tanto los patrones como los equipos utilizados para realizar actividades de calibración deberán estar protegidos contra ajustes

que pudieran invalidar los resultados a través de sello o etiqueta en las partes susceptibles de ajuste.

Si disponen de software, el laboratorio se asegurara de poner claves de acceso a ajustes de configuración siempre y cuando lo permita, caso contrario el laboratorio informara al personal sobre el cuidado en la manipulación.

4.3 Manejo, Transporte y almacenamiento de Equipos y patrones.

El manejo, transporte y almacenamiento de equipos y patrones se realizará de acuerdo a los instructivos y recomendaciones del fabricante.

Cuando los equipos o patrones tengan que salir de LACEM, deberán empacarse en cajas adecuadas (en su interior deberá existir espuma flex, plástico con burbujas de aire. etc.) para evitar movimientos en el transporte de los mismos y aislarlos del medio externo y de esta manera asegurar la integridad física de los mismos.

Los equipos y patrones de referencia que disponga el LACEM serán almacenados de manera segura en sus estuches respectivos para evitar daños o deterioros y serán ubicados en el área destinada en el laboratorio.

4.4 Sistema de Mantenimiento

El RTE definirá las actividades de mantenimiento preventivo que considere necesarias para los equipos e infraestructura sometidos al Plan de Mantenimiento y su periodicidad. F-MC1903.

Estas actividades se indicarán, junto con su periodicidad, en la ficha del equipo u hoja de vida. Se realizarán de acuerdo con instrucciones escritas, pudiendo ser las del fabricante, si son adecuadas y completas.

Si las actividades se realizan por una empresa externa, en su oferta o en el contrato, se deberán especificar las actividades a realizar y de cada intervención deberán facilitar un documento que indique las actividades realizadas, el cual se archivará.

El RTE es el responsable de mantener al día la Programación de Mantenimiento.

La periodicidad de las actividades de mantenimiento se establecerá por el RTE en base a la experiencia, recomendaciones del fabricante, uso, etc. y se revisará siempre que sea necesario en función de los datos históricos, de funcionamiento, etc., de que se disponga.

5. ANEXOS

No aplica

4.3 PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS DE TRABAJO

4.3.1 PROCEDIMIENTO PTT-LACEM-001

CALIBRACIÓN DE ANTENAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Emisión:

Entra en vigencia:

ÍNDICE

- 1.- OBJETO
- 2.- ALCANCE
- 3.- REFERENCIAS
 - 3.1 DOCUMENTOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN
- 4.- GENERAL
 - 4.1 DEFINICIONES
 - 4.2 SÍMBOLOS Y DESIGNACIONES
- 5.- DESCRIPCIÓN
 - 5.1 GENERALIDADES
 - 5.2 PARÁMETROS Y RANGOS
 - 5.3 APARATOS Y EQUIPOS
 - 5.4 PATRONES DE REFERENCIA
 - 5.5 CONDICIONES AMBIENTALES
 - 5.6 DESARROLLO
 - 5.7 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO
 - 5.8 DATOS A REGISTRAR
 - 5.9 INCERTIDUMBRE
- 6.- ANEXOS

1. OBJETO

Describir las condiciones que se deben cumplir y los pasos a seguir para realizar la calibración de antenas de compatibilidad electromagnética bajo la norma ANSI C 63.5-2006: American National Standard for Electromagnetic Compatibility – Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control – Calibration Antennas [19].

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable para determinar el factor de antena de antenas usadas en mediciones de emisiones radiadas de interferencia electromagnética en el intervalo de medición de 30 MHz a 1000 MHz en polarización horizontal.

Las antenas a calibrar serán:

- Antena Bicónica
- Antena Log Periódica
- O la combinación de las anteriores,

En un sitio para calibración a campo abierto o CALTS (***Calibration Test Site***)

3. REFERENCIAS

3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

¹⁹ ANSI C 63.5-2006

- **MC-LACEM-001** Manual de la Calidad.
- **PGE-LACEM-001** Procedimiento para la elaboración de documentos
- **PGE-LACEM-005** Procedimiento Estimación de la incertidumbre.
- **ANSI C 63.5-2006:** American National Standard for Electromagnetic Compatibility – Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control – Calibration Antennas.
- **ANSI C 63.4-2003:** American National Standard for Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz
- **UNE-EN 55016-1-4: 2011:** Especificaciones para los métodos y aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas.

 Parte 1-4: Aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas,

 Antenas y emplazamientos de ensayo para medidas de perturbaciones radiadas
- **UNE-EN 55016-1-5: 2008:** Especificaciones para los métodos y aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas.

Parte 1-5: Aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas,

Emplazamientos de ensayo para calibración de antenas de 30 MHz a 100 MHz.

4. GENERAL

4.1 Definiciones

Ajuste.- Conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medida que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir.

Antena.- Es un dispositivo diseñado para radiar o recibir ondas electromagnéticas de una forma determinada

Antena Isotrópica.- Es una antena ideal que radia uniformemente en todas las direcciones, físicamente no existe.

Antena Omnidireccional: Son antenas que radian en un solo plano. Como ejemplo tenemos las antenas Bicónicas, monopolos, dipolos.

Antena Direccional.- Son antenas que radian en una dirección en particular. Como ejemplo tenemos antenas yagui, logarítmicas periódicas, tipo corneta.

Balun: Es un dispositivo que permite compensar las impedancias en una línea de transmisión.

Calibración.- Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación

CALTS: Sitio de ensayo en espacio abierto con un plano de tierra metálico que satisface unos requisitos de atenuación.

Certificado.- Documento que contiene la certificación de calibración de un equipo bajo condiciones específicas.

Corrección.- Valor agregado algebraicamente al resultado no corregido de una medición para compensar un error sistemático.

Error (de medida).- Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia

Error Sistemático.- Componente del error de medida que, en condiciones repetidas, permanece constante o varía de manera predecible

Error Aleatorio.- Componente del error de medida que, en condiciones repetidas, varía de manera impredecible.

Exactitud.- Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando.

Clase de Exactitud.- Clase de instrumentos o sistemas de medida que satisfacen ciertos requisitos metrológicos determinados destinados a mantener los errores de medida o las incertidumbres instrumentales dentro de los límites especificados, bajo condiciones de funcionamiento dadas.

Factor de Antena.- Relación entre la intensidad de campo eléctrico de una onda plana incidente y la tensión inducida sobre una carga de 50 Ohmios conectada a la antena.

Factor de Cobertura (k).- Número mayor que uno por el que se multiplica una incertidumbre típica combinada para obtener una incertidumbre expandida.

Nota: el valor del factor de cobertura **k**, generalmente toma valores en el intervalo de 2 a 3.

Incertidumbre de Medida.- Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se realiza.

Incertidumbre Tipo A: aquellas que se evalúan por medios estadísticos.

Incertidumbre Tipo B: aquellas que se evalúan por otros medios.

Instrumento de medición.- Dispositivo utilizado para realizar mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos suplementarios

Mensurando.- Lo que se quiere medir.

Patrón.- Realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia.

Patrón de Referencia.- Patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado o en una organización determinada, del cual se derivan las medidas realizadas en dicho lugar.

Patrón de Trabajo.- Patrón que es utilizado rutinariamente para calibrar o verificar medidas materializadas, instrumentos de medición o materiales de referencia. Usualmente este patrón es calibrado contra los de referencia.

Resolución.- Mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente.

Repetibilidad.- Grado de concordancia entre resultados de mediciones obtenidas independientemente con el mismo método, con el mismo operador, utilizando el mismo instrumento de medida y durante un corto intervalo de tiempo.

Reproducibilidad.- Grado de concordancia entre resultados de mediciones obtenidas independientemente con el mismo método, con diferentes operadores, diferentes equipos de medida, en diferentes laboratorios.

Trazabilidad.- Propiedad del resultado de una medición o de un patrón tal que pueda relacionarse con referencias determinadas, generalmente a patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

Verificación.- Confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados.

4.2 Símbolos y designaciones

Símbolo	Designación
ISO	Organización Internacional para la Normalización
ANSI	American National Standards Institute
SAE	Servicio de Acreditación Ecuatoriano
IEC	Comisión Internacional Electrónica
NCSLI	National Conference Standards Laboratorios International
NIST	Instituto Nacional de Estándares y Tecnología
CALTS	Calibration Test Site
AF	Factor de antena

<i>NFSAF</i>	Near Free Space Antenna Factor
<i>PH</i>	Polarización Horizontal
<i>PV</i>	Polarización Vertical
<i>GSCF</i>	Geometric Specific Correction Factors
<i>FSAF</i>	Free Space Antenna Factor

Tabla 4.3.1.1: Símbolos
Fuente: Autor

5. DESCRIPCIÓN

5.1 GENERALIDADES

Las antenas utilizadas para realizar ensayos de compatibilidad electromagnética deben ser calibradas para determinar el factor de antena, que es una magnitud que depende de la frecuencia, posición, altura de las antenas, polarización, distancia de las antenas y un plano metálico con valor conocido de la atenuación del sitio. Este plano metálico debe ser validado conforme a la CISPR 16-1-5 (Ver Instructivo IN-LACEM-01).

Determinar el factor de antena de una antena implica conocer la relación existente entre la intensidad del campo eléctrico de una onda plana incidente y la tensión eléctrica inducida en las terminales de una antena a 50 Ω .

El factor de antena permite calcular la intensidad de campo eléctrico en las mediciones de las emisiones electromagnéticas radiadas, relaciona la tensión de salida en la antena con el campo eléctrico que le incide.

Su expresión es:

$$FA = \frac{E_i}{V}$$

Dónde:

FA = Factor de antena dB(1/m)

E_i = Intensidad de campo eléctrico (Voltios / metro)

V = Tensión eléctrica en terminales de antena (Voltios)

El factor de antena expresado en dB es igual a:

$$FA = 20 \cdot \log_{10} \frac{E_i}{V} \quad \text{dB (1/m)}$$

5.2 PARÁMETROS Y RANGOS

El parámetro a ser determinado como producto de la calibración de una antena es el factor de antena de antenas tipo Bicónicas, logarítmicas y/o la combinación de estas a una frecuencia de 30 MHz a 1GHz.

5.3 APARATOS Y EQUIPOS

Para la calibración de antenas es necesario disponer del siguiente equipamiento con las respectivas características técnicas:

Cantidad	Equipo	Especificaciones
1	Generador de Radiofrecuencia	Hasta 1 GHz
1	Receptor de Medición (analizador de espectro / Analizador de redes vectoriales)	Intervalo de operación: 30 MHz a 1 GHz Impedancia de entrada Nominal 50 Ω Relación de onda estacionaria (ROE) \leq 2:1 cuando la atenuación de entrada de RF es 0 dB y a 1,2:1 cuando la atenuación de RF es 10 dB o superior. Precisión en tensión sinusoidal debe ser mejor que \pm 2 dB Exactitud de frecuencia: 0.5 μ Hz /Hz Sensibilidad \geq 120 dBm Exactitud en amplitud: mejor o igual a \pm 1 dB Resolución: 0.1 dB Detector: Cuasi pico (120 kHz ancho de banda)
2	Atenuador 6 dB	Atenuador coaxial N(h)- N(m) hasta 18 GHz. 50 ohm. 25 W
2	Preamplificador	Preamplificador coaxial de banda ancha Ganancia máxima: 30 dB Rango de frecuencia: 9 KHz – 2 GHz Bajo ruido. Protección ESD Conexiones tipo N.
1	Mástil de Antena 1	Mástil fijo a 2 metros
1	Mástil de Antena 2	Mástil de altura variable de 1 a 4 metros

2	Antenas	Antenas Bicónicas Antenas Log periódicas
	Cable coaxial	Impedancia a 50 ohmios, conectores tipo N
1	Mesa giratoria	Mesa giratoria no metálica
1	Control electrónico de mesa giratoria y mástil	Control de mesa giratoria y mástil de antena 2
2	Computadores	De escritorio junto con su UPS
	Varios	Ferritas para cable coaxial de 50 ohmios, manillas antiestáticas. Regulador de voltaje
2	Registradores de temperatura	Registrado de temperatura y humedad relativa.

Tabla 4.3.1.2: Equipos
Fuente: Autor

Toda la instrumentación deberá tener una impedancia nominal de 50 Ω

5.4 PATRONES DE REFERENCIA

Los patrones de referencia utilizados para la calibración de antenas serán antenas dipolo de alta exactitud

Antena para validación de CALTS (2)	Antenas Dipolo de alta exactitud para validación de CALTS
-------------------------------------	---

5.5 CONDICIONES AMBIENTALES Y PERIODOS DE ESTABILIZACIÓN.

El laboratorio deberá asegurar que se mantengan las siguientes condiciones ambientales:

CONDICIONES AMBIENTALES	RUIDO ACUSTICO Nivel máximo 45 dB
	PARTICULAS DE POLVO $< 7 \cdot 10^6$ partículas/m ³ > 1 µm $< 4 \cdot 10^7$ partículas/m ³ > 0.5 µm Sin partículas > 50 µm
	CAMPOS ELECTROMAGNETICOS Intensidad, campo de radiación < 100 µV/m Bus común de CC a tierra, < 2 Ω Común de CA a tierra, < 5 Ω
	PRESIÓN DEL AIRE Presión positiva en el laboratorio 10 Pa
	ILUMINACION 1000 lux en la superficie de trabajo
	HUMEDAD RELATIVA 35 a 55 % HR @ 23 °C
	TEMPERATURA 23 ± 1.5 °C
	VIBRACIÓN Sin requerimientos específicos en laboratorio, sin embargo en el sitio CALTS asegurar lo siguiente: Desplazamiento < 0,25 µm @ 0,1 Hz a 30 Hz Aceleración < 0,001 g @ 30 Hz a 200 Hz
	TENSION Variación de salida regulada 0,1 % Variación de línea < ± 10 % (120 VAC) rms armónicas < 5% rms fundamental (60 Hz)

Tabla 4.3.1.3: Condiciones ambientales

Fuente: Clasificación de laboratorios de calibración y prueba de acuerdo a la norma ISA-RP52.1-1975

Es importante que se deba considerar los periodos de estabilización de los equipos utilizados en la calibración de antenas de acuerdo a los manuales de los fabricantes.

No se deben realizar calibraciones de antenas si se presentan lluvias.

5.6 DESARROLLO

Para la calibración de antenas es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

1) Geometría de medición de calibración.

Para llevar a cabo calibraciones de antenas de alta exactitud es necesario limitar la geometría de las mediciones, en referencia a la distancia de separación R que deberá ser lo suficiente grande para asegurar que efectos de campo cercano y acoplamiento mutuo entre antena –antena sean reducidos.

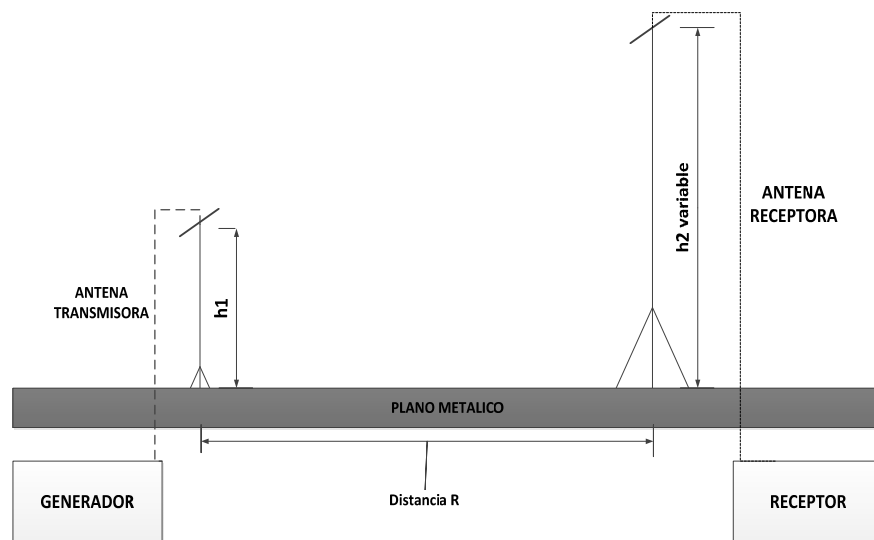


Ilustración 4.3.1. 1: Diagrama Básico
Fuente: Autor

La distancia de separación R , entre las antenas se medirá entre los puntos proyectados verticalmente desde la antena al plano de tierra. Esto será equivalente a la distancia horizontal entre antenas cuando las antenas estén a la misma altura. Para antenas dipolo y antenas Bicónicas la distancia de separación será medido desde el punto medio de los elementos del dipolo. Para antenas log periódicas se medirá desde el punto medio de los elementos a lo largo del eje longitudinal de cada antena.

Similar situación para la altura de las antenas, deberán ser suficientemente grandes para minimizar la impedancia mutua en el plano antena- tierra.

2) Sitio de Ensayo e Instrumentación.

El sitio de ensayo utilizado para la calibración de antenas no debe superar los ± 2 dB de atenuación del sitio AS.

Los instrumentos de medición deben estar ubicados debajo del plano de tierra o al menos 20 metros del borde del plano de tierra.

Al menos un atenuador deberá ser provisto al final del cable de la antena transmisora y otro al instrumento de medición – receptor o a la entrada del preamplificador.

Las fuentes de señal deberán proveer suficiente energía para producir una señal en la entrada del receptor de al menos 16 dB por encima del ruido de receptor equivalente a la entrada del receptor.

Los amplificadores de potencia se pueden utilizar en la salida de la fuente (generador de señales) para elevar la señal por encima del ruido ambiente y del receptor.

Los preamplificadores de potencia se pueden utilizar en la entrada del receptor (anализador de espectros) para elevar la señal como el ruido ambiente sobre el ruido del receptor.

Material de ferrita deberá ser aplicado en al menos el primer metro de cable tanto de la antena transmisora como receptora para minimizar las corrientes inducidas en el apantallamiento del cable de acoplamiento de la antena.

Se recomienda usar preamplificadores en la entrada del receptor en lugar de amplificadores de potencia en la salida de la fuente. Esto mejorará la relación señal ruido en el receptor.

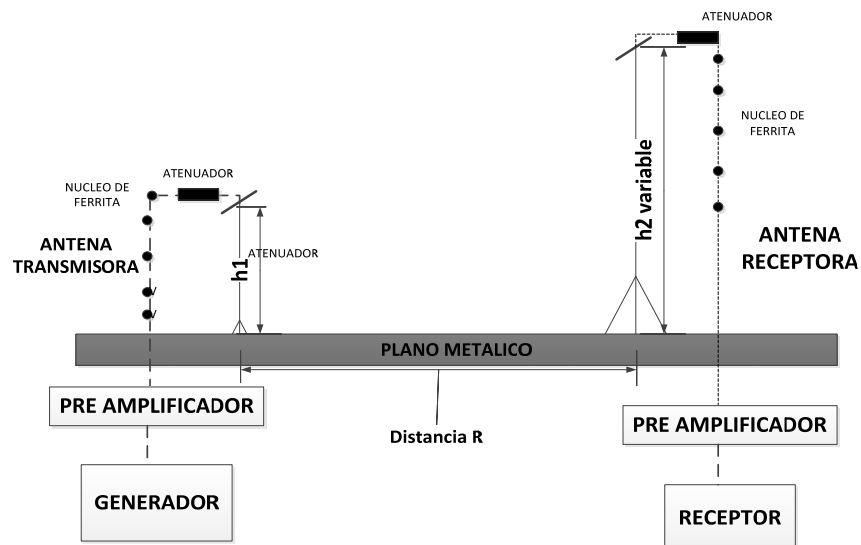


Ilustración 4.3.1.2: Diagrama Calibración de Antenas
Fuente: Autor

Todos los equipos deberán estar calibrados a intervalos regulares. La calibración debe incluir la incertidumbre por amplitud y frecuencia.

Operaciones Previas

Antes de ejecutar el procedimiento de calibración se debe realizar las siguientes actividades preliminares:

Registro del Instrumento en el formato Ingreso de Equipos.

Identificar a la antena o antenas bajo calibración con el mismo número de ingreso de la recepción de equipos. Se identificara con marcador indeleble cada equipo.

Tener mucho cuidado con la manipulación de las antenas, no deberán golpearse ni caerse.

Una vez calibradas las antenas deberán ser ubicadas en el área de almacenamiento de equipos.

Verificación de equipos utilizados en la calibración

Sera necesario realizar una verificación del funcionamiento de los equipos como es el generador de señales y analizador de espectros junto con los atenuadores y preamplificadores en base a lo contemplado en los manuales de operación.

Verificar la simetría de las antenas a calibración

Es necesario comprobar el equilibrio de antenas simétricas por lo que se requiere dos antenas de las mismas características.

- 1) Realice la conexión de las antenas en base a la ilustración Nro. 4.3.1.2.
- 2) Comience por la orientación de la antena transmisora y antena receptora verticalmente con respecto al plano de tierra a una altura de 1 m del centro de la antena. Es necesaria una estrecha proximidad con el plano del suelo para maximizar los efectos de acoplamiento. Para antenas de mayor tamaño, la altura del centro se levantará hasta que el borde inferior del elemento de antena más baja sea de 25 cm del plano de tierra. Registre la señal recibida en esta posición mientras se mantiene constante la señal de transmisión.
- 3) Girar la antena de recepción (la antena de prueba) 180 ° de modo que quede orientada verticalmente con el elemento opuesto hacia arriba. Tenga en cuenta la señal recibida con la señal de transmisión continua que debe estar constante. La señal recibida debe estar dentro de 1,0 dB de la señal recibida con la antena en la posición original.

Si se encuentra un desbalance >1 dB, puede ser debido a la antena, el balún o a problemas de cable. Antes de proceder a la calibración deberá solventarse y corregir el problema de desbalance.

Métodos de Calibración.

1) Método del Sitio Patrón (Standard Site Method – SSM)

Generalidades: El método del sitio patrón provee la medición del factor de antena de 30 MHz a 1000 MHz mediante el uso de un sitio de calibración de antenas (Calibration Site Test – CALTS) validado conforme a la norma CISPR 16-1-5 (UNE EN 55016-1-5=2008). Las mediciones se realizan únicamente en polarización horizontal, la distancia de medición es de 10 metros.

La antena transmisora se ubica a una altura $h1$ de 2 metros y la antena receptora o de barrido se ubica a una altura $h2$ desde 1 a 4 metros.

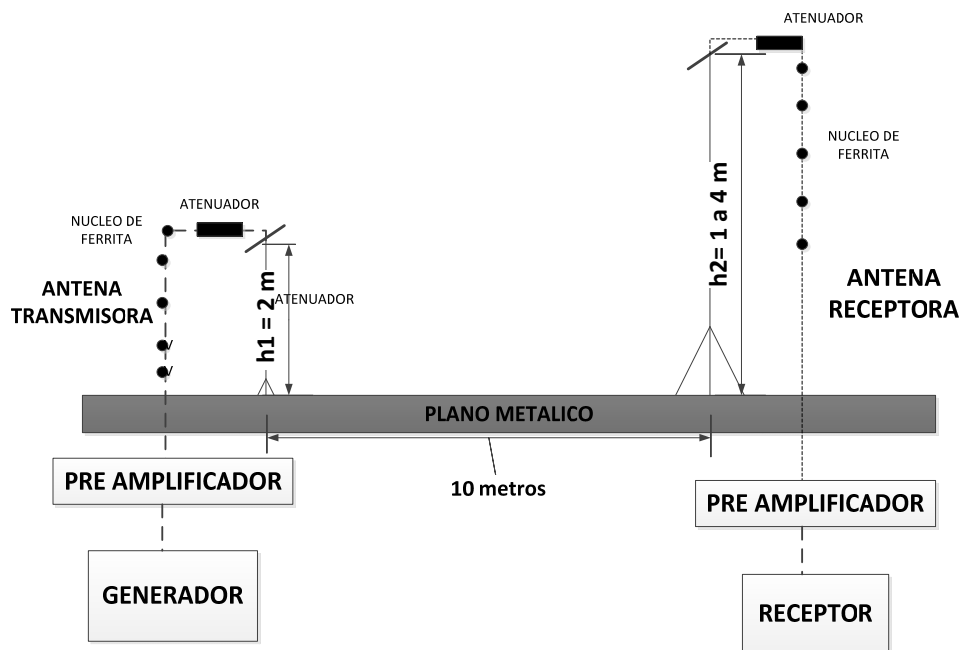


Ilustración 4.3.1.3: Método del sitio Patrón - SSM
Fuente: Autor

El factor de antena (AF) obtenido por este método se denomina Factor de antena cercano al valor de AF en espacio libre (NFSAF, Near Free Space Antenna Factor).

Hay que tomar consideraciones especiales cuando se calibre antenas bicónicas en el intervalo de medición de 30 MHz a 200 MHz ya que se deben adicionar tablas de factores de corrección geométrica específica (Geometric Specific Correction Factors – GSCF).

Descripción del Método:

El método del sitio patrón requiere tres mediciones de atenuación de sitio bajo geometrías idénticas (Tanto para h_1 , h_2 y R) usando tres diferentes antenas tomadas de dos en dos ver ilustración:

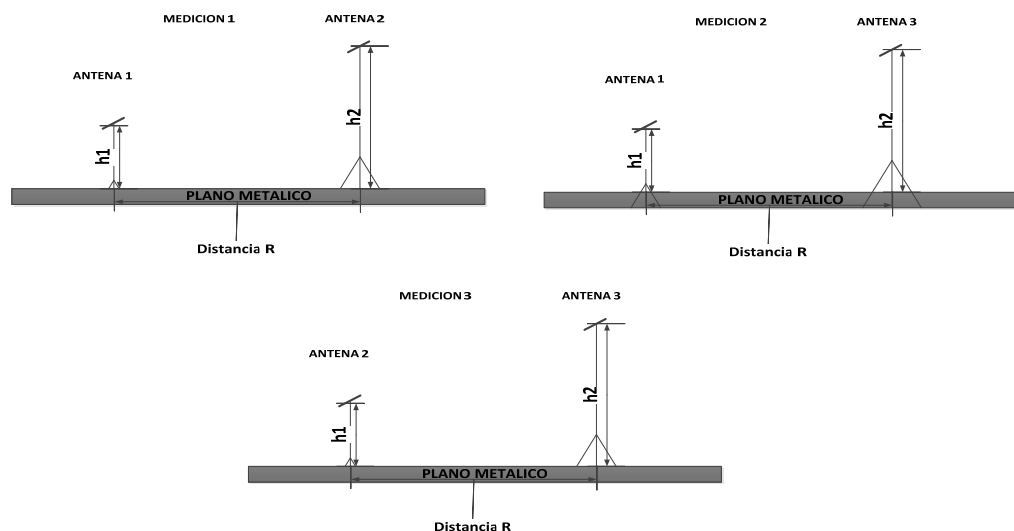


Ilustración 4.3.1. 4: Tres mediciones usando tres diferentes antenas.
Fuente: Autor

Las tres ecuaciones asociadas con las tres mediciones en los sitios de atenuación son:

$$AF_1 + AF_2 = A_1 + 20 \log f_M - 48.92 + E_D^{\max} \quad (1)$$

$$AF_1 + AF_3 = A_2 + 20 \log f_M - 48.92 + E_D^{\max} \quad (2)$$

$$AF_2 + AF_3 = A_3 + 20 \log f_M - 48.92 + E_D^{\max} \quad (3)$$

Donde:

E_D^{\max} = Es el máximo campo recibido de la distancia de separación R de la antena transmisora: Ver tabla 4.3.1.4:

Frequency [MHz]	E_D^{\max} [dB(μ V/m)]	NSA [dB]
30.0	-4.76	24.1
35.0	-3.56	21.6
40.0	-2.55	19.4
45.0	-1.69	17.5
50.0	-0.95	15.9
60.0	0.24	13.1
70.0	1.09	10.9
80.0	1.69	9.2
90.0	2.05	7.8
100.0	2.21	6.7
120.0	2.39	5.0
140.0	2.49	3.5
160.0	2.56	2.3
180.0	2.60	1.2
200.0	2.63	0.3
250.0	2.68	-1.7
300.0	2.71	-3.3
400.0	2.71	-5.8
500.0	2.57	-7.6
600.0	2.63	-9.3
700.0	2.67	-10.7
800.0	2.69	-11.8
900.0	2.71	-12.9
1000.0	2.72	-13.8

Tabla 4.3.1.4: Valores de E_D^{\max} en un sitio ideal de atenuación
Fuente: Norma ANSI C 63.5-2006

AF_1, AF_2, AF_3 : Son los factores de antena de las antenas 1, 2 y 3 respectivamente dB (1/m)

A_1, A_2, A_3 : Son las mediciones del sitio de atenuación en dB

f_M : Es la frecuencia expresada en MHz

Resolviendo la ecuación (1), la ecuación (2), y la ecuación (3) da simultáneamente las expresiones deseadas para encontrar los factores de antena en términos de la expresión fuerza total máxima, E_D^{\max} , y la atenuación sitio de medida, A_n .

Son los siguientes:

$$AF_1 = 10 \log f_M - 24.46 + 1/2 [E_D^{\max} + A_1 + A_2 - A_3] \quad (4)$$

$$AF_2 = 10 \log f_M - 24.46 + 1/2 [E_D^{\max} + A_1 + A_3 - A_2] \quad (5)$$

$$AF_3 = 10 \log f_M - 24.46 + 1/2 [E_D^{\max} + A_2 + A_3 - A_1] \quad (6)$$

Si dos antenas idénticas deben ser calibradas, su factor de antena, AF [dB(1/m)], puede ser obtenido de una sola medición de atenuación de sitio, A (dB) usando la siguiente formula:

$$AF = 10 \log f_M - 24.46 + 1/2 [E_D^{\max} + A] \quad (7)$$

Si dos antenas a ser calibradas y los factores de las antenas de una es conocida use la siguiente ecuación:

$$AF_1 = A_1 + 20 \log f_M - 48.92 + E_D^{\max} - AF_2 \quad (8)$$

Donde AF_2 es el factor de antena conocido.

Procedimiento

Dos procedimientos de medición pueden ser utilizados para determinar la atenuación del sitio:

- Método de frecuencia discreta y el
- Método de frecuencia de barrido.

El método de frecuencia discreta requiere un generador de señales y el receptor o analizador de espectro, y puede ser utilizado con antenas de banda ancha o antena sintonizable. El método de frecuencia de barrido requiere un generador de señales por tracking y un analizador de espectro automático, u otro equipo de medición automática, y sólo se utiliza con antenas de banda ancha. El número mínimo de puntos de frecuencia discretas para ser medido para antenas de banda ancha está todavía bajo estudio. Sin embargo, el número mínimo de puntos deberá ser suficiente para representar la forma del factor de antena de manera que el error de interpolación entre los puntos sea menor a un tercio de la incertidumbre de medición de calibración declarada de las antenas.

a) Método de frecuencia discreta

Permitir a los instrumentos de medición calentarse previamente de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes.

La señal de salida del generador se debe mantener constante durante toda la medición V_i .

Asegurarse que la instrumentación utilizada tiene suficiente rango dinámico para registrar la diferencia entre la medición con cable directo y la medición indirecta a través de antenas.

Deberán utilizarse atenuadores calibrados de alta exactitud metrológica durante la medición directa.

La calibración se realizara de la siguiente manera:

- 1) A la distancia seleccionada, altura y frecuencia de transmisión, conecte el primer par de antenas (Antena 1 y Antena 2) vía cables y cualquier atenuador a su respectiva fuente de señal (antena transmisora) y equipo de medición (analizador de espectro). Sintonice el equipo de medición para recibir la máxima señal recibida. Ajuste la altura de la antena receptora para la máxima señal recibida. Asegúrese que la máxima señal registrada es de al menos 16 dB sobre las señales ambiente y ruido del piso. Ajuste el atenuador de

sustitución para la indicación de referencia en el equipo de medición.

Registre estos datos como V_{site} en el registro de medición.

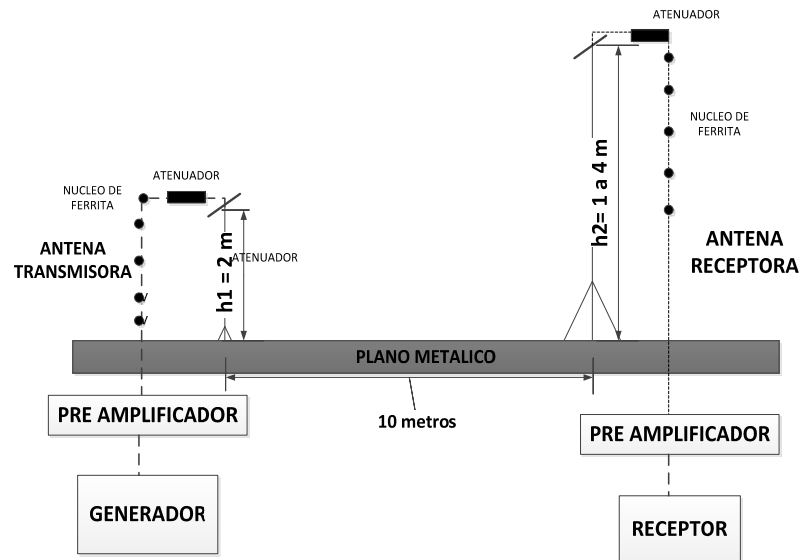


Ilustración 4.3.1. 5: Conexión con Antenas

Fuente: Autor

- 2) Desconecte los cables y atenuadores de las antenas y conecte directamente junto con el atenuador de sustitución y un adaptador recto (straight-through adapter). Ajuste o seleccione el atenuador de sustitución para dar la misma indicación de referencia recibida en el paso 1 y registrar los datos como $V_{direct.}$. La señal de salida del generador del atenuador puede ser usada en lugar de un atenuador externo sustituto en el camino entre el generador y la antena transmisora. Esta medición directa debe ser repetida cada vez que la temperatura en el sitio cambie 5°C o más.

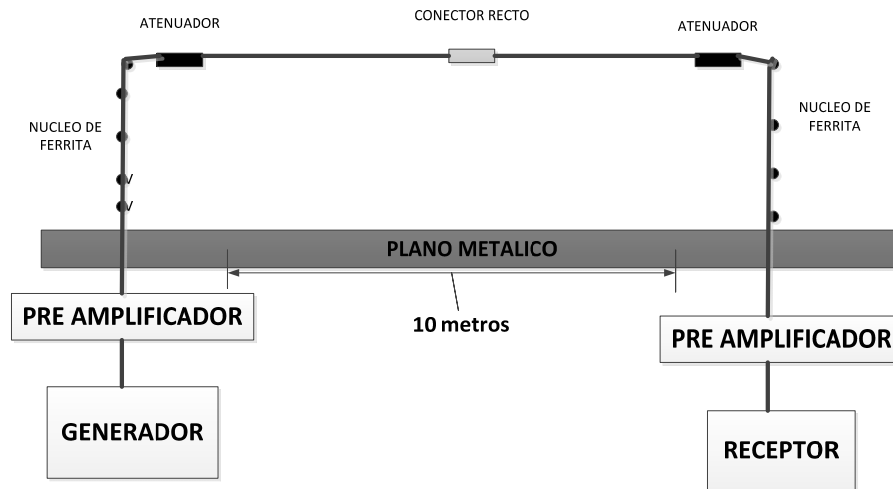


Ilustración 4.3.1.6: Conexión Directa
Fuente: Autor

- 3) Encontrar la diferencia en atenuación restando la atenuación para el modo *antena a antena* de la atenuación para el modo *conexión directa*. Registrar los datos en registro de medición en el valor de A_1
- 4) Cambiar la frecuencia y repetir los pasos de 1 a 3.
- 5) Después que todas las frecuencias hayan sido medidas, repetir los pasos 1 a 4 para los siguientes pares de antenas (Antena 1 - antena 3 y Antena 2 – Antena 3) para obtener los valores de A_2 y A_3 y registrar los datos en registro de medición.
- 6) Calcular el resultado del factor de antena para cada frecuencia usando las ecuaciones 4, 5, y 6.

b) Método de frecuencia de barrido.

Para el método de frecuencia de barrido, mediciones con antenas de banda ancha se pueden usar utilizando equipos de medición automática que dispongan de retención de pico (peak hold, maximum hold), capacidad de almacenamiento y generador de tracking. En este método la frecuencia es escaneada o barrida sobre el rango deseado, manteniendo la máxima señal, mientras la altura de la antena receptora es barrida sobre el rango requerido.

Permitir a los instrumentos de medición calentarse de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes.

La señal de salida del generador se debe mantener constante durante toda la medición V_i .

- 1) Conectar los cables de transmisión y recepción directamente a través de un adaptador recto y permitir a la instrumentación barrer el rango de frecuencia deseada hasta una señal máxima estable. Almacenar o grabar el resultado de voltaje del display V_{direct} en dB (μ V).
- 2) Asegurarse que la instrumentación utilizada tiene suficiente rango dinámico para registrar la diferencia entre la medición con cable directo y la medición indirecta a través de antenas.

Deberán utilizarse atenuadores calibrados de alta exactitud metrológica durante la medición directa.

Esta medición directa debe ser repetida cada vez que la temperatura en el sitio cambie 5°C o más.

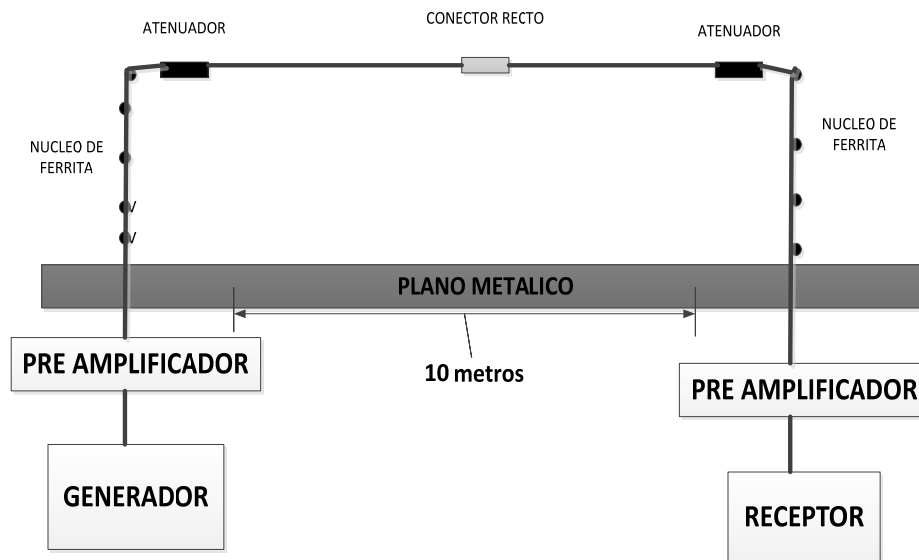


Ilustración 4.3.1.7: Conexión Directa
Fuente: Autor

- 3) A la altura de transmisión y distancia de separación seleccionada, conectar el primer par de antenas vía cables a su respectiva fuente de señal (antena transmisora) y receptora (antena receptora).

Elevar la antena de recepción en el mástil a la altura máxima del rango de barrido.

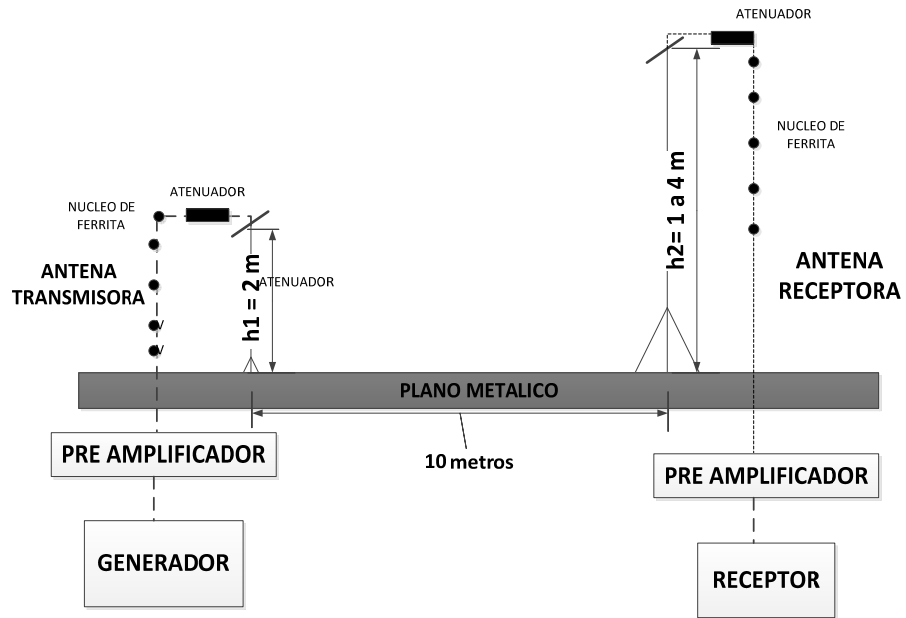


Ilustración 4.3.1.8: Conexión con antenas.
Fuente: Autor

- 4) Setear la instrumentación para realizar un barrido en el rango de frecuencia deseada.
 - 5) Suavemente bajar la antena de recepción a la mínima altura del rango barrido, permitiendo a la instrumentación maximizar la señal en todas las frecuencias. Asegurarse que la máxima señal grabada sea al menos 16 dB sobre señales del ambiente y ruido de piso. Almacenar y grabar el voltaje máximo recibido V_{site} en dB (μ V).
- NOTA: Para mástiles de antena automatizados, la señal puede ser maximizada mientras se mueve desde la altura mínima para el máximo en lugar del máximo al mínimo, o durante todo el movimiento de abajo hacia arriba y viceversa.

- 6) En cada frecuencia, restar el voltaje medido en el paso 2 del voltaje medido en el paso 1 (todo debe estar en dB). El resultado, es el sitio de atenuación medido sobre el rango de frecuencias usadas, las cuales deben ser almacenadas.
- 7) Repetir el paso 1 al paso 5 para cada par de antenas.
- 8) Calcular el factor de antena resultante de cada frecuencia utilizando las ecuaciones, 4, 5 y 6.

En este procedimiento hay que tomar ciertas consideraciones cuando se calibren antenas Bicónicas las mismas que contemplan un factor de corrección de geometría específica (Geometric - Specific Correction Factors - GSCF) para el intervalo de medida de 30 a 200 MHz. Este error que nace debido a la proximidad inherente en el SSM (proximidad de los objetos adyacentes) puede llegar hasta 0.49 dB por lo que es necesario tenerlo en cuenta en el factor de antena calculado.

El valor del factor de corrección depende de la distancia de ensayo, frecuencia e impedancia del balún de la antena.

La tabla 4.3.1.5, contiene los factores de corrección para antenas Bicónicas calibradas bajo el método SSM (polarización horizontal, distancia 10 metros, $h_1 = 2\text{m}$, $h_2 = 1$ a 4 m).

Frequency MHz	50 Ω Balun dB	200 Ω Balun dB
30	0.13	0.15
35	0.09	0.11
40	0.06	0.08
45	0.02	0.06
50	0.03	0.07
55	0.13	0.11
60	0.37	0.17
65	0.49	0.20
70	0.25	0.16
75	-0.14	0.05
80	-0.45	-0.08
85	-0.44	-0.17
90	-0.34	-0.19
95	-0.21	-0.18
100	-0.06	-0.16
105	0.05	-0.10
110	0.13	-0.04
115	0.19	0.03
120	0.20	0.10
125	0.17	0.12
130	0.13	0.13
135	0.07	0.11
140	-0.01	0.07
145	-0.06	0.00
150	-0.11	-0.07
155	-0.13	-0.14
160	-0.12	-0.21
165	-0.10	-0.24
170	-0.06	-0.25
175	0.00	-0.24
180	0.05	-0.18
185	0.09	-0.12
190	0.12	-0.05
195	0.14	0.03
200	0.15	0.08

Tabla 4.3.1.5: Factores de Corrección para antenas biónicas
Fuente: Norma ANSI C 63.5-2006

Estos factores de corrección deber ser restados de la medición del Factor de antena cercano al valor de AF en espacio libre, con la siguiente ecuación:

$$\text{FSAF (dB)} = \text{Factor de Antena medido (SSM)} - \text{Corrección del Factor de antena}$$

(ver tabla 4.3.1.5)

2) Método de Antena de referencia (Reference Antenna Method – RAM)

El método de Antena de referencia (RAM) provee un método de calibración de antena basado en el uso de una antena dipolo de alta exactitud como patrón de referencia.

La antena de referencia es un dipolo resonante de media onda. Para cubrir el intervalo de medición (30 MHz a 1000 MHz) pueden utilizarse varias antenas.

El factor de antena de cualquier otra antena puede ser derivado por sustitución en contra de la antena de referencia dipolo. La configuración para la calibración de antenas mediante una antena de referencia dipolo es el siguiente:

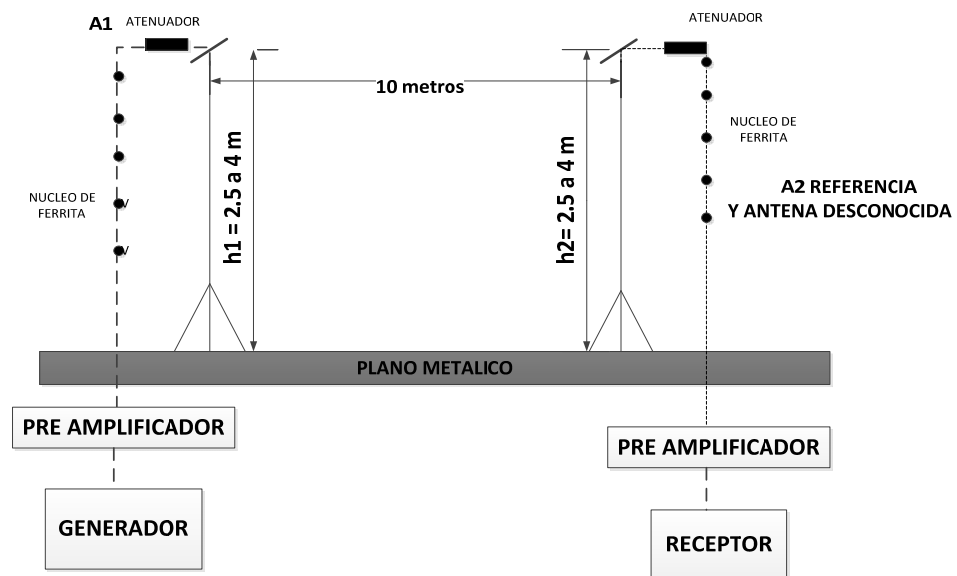


Ilustración 4.3.1.9: Método de antena de referencia.

Fuente: Autor

La distancia de separación será de 10 metros para eliminar las variaciones de impedancia de la antena causada por el acoplamiento mutuo de impedancias antena a antena.

La antena A1 puede ser cualquier tipo de antena, incluyendo la antena de referencia. El objetivo es generar un campo de medición para A2. Setear la antena A1 de 2.5 m a 4 m sobre el plano y moverlo con una señal del generador. Para calibrar la antena desconocida contra la antena dipolo de referencia primero medir la intensidad de la señal con la antena de referencia en A2. La antena debería estar entre 2.5 m y 4 m sobre el plano. No es importante la posición de la antena a una señal máxima, pero si es importante evitar la región nula donde las lecturas estarán cambiando rápidamente con la posición de la antena. Encuentra una posición en el rango de 2.5 a 4 m donde la señal de amplitud varía lentamente con la altura. Luego que la intensidad de la señal sea notada con la antena dipolo de referencia, se sustituirá la antena que se está calibrando para el dipolo de referencia, manteniendo la antena a calibrar exactamente a la misma altura y posición, como estuvo el dipolo de referencia.

La relación entre las dos mediciones de la intensidad de campo generado es la diferencia (en dB) en los factores de antena entre la antena de referencia y la antena desconocida. Si una señal baja es medida con la antena desconocida, la diferencia (en dB) debe ser añadida al el factor de

antena de la antenna de referencia para obtener el factor de antenna de la antenna desconocida. Si la señal medida con la antenna desconocida es mayor que la señal medida con la antenna de referencia, la diferencia se restará del factor de antenna de la antenna de referencia para obtener el factor de antenna de la antenna desconocida.

Los factores de antenna para la antenna de referencia se tabulan en la tabla Nro. 4.3.1.6 y se calculan a partir de la ecuación Nro. 9, la fórmula para el factor de antenna de un dipolo de bajas perdidas. Esto se combina con una perdida promedio para el balun de 0.5 dB.

$$AF = 20 \log f_M - 31.4 \quad (9)$$

Frequency MHz	Length of each antenna element measured from center of antenna			AF dB(1/m)
	Metric	English		
	(m)	(ft)	(in)	
30	2.413	7	11	-1.8
35	2.080	6	9-7/8	-0.5
40	1.803	5	11	0.6
45	1.600	5	3	1.7
50	1.438	4	8-5/8	2.6
60	1.197	3	11-1/8	4.2
70	1.026	3	4-3/8	5.5
80	0.889	2	11	6.7
90	0.791	2	7-1/8	7.7
100	0.714	2	4-1/8	8.6
120	0.589	1	11-1/8	10.2
140	0.500	1	7-5/8	11.5
160	0.438	1	5-1/4	12.7
180	0.389	1	3-1/4	13.7
200	0.352	1	1-7/8	14.6
250	0.283		11-7/8	16.6
300	0.235		9-1/4	18.1
400	0.175		6-7/8	20.6
500	0.143		5-5/8	22.6
600	0.117		4-5/8	24.2
700	0.102		4	25.5
800	0.089		3-1/2	26.7
900	0.079		3-1/8	27.7
1000	0.076		3	28.6

Tabla 4.3.1.6: Longitud de cada elemento de la antenna dipolo de referencia para configuración resonante y factor de antenna versus frecuencia
Fuente: Norma ANSI C 63.5

5.7 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Los criterios de aceptación y rechazo de las mediciones se enmarcaran en que la incertidumbre no deberá exceder la tercera parte del error máximo permitido considerado por el fabricante.

5.8 DATOS A REGISTRAR

Todos los resultados obtenidos durante el proceso de calibración deberán ser analizados y registrados en los registros electrónicos correspondientes. (F-PTT0101 / F-PTT0102)

5.9 INCERTIDUMBRE

Para estimar la incertidumbre se deberá seguir los siguientes pasos:

1) Establecer el modelo matemático:

El modelo matemático para determinar el factor de antena es:

$$AF_1 = 10 \log f_M - 24.46 + 1/2 [E_D^{\max} + A_1 + A_2 - A_3]$$

2) Identificar las fuentes de incertidumbre

Clasificamos las fuentes de incertidumbre por su tipo teniendo:

Tipo A

Son aquellas fuentes que son calculadas por métodos estadísticos.

Las fuentes de incertidumbre como repetibilidad y reproducibilidad son consideradas como tipo A, sin embargo se consideran impracticables

debido al tamaño de la muestra y a los costos asociados. Pero se explica su uso:

- a. Incertidumbre de estabilidad del amplificador / preamplificador (u_G^{AMP})
- b. Incertidumbre por imperfecciones en el sitio (u^{SITE})

Tipo B

Son aquellas fuentes que son calculadas por otros medios como certificados de calibración, deriva, características de equipos. Etc.

Las fuentes de incertidumbre tipo B para estimación de la incertidumbre en la calibración de antenas son:

- Incertidumbre de frecuencia del analizador de espectro (u_A^{SpA})
- Incertidumbre de amplitud del analizador de espectro (u_f^{SpA})
- Incertidumbre de amplitud del generador (u_A^{SS})
- Incertidumbre de frecuencia del generador (u_f^{SpA})
- Incertidumbre de atenuación del cable (u_L^{CABLES})
- Incertidumbre desajuste en lado transmisor (u_{VSWR}^{XMT})
- Incertidumbre desajuste en lado receptor (u_{VSWR}^{RCV})

- Incertidumbre de fase de centro de la antena $u^{PHASE CENTER}$
- Incertidumbre directividad antena $u^{DIRECTIVITY}$
- Incertidumbre por variaciones del patrón transmisor del dipolo.
 $u^{PATTERN}$

3) Convertir componentes a incertidumbre estándar

- a. Incertidumbre de estabilidad del amplificador / preamplificador (
 u_G^{AMP})

$$\frac{2}{Dist. T} * \sigma$$

Dónde:

Dist. T= Valores de la tabla de Distribución tipo T basada en los grados de libertad (n-1)

σ = Desviación estándar de las mediciones (n)

- b. Incertidumbre por imperfecciones en el sitio u^{SITE}

$$\frac{2}{Dist. T} * \sigma$$

Dónde:

Dist. T= Valores de la tabla de Distribución tipo T basada en los grados de libertad (n-1)

σ = Desviación estándar de las mediciones (n)

c. Incertidumbre de frecuencia del analizador de espectro (u_A^{SpA})

$$\frac{u_A^{SpA}}{\sqrt{3}}$$

d. Incertidumbre de amplitud del analizador de espectro (u_f^{SpA})

$$\frac{u_f^{SpA}}{\sqrt{3}}$$

e. Incertidumbre de amplitud del generador (u_A^{SS})

$$\frac{u_A^{SS}}{\sqrt{3}}$$

f. Incertidumbre de frecuencia del generador (u_f^{SG})

$$\frac{u_f^{SG}}{\sqrt{3}}$$

g. Incertidumbre de atenuación del cable (u_L^{CABLES})

$$\frac{u_L^{CABLE}}{\sqrt{3}}$$

h. Incertidumbre desajuste en lado transmisor (u_{VSWR}^{XMT})

$$\frac{u_{VSWR}^{XMT}}{\sqrt{2}}$$

i. Incertidumbre desajuste en lado receptor (u_{VSWR}^{RCV})

$$\frac{u_{VSWR}^{RCV}}{\sqrt{2}}$$

j. Incertidumbre de fase de centro de la antena $u^{PHASE CENTER}$

$$\frac{u^{PHASE CENTER}}{\sqrt{3}}$$

k. Incertidumbre directividad antena $u^{DIRECTIVITY}$

$$\frac{u^{DIRECTIVITY}}{\sqrt{3}}$$

l. Incertidumbre por variaciones del patrón transmisor del dipolo.

$u^{PATTERN}$

$$\frac{u^{PATTERN}}{\sqrt{3}}$$

4) Cuantificar los coeficientes de sensibilidad

De acuerdo al modelo matemático los coeficientes de sensibilidad serán de 1, por lo que la ecuación se mantiene intacta.

5) Calcular incertidumbre estándar combinada

$$u_c = \sqrt{\begin{aligned} & (u_A^{SpA})^2 + (u_f^{SpA})^2 + (u_A^{SS})^2 + (u_f^{SG})^2 + (u_G^{AMP})^2 + (u_L^{CABLES})^2 \\ & + (u_{VSWR}^{XMT})^2 + (u_{VSWR}^{RCV})^2 + (u^{SITE})^2 \\ & + (u^{PHASE CENTER})^2 + (u^{DIRECTIVITY})^2 + (u^{PATTERN})^2 \end{aligned}}$$

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{u_A^{SpA}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{u_f^{SpA}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{u_A^{SS}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{u_f^{SG}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{2}{DistT} * \sigma\right)^2 + \left(\frac{u_L^{CABLE}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{u_{VSWR}^{XMT}}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{u_{VSWR}^{RCV}}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{2}{DistT} * \sigma\right)^2 + \left(\frac{u^{PHASECENTER}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{u^{DIRECTIVIT}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{u^{PATTERN}}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

6) Calcular la incertidumbre expandida

$$U = u_c * k$$

Donde

$$k = 2$$

7) Expresión de los resultados.

$$RESULTADO = \text{Factor de antena} \pm U$$

6- ANEXOS

DISTRIBUCIÓN T STUDENT.

DISTRIBUCIÓN T STUDENT.

Grados de libertad	Área en ambos extremos combinados			
	0,10	0,05	0,02	0,01
1,0	6,314	12,706	31,821	63,657
2,0	2,920	4,303	6,965	9,925
3,0	2,353	3,182	4,541	5,841
4,0	2,132	2,776	3,747	4,604
5,0	2,015	2,571	3,365	4,032
6,0	1,943	2,447	3,143	3,707
7,0	1,895	2,365	2,998	3,499
8,0	1,860	2,306	2,896	3,355
9,0	1,833	2,282	2,821	3,250
10,0	1,812	2,228	2,764	3,169
11,0	1,796	2,201	2,718	3,106
12,0	1,782	2,179	2,681	3,055
13,0	1,771	2,160	2,650	3,012
14,0	1,761	2,145	2,624	2,977
15,0	1,753	2,131	2,602	2,947
16,0	1,746	2,120	2,583	2,921

Grados de libertad	Área en ambos extremos combinados			
	0,10	0,05	0,02	0,01
17,0	1,740	2,110	2,567	2,898
18,0	1,734	2,101	2,552	2,878
19,0	1,729	2,093	2,539	2,861
20,0	1,725	2,086	2,528	2,845
21,0	1,721	2,080	2,518	2,831
22,0	1,717	2,074	2,508	2,819
23,0	1,714	2,069	2,500	2,807
24,0	1,711	2,064	2,492	2,797
25,0	1,708	2,060	2,485	2,787
26,0	1,706	2,056	2,479	2,779
27,0	1,703	2,052	2,473	2,771
28,0	1,701	2,048	2,467	2,763
29,0	1,699	2,045	2,462	2,756
30,0	1,697	2,042	2,457	2,750
40,0	1,684	2,021	2,423	2,704
60,0	1,671	2,000	2,390	2,660
120,0	1,658	1,980	2,358	2,617
Distribución Normal	1,645	1,960	2,326	2,576

4.3.2 PROCEDIMIENTO PTT-LACEM-002

CALIBRACIÓN DE GENERADOR DE SEÑAL.

Emisión:

Entra en vigencia:

ÍNDICE

- 1.- OBJETO
- 2.- ALCANCE
- 3.- REFERENCIAS
 - 3.1 DOCUMENTOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN
- 4.- GENERAL
 - 4.1 DEFINICIONES
 - 4.2 SÍMBOLOS Y DESIGNACIONES
- 5.- DESCRIPCIÓN
 - 5.1 GENERALIDADES
 - 5.2 PARÁMETROS Y RANGOS
 - 5.3 APARATOS Y EQUIPOS
 - 5.4 PATRONES DE REFERENCIA
 - 5.5 CONDICIONES AMBIENTALES
 - 5.6 DESARROLLO
 - 5.7 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO
 - 5.8 DATOS A REGISTRAR
 - 5.9 INCERTIDUMBRE
- 6.- ANEXOS

1. OBJETO

Describir las condiciones que se deben cumplir y los pasos a seguir para realizar la calibración de un generador de señales.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable para la calibración del generador de señales en el intervalo de medida en frecuencia de 30 MHz a 1000 MHz y en amplitud en nivel de potencia desde -144 dBm a +25 dBm o $4 \text{ e}^{-18} \text{ W}$ a 0,30 W del laboratorio LACEM.

3. REFERENCIAS

3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

- **MC-LACEM-001** Manual de la Calidad.
- **PGE-LACEM-001** Procedimiento para la elaboración de documentos
- **PGE-LACEM-005** Procedimiento Estimación de la incertidumbre.

4. GENERAL

4.1 Definiciones

Ajuste.- Conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medida que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir.

Calibración.- Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación

Certificado.- Documento que contiene la certificación de calibración de un equipo bajo condiciones específicas.

Corrección.- Valor agregado algebraicamente al resultado no corregido de una medición para compensar un error sistemático.

Error (de medida).- Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia

Error Sistemático.- Componente del error de medida que, en condiciones repetidas, permanece constante o varía de manera predecible

Error Aleatorio.- Componente del error de medida que, en condiciones repetidas, varía de manera impredecible.

Exactitud.- Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando.

Clase de Exactitud.- Clase de instrumentos o sistemas de medida que satisfacen ciertos requisitos metrológicos determinados destinados a mantener los errores de medida o las incertidumbres instrumentales dentro de los límites especificados, bajo condiciones de funcionamiento dadas.

Factor de Cobertura (k).- Número mayor que uno por el que se multiplica una incertidumbre típica combinada para obtener una incertidumbre expandida.

Nota: el valor del factor de cobertura **k**, generalmente toma valores en el intervalo de 2 a 3.

Incertidumbre de Medida.- Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se realiza.

Incertidumbre Tipo A: aquellas que se evalúan por medios estadísticos.

Incertidumbre Tipo B: aquellas que se evalúan por otros medios.

Instrumento de medición.- Dispositivo utilizado para realizar mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos suplementarios.

Mensurando.- Lo que se quiere medir.

Patrón de Referencia.- Patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado o en una organización determinada, del cual se derivan las medidas realizadas en dicho lugar.

Resolución.- Mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente.

Repetibilidad.- Grado de concordancia entre resultados de mediciones obtenidas independientemente con el mismo método, con el mismo operador, utilizando el mismo instrumento de medida y durante un corto intervalo de tiempo.

Reproducibilidad.- Grado de concordancia entre resultados de mediciones obtenidas independientemente con el mismo método, con diferentes operadores, diferentes equipos de medida, en diferentes laboratorios.

Trazabilidad.- Propiedad del resultado de una medición o de un patrón tal que pueda relacionarse con referencias determinadas, generalmente a patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

Verificación.- Confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados.

4.2 Símbolos y designaciones

Símbolo	Designación
ISO	Organización Internacional para la Normalización
IBP	Instrumento bajo prueba
RT	Responsable técnico

5. DESCRIPCIÓN

5.1 GENERALIDADES

Un generador de señales o frecuencia es un equipo utilizado para medir y generar señales de onda de varias características en su amplitud, frecuencia y ángulo de fase tanto para señales analógicas como digitales.

Para llevarse a cabo la calibración de un generador de señales deberá cumplirse la relación de exactitud de al menos 1/3 de la exactitud del patrón.

Es decir el patrón deberá ser 3 veces más exacto que el IBC.

5.5 PARÁMETROS Y RANGOS

En la calibración de un generador de señal será necesario determinar:

- a) Frecuencia
- b) Amplitud (Nivel de Potencia)

5.6 APARATOS Y EQUIPOS

Todos los equipos y patrones utilizados en la calibración deberán contar con el certificado de calibración vigente.

Cantidad	Equipo	Especificaciones
1	Registradores de temperatura	Registrado de temperatura y humedad relativa.
1	Cable 1.5 m con conectores BNC	Impedancia 50 Ohm

Tabla 4.3.2.1: Aparatos y Equipos.
Fuente: Autor

5.7 PATRONES DE REFERENCIA

Cantidad	Equipo	Especificaciones
1	Contador de Radiofrecuencia	Frecuencia : Desde 30 MHz a 1000 MHz Exactitud: 4 Hz, resolución: 0.000001 Hz
1	Medidor de Potencia	Frecuencia : Desde 30 MHz a 1000 MHz Exactitud: 4 Hz, resolución: 0.000001 Hz
1	Sensor / Sensores de Potencia	Potencia : -144 dBm a +25 dBm Exactitud: 0.5 dB, resolución:0,01 dBm

Tabla 4.3.2.2: Patrones
Fuente: Autor

Se deberá utilizar el número de sensores que cubran el rango establecido.

6.5 CONDICIONES AMBIENTALES Y PERIODOS DE ESTABILIZACIÓN

Todos los equipos utilizados para la calibración deberán tener un tiempo de estabilización térmica de al menos 30 minutos previos a la ejecución.

La calibración deberá llevarse a cabo a una temperatura de 23 ± 2 °C con una humedad relativa de 35 a 65% HR.

Si en el proceso de calibración, no se puede mantener las condiciones ambientales se deberá detener la calibración y reanudarla cuando se mantengan las condiciones preestablecidas.

6.6 DESARROLLO

Consideraciones previas y medidas de seguridad

Se sugiere que todos los equipos y accesorios que se empleen en la calibración tengan una impedancia de 50 ohm.

Los tomas de conexión de los equipos deberán asegurar tener la respectiva puesta a tierra y mantener niveles de voltaje inferiores a 1 Voltio entre tierra y neutro.

Utilizar manillas antiestáticas en la ejecución de la calibración.

No tocar las superficies de conexión de los conectores del equipo bajo prueba y los conectores de cables.

Revisar que los conectores y medios de acoplamiento se encuentren limpios

Ubicar los conectores siempre de manera horizontal de manera que no existe un contacto con la superficie de conexión.

Si se encontrase alguna anomalía se deberá poner por escrito en el registro correspondiente.

Verificaciones iniciales

Revisar el manual del fabricante para identificar las recomendaciones y poder seguirlas en la calibración.

Registrar el Instrumento bajo prueba – IBP en el documento destinado para tal fin, en el mismo se registrara la marca, modelo, serie, fecha de ingreso.

Como primera actividad se tomara una lectura en frecuencia y en potencia a mitad de escala y se registrara en formato correspondiente.

Si existiera alguna anomalía en la verificación se informará al RT.

Ejecución

- a) Tomar la lectura inicial de temperatura y humedad relativa.
- b) Realizar la conexión de los equipos de acuerdo a la ilustración 4.3.2.1.

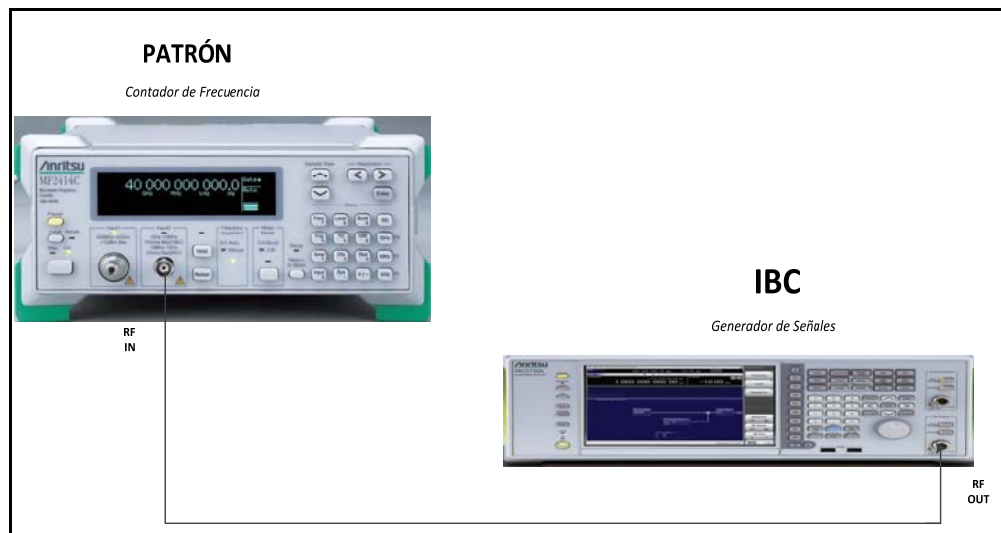


Ilustración 4.3.2.1: Patrón e IBC
Fuente: Autor

- c) Una vez conectados, procedemos con la medición en frecuencia.
- d) Con el patrón generamos la frecuencia de acuerdo al rango del IBC. Activamos el generador y leemos la lectura en el analizador de espectro tomamos 5 lecturas consecutivas y las registramos en el formato correspondiente.
- e) El punto c) lo repetimos al menos 10 veces en todo el rango de medición de frecuencia.
- f) Luego realizamos la medición en amplitud o nivel de potencia donde realizamos la medición en base a la configuración de la ilustración 4.3.2.2, en los mismos puntos de frecuencia anterior pero a un nivel de potencia fijo. Una vez activado el generador tomamos 5 lecturas consecutivas.

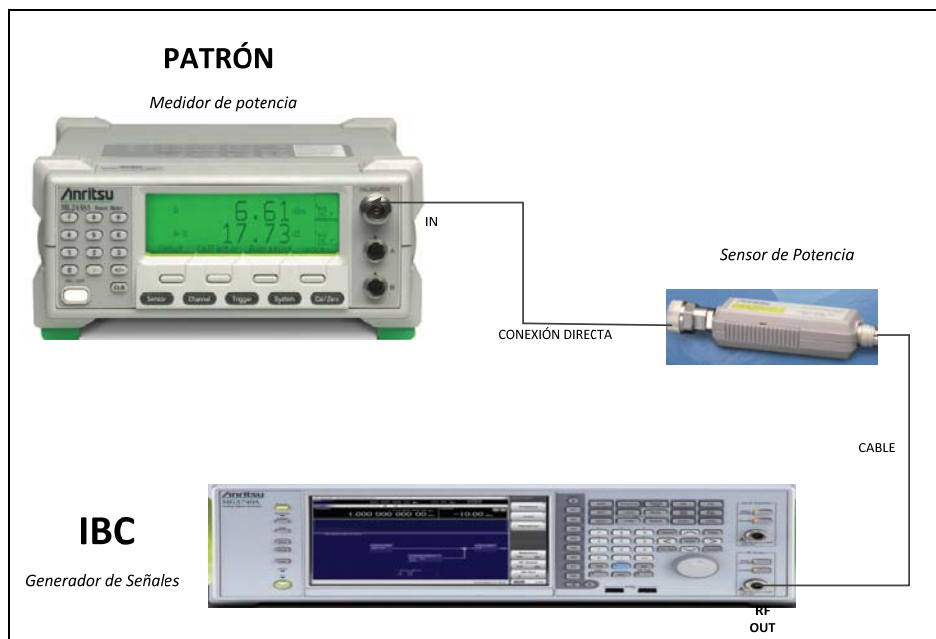


Ilustración 4.3.2.2: Patrón e IBC – Medición en amplitud
Fuente: Autor

g) Repetimos el punto e) para los cuatros niveles de potencia seleccionada.

h) Tomar la lectura final de temperatura y humedad relativa.

6.7 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Serán aceptadas las mediciones siempre y cuando cumplan con el siguiente criterio.

$$|c \pm U| \leq \textit{Exactitud}$$

Dónde:

c = corrección de la calibración

U = incertidumbre de calibración

Si no cumplen con el criterio de aceptación se deberá informar al RT

6.8 DATOS A REGISTRAR

Los datos a registrar dentro del proceso de calibración serán:

- Datos de la verificación
- Los 5 datos de frecuencia de los 10 puntos tomados
- Los 5 datos de frecuencia en los 10 puntos tomados establecidos en todos los cuatro niveles de potencia

Todos estos datos deberán registrarse en el formato correspondiente.

6.9 INCERTIDUMBRE

Frecuencia.

8) Establecer el modelo matemático:

$$R = M_{\text{patron}} - L_{\text{IBC}} + \text{CNR}$$

Dónde:

R = Resultado

M_patron = medida del patrón

L_IBC = lectura del instrumento bajo calibración

CNR = Correcciones no realizadas

9) Identificar las fuentes de incertidumbre

Clasificamos las fuentes de incertidumbre por su tipo teniendo:

Tipo A

Incertidumbre por repetibilidad (u_A)

Tipo B

Incertidumbre de frecuencia del contador de frecuencia ($u_{f \text{ cont}}$)

Incertidumbre de amplitud del contador de frecuencia ($u_{A \text{ cont}}$)

Incertidumbre por resolución del patrón ($u_{res \text{ cont}}$)

Incertidumbre por deriva del patrón (u_{der})

Incertidumbre por resolución del IBC ($u_{res\ IBC}$)

10) Convertir componentes a incertidumbre estándar

Incertidumbre por repetibilidad (u_A)

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Se tomará la mayor desviación en relación a las 10 mediciones de frecuencia.

Incertidumbre de frecuencia del generador de frecuencia ($u_{f\ cont}$)

$$u_{f\ cont} = \frac{U}{k}$$

Incertidumbre de amplitud del generador de frecuencia ($u_{A\ cont}$)

$$u_{A\ cont} = \frac{U}{k}$$

Incertidumbre por resolución del patrón ($u_{res\ cont}$)

$$u_{res\ cont} = \frac{resolucion}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre por deriva del patrón (u_{der})

$$u_{res\ IBC} = \frac{deriva}{\sqrt{3}}$$

Si los equipos son nuevos se deberá tomar en cuenta la exactitud del equipo.

Incertidumbre por resolución del IBC ($u_{res\ IBC}$)

$$u_{res\ IBC} = \frac{resolucion}{\sqrt{12}}$$

11) Cuantificar los coeficientes de sensibilidad

Los coeficientes de sensibilidad son igual a 1.

12) Calcular incertidumbre estándar combinada

$$u_c = \sqrt{(u_A)^2 + (u_{f\ cont})^2 + (u_{A\ cont})^2 + (u_{res\ cont})^2 + (u_{der})^2 + (u_{res\ IBC})^2}$$

13) Calcular la incertidumbre expandida

$$U = u_c * k$$

Donde

$$k = 2$$

14) Expresión de los resultados.

$$RESULTADO = Frecuencia \pm U$$

Amplitud – Nivel de Potencia.

1) Establecer el modelo matemático:

$$R = M_{\text{patron}} - L_{\text{IBC}} + \sum \text{correccion patrón} + \sum \text{correccion IBC}$$

Donde:

R = Resultado

M_patron = medida del patrón

L_IBC = lectura del instrumento bajo calibración

2) Identificar las fuentes de incertidumbre

Clasificamos las fuentes de incertidumbre por su tipo teniendo:

Tipo A

Incertidumbre por repetibilidad (u_A)

Tipo B

Incertidumbre de frecuencia del medidor de potencia ($u_{f_{mpo}}$)

Incertidumbre de amplitud del medidor de potencia ($u_{A\ mpo}$)

Incertidumbre del sensor de potencia ($u_{\text{sensor } p}$)

Incertidumbre por resolución del patrón ($u_{\text{res } mpo}$)

Incertidumbre por deriva del patrón (u_{der})

Incertidumbre por resolución del IBC ($u_{\text{res } IBC}$)

Incertidumbre por pérdida de inserción ($u_{LI\ CABLE}$)

Incertidumbre por relación de onda estacionaria ($u_{ROE\ CABLE}$)

Incertidumbre por caracterización del cable ($u_{CAR\ CABLE}$)

3) Convertir componentes a incertidumbre estándar

Incertidumbre por repetibilidad (u_A)

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Se tomara la mayor desviación de las 4 mediciones

Incertidumbre de frecuencia del medidor de potencia ($u_{f\ mpo}$)

$$u_{f\ mpo} = \frac{U}{k}$$

Incertidumbre de amplitud del medidor de potencia ($u_{A\ mpo}$)

$$u_{A\ mpo} = \frac{U}{k}$$

Incertidumbre del sensor de potencia ($u_{sensor\ p}$)

$$u_{sensor\ p} = \frac{U}{k}$$

Incertidumbre por resolución del patrón ($u_{res\ mpo}$)

$$u_{res\ mpo} = \frac{resolucion}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre por deriva del patrón (u_{der})

$$u_{res\ IBC} = \frac{deriva}{\sqrt{3}}$$

Si los equipos son nuevos se deberá tomar en cuenta la exactitud del equipo.

Incertidumbre por resolución del IBC ($u_{res\ IBC}$)

$$u_{res\ IBC} = \frac{resolucion}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre por pérdida de inserción ($u_{LI\ CABLE}$)

$$u_{LI\ CABLE} = \frac{\text{perdida_insercion}}{\sqrt{3}}$$

Incertidumbre por relación de onda estacionaria ($u_{ROE\ CABLE}$)

$$u_{ROE\ CABLE} = \frac{ROE}{\sqrt{2}}$$

Incertidumbre por caracterización del cable ($u_{CAR\ CABLE}$)

$$u_{CAR\ CABLE} = \frac{\text{caracterizacion_cable}}{\sqrt{3}}$$

4) Cuantificar los coeficientes de sensibilidad

Los coeficientes de sensibilidad son igual a 1.

5) Calcular incertidumbre estándar combinada

$$u_c = \sqrt{(u_A)^2 + (u_{f\ mpo})^2 + (u_{A\ mpo})^2 + (u_{\text{sensor } p})^2 + (u_{\text{res } mpo})^2 + (u_{\text{der}})^2 + (u_{\text{res } IBC})^2 + (u_{LI\ CABLE})^2 + (u_{ROE\ CABLE})^2 + (u_{CAR\ CABLE})^2}$$

6) Calcular la incertidumbre expandida

$$U = u_c * k$$

Donde

$$k = 2$$

7) Expresión de los resultados.

$$RESULTADO = Frecuencia(nivel de potencia) \pm U$$

Una vez obtenido el valor de incertidumbre elaborar el certificado de calibración.

6- ANEXOS

No aplica

4.3.3 PROCEDIMIENTO PTT-LACEM-003

CALIBRACIÓN DE ANALIZADOR DE ESPECTRO

Emisión:

Entra en vigencia:

ÍNDICE

- 1.- OBJETO
- 2.- ALCANCE
- 3.- REFERENCIAS
 - 3.1 DOCUMENTOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN
- 4.- GENERAL
 - 4.1 DEFINICIONES
 - 4.2 SÍMBOLOS Y DESIGNACIONES
- 5.- DESCRIPCIÓN
 - 5.1 GENERALIDADES
 - 5.2 PARÁMETROS Y RANGOS
 - 5.3 APARATOS Y EQUIPOS
 - 5.4 PATRONES DE REFERENCIA
 - 5.5 CONDICIONES AMBIENTALES
 - 5.6 DESARROLLO
 - 5.7 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO
 - 5.8 DATOS A REGISTRAR
 - 5.9 INCERTIDUMBRE
- 6.- ANEXOS

1. OBJETO

Describir las condiciones que se deben cumplir y los pasos a seguir para realizar la calibración de un analizador de espectro.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable para la calibración del analizador de espectro en el intervalo de medida en frecuencia de 30 MHz a 1000 MHz y en amplitud en nivel de potencia desde -110 dBm a +17 dBm o 1 e^{-14} a 0,050 W del laboratorio LACEM.

3. REFERENCIAS

3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

- **MC-LACEM-001** Manual de la Calidad.
- **PGE-LACEM-001** Procedimiento para la elaboración de documentos
- **PGE-LACEM-005** Procedimiento Estimación de la incertidumbre.

4. GENERAL

4.1 Definiciones

Ajuste.- Conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medida que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir.

Calibración.- Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

Certificado.- Documento que contiene la certificación de calibración de un equipo bajo condiciones específicas.

Corrección.- Valor agregado algebraicamente al resultado no corregido de una medición para compensar un error sistemático.

Error (de medida).- Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.

Error Sistemático.- Componente del error de medida que, en condiciones repetidas, permanece constante o varía de manera predecible.

Error Aleatorio.- Componente del error de medida que, en condiciones repetidas, varía de manera impredecible.

Exactitud.- Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando.

Clase de Exactitud.- Clase de instrumentos o sistemas de medida que satisfacen ciertos requisitos metrológicos determinados destinados a mantener los errores de medida o las incertidumbres instrumentales dentro de los límites especificados, bajo condiciones de funcionamiento dadas.

Factor de Cobertura (k).- Número mayor que uno por el que se multiplica una incertidumbre típica combinada para obtener una incertidumbre expandida.

Nota: el valor del factor de cobertura **k**, generalmente toma valores en el intervalo de 2 a 3.

Incertidumbre de Medida.- Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se realiza.

Incertidumbre Tipo A: aquellas que se evalúan por medios estadísticos.

Incertidumbre Tipo B: aquellas que se evalúan por otros medios.

Instrumento de medición.- Dispositivo utilizado para realizar mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos suplementarios.

Mensurando.- Lo que se quiere medir.

Patrón de Referencia.- Patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado o en una organización determinada, del cual se derivan las medidas realizadas en dicho lugar.

Resolución.- Mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente.

Repetibilidad.- Grado de concordancia entre resultados de mediciones obtenidas independientemente con el mismo método, con el mismo operador, utilizando el mismo instrumento de medida y durante un corto intervalo de tiempo.

Reproducibilidad.- Grado de concordancia entre resultados de mediciones obtenidas independientemente con el mismo método, con diferentes operadores, diferentes equipos de medida, en diferentes laboratorios.

Trazabilidad.- Propiedad del resultado de una medición o de un patrón tal que pueda relacionarse con referencias determinadas, generalmente a patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

Verificación.- Confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados.

4.2 Símbolos y designaciones

Símbolo	Designación
ISO	Organización Internacional para la Normalización
IBP	Instrumento bajo prueba
RT	Responsable técnico

5. DESCRIPCIÓN

5.1 GENERALIDADES

Los analizadores de espectro son equipos destinados a medir las características de la señal en el dominio de frecuencia. Si se requiere hacer una analogía se podría decir que es un osciloscopio en frecuencia.

Para llevarse a cabo la calibración de un analizador de espectro deberá cumplirse la relación de exactitud de al menos $1/3$ de la exactitud del patrón.

Es decir el patrón deberá ser 3 veces más exacto que el IBC.

5.2 PARÁMETROS Y RANGOS

En la calibración de analizadores de espectro será necesario determinar:

- a) Frecuencia
- b) Amplitud (Nivel de Potencia)

5.3 APARATOS Y EQUIPOS

Todos los equipos utilizados en la calibración deberán contar con el certificado de calibración vigente.

Cantidad	Equipo	Especificaciones
1	Registradores de temperatura	Registrado de temperatura y humedad relativa.
1	Cable 1.5 m con conectores BNC	Impedancia 50 Ohm

Tabla 4.3.3.1: Aparatos y Equipos
Fuente: Autor

5.4 PATRONES DE REFERENCIA

Cantidad	Equipo	Especificaciones
1	Generador de Radiofrecuencia	Frecuencia : Desde 30 MHz a 1000 MHz Exactitud: 4 Hz, resolución: 0.000001 Hz Potencia : -110 a +17 dBm o $1 e^{-14}$ a 0,050 W Exactitud: 0.5 dB, resolución:0,01 dBm

Tabla 4.3.3.2: Patrones de referencia
Fuente: Autor

5.5 CONDICIONES AMBIENTALES Y PERIODOS DE ESTABILIZACIÓN.

Todos los equipos utilizados para la calibración deberán tener un tiempo de estabilización térmica de al menos 30 minutos previos a la ejecución.

La calibración deberá llevarse a cabo a una temperatura de 23 ± 2 °C con una humedad relativa de 35 a 65% HR.

Si en el proceso de calibración, no se puede mantener las condiciones ambientales se deberá detener la calibración y reanudarla cuando se mantengan las condiciones preestablecidas.

5.6 DESARROLLO

Consideraciones previas y medidas de seguridad

Con el objeto de no dañar el analizador de espectro debe tenerse cuidado en no exceder el nivel máximo de potencia de entrada especificado por el fabricante.

Se sugiere que todos los equipos y accesorios que se empleen en la calibración tengan una impedancia de 50 ohm.

Los tomas de conexión de los equipos deberán asegurar tener la respectiva puesta a tierra y mantener niveles de voltaje inferiores a 1 Voltio entre tierra y neutro.

Utilizar manillas antiestáticas en la ejecución de la calibración.

No tocar las superficies de conexión de los conectores del equipo bajo prueba y los conectores de cables.

Revisar que los conectores y medios de acoplamiento se encuentren limpios

Ubicar los conectores siempre de manera horizontal de manera que no existe un contacto con la superficie de conexión.

Si se encontrase alguna anomalía se deberá poner por escrito en el registro correspondiente.

Verificaciones iniciales

Revisar el manual del fabricante para identificar las recomendaciones y poder seguirlas en la calibración.

Registrar el Instrumento bajo prueba – IBP en el documento destinado para tal fin, en el mismo se registrara la marca, modelo, serie, fecha de ingreso.

Como primera actividad se tomara una lectura en frecuencia y en potencia a mitad de escala y se registrara en formato correspondiente.

Si existiera alguna anomalía en la verificación se informará al RT

Ejecución

- i) Tomar la lectura inicial de temperatura y humedad relativa.
- j) Realizar la conexión de los equipos de acuerdo a la ilustración 4.3.3.1

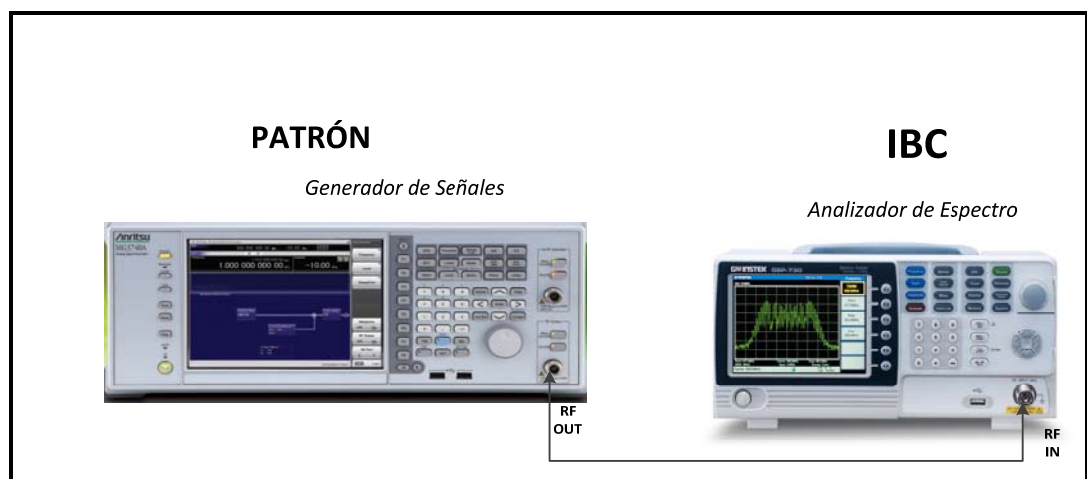


Ilustración 4.3.3.1: Patrón e IBC
Fuente: Autor

- k) Una vez conectados, procedemos con la medición en frecuencia.
- l) Con el patrón generamos la frecuencia de acuerdo al rango del IBC, la potencia generada debe estar en 0 dBm. Activamos el generador y leemos la lectura en el analizar de espectro tomamos 5 lecturas consecutivas y las registramos en el formato correspondiente.
- m) El punto c) lo repetimos al menos 10 veces en todo el rango de medición de frecuencia
- n) Luego realizamos la medición en amplitud o nivel de potencia donde realizamos la medición en los mismos puntos de frecuencia anterior pero a un nivel de potencia fijo. Una vez activado el generador tomamos 5 lecturas consecutivas
- o) Repetimos el punto e) para los cuatros niveles de potencia seleccionada
- p) Tomar la lectura final de temperatura y humedad relativa.

5.7 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Serán aceptadas las mediciones siempre y cuando cumplan con el siguiente criterio.

$$|c \pm U| \leq \textit{Exactitud}$$

Dónde:

c = corrección de la calibración

U = incertidumbre de calibración

Si no cumplen con el criterio de aceptación se deberá informar al RT

DATOS A REGISTRAR

Los datos a registrar dentro del proceso de calibración serán:

- Datos de la verificación
- Los 5 datos de frecuencia de los 10 puntos tomados
- Los 5 datos de frecuencia en los 10 puntos tomados establecidos en todos los cuatro niveles de potencia

Todos estos datos deberán registrarse en el formato correspondiente.

5.8 INCERTIDUMBRE

Frecuencia.

1) Establecer el modelo matemático:

$$R = M_{\text{patron}} - L_{\text{IBC}} + \text{CNR}$$

Dónde:

R = Resultado

M_{patron} = medida del patrón

L_{IBC} = lectura del instrumento bajo calibración

CNR = Correcciones no realizadas

2) Identificar las fuentes de incertidumbre

Clasificamos las fuentes de incertidumbre por su tipo teniendo:

Tipo A

Incertidumbre por repetibilidad (u_A)

Tipo B

Incertidumbre de frecuencia del generador de frecuencia ($u_{f_{gen}}$)

Incertidumbre de amplitud del generador de frecuencia ($u_{A_{gen}}$)

Incertidumbre por resolución del patrón ($u_{res_{gen}}$)

Incertidumbre por deriva del patrón (u_{der})

Incertidumbre por resolución del IBC ($u_{res_{IBC}}$)

3) Convertir componentes a incertidumbre estándar

Incertidumbre por repetibilidad (u_A)

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Se tomará la mayor desviación en relación a las 10 mediciones de frecuencia.

Incertidumbre de frecuencia del generador de frecuencia ($u_{f_{gen}}$)

$$u_{f \text{ gen}} = \frac{U}{k}$$

Incertidumbre de amplitud del generador de frecuencia ($u_{A \text{ gen}}$)

$$u_{A \text{ gen}} = \frac{U}{k}$$

Incertidumbre por resolución del patrón ($u_{res \text{ gen}}$)

$$u_{res \text{ gen}} = \frac{resolucion}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre por deriva del patrón (u_{der})

$$u_{res \text{ IBC}} = \frac{deriva}{\sqrt{3}}$$

Si los equipos son nuevos se deberá tomar en cuenta la exactitud del equipo.

Incertidumbre por resolución del IBC ($u_{res \text{ IBC}}$)

$$u_{res \text{ IBC}} = \frac{resolucion}{\sqrt{12}}$$

4) Cuantificar los coeficientes de sensibilidad

Los coeficientes de sensibilidad son igual a 1.

5) Calcular incertidumbre estándar combinada

$$u_c = \sqrt{(u_A)^2 + (u_{f_{gen}})^2 + (u_{A_{gen}})^2 + (u_{res_{gen}})^2 + (u_{der})^2 + (u_{res_{IBC}})^2}$$

6) Calcular la incertidumbre expandida

$$U = u_c * k$$

Donde

$$k = 2$$

7) Expresión de los resultados.

$$RESULTADO = Frecuencia \pm U$$

Amplitud – Nivel de Potencia.

1) Establecer el modelo matemático:

$$R = M_{patron} - L_{IBC} + \sum \text{correccion patrón} + \sum \text{correccion IBC}$$

Dónde:

R = Resultado

M_patron = medida del patrón

L_IBC = lectura del instrumento bajo calibración

2) Identificar las fuentes de incertidumbre

Clasificamos las fuentes de incertidumbre por su tipo teniendo:

Tipo A

Incertidumbre por repetibilidad (u_A)

Tipo B

Incertidumbre de frecuencia del generador de frecuencia ($u_{f\ gen}$)

Incertidumbre de amplitud del generador de frecuencia ($u_{A\ gen}$)

Incertidumbre por resolución del patrón ($u_{res\ gen}$)

Incertidumbre por deriva del patrón (u_{der})

Incertidumbre por resolución del IBC ($u_{res\ IBC}$)

Incertidumbre por pérdida de inserción ($u_{LI\ CABLE}$)

Incertidumbre por relación de onda estacionaria ($u_{ROE\ CABLE}$)

Incertidumbre por caracterización del cable ($u_{CAR\ CABLE}$)

3) Convertir componentes a incertidumbre estándar

Incertidumbre por repetibilidad (u_A)

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Se tomara la mayor desviación de las 4 mediciones

Incertidumbre de frecuencia del generador de frecuencia ($u_{f\ gen}$)

$$u_{f\ gen} = \frac{U}{k}$$

Incertidumbre de amplitud del generador de frecuencia ($u_{A\ gen}$)

$$u_{A\ gen} = \frac{U}{k}$$

Incertidumbre por resolución del patrón ($u_{res\ gen}$)

$$u_{res\ gen} = \frac{resolucion}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre por deriva del patrón (u_{der})

$$u_{res\ IBC} = \frac{deriva}{\sqrt{3}}$$

Si los equipos son nuevos se deberá tomar en cuenta la exactitud del equipo.

Incertidumbre por resolución del IBC ($u_{res\ IBC}$)

$$u_{res\ IBC} = \frac{resolucion}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre por pérdida de inserción ($u_{LI\ CABLE}$)

$$u_{LI\ CABLE} = \frac{perdida_insercion}{\sqrt{3}}$$

Incertidumbre por relación de onda estacionaria ($u_{ROE\ CABLE}$)

$$u_{ROE\ CABLE} = \frac{ROE}{\sqrt{2}}$$

Incertidumbre por caracterización del cable ($u_{CAR\ CABLE}$)

$$u_{CAR\ CABLE} = \frac{caracterizacion_cable}{\sqrt{3}}$$

4) Cuantificar los coeficientes de sensibilidad

Los coeficientes de sensibilidad son igual a 1.

5) Calcular incertidumbre estándar combinada

$$u_c = \sqrt{(u_A)^2 + (u_{f\ gen})^2 + (u_{A\ gen})^2 + (u_{res\ gen})^2 + (u_{der})^2 + (u_{res\ IBC})^2 + (u_{LI\ CABLE})^2 + (u_{ROE\ CABLE})^2 + (u_{CAR\ CABLE})^2}$$

6) Calcular la incertidumbre expandida

$$U = u_c * k$$

Donde

$$k = 2$$

7) Expresión de los resultados.

$$RESULTADO = Frecuencia(nivel de potencia) \pm U$$

Una vez obtenido el valor de incertidumbre elaborar el certificado de calibración.

6- ANEXOS

4.3.4 PROCEDIMIENTO PTT-LACEM-004

CALIBRACIÓN DE ATENUADORES

Emisión:

Entra en vigencia:

ÍNDICE

1.- OBJETO

2.- ALCANCE

3.- REFERENCIAS

3.1 DOCUMENTOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN

4.- GENERAL

4.1 DEFINICIONES

4.2 SÍMBOLOS Y DESIGNACIONES

5.- DESCRIPCIÓN

5.1 GENERALIDADES

5.2 PARÁMETROS Y RANGOS

5.3 APARATOS Y EQUIPOS

5.4 PATRONES DE REFERENCIA

5.5 CONDICIONES AMBIENTALES

5.6 DESARROLLO

5.7 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

5.8 DATOS A REGISTRAR

5.9 INCERTIDUMBRE

6.- ANEXOS

1. OBJETO

Describir las condiciones que se deben cumplir y los pasos a seguir para realizar la calibración de un atenuador de potencia.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable para la calibración de atenuadores de potencia en el intervalo de medida en frecuencia de 30 MHz a 1000 MHz o superior y potencia desde -110 dBm a +17 dBm o $1 \text{ e}^{-14} \text{ W}$ a 0,050 W del laboratorio LACEM.

3. REFERENCIAS

3.1 Documentos utilizados en la elaboración.

- **MC-LACEM-001** Manual de la Calidad.
- **PGE-LACEM-001** Procedimiento para la elaboración de documentos
- **PGE-LACEM-005** Procedimiento Estimación de la incertidumbre.

4. GENERAL

4.1 Definiciones

Ajuste.- Conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medida que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir.

Calibración.- Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

Certificado.- Documento que contiene la certificación de calibración de un equipo bajo condiciones específicas.

Corrección.- Valor agregado algebraicamente al resultado no corregido de una medición para compensar un error sistemático.

Error (de medida).- Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.

Error Sistemático.- Componente del error de medida que, en condiciones repetidas, permanece constante o varía de manera predecible.

Error Aleatorio.- Componente del error de medida que, en condiciones repetidas, varía de manera impredecible.

Exactitud.- Proximidad entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando.

Clase de Exactitud.- Clase de instrumentos o sistemas de medida que satisfacen ciertos requisitos metrológicos determinados destinados a mantener los errores de medida o las incertidumbres instrumentales dentro de los límites especificados, bajo condiciones de funcionamiento dadas.

Factor de Cobertura (k).- Número mayor que uno por el que se multiplica una incertidumbre típica combinada para obtener una incertidumbre expandida.

Nota: el valor del factor de cobertura **k**, generalmente toma valores en el intervalo de 2 a 3.

Incertidumbre de Medida.- Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se realiza.

Incertidumbre Tipo A: aquellas que se evalúan por medios estadísticos.

Incertidumbre Tipo B: aquellas que se evalúan por otros medios.

Instrumento de medición.- Dispositivo utilizado para realizar mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos suplementarios.

Mensurando.- Lo que se quiere medir.

Patrón de Referencia.- Patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado o en una organización determinada, del cual se derivan las medidas realizadas en dicho lugar.

Resolución.- Mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente.

Repetibilidad.- Grado de concordancia entre resultados de mediciones obtenidas independientemente con el mismo método, con el mismo operador, utilizando el mismo instrumento de medida y durante un corto intervalo de tiempo.

Reproducibilidad.- Grado de concordancia entre resultados de mediciones obtenidas independientemente con el mismo método, con diferentes operadores, diferentes equipos de medida, en diferentes laboratorios.

Trazabilidad.- Propiedad del resultado de una medición o de un patrón tal que pueda relacionarse con referencias determinadas, generalmente a patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

Verificación.- Confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados.

4.2 Símbolos y designaciones

Símbolo	Designación
ISO	Organización Internacional para la Normalización
IBP	Instrumento bajo prueba
RT	Responsable técnico

5. DESCRIPCIÓN

5.1 GENERALIDADES

Un atenuador de potencia es un instrumento que reduce la intensidad de la señal de radiofrecuencia para bajar la intermodulación causada por los altos niveles de entrada.

Para llevarse a cabo la calibración de un atenuador de potencia deberá cumplirse la relación de exactitud de al menos 1/3 de la exactitud del patrón.

Es decir el patrón deberá ser 3 veces más exacto que el IBC.

5.2 PARAMETROS Y RANGOS

En la calibración de un atenuador de potencia será necesario determinar:

- a) Amplitud (Nivel de Potencia)

5.3 APARATOS Y EQUIPOS

Todos los equipos utilizados en la calibración deberán contar con el certificado de calibración vigente.

Cantidad	Equipo	Especificaciones
1	Registradores de temperatura	Registrado de temperatura y humedad relativa.
2	Cable 1 m con conectores BNC	Impedancia 50 Ohm

Tabla 4.3.4. 1: Aparatos y equipos – Calibración Atenuadores
Fuente: Autor

5.4 PATRONES DE REFERENCIA

Cantidad	Equipo	Especificaciones
1	Generador de Radiofrecuencia	Frecuencia : Desde 30 MHz a 1000 MHz Exactitud: 4 Hz, resolución: 0.000001 Hz Potencia : -110 a +17 dBm o $1 e^{-14}$ a 0,050 W Exactitud: 0.5 dB, resolución:0,01 dBm
1	Medidor de Potencia	Frecuencia : Desde 30 MHz a 1000 MHz Exactitud: 4 Hz, resolución: 0.000001 Hz
1	Sensor / Sensores de Potencia	Potencia : -144 dBm a +25 dBm Exactitud: 0.5 dB, resolución:0,01 dBm

Tabla 4.3.4. 2: Patrones de referencia – Calibración Atenuadores.
Fuente: Autor

5.5 CONDICIONES AMBIENTALES Y PERIODOS DE ESTABILIZACIÓN.

Todos los equipos utilizados para la calibración deberán tener un tiempo de estabilización térmica de al menos 30 minutos previos a la ejecución.

La calibración deberá llevarse a cabo a una temperatura de 23 ± 2 °C con una humedad relativa de 35 a 65% HR.

Si en el proceso de calibración, no se puede mantener las condiciones ambientales se deberá detener la calibración y reanudarla cuando se mantengan las condiciones preestablecidas.

5.6 DESARROLLO

Consideraciones previas y medidas de seguridad

Con el objeto de no dañar el atenuador debe tenerse cuidado en no exceder el nivel máximo de potencia de entrada especificado por el fabricante.

Se sugiere que todos los equipos y accesorios que se empleen en la calibración tengan una impedancia de 50 ohm.

Los tomas de conexión de los equipos deberán asegurar tener la respectiva puesta a tierra y mantener niveles de voltaje inferiores a 1 Voltio entre tierra y neutro.

Utilizar manillas antiestáticas en la ejecución de la calibración.

No tocar las superficies de conexión de los conectores del equipo bajo prueba y los conectores de cables

Revisar que los conectores y medios de acoplamiento se encuentren limpios

Ubicar los conectores siempre de manera horizontal de manera que no existe un contacto con la superficie de conexión.

Si se encontrase alguna anomalía se deberá poner por escrito en el registro correspondiente.

Verificaciones iniciales

Revisar el manual del fabricante para identificar las recomendaciones y poder seguirlas en la calibración.

Registrar el Instrumento bajo prueba – IBP en el documento destinado para tal fin, en el mismo se registrara la marca, modelo, serie, fecha de ingreso.

Como primera actividad se tomara una en potencia a mitad de escala y se registrara en formato correspondiente.

Si existiera alguna anomalía en la verificación se informará al RT

Ejecución

q) Tomar la lectura inicial de temperatura y humedad relativa.

r) Realizar la conexión de los equipos de acuerdo a la ilustración 1.

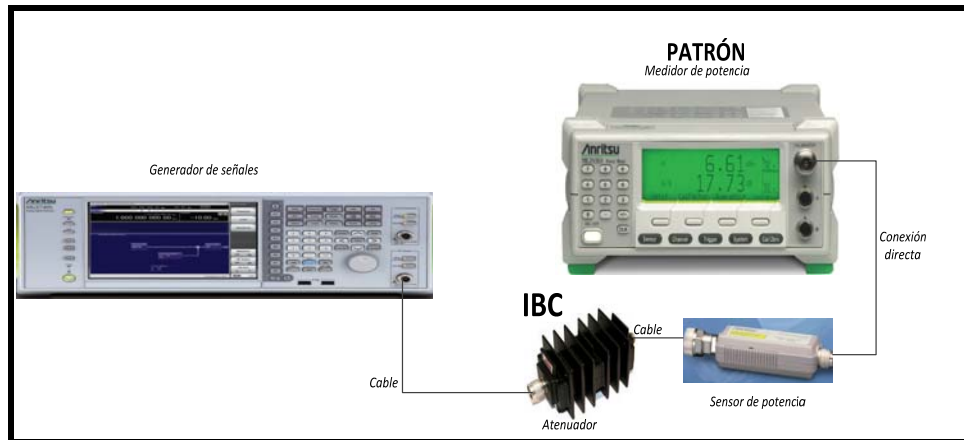


Ilustración 4.3.4.1: Patrón e IBC – Calibración Atenuadores
Fuente: Autor

- s) Una vez conectados, procedemos con la calibración.
- t) Con el generador de señales generamos la frecuencia de acuerdo al rango del IBC, la potencia generada debe estar en 0 dBm. Activamos el generador y leemos la lectura en el medidor de potencia, tomamos 5 lecturas consecutivas y las registramos en el formato correspondiente.
- u) El punto c) lo repetimos al menos 10 veces en todo el rango de medición de frecuencia.
- v) Tomar la lectura final de temperatura y humedad relativa.

5.7 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Serán aceptadas las mediciones siempre y cuando cumplan con el siguiente criterio.

$$|c \pm U| \leq \text{Exactitud}$$

Dónde:

c = corrección de la calibración

U = incertidumbre de calibración

Si no cumplen con el criterio de aceptación se deberá informar al RT.

5.8 DATOS A REGISTRAR

Los datos a registrar dentro del proceso de calibración serán:

- Datos de la verificación
- Los 5 datos de frecuencia de los 10 puntos tomados (frecuencia generada, lectura del medidor de potencia y del IBP)

Todos estos datos deberán registrarse en el formato correspondiente.

5.9 INCERTIDUMBRE

1) Establecer el modelo matemático:

$$R = M_{\text{patron}} - L_{\text{IBC}} + \text{CNR}$$

Dónde:

R = Resultado

M_patron = medida del patrón

L_IBC = lectura del instrumento bajo calibración

CNR = Correcciones no realizadas

2) Identificar las fuentes de incertidumbre

Clasificamos las fuentes de incertidumbre por su tipo teniendo:

Tipo A

Incertidumbre por repetibilidad (u_A)

Tipo B

Incertidumbre de frecuencia del medidor de potencia ($u_{f\ mpo}$)

Incertidumbre de amplitud del medidor de potencia ($u_{A\ mpo}$)

Incertidumbre del sensor de potencia ($u_{sensor\ p}$)

Incertidumbre por resolución del patrón ($u_{res\ mpo}$)

Incertidumbre por deriva del patrón (u_{der})

Incertidumbre por resolución del IBC ($u_{res\ IBC}$)

Incertidumbre por pérdida de inserción ($u_{LI\ CABLE}$)

Incertidumbre por relación de onda estacionaria ($u_{ROE\ CABLE}$)

Incertidumbre por caracterización del cable ($u_{CAR\ CABLE}$)

3) Convertir componentes a incertidumbre estándar

Incertidumbre por repetibilidad (u_A)

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Se tomara la mayor desviación de las 4 mediciones

Incertidumbre de frecuencia del medidor de potencia ($u_{f\ mpo}$)

$$u_{f\ mpo} = \frac{U}{k}$$

Incertidumbre de amplitud del medidor de potencia ($u_{A\ mpo}$)

$$u_{A\ mpo} = \frac{U}{k}$$

Incertidumbre del sensor de potencia ($u_{sensor\ p}$)

$$u_{sensor\ p} = \frac{U}{k}$$

Incertidumbre por resolución del patrón ($u_{res\ mpo}$)

$$u_{res\ mpo} = \frac{resolucion}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre por deriva del patrón (u_{der})

$$u_{res\ IBC} = \frac{deriva}{\sqrt{3}}$$

Si los equipos son nuevos se deberá tomar en cuenta la exactitud del equipo.

Incertidumbre por resolución del IBC ($u_{res\ IBC}$)

$$u_{res\ IBC} = \frac{resolucion}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre por pérdida de inserción ($u_{LI\ CABLE}$)

$$u_{LI\ CABLE} = \frac{perdida_insercion}{\sqrt{3}}$$

Incertidumbre por relación de onda estacionaria ($u_{ROE\ CABLE}$)

$$u_{ROE\ CABLE} = \frac{ROE}{\sqrt{2}}$$

Incertidumbre por caracterización del cable ($u_{CAR\ CABLE}$)

$$u_{CAR\ CABLE} = \frac{caracterizacion_cable}{\sqrt{3}}$$

4) Cuantificar los coeficientes de sensibilidad

Los coeficientes de sensibilidad son igual a 1.

5) Calcular incertidumbre estándar combinada

$$u_c = \sqrt{(u_A)^2 + (u_{f_{mpo}})^2 + (u_{A_{mpo}})^2 + (u_{sensorp})^2 + (u_{res_{mpo}})^2 + (u_{der})^2 + (u_{res_{IBC}})^2 + (u_{LI_{CABLE}})^2 + (u_{ROECABLE})^2 + (u_{CARCABLE})^2}$$

6) Calcular la incertidumbre expandida

$$U = u_c * k$$

Donde

$$k = 2$$

7) Expresión de los resultados.

$$RESULTADO = Frecuencia(nivel de potencia) \pm U$$

Una vez obtenido el valor de incertidumbre elaborar el certificado de calibración.

6- ANEXOS

4.4 INSTRUCTIVOS

4.4.1 INSTRUCTIVO IN-LACEM-001

SITIO PARA CALIBRACIÓN DE ANTENAS DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Emisión:

Entra en vigencia:

ÍNDICE

1.- OBJETO

2.- DESCRIPCIÓN

3.- BIBLIOGRAFIA.

1. OBJETO

Describir las condiciones que debe cumplir un sitio para calibración (CALTS, Calibration Test Site) utilizado para la calibración de antenas de compatibilidad electromagnética en el rango de 30 MHz a 1000 MHz.

2. DESCRIPCIÓN

a. Introducción

Un sitio para calibración o CALTS es aquel sitio que proporciona un entorno adecuado para calibrar el factor de antena en espacio libre de obstrucción de las antenas bajo prueba. Se compone por un plano de tierra metálico (conductor y liso) o plano reflectante, una zona libre de obstrucciones que rodea el plano metálico y equipo auxiliar que incluye lo siguiente:

- Dos mástiles para soportar a las antenas a calibrar.
- Cables de radiofrecuencia para la conexión de antenas.
- Equipos de medición como: Generadores de radio frecuencia (RF), receptores de medición, atenuadores, preamplificadores, amplificadores y antenas.

b. Características de un sitio de calibración o CALTS

Plano Reflectante

El material de construcción del plano debe ser metal, preferentemente acero al carbono o hierro. En los materiales y en la colocación de estos, deben evitarse los huecos cuyas dimensiones lineales sean fracciones comparables a la longitud de onda de la frecuencia más alta de medición para la que está diseñado el plano. Es decir la máxima abertura permisible será de $1/10$ de una longitud de onda de la frecuencia más alta. Si el rango superior es 1000 MHz tendríamos alrededor de 3 cm.

El espesor del material viene determinado por los requisitos de solidez mecánica y estabilidad.

La planicidad de ± 10 mm será suficiente para medidas de hasta 1000 MHz.

El plano reflectante deberá cubrir la primera zona de Fresnel, esto lleva a un plano con dimensiones mínimas de 20 m de longitud por 15 m de ancho.

Se recomienda que el plano reflectante no esté en el mismo plano que el suelo que le rodea.

El borde del plano reflectante puede estar conectado a tierra en múltiples puntos, al suelo de alrededor y si el suelo tiene una buena conductividad, por ejemplo cuando está húmedo, constituye una buena extensión del plano metálico reflectante.

Si los obstáculos potencialmente reflectantes se encuentran cerca desde los bordes del plano deberá verificarse que pueda ignorarse la influencia de estos obstáculos. Esta verificación puede llevarse a cabo mediante medidas de barrido de frecuencias utilizando dipolos de longitud fija.

c. Validación de un CALTS

La validación del sitio de calibración se realizará en base a la norma española UNE-EN 55016-1-5 (Especificaciones para los métodos y aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Parte 1-5 Aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Emplazamientos de ensayo para calibración de antenas de 30 MHz a 1000 MHz) que adopta la norma Internacional CISPR 16-1-5:2003.

El objetivo de validar un CALTS implica conocer la atenuación del sitio – AS.

La atenuación del sitio se conoce como la mínima pérdida entre un par de antenas colocadas en el sitio de calibración en unas determinadas posiciones y condiciones (igual polarización para ambas antenas, antena 1 fija, antena 2 se mueve verticalmente sobre un rango especificado de alturas) cuando se sustituye una conexión directa entre el generador de salida y el receptor de entrada, por las antenas de transmisión y recepción colocadas.

2.3.1 Objetivos de Validación

Los objetivos de validación del sitio de atenuación son:

- 1) Atenuación del Sitio a las alturas fijadas, y
- 2) Las alturas de antena para una atenuación del sitio máxima, o para atenuación del sitio máxima a todas las frecuencias a las que las antenas deben ser calibradas.

2.3.2 Desarrollo

La validación del sitio consiste en comparar la atenuación del sitio medida SA_m con la atenuación del sitio calculada de forma teórica SA_c . El resultado de esta comparación confirma que se cumplan las siguientes propiedades:

- a) El plano es perfectamente plano e infinitamente largo.

- b) El valor absoluto del coeficiente de reflexión del plano es $r=1$.
- c) La diferencia de fase de las ondas electromagnéticas horizontalmente polarizadas incidentes y reflejadas en el plano es $\phi= \pi$ radianes.
- d) La influencia de los equipo auxiliares y del ambiente exterior al plano es despreciable.

Para verificar estas propiedades, es necesaria la siguiente serie de medida:

- 1) Las propiedades a), b), c) se verifican simultáneamente en un procedimiento de medida de SA usando alturas de antenas fijas, tras lo cual, la SA medida y calculada son comparadas.

2.3.2 Configuración de ensayo

- 1) Los centros de las antenas de ensayo, los mástiles de antena y los cables coaxiales de las antenas se colocan en un plano perpendicular al plano reflectante, centradas sobre este plano reflectante.
- 2) Los elementos conductores coloniales se instalan paralelos al plano reflectante (antena en polarización horizontal) y perpendiculares (vertical) al plano reflectante.
- 3) La distancia horizontal entre los centros de las antenas de ensayo es

$$d = 10,00 \text{ m} \pm 0,04 \text{ m}$$

4) La altura del centro de la antena emisora sobre el plano reflectante es

$$h_t = 2,00 \text{ m} \pm 0.01 \text{ m}$$

5) La altura del centro de la antena receptora sobre el plano reflectante debe ser ajustable a las aturas $h_r \pm \Delta h_r$, según se especifica en la tabla 4.4.1.1 y debe poder variar el rango $1,0 \text{ m} \leq h_r \leq 4,0 \text{ m}$

Frecuencia MHz	h_r m	Frecuencia MHz	h_r m	Frecuencia MHz	h_r m
30	4,00	90	4,00	300	1,50
35	4,00	100	4,00	400	1,20
40	4,00	120	4,00	500	2,30
45	4,00	140	2,00	600	2,00
50	4,00	160	2,00	700	1,70
60	4,00	180	2,00	800	1,50
70	4,00	200	2,00	900	1,30
80	4,00	250	1,50	1 000	1,20

Tabla 4.4.1.1 Frecuencia vs. Altura
Fuente: Norma UNE-EN 55016-1-5

Tabla1: Datos de frecuencia y altura fijadas de la antena receptora para las medidas de SA para el caso de $h_t = 2 \text{ m}$ y $d = 10 \text{ m}$ y $h_r = \pm 0.01 \text{ m}$

6) Los cables coaxiales conectados a los balunes de las antenas receptora y emisora deben bajar perpendicularmente a los elementos conductores y paralelos al plano reflectante sobre una distancia de al

menos 1 metro desde los elementos conductores. Tras esto, los cables pueden caer sobre el plano reflectante y (preferiblemente) continuar por debajo del plano reflectante o sobre este plano y perpendicularmente a los elementos conductores hasta alcanzar el borde del plano. Para evitar el acoplamiento en modo común se aconseja el uso de ferritas en los cables coaxiales conectados a los balunes.

- 7) El generador de RF y el receptor de RF no deben estar elevados sobre el nivel del plano reflectante si están situados a menos de 20 m de este plano.

- 8) El generador de RF debe tener una buena estabilidad en frecuencia y en el nivel de salida a lo largo de la duración de las medidas de atenuación del sitio.

- 9) El receptor de radiofrecuencia debe tener calibrada su linealidad al menos sobre un rango dinámico de 50 dB.

Además de las medidas de validación descritas anteriormente, se deben llevar a cabo tres medidas de barrido en altura de la antena receptora. A

frecuencias $f_s = 300$ MHz, 600 MHz y 900 MHz con las antenas de ensayo sintonizadas a la frecuencia asociada f_s .

2.3.4 Medidas de Atenuación del sitio.

Se deben realizar tres medidas las mismas que se deben configurar de la siguiente manera:

La atenuación del sitio considerada se presenta entre los bornes de alimentación de la antena transmisora (A y B) y los de la antena receptora (C y D) para las dos conexiones.

- 1) Configuración conexión directa (Determinación de $U_{r1}(f)$ o $U_{r2}(f)$)

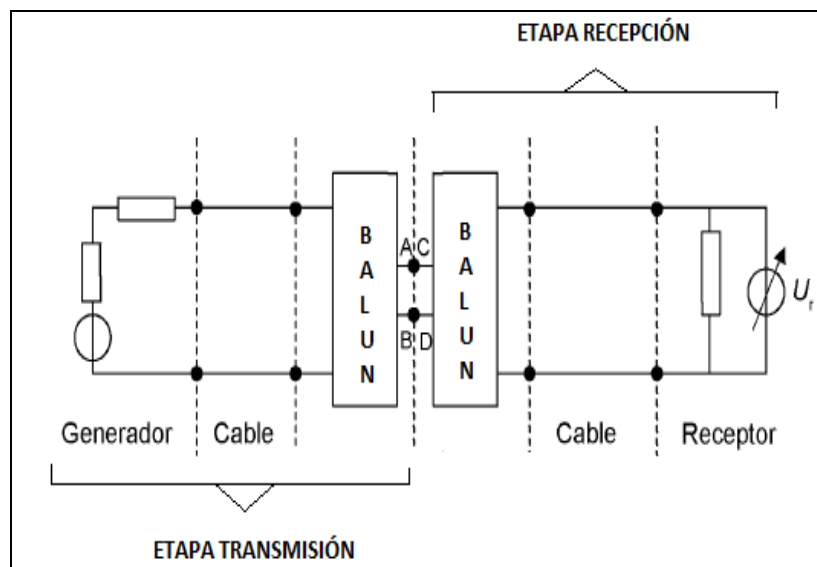


Ilustración 4.4.1.1: Conexión Directa
Fuente: Norma UNE-EN 55016-1-5

2) Configuración conexión Antenas (Determinación $U_s(f)$)

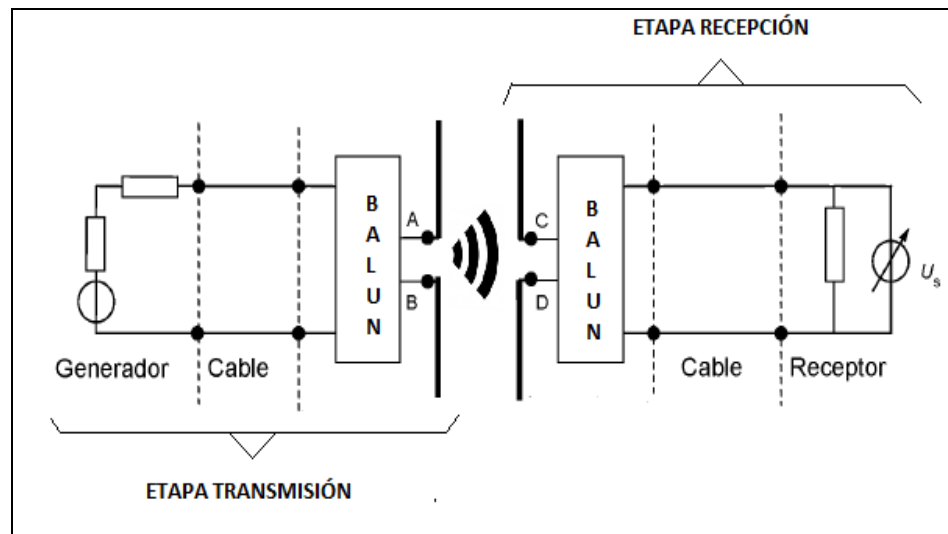


Ilustración 4.4.1. 2: Configuración Conexión Antenas
Fuente: Norma UNE-EN 55016-1-5

Medición 1: A la frecuencia especificada f , se determina la tensión de referencia $U_{r1}(f)$. Esta tensión permite tener en cuenta la atenuación de la señal entre la puerta de la salida del generador de RF y los bornes de alimentación de la antena de emisión e, igualmente, entre los bornes de alimentación de la antena de recepción y la puerta de entrada del receptor. $U_{r1}(f)$ se determina desconectando las antenas de los balunes y los dos balunes son conectados directamente con una conexión tan corta como sea posible.

El nivel del generador de RF se ajusta para obtener una lectura de al menos 60 dB sobre el nivel del ruido del receptor. La lectura del receptor es registrado como $U_{r1}(f)$.

Medición 2: Los balunes son desconectados el uno del otro, las varillas conectadas a los balunes y son ajustados a la longitud especificada $L_a(f)$. A la frecuencia de ensayo especificada f , y con las antenas en sus posiciones especificadas, la lectura del receptor es registrada como $U_s(f)$.

Medición3: La medida de tensión de referencia, se repite a la misma frecuencia especificada. El valor se registra como $U_{r2}(f)$.

Criterio de aceptación de mediciones: Si $U_{r1}(f)$ o $U_{r2}(f)$, expresadas en dB, difieren en más de 0,2 dB, se debe mejorar la estabilidad de la configuración de ensayo y las medidas 1, 2, y 3 anteriormente mencionadas se deben repetir.

Finalmente la atenuación del sitio medida $S_{Am}(f)$ viene dada por la ecuación:

$$S_{A_m}(f) = 20 \log_{10} \left(\frac{U_{ra}(f)}{U_s(f)} \right) \quad (dB)$$

Dónde:

$U_{ra}(f)$: es la media de $U_{r1}(f)$ o $U_{r2}(f)$

Medida por barrido en altura de la antena.

Es necesario realizar tres medidas por barrido en altura de la antena necesarias para determinar la altura de la antena $h_{r,max}$, a la que la atenuación del sitio medida muestra un máximo neto, el mismo que resulta de la cancelación de la onda directa que llega a la antena receptora por la onda indirecta, es decir, la onda reflectora por el plano reflectante.

A frecuencias $f_s = 300$ MHz, 600 MHz y 900 MHz y en la configuración del ensayo descrito anteriormente en el punto en mención, la altura de la antena de ensayo receptora (sintonizada a la frecuencia f_s) se incrementa desde la altura $h_r = 1,0$ m hasta la altura $h_r, \max (f_s)$ que se corresponde con el primer máximo neto del SA, es decir, el primer mínimo neto en la lectura del receptor.

La altura $h_r, \max(f_s)$ se mide y registra.

2.3.5 Incertidumbre de medida ΔSA_m

La incertidumbre de medida se calcula en base a la siguiente ecuación:

$$\Delta SA_m (dB) = \sqrt{(\Delta SA_r (dB))^2 + (\Delta SA_t (dB))^2}$$

Dónde:

ΔSA_r = La incertidumbre de la linealidad del receptor (Un valor razonable sería 0,2 dB)

ΔSA_t = Es la incertidumbre de la sensibilidad de la atenuación del sitio conforme a las tolerancias.

Si las tolerancias de los parámetros cumplen con los dados en la tabla siguiente, no es necesario realizar los cálculos para este valor y se asume a 0,2 dB con un 95% de confianza.

Parámetro	Tolerancia	Descripción
L_a	$\pm 0,0025 L_a$ o $\pm 0,001$ (m) si $L_a < 0,400$ (m)	Longitud de punta a punta de la antena de ensayo
Z_{AB}	ROE $\leq 1,10$	Relación de tensión de onda estacionaria
A_b	$\pm 0,4$ dB	Simetría de amplitud con respecto al punto de referencia del balun
ϕ_0	$\pm 2^\circ$	Simetría de fase de 180°
d	$\pm 0,04$ m	Distancia horizontal entre los centros de las antenas de ensayo
h_t	$\pm 0,01$ m	La altura del centro de la antena emisora sobre el plano reflectante
h_r	$\pm 0,01$ m	La altura del centro de la antena receptora
f	$\pm 0,001 f$	La frecuencia del generador

Tabla 4.4.1.2: Tolerancias máximas para $d= 10$ m
Fuente: Norma UNE-EN 55016-1-5

2.3.6 Atenuación del sitio teórica SA_c

Para calcular el valor teórico de la atenuación del sitio SA_c , se realizara en base al uso del software establecido en la norma española UNE-EN 55016-1-5 (Especificaciones para los métodos y aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Parte 1-5 Aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Emplazamientos de ensayo para calibración de antenas de 30 MHz a 1000 MHz). El mismo que se presenta en Pascal pero fue transformado a C ++, debido a la afinidad con este lenguaje de programación. Ver programa en Anexos.

2.4 Criterios de conformidad de atenuación del sitio para la calibración de antenas

El CALTS se considera validado cuando, a todas las frecuencias a las que las calibraciones de antenas requieren un CALTS para realizarse, la atenuación del sitio medido y las alturas de la antena medidas o la frecuencia medida está dentro de un margen de los valores teóricos calculados.

$$|SA_c (dB) - SA_m (dB)| < T_{SA} (dB) - \Delta SA_m (dB)$$

Dónde:

$\Delta A_c(f)$ Es la Atenuación del sitio teórica a la frecuencia especificada.

$SA_m(f)$ Es la Atenuación del sitio medido

$T_{SA}(f)$ Es la tolerancia establecida en el valor de atenuación del sitio AS.

Esta tolerancia es de 1,0 dB para todas las frecuencias en el intervalo de 30 MHz a 1 GHz

$\Delta SA_m(f)$ Es la incertidumbre de medida de la atenuación del sitio AS con un nivel de confianza del 95%.

3. BIBLIOGRAFIA

UNE-EN 55016-1-5 - Especificaciones para los métodos y aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Parte1-5 Aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Emplazamientos de ensayo para calibración de antenas de 30 MHz a 1000 MHz.

CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN UNA INTRANET

5.1 INTRODUCCIÓN.

Sin duda que en la actualidad es necesario apoyarnos en lo que nos ofrecen las tecnologías de la información es por ello que el sistema de gestión de calidad se implementó en una intranet para que los usuarios del laboratorio LACEM puedan ingresar a través de una página web. Este acceso guarda las políticas de confidencialidad, integridad y el control de documentos de los datos postuladas en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.

Para nuestra intranet se levantó un servidor web el mismo que nos permitirá acceder a aplicaciones web desde Internet.

El servidor web utilizado fue Apache instalado bajo Windows 7 con aplicaciones PHP que fue el lenguaje de programación y MySQL, el manejador de base de datos y PHPmyAdmin, Administrar el MySQL de forma visual. Todo esto se lo consiguió a través del paquete AppServ que incluye todas las aplicaciones anteriormente citadas.

Instalación de AppServ

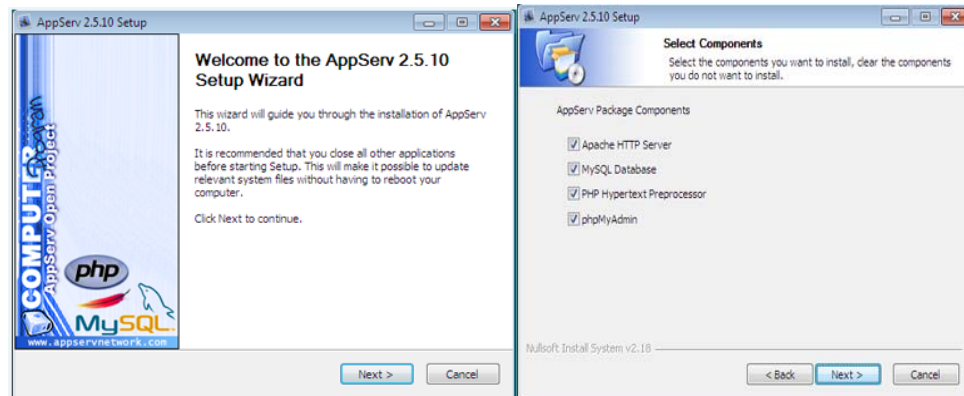


Ilustración 5.1: Instalación AppServ
Fuente: Appserv 2.5.10

Instalación de Apache:

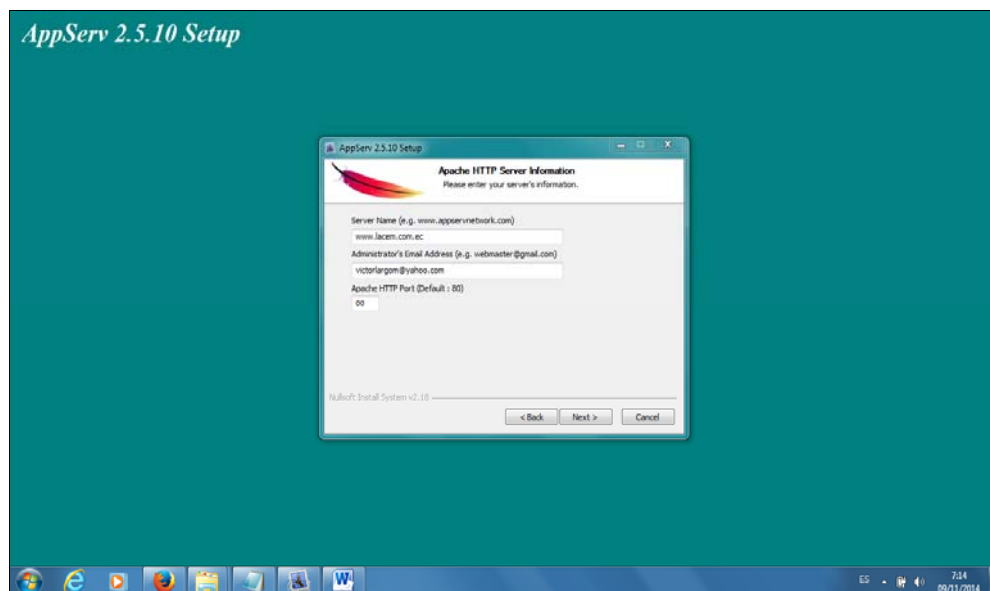


Ilustración 5.2: Instalación de AppServ 2.5.10
Fuente: Appserv 2.5.10

Instalación de MySQL:

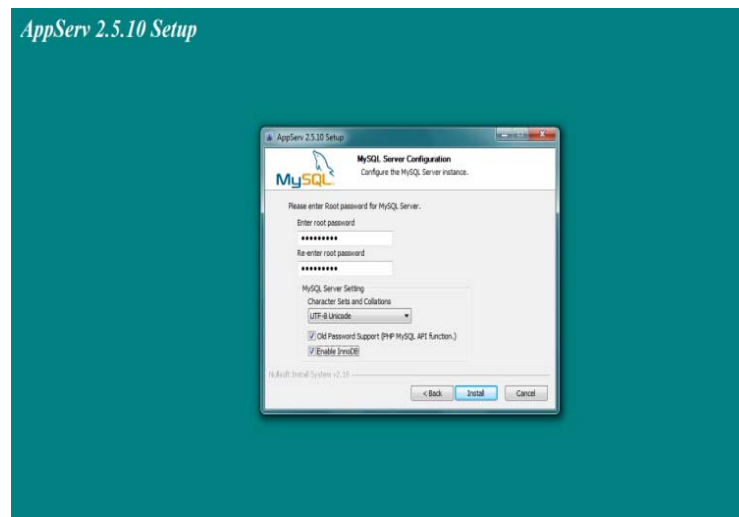


Ilustración 5.3: Instalación de MySQL

Fuente: MySQL

La justificación para utilizar Windows esta dado al número de usuarios que accederán a nuestra Intranet.

La página web fue desarrollada bajo Joomla 2.5, se escogió Joomla de debido a las prestaciones que nos brinda estas son:

- Es gratuito, al ser software libre existe la posibilidad de modificar su código para adaptarla a nuestras necesidades.
- Es fácil de instalar
- Es totalmente personalizable
- Es utilizado mundialmente.
- Cuenta con una velocidad de carga elevada.

- Su seguridad se basa en el gran número de usuarios que utilizan y están pendientes de posibles vulnerabilidades.

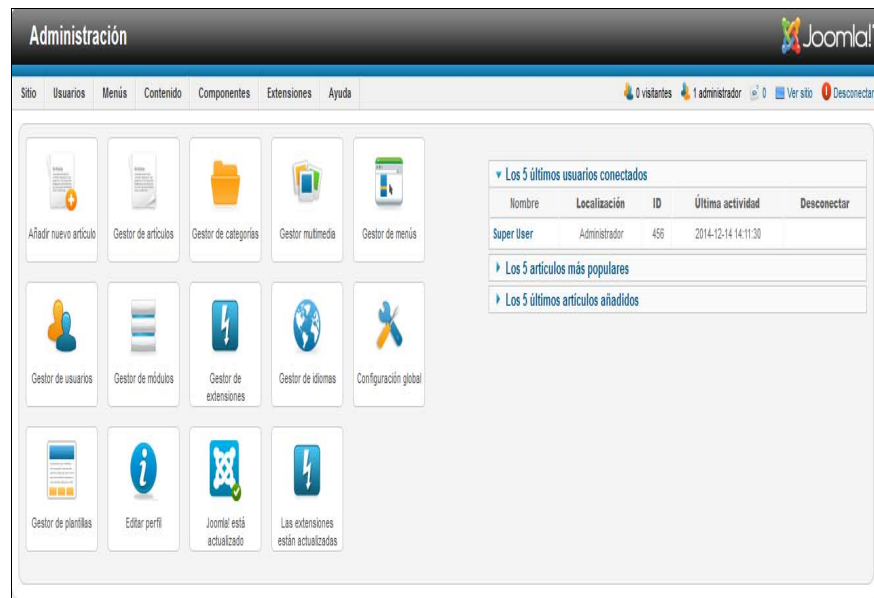


Ilustración 5. 4: Interfaz administración Joomla 2.5

Fuente: Joomla 2.5.

5.2 IMPLEMENTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE INTRANET.

Dentro de los servicios de intranet esta la disponibilidad del control de documentos del Sistema de Gestión de Calidad. Para esto se utilizó el componente de Joomla llamado Remository, que es un gestor de documentos, el mismo que nos permite administrar (permitir, restringir, crear grupos de usuarios y reglas de acceso) documentos que necesitemos para descargar desde nuestra página web.

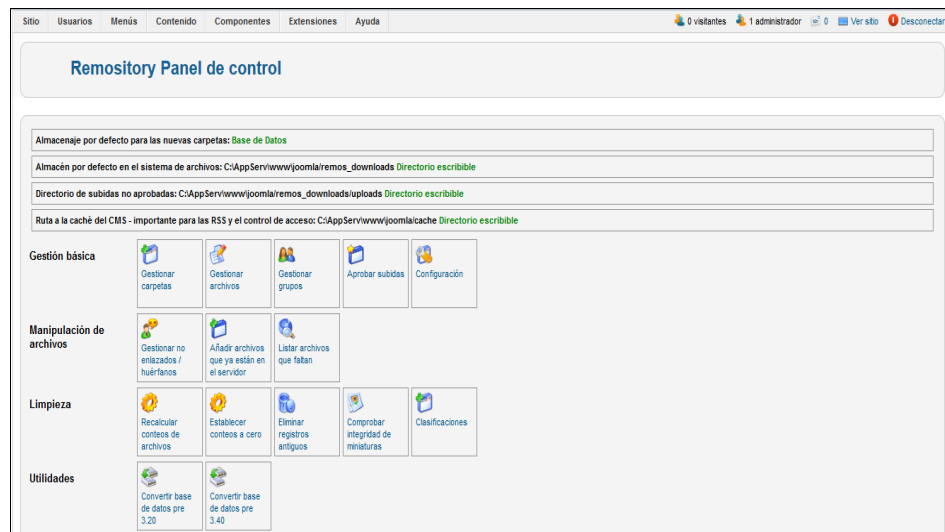


Ilustración 5.5: Modulo Remosity
Fuente: Remosity version 3.55

5.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA PÁGINA WEB.

Como primer paso fue necesario diseñar nuestra página web para lo cual nos basamos en los siguientes preceptos:

- De fácil descarga
- Debe cumplir con el objetivo para la cual ha sido creada
- Fácil navegación entre paginas
- Diseño consistente en relación a la posición de elementos básicos (logo, menú, información)
- Estructura lógica y jerárquica de la página web
- En la página web se deberá encontrar: Que, Quien, Donde servicio ofrecen
- El contenido debe ser claro y directo a lo que se quiere expresar

- Compatibilidad con los navegadores de internet.

Una vez sintetizados todos estos preceptos se diseñó la página web la misma que se presenta de la siguiente forma:

- Un menú general para toda la pagina
- Pestañas definidas para cada servicio e información.
- Un logotipo del laboratorio fijo para toda la pagina
- Accesos directos a Facebook, Google y YouTube disponibles en toda la página. En este punto podremos acceder a una cuenta de Facebook, a Google y a un canal de YouTube donde se encontraran los videos de simulación del laboratorio.



Ilustración 5.6: Página Web LACEM
Fuente: Autor

En la pestaña inicio se presenta la información detallada de la actividad que realizaremos como es el caso de la calibración de antenas de compatibilidad electromagnética.



Ilustración 5.7: Inicio página web
Fuente: Autor

En la pestaña SGC – Sistema de Gestión de calidad se establece la política de calidad del sistema de Gestión elaborado bajo la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.



Ilustración 5.8: Política SGC LACEM

Fuente: Autor

En la pestaña Servicios LACEM se establecen todos los servicios de calibración de antenas que se ofrecen a los clientes



Ilustración 5.9: Servicios LACEM

Fuente: Autor

En la pestaña contacto se establece la información de contacto junto con un mapa de ubicación del laboratorio. En este caso se estableció un mapa de la PUCE por motivos de diseño.

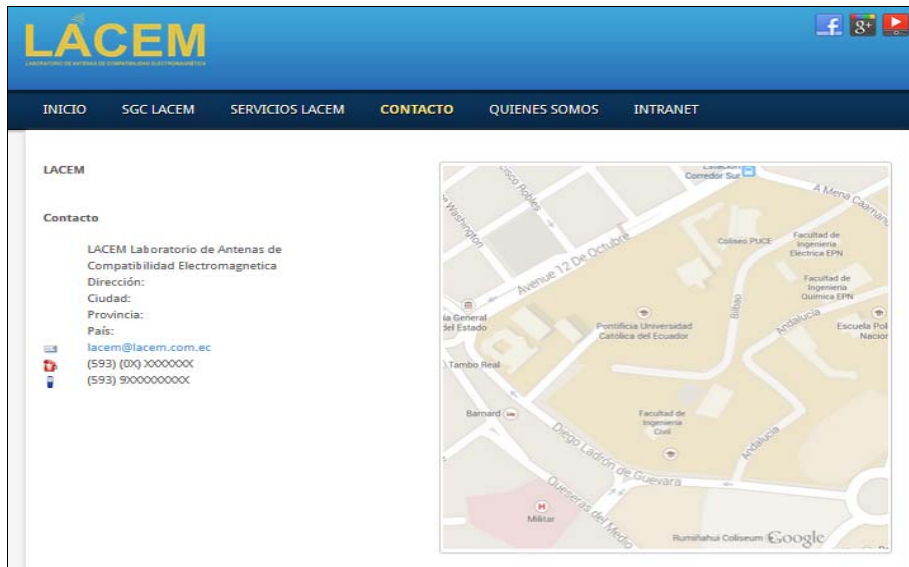


Ilustración 5. 10: Contacto LACEM
Fuente: Autor

Seguido continuamos con la pestaña Quienes Somos, donde hacemos una breve biografía del autor del proyecto de tesis, obviamente en una implementación del laboratorio aquí se establecerá la trayectoria, logros del laboratorio. Así como también enlaces directos de Institutos Nacionales de Metrología.



Ilustración 5.11: Quienes somos LACEM
Fuente: Autor

Como última pestaña se encuentra la parte más importante de nuestra página web los documentos del sistema de Gestión de Calidad. En este punto se gestionó y administro dos usuarios con diferentes permisos para el acceso a la información.

El usuario **calidad** tendrá a su cargo mantener actualizada toda la información publicada en la página web como manual de calidad, procedimientos generales, procedimientos técnicos, instructivos y formatos. También proporcionara permisos para el acceso del técnico en este caso solo de descarga de documentos o lectura.

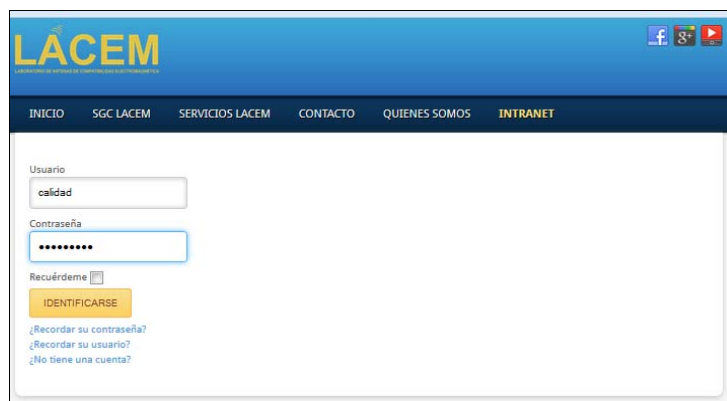


Ilustración 5.12: Usuario calidad LACEM
Fuente: Autor

El usuario **técnico** será quien pueda ingresar al sistema de gestión documental y poder revisar la documentación.

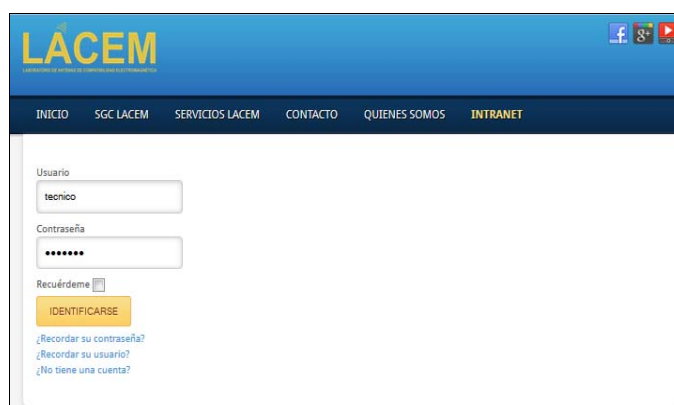


Ilustración 5.13: Usuario Técnico LACEM
Fuente: Autor

Una vez que se valida el usuario y la contraseña se habilita el modulo donde se presenta toda la documentación del Sistema de Gestión de Calidad.

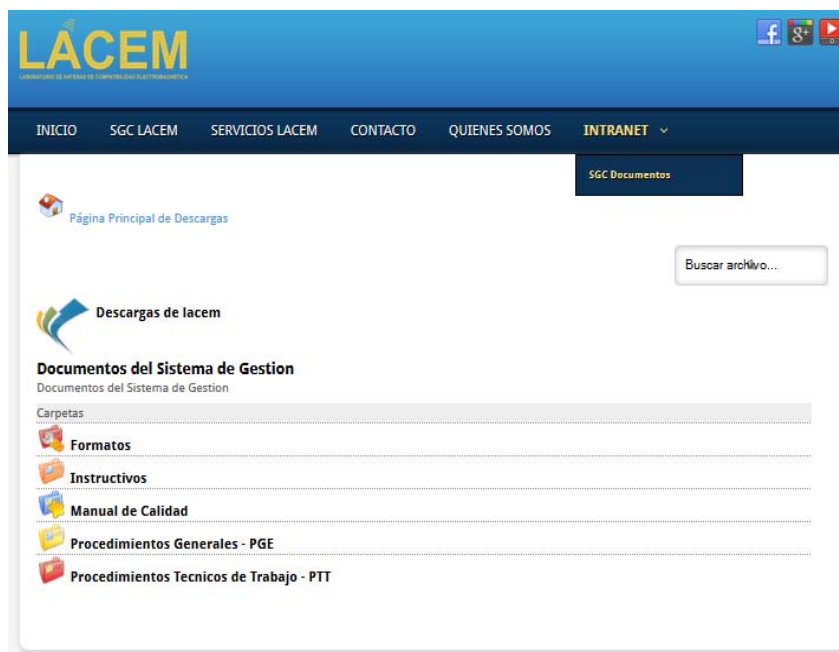


Ilustración 5.14: Documentación LACEM
Fuente: Autor

En cada carpeta se encuentra alojada la información del sistema de Gestión de la siguiente forma:

Carpeta Manual de Calidad.

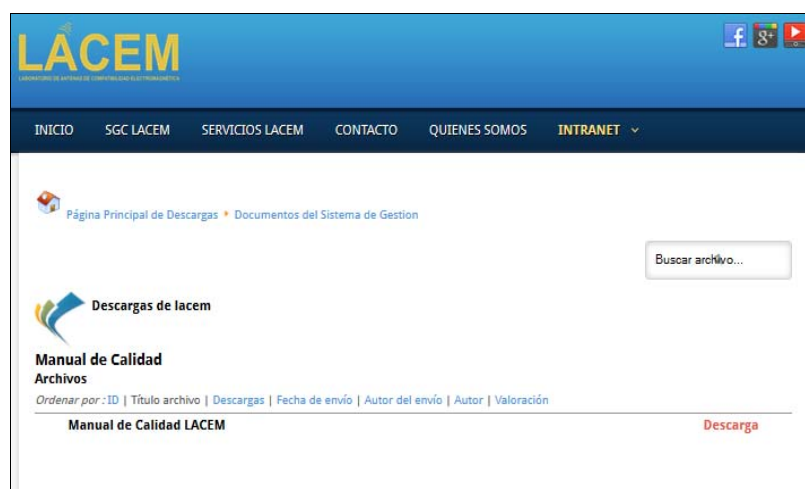


Ilustración 5.15: Carpeta Manual Calidad - LACEM
Fuente: Autor

Carpeta Procedimientos Técnicos de Trabajo



Ilustración 5.16: PTT LACEM
Fuente: Autor

Carpeta Procedimientos Generales

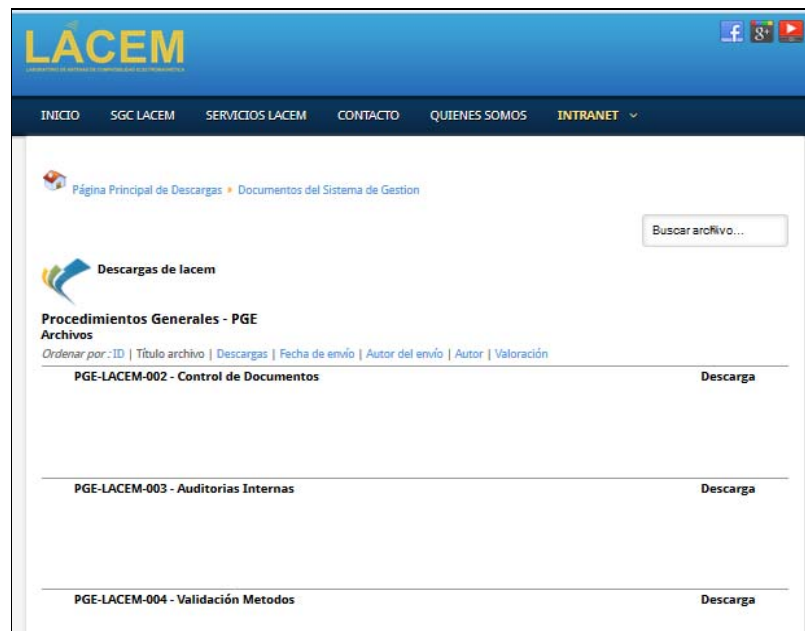


Ilustración 5.17: Procedimientos Generales LACEM
Fuente: Autor

Toda la información se encuentra en un servidor local por criterio de diseño.

Si quisiéramos ya subir la información al internet será necesario adquirir el dominio y el hosting. Para esto tenemos en el mercado un sinnúmero de opciones que podríamos analizar y escoger la mejor.

Tentativamente tendríamos:

Dominio: Es el nombre de nuestra página web

www.lacem.com.ec

Hosting: Alberga toda la información de nuestra página web

5.4 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD FÍSICA Y LÓGICA DE LA INTRANET.

Las redes de datos deben permitir ser física y lógicamente seguras o tratar de evitar al máximo las vulnerabilidades a que pueden estar expuestas. El objetivo fundamental de la seguridad es proporcionar integridad, confidencialidad y la disponibilidad de la información en todo momento.

Dentro de las consideraciones físicas a tomar en cuenta en una intranet son:

- Control de acceso físico al data center o cuarto de control
- Condiciones ambientales controladas en el data center, en relación a temperatura y humedad relativa.

En relación a las condiciones lógicas tenemos:

- Creación de perfiles de usuarios. De acuerdo al tipo de usuario dispondrá de mayor o menor acceso a la información.
- Claves de acceso difícil de adivinar y fáciles de recordar para los usuarios.
- Monitoreo continuo sobre el acceso a los sistemas y usuarios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se han considerado las conclusiones dando cumplimiento a la ejecución de los objetivos iniciales del proyecto.

- El método de calibración de las tres antenas nos permite conocer de manera más amplia el factor de antena en comparación con el método de la antena patrón debido a que no se necesita conocer el factor de antena, es decir, no se requieren antenas de referencia, sin embargo es necesario disponer de un sitio de calibración de antenas de altas prestaciones metrológicas.
- La calibración de antenas de compatibilidad electromagnética nos permiten caracterizar la cantidad de energía que se irradia en el medio en un punto del espacio con una distancia y condiciones de prueba establecidas.
- El primer paso antes de realizar la calibración de antenas es caracterizar el CALTS (Calibration Test Site), el mismo que debe cumplir el criterio donde el valor absoluto de la diferencia entre la atenuación del sitio teórico y la atenuación del sitio experimental, debe conservarse menor a 1 dB en todo el intervalo de medición de frecuencias.
- Un sitio de calibración de antenas CALTS puede ser utilizado como Sitio de pruebas de conformidad COMTS, esto se debe a que ambos

disponen de la misma infraestructura, lo único que diferencia es las características de desempeño requeridas, relacionadas a la atenuación del sitio normalizada.

- Si bien la norma ANSI C63.5:2006 contempla en su alcance calibrar antenas desde 30 MHz a 40 GHz en la medición de emisiones radiadas, con un CALTS solo existe la validación de la atenuación del sitio hasta 1000 MHz, frecuencias superiores a 1000 MHz aún se encuentra en estudio.
- La exactitud de las mediciones de la calibración de una antena en un CALTS se mantienen por encima a las mediciones obtenidas por una cámara anecoica o lugar confinado.
- El objetivo del proyecto del laboratorio de antenas de compatibilidad electromagnética radica en la calibración de antenas sin embargo también puede ser utilizado para realizar la medición de emisiones radiadas a equipos o instrumentos considerando la implementación de una tornamesa al centro del CALTS. De esta manera si bien no está en este campo de estudio puede ser utilizado para verificar si los equipos, artefactos e instrumentos eléctricos /electrónicos se encuentran dentro de la tolerancia de emisiones establecidas.

Recomendaciones

- El proyecto del diseño del laboratorio de calibración de antenas de compatibilidad electromagnética podrá brindar sus servicios a varias instituciones entre ellas, a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones - ARCOTEL, en donde utilizan antenas para el monitoreo y control de los límites establecidos de la emisión de radiación no ionizante y homologación de equipos, así como también a la Armada nacional, Fuerza Aérea Ecuatoriana, empresas telefónicas, universidades y laboratorios privados. Este servicio también podrá trascender fronteras debido a que en América solo existen infraestructuras de este tipo en México y Estados Unidos.
- Las calibraciones de antenas de compatibilidad electromagnética deberán realizarse en condiciones ambientales libre de lluvias para precautelar la seguridad de las personas y equipos ya que pueden estar expuestas a descargas atmosféricas.
- Para futuros estudios utilizar fibra óptica en remplazo del cable coaxial para la conexión de las antenas transmisora y receptora a los equipos de comunicación, tomando en cuenta las pérdidas al utilizar conversores óptico – coaxial.

- Utilizar un analizador de redes, que supla al analizador de espectro y al generador de señales, para reducir las fuentes de incertidumbre en las mediciones.
- Desarrollar procedimientos de medición de emisiones radiadas de teléfonos celulares, tabletas, computadores portátiles para ser utilizados con la infraestructura propuesta.
- Realizar la caracterización de atenuación del sitio para futuros trabajos en calibración de antenas de compatibilidad electromagnética en el rango entre 1000 MHz a 40 GHz.
- Establecer periodos de mantenimiento para el CALTS, tomando en cuenta las condiciones climáticas bajo el cual va estar expuesto así como también la validación periódica del CALTS.
- Una vez, el sistema de gestión implementado en el laboratorio asegurará valores de medición para el factor de antena y atenuación del sitio menor a 2 dB y 1 dB respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA.

[1] IEC 60050-161 – Vocabulario Electrotécnico Compatibilidad Electromagnética

[2] MOLINA, López Victoria - CENAM, Compatibilidad Electromagnética.

[3] TELEMECANIQUE, Compatibilidad Electromagnética, Cuaderno 149: 2000

[4] CALVO DE LARA, José Ramón – Laboratorio Cubano de EMC - 2004

[5] Resolución 01-01-Conatel-2005, Reglamento de protección de emisiones de radiación no ionizante generadas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

[6] Colegio Oficial Ingenieros de telecomunicaciones - Emisiones radioeléctricas: Normativa, Técnicas de Medida y protocolos de certificación.

[7] BOTELLO, Mariano – GARCIA, Israel - MOLINA Victoria, Servicios de calibración en el laboratorio de antenas, CENAM – 2007.

[8] BERNAL, Iván: Revisión de Conceptos Básicos de Antenas y Propagación, abril – 2008.

[9] RODRIGUEZ, Vicente: Introducción a Antenas: Antenas para compatibilidad electromagnética – 2008.

[10] NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 – Requisitos Generales para evaluar la competencia técnica de laboratorios de ensayo y calibración.

- [11] SANETRA, Clemens; MARBAN, Roció – Una infraestructura de la calidad - 2007
- [12] UNE-EN 55016-1-4:2011 Antenas y emplazamientos de ensayo para medidas de perturbaciones radiadas.
- [13] Páginas web (www.inen.gob.ec / www.aenor.es / www.ncsli.org)
- [14] BACA, Urbina Gabriel: Evaluación de proyectos tercera edición Mc Graw Hill México 2009.
- [15] Reglamento de aplicación de la ley de régimen tributario interno, depreciaciones Artículo 6.
- [16] ISO/IEC 17043 - Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para los ensayos de aptitud
- [17] Vocabulario Internacional de Metrología – VIM 3ra edición 2012.
- [18] OAE G02 R01, Expresión de Incertidumbre de medida en las calibraciones.
- [19] Norma ANSI C 63.5-2006 American National Standard for Electromagnetic Compatibility – Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control – Calibration Antennas
- [20] CHAND, Godara Lala, Handbook of Antennas in Wireless Communications - 2002.

- [21] ANCE, Acreditación de laboratorios de pruebas de EMC y Telecomunicaciones, IV Encuentro Nacional de Metrología eléctrica - 2012.
- [22] RODRIGUEZ, Vince -Half Power Beamwidth Measurements of Radiated Emission Antennas for EMC
- [23] NPL, Calibration and use of antennas, focusing on EMC applications 73 - 2004
- [24] MUÑOZ, Miguel Ángel – Desarrollo de antenas semi-isotrópicas para evaluar emisiones radiadas e inmunidad electromagnética en el intervalo de 300 MHz a 3 GHz. – 2012
- [25] TDK RF SOLUTIONS INC. – Interpreting Antenna Performance Parameters for EMC applications – James Mc Lean.
- [26] ANGUERA Jaume, PÉREZ Antonio – Teoría de Antenas 2008
- [27] CHEN, Zhong - EMC Antenna Fundamentals.
- [28] UKAS – The expression of Uncertainty in EMC testing LAB34 2002

ANEXOS

Los anexos del presente proyecto se adjuntan en un CD