

# Estudio de viabilidad para la creación de un centro de pruebas de conformidad

*Diciembre de 2013*



Este informe ha sido elaborado por el laboratorio Tilab de Telecom Italia (Tilab, Telecom Italia Lab), bajo la coordinación de la División de Desarrollo de Redes y Tecnologías de la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT). Para más información, sírvase contactar con el coordinador de la UIT Sr. Riccardo Passerini, Riccardo.Passerini@itu.int.



**Por favor, tenga presente el entorno antes de imprimir este informe.**

© UIT 2013

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## Prólogo

Este estudio de viabilidad para la creación de un centro de pruebas de conformidad describe entornos, procedimientos y metodologías para el establecimiento, la gestión y el mantenimiento de un centro de pruebas. Abarca las diversas áreas de pruebas de conformidad e interoperabilidad e incluye prácticas idóneas para todos los aspectos relevantes, desde las campañas de pruebas a la gestión y el mantenimiento de un centro de pruebas de gran tamaño.

No me cabe duda de que este informe sobre la creación de un centro de pruebas de conformidad será de gran ayuda para responsables políticos, reguladores, fabricantes, proveedores de servicios y emprendedores.

El informe aborda numerosos asuntos, desafíos, cuestiones y posibilidades; ofrece una visión general de los cambios tecnológicos y de los retos administrativos a los que se enfrentan todos los Estados Miembros de la UIT y destaca posibles tendencias futuras a la luz de las actividades realizadas por laboratorios en las esferas de la seguridad, la compatibilidad y la interoperabilidad.

Las tendencias señaladas en este informe forman parte, junto con los estudios actualmente en curso en el seno de la BDT sobre la definición de requisitos de las infraestructuras para actividades de conformidad e interoperabilidad, de los estudios integrados de la UIT destinados a promover prácticas idóneas. Este estudio de viabilidad forma parte del programa de conformidad e interoperabilidad y refleja los estudios recientemente realizados en este ámbito, especialmente los recogidos en los documentos *Directrices de la UIT para los países en desarrollo sobre la creación de laboratorios de pruebas de evaluación de conformidad en las diversas regiones (2012)* y *Directrices para la elaboración, aplicación y gestión de acuerdos de reconocimiento mutuo (MRA) en materia de evaluación de la conformidad (2013)*.

Les aliento a que utilicen estos valiosos recursos de información con la convicción de que serán de gran utilidad a todos los usuarios de las TIC, y espero que las directrices, hitos y marcos temporales de este estudio sobre la creación de un centro de pruebas de conformidad sirvan de apoyo y guía a los Miembros de la UIT en beneficio de sus ciudadanos.



Brahima Sanou  
Director  
Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones



## Índice

Página

<b>Estudio de viabilidad para la creación de un centro de pruebas de conformidad .....</b>	<b>i</b>
<b>Prólogo .....</b>	<b>iii</b>
<b>Índice v</b>	
<b>1 Objetivo del estudio de viabilidad .....</b>	<b>1</b>
1.1 Alcance.....	1
1.2 Visión general de este documento .....	2
<b>2 Necesidad de las pruebas de conformidad e interoperabilidad.....</b>	<b>4</b>
2.1 Pruebas de conformidad y pruebas de protocolos.....	4
2.2 Proceso de prueba.....	4
<b>3 Gestión de recursos y organización .....</b>	<b>7</b>
3.1 Organización .....	7
3.2 Personal del centro de pruebas .....	8
3.3 Procedimientos de gestión .....	12
3.4 Cualificaciones y capacitación del personal.....	13
3.5 Reuniones informativas periódicas.....	13
<b>4 Gestión de los fabricantes de equipos .....</b>	<b>14</b>
4.1 Relaciones con los fabricantes de equipos .....	14
4.2 Pruebas conjuntas (externalización – recursos propios) .....	14
4.3 Parque de pruebas.....	14
<b>5 Ciclo de vida y gestión de la lista de pruebas .....</b>	<b>15</b>
5.1 Diseño .....	15
5.2 Mantenimiento.....	16
<b>6 Estimación de la inversión y de los costos.....</b>	<b>16</b>
6.1 Áreas de inversión .....	16
6.2 Prioridades de inversión en las distintas áreas de inversión .....	17
6.3 Gastos de capital (Capex): costo total de la propiedad de nuevas inversiones.....	18
6.4 Gastos de explotación (Opex): mantenimiento de la instrumentación y externalización de servicios	18
<b>7 Gestión de las campañas de pruebas.....</b>	<b>19</b>
7.1 Proceso de pruebas .....	19
7.2 Trazabilidad de errores y gestión de la campaña de pruebas .....	24
7.3 Gestión de la versión .....	27

7.4	Utilización de la lista de correo.....	27
7.5	Gestión de la implementación en pruebas.....	28
7.6	Evaluación de la incertidumbre de medición .....	28
<b>8</b>	<b>Gestión de la planta de pruebas y del laboratorio .....</b>	<b>29</b>
8.1	Ahorro de energía.....	29
8.2	Impacto medioambiental .....	35
8.3	Aspectos de seguridad.....	35
8.4	Seguridad y control de acceso .....	36
8.5	Control a distancia de la instrumentación.....	36
<b>9</b>	<b>Mantenimiento y gestión de la instrumentación.....</b>	<b>38</b>
9.1	Laboratorio de calibración.....	39
9.2	Laboratorio de instrumentación y gestión .....	39
9.3	Instrumentación sujeta al control del sistema de calidad .....	39
<b>10</b>	<b>Aspectos de calidad (en Italia véase UNI CEI EN ISO/IEC 17025).....</b>	<b>42</b>
10.1	Manual de calidad.....	43
10.2	Gestión de la calidad.....	43
10.3	Documentación.....	43
10.4	Desviación de los procedimientos documentados.....	44

<b>Apéndice A: Infraestructura de laboratorios de pruebas y de la planta de pruebas .....</b>	<b>45</b>
<b>A Laboratorio de la tasa de absorción específica (SAR) .....</b>	<b>45</b>
<b>B Laboratorio de experiencia del usuario (USX) .....</b>	<b>50</b>
<b>C Laboratorio de accesos de banda ancha (BBA) .....</b>	<b>52</b>
<b>D Laboratorio de servicios de valor añadido (VAS).....</b>	<b>54</b>
<b>E Laboratorio de seguridad y protección eléctrica (EPS) .....</b>	<b>57</b>
<b>F Laboratorio de electroacústica (ELA) .....</b>	<b>60</b>
<b>G Laboratorio de compatibilidad electromagnética (EMC) .....</b>	<b>63</b>
<b>H Laboratorios de radiocomunicaciones y señalización (RSL) .....</b>	<b>71</b>
<b>I Laboratorio de eficiencia energética (PWE) .....</b>	<b>79</b>
<b>J Laboratorio de calidad de los materiales (QML).....</b>	<b>84</b>
<b>K Laboratorio de WiFi (WIF).....</b>	<b>89</b>
<b>L Planta de pruebas.....</b>	<b>93</b>
<b>Apéndice B: Evaluación de los costos.....</b>	<b>95</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>100</b>
<b>Lista de acrónimos.....</b>	<b>105</b>



## 1 Objetivo del estudio de viabilidad

### 1.1 Alcance

Este estudio de viabilidad describe entornos, procedimientos y metodologías para la creación, gestión y mantenimiento de un centro de pruebas que abarque los diversos aspectos de las pruebas de conformidad e interoperabilidad, incluyendo recomendaciones para la adopción de prácticas idóneas.

#### Valor de las pruebas

La forma más directa de estimar el valor de las pruebas es calcular las pérdidas que las mismas evitan en términos económicos, de tiempo y de vidas humanas. El análisis de riesgos permite definir la estrategia de pruebas más adecuada al evaluar el efecto de posibles funcionamientos indebidos por incumplimiento de los requisitos más importantes. Dicha evaluación puede ser cualitativa, pero siempre que sea posible también es conveniente realizar una evaluación cuantitativa y comparar las anomalías que se hayan detectado (en términos de daños o pérdidas evitadas) con los beneficios de las pruebas, además de tener en cuenta el costo de las actividades de prueba (en términos de recursos). Análisis adicionales tendrían en cuenta el efecto de daños y costos futuros en relación con el momento en que se detectara la anomalía.

#### Conocimiento adquirido

Un valor adicional de las pruebas es el derivado del conocimiento que se adquiere durante su realización. Dicho conocimiento está relacionado con el análisis de los requisitos trasladados a una solución real, con aspectos de la configuración referida a los servicios, los equipos y el entorno, el conocimiento de las interfaces y protocolos conexos y el comportamiento esperado. Para un operador de telecomunicaciones, a menudo es una oportunidad para que el personal tenga contacto técnico y físico directo con equipos en un entorno de pruebas.

#### Visión integrada

El hecho de que las actividades de prueba simulen efectivamente todas las funcionalidades de las redes TIC (equipos, servicios, interfuncionamiento, entorno exterior, etc.) hace que frecuentemente la prueba sea la primera ocasión en que se configuran conjuntamente todos los elementos que componen la cadena del producto o servicio. Por tanto, en la fase de diseño del entorno de prueba es posible y necesario profundizar en el análisis detallado y en la definición de combinaciones arquitectónicas, así como identificar situaciones críticas.

#### Elementos críticos en una actividad de pruebas ‘madura’

La realización de pruebas en una situación de madurez respecto a las normas internacionales permite que el responsable de las pruebas, en virtud de su experiencia en áreas específicas, identifique riesgos y prevea anomalías que podrían afectar gravemente a la seguridad del despliegue en condiciones de funcionamiento reales.

Ello permite evaluar la fiabilidad de los proveedores, al identificar productos que podrían generar costos y retrasos inadmisibles. También podría ayudar a que los proveedores refinaran sus previsiones de disponibilidad de productos y servicios en base a experiencias y estadísticas previas.

#### Entorno de pruebas – solución de problemas

La construcción del entorno de pruebas permitirá que ulteriores actividades destinadas a la solución de problemas identifiquen fallos o funcionamientos defectuosos en situaciones críticas reales que no habían sido previstas inicialmente. Debido al tiempo necesario para el análisis y la construcción de un entorno de solución de problemas, sólo una planta de pruebas en funcionamiento con la debida preparación previa puede conseguir un equilibrio entre costos y beneficios.

#### Documentación histórica

La documentación de los resultados de las pruebas puede tener un gran valor para los clientes. Por ejemplo, para ayudar a los departamentos de compras de operadores en sus procesos de selección y de

negociación con proveedores, para identificar puntos débiles (por ejemplo, fallos de interoperabilidad) y la probabilidad de retrasos en la provisión. También puede servir de ayuda para establecer un proceso eficaz de verificación de la calidad de los productos recibidos.

En un mercado regulado, los resultados de las pruebas pueden utilizarse en actividades de vigilancia o de investigación, ya que aportan información relevante para el registro de evaluaciones globales de conformidad.

## **1.2 Visión general de este documento**

El contenido de este documento está organizado para abarcar los diversos aspectos relacionados con la gestión y mantenimiento de un centro de pruebas:

- gestión de recursos y organización;
- gestión de los fabricantes;
- ciclo de vida y gestión de la lista de pruebas;
- estimación de inversiones y costos;
- gestión de campañas de pruebas;
- gestión de la planta de pruebas y del laboratorio;
- aspectos de calidad;
- infraestructura de los laboratorios de pruebas y de la planta de pruebas.

### **Gestión de recursos y organización**

Esta sección incluye todos los aspectos relativos a la gestión de los recursos del centro de pruebas, en términos de conocimientos, mantenimiento, selección de capacidades y organización y aprovechamiento de las actividades de normalización internacional y de proyectos europeos para que el centro se mantenga actualizado. También se proporciona información sobre la organización y estructura del personal y los procedimientos de gestión de recursos humanos.

### **Gestión de los fabricantes**

En esta sección se presentan sugerencias sobre la gestión de las relaciones con los fabricantes. En particular, es muy importante realizar una correcta transferencia de actividades de prueba a los fabricantes de forma que no se deleguen en exceso las actividades más críticas. Debe mantenerse un equilibrio adecuado entre la utilización de recursos propios y externos para las actividades más importantes. El centro de pruebas debe controlar los procedimientos de prueba de alto valor añadido, mientras que los procedimientos con configuraciones más operativas pueden delegarse externamente. Un reparto adecuado es muy importante para mantener el debido nivel de conocimientos y control del mercado.

### **Ciclo de vida y gestión de la lista de pruebas**

En el proceso de pruebas es crítico diseñar y mantener correctamente las listas de pruebas de los diferentes laboratorios de un centro. Por un lado, la lista debe ser muy detallada para que abarque todas las funcionalidades y se reduzca el riesgo de dejar áreas sin cubrir, pero por otro lado, una lista de pruebas detallada requiere un periodo de prueba prolongado y sus costos son superiores. En algunos casos puede ser necesario reducir la lista de pruebas para acortar el tiempo de puesta en el mercado de productos y servicios y el tiempo de pruebas en su conjunto. Por ello, a veces es adecuado realizar "pruebas de credibilidad" ligeras que sólo evalúen las funcionalidades más críticas identificadas.

### **Estimación de inversiones y costos**

Un aspecto importante de la gestión de un centro de pruebas es la correcta estimación de las inversiones y de los costos. La rápida evolución de las tecnologías TIC exige identificar áreas inversoras relacionadas con la evolución de las redes y servicios objeto de pruebas. Normalmente la curva de inversión no es

lineal sino que existen saltos tecnológicos, un ejemplo típico de ello es la evolución de las redes móviles (GSM, HSDPA, LTE, etc.). A la hora de evaluar el ciclo de vida completo de las nuevas inversiones debe tenerse en cuenta el costo total de la propiedad de los activos. También debe prestarse una atención especial a los procesos de compra, mediante la elaboración de especificaciones detalladas y una correcta organización de las licitaciones.

### Gestión de las campañas de pruebas

Un aspecto fundamental de la gestión de un centro de pruebas es la capacidad de realizar correctamente campañas de pruebas. Para evaluar eficazmente un producto es necesario seguir determinados pasos que permitan identificar todas las posibles anomalías. El procedimiento habitual es realizar en primer lugar pruebas autónomas (pruebas de conformidad), que evalúen las funcionalidades y requisitos técnicos del equipo de forma individual, a modo de caja negra en relación con normas nacionales/ internacionales/ regionales y, posteriormente, realizar pruebas extremo a extremo que emulen la red real en una planta de pruebas para verificar la calidad de funcionamiento del producto TIC (comparativas). Mediante este enfoque pueden identificarse en la primera fase anomalías relacionadas con el hardware y/o el software y, en la segunda fase, problemas relacionados con los modelos de servicio. Normalmente, tras estas dos fases son necesarias pruebas de campo con clientes y evaluaciones de la estabilidad del servicio.

En este apartado también se analizan detalladamente las herramientas necesarias para la gestión de una campaña de pruebas, tales como procedimientos para la trazabilidad de errores, utilización de listas de correo específicas y métodos de actualización de las versiones del software.

### Gestión de la planta de pruebas y del laboratorio

Junto a las actividades de pruebas, existen otros muchos aspectos conexos que deben controlarse en un centro de pruebas. En esta sección se presenta una visión general de los procedimientos de seguridad a adoptar en términos de control de acceso y de riesgos durante la actividad de pruebas. Además se incluyen directrices para el mantenimiento de los laboratorios, se presentan configuraciones de la planta de pruebas y de la instrumentación relacionadas con el consumo energético y el medio ambiente.

### Aspectos de calidad

En esta sección se describen los procedimientos y metodologías destinadas a que el centro de pruebas desarrolle su actividad de acuerdo con las normas internacionales sobre calidad, en particular, se hace hincapié en la aplicación de la norma ISO/CEI 17025, norma de referencia internacional sobre la gestión de laboratorios. Esta norma marca la pauta sobre cómo identificar y organizar los recursos adecuados, configuraciones de prueba, procesos, documentación y, en general, todos los aspectos relacionados con la mejora y el mantenimiento de la calidad.

### Infraestructura de los laboratorios de pruebas y de la planta de pruebas

En el apéndice a este informe se describen los laboratorios más importantes de un centro de pruebas que abarque todas las tecnologías TIC. Se presenta información sobre los servicios de prueba, configuraciones de prueba, logística y normas de referencia. También se proporciona información general sobre las plantas de pruebas de servicios fijos y de servicios móviles destinadas a configurar un entorno que reproduzca las redes reales.

**Cuadro 1: Lista de laboratorios y plantas de pruebas**

Acrónimo del laboratorio de pruebas	Área de competencia
SAR	Laboratorio sobre la tasa de absorción específica ( <i>specific absorption rate</i> )
USX	Laboratorio sobre la experiencia del usuario ( <i>user experience</i> )
BBA	Laboratorio de accesos de banda ancha ( <i>broadband access</i> )

VAS	Laboratorio de servicios móviles de valor añadido ( <i>mobile value added services</i> )
EPS	Laboratorio de seguridad y protección eléctrica ( <i>electrical safety and protection</i> )
ELA	Laboratorio de electroacústica
EMC	Laboratorio de compatibilidad electromagnética ( <i>electromagnetic compatibility</i> )
RSL	Laboratorio de radiocomunicaciones y señalización ( <i>radio and signalling</i> )
PWE	Laboratorio de eficiencia energética ( <i>powering efficiency</i> )
QML	Laboratorio de calidad de los materiales ( <i>quality of material</i> )
WIF	Laboratorio de redes de área local
TPF	Planta de pruebas de servicios fijos
TPM	Planta de pruebas de servicios móviles

## 2 Necesidad de las pruebas de conformidad e interoperabilidad

### 2.1 Pruebas de conformidad y pruebas de protocolos

El establecimiento de sistemas complejos con funcionalidades complejas exige el intercambio de información entre dichos sistemas. Por ejemplo, deben establecerse reglas de funcionamiento bien definidas para la comunicación entre los equipos de comunicaciones. Gran parte de la teoría y de las descripciones formales sobre conformidad tienen su origen en las pruebas del software, en particular en las pruebas de protocolos.

Un protocolo describe las reglas que deben cumplir los sistemas para comunicarse entre sí. Una entidad de protocolo es la parte de un sistema que tiene la responsabilidad local de la comunicación de acuerdo con el protocolo. La definición de los protocolos es fundamental para la interoperabilidad de equipos de distintos fabricantes.

Numerosos protocolos no se desarrollan de forma aislada sino en el contexto de grupos de fabricantes y de usuarios para lograr su normalización. Este esquema ha sido utilizado, por ejemplo, para el desarrollo del modelo de referencia de sistemas abiertos de la OSI, que constituye el marco básico del conjunto de normas para la comunicación entre sistemas modernos. No obstante, para garantizar una comunicación exitosa no es suficiente especificar y normalizar los protocolos de comunicación. También debe poder verificarse que la implementación de los protocolos es conforme con sus especificaciones normalizadas, para lo cual se realizan pruebas de las implementaciones. Esta actividad se conoce como prueba de conformidad de protocolos.

En el diseño, especificación y análisis de los protocolos cada vez es más frecuente la utilización de métodos formales con una base matemática. Por este motivo, también es conveniente determinar pruebas basadas en métodos formales sobre las realizaciones prácticas de los protocolos. Este informe trata sobre la utilización de métodos formales en las pruebas de conformidad de protocolos.

### 2.2 Proceso de prueba

Una prueba es el proceso que tiene por objetivo identificar errores en un sistema mediante la experimentación.

Normalmente, la experimentación se realiza en un entorno especial, donde se simulan un uso normal y un uso excepcional. El objetivo de la prueba es aumentar el nivel de confianza en que el sistema funcionará correctamente durante un uso normal; dado que la prueba de sistemas realistas nunca puede ser exhaustiva pues los sistemas sólo pueden probarse durante un periodo de tiempo limitado, ésta no puede garantizar la perfección absoluta de una implementación. La prueba sólo puede reflejar la existencia de errores, no la ausencia de los mismos.

La prueba de conformidad forma parte de un proceso global de pruebas en la que se prueba una entidad de protocolo con respecto a su especificación. El objetivo es ganar confianza en el correcto funcionamiento de la implementación y aumentar la probabilidad de que la implementación se comunique satisfactoriamente con su entorno.

La realización de pruebas, experimentos o ensayos debe programarse sistemáticamente. Las pruebas se realizan sobre una implementación en particular y los resultados se comparan con los resultados esperados o calculados. En base a la comparación, puede determinarse si una implementación es o no correcta, y si no lo es, puedan utilizarse los resultados para mejorar la implementación.

En el contexto de las pruebas se hace distinción entre **prueba de conformidad** y **prueba de interoperabilidad**.

### **Prueba de conformidad**

Básicamente, la prueba de conformidad es un procedimiento para verificar si un producto cumple los requisitos especificados en las normas aplicables. El principal objetivo de la prueba de conformidad de productos TIC es aumentar la probabilidad de que las distintas implementaciones de la misma norma interoperen satisfactoriamente (ETSI ETS 300 406).

La prueba de conformidad, que también se denomina prueba de caja negra, se basa en la estructura interna del sistema en prueba. En el caso de pruebas del software, el objetivo es verificar exhaustivamente el código de un programa informático, por ejemplo, ejecutando cada sentencia del mismo al menos una vez. El sistema se considera una caja negra y la funcionalidad se determina a través de la observación, sin referencia alguna a su interacción con entidades externas. El objetivo principal es determinar si el producto se ha construido correctamente (de acuerdo a su especificación). Las pruebas derivan de la especificación. Un requisito previo de este tipo de prueba es que exista una especificación precisa y clara.

En una prueba de conformidad la estructura interna de la entidad normalmente es inaccesible para quien realiza la prueba: no es necesario acceder al sistema que integra la entidad en prueba. El probador sólo observa la entidad mediante su comunicación con ella.

### **Prueba de interoperabilidad**

De acuerdo con la definición de la Recomendación UIT-T Y.101, la interoperabilidad es la aptitud de dos o más sistemas o aplicaciones para intercambiar información y utilizar mutuamente la información intercambiada.

En la práctica, la prueba funcional aislada de la implementación, es decir la prueba de conformidad, no garantiza una comunicación correcta entre sistemas, por lo que los productos también se prueban en un entorno realista, por ejemplo, en el contexto del modelo de una red de comunicaciones. En este tipo de pruebas puede analizarse con más detalle la interacción con otros sistemas. A ello se denomina prueba de interoperabilidad.

Además de verificar el comportamiento funcional de la implementación de un protocolo, existen otros tipos de pruebas que verifican distintos aspectos del protocolo, por ejemplo, las pruebas de desempeño que cuantifican determinados aspectos de una implementación, las pruebas de robustez que examinen el comportamiento de la implementación en un entorno con un comportamiento erróneo y las pruebas de fiabilidad, que verifican si la implementación funciona correctamente durante un cierto periodo de tiempo.

## Agentes de pruebas

Las pruebas de conformidad pueden ser realizadas por distintas partes. En general, las pruebas de conformidad destinadas a verificar el cumplimiento de las correspondientes normas son prerrogativa del fabricante de equipos que prueba el producto antes de ofrecerlo al mercado (véase el Manual de la UIT “*Testing of next generation networks*”<sup>1</sup>). Ello ayuda notablemente a que los fabricantes mantengan un alto nivel de calidad en los productos que desarrollan. Por otro lado, los usuarios de los productos o las organizaciones que los representan, prueban los productos para verificar su correcto funcionamiento de acuerdo con los requisitos de los usuarios. Las administraciones de telecomunicaciones prueban los productos antes de conectarlos a sus redes para evitar un eventual malfuncionamiento de la red por una implementación incorrecta de los productos. Finalmente, los centros de pruebas de terceras partes independientes pueden realizar pruebas de conformidad para cualquiera de las partes mencionadas. Un sistema de acreditación permite que los laboratorios de pruebas certifiquen las implementaciones que han probado y han considerado conformes.

## Normalización de las pruebas de conformidad

Cuando implementaciones de un mismo sistema/protocolo normalizado (internacionalmente) se analizan en distintos centros de pruebas, éstos no deberían adoptar decisiones distintas sobre la conformidad de la misma implementación. En teoría, no sería necesario que un mismo producto fuera sometido a pruebas por distintos laboratorios. Ello puede lograrse si las pruebas se realizan en base a principios generalmente aceptados y aplicando pruebas generalmente aceptadas que conduzcan a resultados igualmente aceptados. Para ello, la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la UIT han desarrollado una norma común para las pruebas de conformidad de sistemas abiertos. Esta norma es la Recomendación UIT-T X.290<sup>2</sup> (ISO/CEI-9646-1): ‘Metodología y marco de las pruebas de conformidad de interconexión de sistemas abiertos de las recomendaciones sobre los protocolos para aplicaciones del UIT-T – conceptos generales’. El objetivo de la norma es ‘definir la metodología, proporcionar un marco para especificar conjuntos de pruebas de conformidad y definir los procedimientos que han de seguirse durante la prueba’, lo que conduce a la ‘comparabilidad y a la amplia aceptación de los resultados de las pruebas realizadas por diferentes laboratorios de pruebas, minimizándose así la necesidad de repetir las pruebas de conformidad del mismo sistema’. La norma no especifica pruebas para sistemas/protocolos específicos, pero define un marco bajo el que deberían realizarse las pruebas y ofrece directrices para su realización. La norma recomienda que se desarrollen y se normalicen conjuntos de pruebas para todos los protocolos normalizados.

## Acreditación del centro de pruebas

La acreditación es la certificación de un tercero relativa a una entidad de evaluación de conformidad que constituye la demostración formal de que un laboratorio de pruebas es competente para realizar una tarea específica. La norma de referencia es la ISO/CEI 17025. La acreditación de un laboratorio de pruebas la realizan órganos nacionales y/o internacionales de acreditación. La acreditación a nivel internacional es concedida por la ILAC<sup>3</sup> (Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios), IAF e IECEE.

A nivel nacional actúan los organismos nacionales de acreditación (por ejemplo, ACCREDIA es el organismo nacional de acreditación reconocido por el gobierno de Italia, que actúa de acuerdo con el Reglamento CE 765/2008.). El cumplimiento de los requisitos de ISO/CEI 17011 demuestra que un organismo de acreditación es competente para realizar dicha tarea.

---

<sup>1</sup> [www.itu.int/pub/T-HDB-IMPL.09-2011](http://www.itu.int/pub/T-HDB-IMPL.09-2011)

<sup>2</sup> [www.itu.int/rec/T-REC-X.290](http://www.itu.int/rec/T-REC-X.290)

<sup>3</sup> [www.ilac.org](http://www.ilac.org)

La ILAC se creó en 1966 para el reconocimiento mutuo de los distintos organismos nacionales de acreditación. En 2010, las disposiciones de la ILAC incluían 72 organismos de acreditación signatarios (miembros de pleno derecho) de 59 países. El objetivo de la ILAC es desarrollar una red mundial de laboratorios de prueba acreditados que sean evaluados y reconocidos en base a los mismos procesos y normas de calidad. En la figura 1 se muestra la jerarquía del proceso de aprobación de un servicio de prueba acreditado.

+++++

Leyendas de la Figura 1:

International ===== internacional

National ===== Nacional

National accreditation body ===== Organismo nacional de acreditación

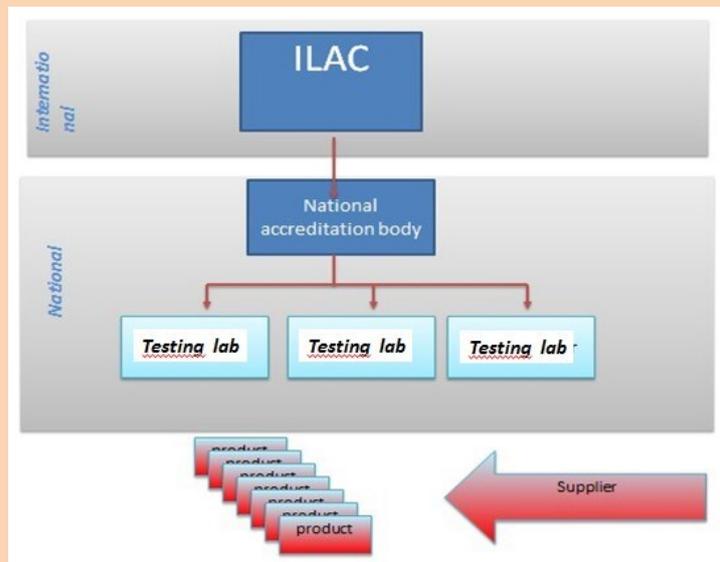
Testing lab ===== Lab de pruebas

Supplier ===== Suministrador

product ===== producto

+++++

Figura 1: jerarquía del proceso de aprobación



Origen: UIT

### 3 Gestión de recursos y organización

#### 3.1 Organización

Un centro de pruebas de conformidad debe ser independiente de cualquier empresa a fin de garantizar su imparcialidad como proveedor tercero de servicios de pruebas de conformidad.

En la figura 2 se muestra una estructura organizativa típica y el personal clave de un centro de pruebas.

+++++

Leyendas de la Figura 2:

Direction ===== Dirección

General manager ===== Gerente general

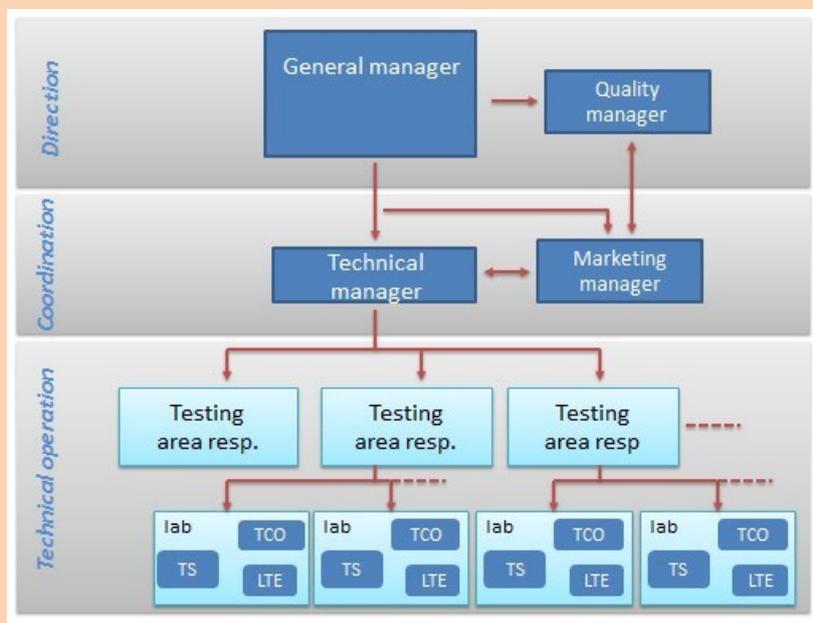
Quality manager ===== Gerente de calidad

Coordination ===== Coordinación  
Technical manager ===== Gerente técnico  
Marketing manager ===== Gerente comercial  
Technical operation ===== Operaciones técnicas  
Testing area resp. ===== Responsable de área de pruebas  
TCO === OCP (operador de campañas de pruebas)  
TS === EP (especialista de pruebas)  
LTE === ETL (experto técnico de laboratorio)

NOTA: se pueden escribir sólo las iniciales, como en el inglés

+++++

Figura 2: organigrama



Origen: UIT

### 3.2 Personal del centro de pruebas

#### Gerente General (GG)

El gerente general tiene la responsabilidad global del funcionamiento del centro de pruebas.

Tiene las funciones siguientes:

- supervisar y gestionar las actividades globales del centro de pruebas;
- dirigir la gestión administrativa y financiera del centro de pruebas;
- aceptar el asesoramiento y sugerencias del gerente de calidad y apoyar la política de calidad;
- elaborar y mejorar de manera continuada el manual de calidad (sección 10.1) y los procedimientos pertinentes;
- planificar y dirigir el funcionamiento del centro de pruebas con la ayuda del gerente técnico;
- establecer la política comercial de los servicios de prueba;
- mantener contactos con otros organismos implicados en las actividades de prueba con el fin de mejorar el conocimiento técnico en este campo;

- analizar los informes de los gerentes de calidad y de los gerentes técnicos, y aportar directrices para la toma de decisiones clave;
- firmar contratos, licencias, y otros acuerdos con los clientes;
- aprobar la contratación del personal del centro de pruebas y firmar los contratos con los nuevos empleados.

### **Gerente técnico (GT)**

El gerente técnico es responsable ante el gerente general de las actividades técnicas del laboratorio de acuerdo con las normas y procedimientos del manual de calidad y con los requisitos de los organismos nacionales e internacionales de acreditación. Es responsable de todos los aspectos de los resultados de las actividades de prueba; sus funciones son:

- planificar y supervisar los servicios de prueba, garantizando que las actividades y la calidad del centro de pruebas cumplen los requisitos establecidos;
- prestar asistencia al gerente general en la búsqueda de financiación y de recursos para ejecutar los programas de trabajo acordados;
- prestar asistencia al gerente general en la elaboración del plan de desarrollo del centro de pruebas;
- autorizar y firmar los informes de pruebas;
- autorizar la aceptación de nuevas herramientas de pruebas y de los procedimientos técnicos conexos;
- supervisar la implantación de cualquier acción correctiva técnica que pueda resultar necesaria en el curso de las actividades;
- prestar asistencia al gerente de calidad en la preparación del plan de calidad;
- decidir la utilización de personal técnico en el centro de pruebas, con la aprobación del gerente general;
- asegurar que el personal del centro de pruebas es el adecuado y tiene las competencias necesarias, y planificar los programas de capacitación con la ayuda de cada responsable de área de pruebas;
- establecer, junto con cada responsable de área de pruebas, los programas de mejora técnica de los servicios;
- convocar y presidir reuniones periódicas de coordinación con el responsable del área técnica y el gerente de calidad para examinar los objetivos cualitativos y técnicos y proponer las actuaciones correctoras que sean necesarias;
- responsabilizarse de la seguridad global del recinto del centro de pruebas.

### **Responsable de área de pruebas (RAP)**

El responsable de área de pruebas responde ante el gerente técnico de la coordinación y supervisión de las actividades de prueba del personal de su área de acuerdo con los requisitos recogidos en el manual de calidad del laboratorio. Sus responsabilidades incluyen:

- revisar los informes de las pruebas de su área;
- asignar el trabajo de los especialistas de pruebas;
- actuar como primer punto de contacto con el especialista de pruebas cuando se plantee alguna cuestión;
- prestar asistencia al gerente técnico en el establecimiento de los programas de mejora técnica de los servicios de prueba;

- prestar asistencia al gerente técnico en la planificación de los programas de formación del personal y organizarlos;
- crear el correspondiente anexo del manual de calidad sobre el área técnica de su responsabilidad; velar porque dicho anexo esté actualizado en todo momento y actualizarlo de acuerdo con los requisitos;
- responsabilizarse de completar, actualizar o eliminar la documentación técnica de su área, según proceda;
- presidir las reuniones periódicas con el personal de su área para examinar objetivos y proponer cualquier acción correctiva que sea necesaria;
- responsabilizarse del control de acceso al laboratorio de su área de pruebas.

#### **Especialista de pruebas (EP) – responsable de campañas de prueba**

El especialista de pruebas responde ante el responsable del área de pruebas de la realización de las correspondientes evaluaciones de conformidad según se recoge en el manual de calidad. Sus responsabilidades incluyen:

- implantar los requisitos del manual de calidad y los requisitos de los servicios de prueba ofrecidos por el centro de pruebas;
- mantener el contacto con los clientes sobre aspectos técnicos tras la firma de los contratos;
- coordinar las campañas de pruebas;
- realizar las pruebas de conformidad, incluida la configuración del entorno de pruebas del cliente, suministrar toda la información y materiales necesarios al cliente, analizar la documentación remitida por el cliente (PICS, PIXIT, etc.), realizar las pruebas, analizar los resultados de éstas y preparar los informes de pruebas.

#### **Operador de campaña de pruebas (OCP)**

El operador de campaña de pruebas es responsable de la ejecución de las campañas de pruebas. Sus responsabilidades incluyen:

- aceptar e instalar los nuevos equipos de prueba o los que hayan sido reparados;
- responsabilizarse del trabajo rutinario de mantenimiento de la instalación de pruebas y realizar los correspondientes apuntes en el libro de mantenimiento;
- responsabilizarse de la ejecución de las campañas de pruebas;
- asegurar que se realizan las correspondientes copias de seguridad de acuerdo con los procedimientos pertinentes;
- actuar como bibliotecario de los manuales de los equipos y de la documentación técnica de su área.

#### **Expertos técnicos de laboratorio (ETL)**

Este experto puede ser externo al laboratorio y, en organizaciones complejas, no está normalmente implicado en la actividad de pruebas sino que forma parte del departamento de innovación o de ingeniería. Es el experto de referencia para un asunto específico del laboratorio, sobre el que mantiene conocimientos actualizados.

#### **Gerente de calidad (GC)**

El gerente de calidad es responsable de establecer y verificar la idoneidad del sistema de calidad descrito en el manual de calidad, garantizando que en la actividad diaria se cumplen los requisitos de la ISO/CEI 17025 y asesorando al gerente técnico y al gerente general. El gerente de calidad responde ante el gerente general y asimismo tiene una línea de reporte con el gerente técnico. Sus responsabilidades incluyen:

- establecer y mantener una visión general del sistema de calidad del centro de pruebas;
- verificar los procedimientos de calidad utilizados en el centro de pruebas y en sus áreas, y analizar la pertinencia de los mismos;
- organizar una revisión formal de la calidad al menos una vez al año, según los requisitos de la ISO/CEO 17025 y otras normas conexas;
- planificar y organizar auditorías de calidad de forma que se realice al menos una auditoría formal anual de todos los aspectos del sistema de calidad;
- analizar los resultados de las auditorías de calidad y garantizar que se implantan las medidas correctoras;
- convocar reuniones periódicas para informar a todo el personal de los requisitos de calidad;
- supervisar la gestión, mantenimiento y distribución del manual de calidad y de los procedimientos de control de la calidad.

### **Subgerente de calidad (SGC)**

El subgerente de calidad es responsable ante el gerente de calidad y le presta asistencia en sus tareas. En ausencia del gerente de calidad se hace cargo de todos los aspectos de la calidad y asume las responsabilidades de aquél. Sus responsabilidades incluyen:

- prestar asistencia al gerente de calidad en la planificación y organización del proceso de análisis de la calidad;
- prestar asistencia al gerente de calidad en la planificación y organización de las auditorías de calidad y llevarlas a cabo;
- analizar con el gerente de calidad los resultados de las auditorías;
- supervisar la implantación de las medidas correctoras;
- mantener el resumen y la parte general del manual de calidad y de otros documentos sobre la calidad.

### **Gerente de la unidad de servicios centrales**

El gerente de la unidad de servicios centrales es responsable ante el gerente general del trabajo de dicha unidad, incluidas actividades comerciales, de administración y de secretaría. Sus responsabilidades son:

- impulsar la comercialización de los servicios de prueba;
- reunirse con los clientes para presentarles los servicios del centro de pruebas;
- responder a cualquier pregunta procedimental y reglamentaria que realicen los clientes;
- ayudar a los clientes a realizar sus solicitudes y tener una visión preliminar sobre las mismas;
- informar al gerente general de las solicitudes recibidas;
- enviar y recibir los contratos;
- programar las campañas de pruebas y asignar el número de cada una de ellas;
- verificar que el expediente de cada campaña de prueba se ha completado una vez finalizada la misma;
- recibir las reclamaciones de los clientes;
- dar a los clientes una respuesta adecuada a sus reclamaciones e informar de ello al gerente general, al gerente técnico y al gerente de calidad;
- responsabilizarse de la aceptación y devolución del sistema en prueba;
- actuar como punto de contacto con los suministradores de equipos;

- mantener registros de todas las entidades externas de los que el centro de pruebas recibe bienes y servicios;
- supervisar el trabajo de la secretaría del centro de pruebas.

### **Secretario/a**

El secretario/a es responsable ante el gerente de la unidad de servicios centrales de la coordinación de las actividades administrativas internas y de proporcionar al gerente general, al gerente técnico y al gerente de calidad el apoyo operativo de las funciones de secretaría. Sus responsabilidades son:

- realizar tareas administrativas diarias para las distintas áreas;
- redactar los documentos administrativos pertinentes para los servicios (contratos, etc.);
- crear y mantener registros de cualificaciones y de formación de cada empleado del centro de pruebas y mantener la lista de empleados;
- registrar los equipos de pruebas y mantener el registro de los mismos;
- registrar, mantener copias de seguridad y almacenar la copia maestra del software de computadoras utilizado para la elaboración de los informes de pruebas;
- realizar los cambios editoriales y la distribución del manual de calidad y de los procedimientos de calidad;
- asegurar que la documentación del sistema de calidad es completa y está actualizada;
- actuar como bibliotecario de los archivos de calidad y de carácter administrativo.

### **3.3 Procedimientos de gestión**

En este apartado se describen los procedimientos de gestión a adoptar en caso de ausencia de miembros del personal.

- en ausencia del gerente técnico, el gerente general asume la responsabilidad del funcionamiento del centro de pruebas;
- en ausencia de un responsable de área de prueba, el gerente técnico asume la responsabilidad del funcionamiento del área pertinente;
- en ausencia del gerente de calidad, el subgerente de calidad asume todo lo relativo a la calidad y las responsabilidades del gerente de calidad;
- en ausencia de cualquier otro personal, las respectivas responsabilidades son asumidas por el inmediato superior de la persona ausente;

Todo el personal del centro de pruebas recibirá una copia del manual de calidad y un juego completo de los procedimientos de calidad. Cada miembro del personal debe leer dichos documentos con atención y familiarizarse con su contenido, especialmente en lo relativo al alcance y limitaciones de sus propias responsabilidades, y aplicarlo en su actividad diaria. El gerente de calidad convocará reuniones periódicas para informar a todo el personal de los requisitos de calidad.

El centro de pruebas no realizará actividad alguna que pueda poner en entredicho la confianza en su independencia de criterio e integridad en relación con sus actividades de prueba. Es responsabilidad del equipo de gestión del centro de pruebas garantizar la independencia del personal en todas las fases de su trabajo.

El centro de pruebas y su personal no deben estar sometidos a ninguna presión comercial, financiera o de otro tipo que pueda influir en su criterio técnico. La remuneración del personal involucrado en las pruebas no dependerá del número de pruebas realizadas ni de los resultados de dichas pruebas. Todo el personal debe aplicar su criterio con independencia y no debe verse afectado por factores externos. Deben ser

advertidos de la gravedad de aceptar cualquier tipo de incentivos. Si algo así ocurriera, el personal debe informar a la gerencia del centro tan pronto como sea posible, pues en caso contrario toda la responsabilidad recae sobre el afectado o afectados.

Todos los miembros del personal deben entender cabalmente la importancia de la protección de los derechos de propiedad y de información y hacer lo que esté en su mano para garantizar que se aplican los procedimientos de seguridad.

### **3.4 Cualificaciones y capacitación del personal**

El personal del servicio de pruebas debe estar capacitado para las tareas que debe realizar. Para lograr y mantener un elevado grado de capacitación profesional del personal operativo, el gerente técnico planificará cursos de formación con la ayuda de los responsables de las áreas de pruebas. La capacitación debe abarcar los métodos de pruebas de conformidad para las áreas técnicas y las herramientas de prueba utilizadas, así como los aspectos generales de la gestión de la calidad. Además de estos cursos, que normalmente son gestionados internamente por el laboratorio, el personal asistirá a otros cursos externos impartidos por fabricantes de equipos de prueba u organizaciones conexas. También es pertinente la asistencia a conferencias y seminarios sobre aspectos de las pruebas o de calidad.

Dado que el gerente técnico es responsable de las actividades técnicas globales del laboratorio, se le exigen conocimientos adicionales:

- estar familiarizado con los procesos de los servicios de prueba, la especificación de las pruebas y las técnicas de pruebas;
- tener un profundo conocimiento de todos los servicios de prueba ofrecidos por el laboratorio y los especialistas de pruebas de cuyos servicios haga uso;
- tener un profundo conocimiento de las configuraciones de prueba utilizadas por los servicios de prueba;
- tener un profundo conocimiento de los requisitos de la ISO/CEC 17035 y normas conexas.

Deben mantenerse registros de cualificaciones y de capacitación de todo el personal que participa en las actividades del centro de pruebas que incluyan lo siguiente:

- experiencia laboral en cada uno de los puestos que haya ocupado;
- currículum educativo;
- nivel de capacitación para el puesto de trabajo;
- publicaciones;
- asistencia a seminarios y reuniones, así como visitas a otros laboratorios;
- cualificaciones profesionales.

### **3.5 Reuniones informativas periódicas**

La celebración de reuniones informativas periódicas para el seguimiento de las actividades en curso en las que participen el gerente técnico y los responsables de las áreas de pruebas es un buen procedimiento para lograr una gestión eficiente del centro de pruebas. El gerente de calidad resumirá el resultado de la reunión de información semanal en un informe de situación. El informe de situación debe estar organizado de forma que pueda hacerse un seguimiento de:

- situación de cada campaña;
- principales fallos identificados y gravedad de los mismos;
- principales asuntos de la semana;
- puntos críticos que deben resolverse;

- contactos habidos con otros organismos o con entidades y departamentos de empresas;

## 4 Gestión de los fabricantes de equipos

### 4.1 Relaciones con los fabricantes de equipos

La relación con los fabricantes de equipos depende del tipo de organización a la que pertenezca el centro de pruebas. En el caso de un laboratorio independiente, los fabricantes de equipos son simplemente clientes y, en consecuencia, los compromisos con el centro de pruebas vienen dados por un acuerdo bilateral entre el laboratorio y su cliente. Cuando el laboratorio es parte de una organización mayor, por ejemplo, un centro de pruebas que sea un departamento de un operador de red, el fabricante de equipos puede considerarse un “suministrador”. En este sentido, la relación no se gestiona sólo entre el centro de pruebas y el fabricante, sino que también existe una gestión de nivel superior.

Un operador de red puede estar interesado en introducir nuevos suministradores y, por tanto, el fabricante de equipos puede ser un “asociado” en el desarrollo y definición de nuevos servicios. En ese caso, los clientes del centro de pruebas son departamentos de su propia organización, interesados en introducir nuevos servicios (o nuevos equipos) y, por tanto, el fabricante de equipos no paga tasa alguna por los equipos que envía para una campaña de pruebas. El departamento que realiza la solicitud puede considerar los costos de prueba como parte de los costos de desarrollo y despliegue.

En otros casos, el propio fabricante de equipos puede estar interesado en remitir nuevos productos al operador de red, en cuyo caso los costos de prueba pueden ser pagados, al menos parcialmente, por el fabricante de equipos.

### 4.2 Pruebas conjuntas (externalización – recursos propios)

Cuando la relación con el fabricante de equipos es alguna forma de asociación, la carga de trabajo de pruebas puede ser “compartida” entre el centro de pruebas y el fabricante de equipos.

Esta situación puede ser explotada de varias formas:

- El fabricante presenta los resultados de sus propias pruebas; el centro de pruebas las examina y elige las que deben planificarse, por ejemplo, pruebas en cadena, o pruebas sobre los aspectos de importancia crítica.
- El fabricante traslada a su propio personal al centro de pruebas para realizar conjuntamente las pruebas previstas.
- Las pruebas (más importantes) se realizan en el centro de pruebas y el vendedor concentra sus esfuerzos en el desarrollo de los nuevos productos/servicios (teniendo en cuenta los resultados de las pruebas).

No obstante, el centro de pruebas debe centrarse en las pruebas más importantes con el fin de controlar los resultados más críticos y de forma que los conocimientos de su personal progresen en paralelo a la evolución del estado del arte de la tecnología.

### 4.3 Parque de pruebas

Una forma innovadora de utilizar las instalaciones del centro de pruebas es el denominado enfoque del parque de pruebas.

Un fabricante de equipos o un consultor que no disponga de instalaciones de prueba propias adecuadas puede “alquilar” los medios del centro de pruebas para realizar sus propias pruebas (posiblemente con el apoyo del personal del centro de pruebas).

La situación es bastante novedosa en caso de que el centro de pruebas no sea independiente sino que, por ejemplo, sea el laboratorio de un operador de red.

Además de suponer una mejor explotación de las instalaciones del laboratorio, este enfoque puede permitir al centro de pruebas ampliar sus conocimientos a áreas de prueba próximas a sus competencias fundamentales pero adicionales a su cartera de actividades habituales.

## 5 Ciclo de vida y gestión de la lista de pruebas

En este apartado se presentan algunos conceptos generales sobre el diseño y mantenimiento de una lista de pruebas. No se incluye información detallada de cada uno de los laboratorios del centro de pruebas (véanse en el apéndice los servicios del centro de pruebas).

### 5.1 Diseño

El diseño de una lista de pruebas tendrá en cuenta, en primer lugar, el objetivo de las mismas.

#### Pruebas de homologación

Una campaña de pruebas para obtener un certificado de homologación debe incluir una lista de pruebas definida por las normas pertinentes. La lista de pruebas deberá abarcar todos los aspectos previstos en las normas; en algunos casos las propias normas también define la lista de pruebas a realizar y los requisitos mínimos (acorde a la reglamentación nacional o regional).

#### Esquemas de certificación voluntaria

Los esquemas de certificación voluntaria guardan similitudes con el enfoque de la homologación: existe un documento aprobado que establece los requisitos sujetos a la prueba y posiblemente la propia lista de pruebas. La lista de pruebas se ceñirá con precisión a los requisitos establecidos.

#### Introducción comercial de nuevos equipos/servicios

Cuando el objeto de la prueba es verificar un nuevo equipo o servicio antes de su introducción en un sistema más complejo, es decir, en la red del operador, o antes de su lanzamiento al mercado, la lista de pruebas debe diseñarse cuidadosamente.

En primer lugar, debe preverse una fase de “pruebas de regresión”: la lista de pruebas deberá garantizar que el nuevo equipo o servicio no afecte negativamente a lo que previamente funciona correctamente.

A continuación deben probarse las nuevas características: la lista de pruebas verificará desde un punto de vista funcional cada nuevo aspecto que introduce el nuevo equipo o servicio. En esta fase, puede incluirse un análisis de los protocolos de comunicación.

Finalmente, se probarán los aspectos de calidad de funcionamiento cuando proceda: por ejemplo, la velocidad de transferencia de datos en distintos entornos, el retardo, la calidad del audio, etc.

El diseño de la lista de pruebas tendrá en cuenta la programación de las actividades: es decir, se establecerá un equilibrio entre la profundidad del análisis y la duración de la fase de pruebas; no obstante, la lista deberá cubrir todos los aspectos más importantes identificados teniendo en cuenta las necesidades del usuario final.

#### Pruebas de credibilidad

Las pruebas de credibilidad hacen referencia a las pruebas realizadas en una fase temprana del desarrollo del producto, es decir, con mucha antelación a su introducción en el mercado. En ese caso, el objetivo de las pruebas es evaluar el potencial de la nueva tecnología o producto, por lo que la lista de pruebas estará más centrada en las características innovadoras y en la calidad de funcionamiento si ésta es una característica diferenciadora. Las pruebas de regresión pueden diferirse a una fase más avanzada del desarrollo del producto.

En el caso de comparación entre diferentes productos o fabricantes, la lista de pruebas garantizará que los resultados son medibles y comparables de forma objetiva.

## 5.2 Mantenimiento

En el caso de esquemas de homologación o de certificación voluntaria, se mantendrá una lista de pruebas que se modificará cuando cambien las normas pertinentes.

En el caso de pruebas para la introducción comercial de un equipo o servicio, la lista de pruebas debe ser “a medida” de las características del nuevo equipo o servicio. La lista de pruebas debe verificar las características más innovadoras. En todo caso, deberá garantizarse la compatibilidad con el ecosistema existente; a menudo las pruebas de regresión son una adaptación de listas de pruebas anteriores.

En el caso de pruebas de credibilidad, la lista de pruebas siempre deberá ajustarse a las características de interés.

## 6 Estimación de la inversión y de los costos

Para cualquier centro de pruebas es de suma importancia disponer del equipamiento adecuado. En particular, las amplias áreas de competencias unidas al rápido avance tecnológico obligan a adquirir y mantener equipos de prueba que permitan configurar los bancos de pruebas necesarios.

Las decisiones sobre nuevas inversiones siempre deben tener en cuenta el coste total de propiedad de los nuevos equipos, ya que algunos equipos requieren un mantenimiento regular que garantice sus funcionalidades y prestaciones.

### 6.1 Áreas de inversión

Las principales inversiones en un centro de pruebas corresponden a:

- saltos tecnológicos;
- mantenimiento evolutivo;
- duplicación de instrumentación (mejoras de eficiencia);
- sistemas de apoyo (simplificación y automatización).

#### **Saltos tecnológicos**

Cuando se produce un salto tecnológico un centro de pruebas debe decidir si amplía sus servicios de pruebas a la nueva tecnología. A menudo el salto precisa de la asignación de un presupuesto considerable. El riesgo de dicha decisión es una eventual rápida obsolescencia de las instalaciones de pruebas si no se adoptan las nuevas tecnologías y normas.

Un ejemplo representativo es la introducción de LTE en una red móvil. En ese caso, el centro de pruebas tendría que adquirir nuevos equipos de pruebas, a saber, terminales de prueba, simuladores de red, analizadores de protocolo, etc. que puedan utilizarse con el nuevo sistema. Para poder hacer una oferta completa de pruebas, en este caso también debería considerar otros equipamientos, como por ejemplo, una cámara anecoica dotada de equipos MIMO (entrada múltiple salida múltiple).

#### **Mantenimiento evolutivo**

El mantenimiento evolutivo supone una mejora tecnológica “más progresiva” pero igualmente esencial. El término evolutivo hace referencia a todos los tipos de mantenimiento que normalmente no están incluidos en los contratos de mantenimiento habituales de un centro de pruebas.

Por ejemplo, un analizador de protocolo que no tenga que ser sustituido por la aparición de una nueva norma pero que tenga que ser actualizado con nuevas tarjetas y nuevas licencias de software. Si bien este ejemplo es bastante similar al caso de “saltos tecnológicos”, otros ejemplos de este tipo serían la sustitución de una norma de referencia antigua por una nueva o el cambio de un receptor para pruebas de compatibilidad electromagnética. En estos casos, el instrumento “antiguo” aún puede realizar la tarea requerida, pero su progresiva desactualización recomienda su sustitución por uno nuevo (que puede ser más preciso, más eficiente o realizar tareas adicionales).

### **Duplicación de instrumentación (mejora de eficiencia)**

Un centro de pruebas puede realizar un número máximo de campañas en función de los medios y los equipos de prueba disponibles y de la lista de pruebas que deba llevar a cabo. Cuando el volumen de pruebas aumenta en una determinada área y la utilización del banco de pruebas ya está optimizada, el centro tiene la opción de duplicar un determinado banco de pruebas.

En caso de una duplicación para aumentar la capacidad de realización de pruebas, la solución más segura suele ser replicar el banco de pruebas con los mismos instrumentos. Cuando se utilizan programas para el control automático de las mediciones, la sustitución de un instrumento dado por otro puede que no sea una solución directa y que requiere un notable esfuerzo para su adaptación de los conjuntos de pruebas. Asimismo, deben tenerse en cuenta los conocimientos sobre la utilización de instrumentos por parte del personal.

Por otra parte, disponer de distintos instrumentos puede ser de utilidad cuando para una medición dada sea un valor añadido la comparación entre resultados de distintos equipos de prueba, o si instrumentos con capacidades ligeramente diferentes ofrecen una mayor flexibilidad. En la fase de compra, la disponibilidad de distintos instrumentos puede ser una buena forma de obtener mejores precios.

### **Sistemas de apoyo (simplificación y automatización)**

Además de las inversiones necesarias para realizar mediciones en áreas específicas (por ejemplo, en nuevas tecnologías o de acuerdo a nuevas normas) existen inversiones que pueden simplificar notablemente las operaciones del laboratorio. Entre ellas cabe señalar la adquisición de software para el control de la instrumentación, el desarrollo de conjuntos de pruebas automatizadas o la adquisición de conjuntos de pruebas automatizados (sistemas de pruebas) disponibles en el mercado.

Este tipo de inversión no añade “capacidades de prueba” específicas al centro de pruebas, pero permiten realizar las mismas pruebas en menos tiempo. En algunos casos, la automatización de conjuntos de pruebas puede evitar la duplicación de bancos de pruebas por la mejora de eficiencia que se consigue.

La automatización es de gran importancia para conjuntos de pruebas que se repiten con mucha frecuencia y de la misma forma: por ejemplo, en el caso de pruebas de terminales normalizados o en las pruebas de regresión. En tales casos, una mejora de eficiencia puede dar una ventaja competitiva relevante al centro de pruebas.

## **6.2 Prioridades de inversión en las distintas áreas de inversión**

Las prioridades de inversión deben seleccionarse teniendo en cuenta los objetivos del centro de pruebas, sus clientes y las necesidades de éstos. En general, un centro de pruebas debe evaluar inicialmente si necesita estar al día en nuevas tecnologías y qué instrumentos son necesarios para configurar los bancos de pruebas en dichas tecnologías, así como elaborar un plan de seguimiento de nuevas tendencias tecnológicas

El mantenimiento evolutivo es fundamental para que el centro de pruebas preserve sus capacidades, por lo que debe ser objeto de parte de su presupuesto de inversión.

Solamente el volumen de pruebas requeridas determina si es necesario duplicar los bancos de pruebas existentes. Cuando la mejora de los procesos y la automatización de las pruebas no sean suficientes, el centro de pruebas deberá considerar si la demanda de campañas de pruebas de un área será constante o si aumentará en el futuro. En ese caso, la duplicación de bancos de pruebas puede ser una buena alternativa.

La automatización de pruebas a menudo requiere más inversiones en tiempo y esfuerzo que en capital. Cuando se encargan al laboratorio campañas de pruebas y la ejecución puede automatizarse, la automatización será, por lo general, una buena inversión: no solo mejora la capacidad de realización de pruebas, sino también la repetitividad y a menudo la precisión de la campaña de pruebas.

### 6.3 Gastos de capital (Capex): costo total de la propiedad de nuevas inversiones

Cuando un centro de pruebas considera la adquisición de nuevos instrumentos, debe tener en cuenta no solo su costo inicial sino los costos totales de la propiedad del activo (TCO, *total cost of ownership*)

Algunos instrumentos necesitan un mantenimiento regular del software para incorporar los avances recientes de las normas internacionales. Por ejemplo, un analizador de protocolo debe estar siempre alineado con la última versión del software. Un contrato de mantenimiento del software puede suponer un costo anual del orden del 10-15% del costo inicial.

En algunos casos, resulta útil tener un contrato de mantenimiento del hardware, especialmente para los instrumentos más críticos y cuando el centro de pruebas no tenga alternativa para recomponer el banco de pruebas en caso de avería. En función de la flexibilidad y la eficacia del proceso interno de compras, gestionar los problemas sólo cuando aparecen puede resultar un proceso excesivamente largo.

En la compra de equipos deberían incluirse varios años de actualizaciones y de mantenimiento; por tanto, son factores que deben tenerse en cuenta cuando se comparen ofertas de instrumentos similares.

### 6.4 Gastos de explotación (Opex): mantenimiento de la instrumentación y externalización de servicios

El presupuesto de un centro de pruebas debe considerar dos categorías de gastos de explotación (Opex): el mantenimiento de la instrumentación y la externalización de algunas actividades (si procede).

#### Mantenimiento de la instrumentación

El correcto mantenimiento de la instrumentación es un asunto de gran importancia para un centro de pruebas. Un centro de pruebas debe tener un plan cuidadosamente elaborado para los instrumentos:

- que requieran un mantenimiento regular del software (contratos de mantenimiento) para mantener su eficacia;
- que requieran una calibración periódica, tanto las que puede realizar internamente el centro de pruebas (si dispone de un servicio metrológico propio) como aquellas que debe realizar un laboratorio externo;
- que sean críticos y requieran un contrato de mantenimiento del hardware con un acuerdo de nivel de servicio.

Los gastos de mantenimiento y calibración son bastante predecibles y forman parte las operaciones regulares de un centro de pruebas.

#### Externalización de servicios

Un centro de pruebas debe identificar sus competencias y capacidades de prueba fundamentales y decidir encargar a laboratorios externos la realización de algunas pruebas para las que no esté debidamente equipado.

Por ejemplo, un centro de pruebas de telecomunicaciones puede decidir contratar al exterior la realización de algunos ensayos físico-químicos sobre la calidad de los materiales que sólo deba realizar unas pocas veces por año y que requieran equipos de ensayo muy específicos.

#### Gestión de compras

Para conseguir las mejores condiciones económicas en la compra de nuevos instrumentos, es útil que la oficina de compras disponga de varias opciones y que organice un proceso competitivo entre los potenciales suministradores.

Para ello, las necesidades del centro de pruebas deben expresarse como especificación técnica en la que se establezca una “lista de requisitos”, con requisitos obligatorios y opcionales. El centro de pruebas también puede identificar una lista de instrumentos que satisfagan los requisitos y proporcionar dicha lista a la oficina de compras, junto con las especificaciones técnicas. La oficina de compras organizará una

licitación con los potenciales proveedores. Se elegirán los instrumentos que satisfagan todos los requisitos y tengan el precio más económico.

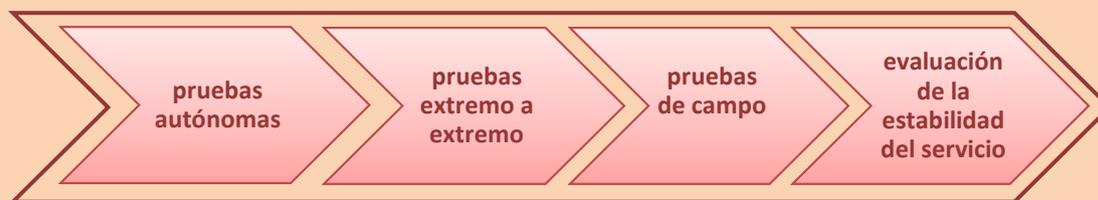
En algunos casos, en la adquisición de nuevos instrumentos el centro de pruebas debe tener en cuenta las tecnologías que viene utilizando (por ejemplo, si dispone de conjuntos de pruebas automáticas para un cierto instrumento u otros casos); también en este caso el lanzamiento de un proceso competitivo para promover la innovación en el ámbito de los conjuntos de pruebas automáticos puede ayudar a obtener condiciones económicas más ventajosas.

## 7 Gestión de las campañas de pruebas

La gestión de las campañas de pruebas es un proceso crítico para cualquier centro de pruebas. La eficiencia del proceso tiene un impacto directo en sus costos y en el plazo de puesta en el mercado de los productos objeto de las pruebas. Además, es muy importante que la secuencia de pruebas sea la correcta para identificar anomalías en el producto en prueba. La mayoría de los centros de prueba adoptan la secuencia de pruebas que refleja la figura 3:

- 1 **Pruebas autónomas:** en esta fase se evalúa el producto como elemento individual no conectado a otro equipo (la prueba se realiza en el laboratorio).
- 2 **Pruebas extremo a extremo:** en esta fase se evalúa el producto integrado en una red de acuerdo con el modelo de servicio definido (la prueba se realiza en la planta de pruebas). La evaluación de la calidad de funcionamiento del producto TIC puede formar parte de esta fase (es necesario un equipo especial de carga).
- 3 **Pruebas de campo:** el producto se prueba en un entorno real (la prueba se realiza en la planta real).
- 4 **Evaluación de la estabilidad del servicio:** evaluación final del servicio extremo a extremo con clientes /usuarios finales reales (prueba en la planta real).

Figura 3: los cuatro pasos del proceso de prueba



Origen: UIT

### 7.1 Proceso de pruebas

Otro aspecto importante a definir es la identificación de los papeles y responsabilidades del personal del centro de pruebas, especialmente si éste forma parte de una organización más amplia.

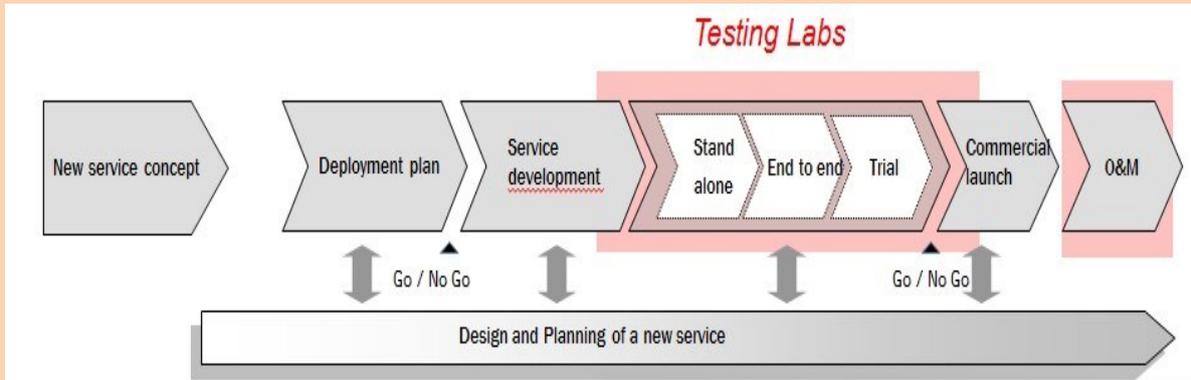
En la figura 4 se describe el proceso típico de creación de un nuevo servicio y el papel de los distintos departamentos. Normalmente, el departamento de mercadotecnia (*marketing*) define el concepto de servicio, incluidos los requisitos de personal y aspectos financieros, en colaboración con el departamento de ingeniería, responsable de los aspectos y limitaciones técnicas.

Una vez que se han definido el concepto de servicio y el plan de despliegue, se establecen los atributos detallados y los parámetros del modelo de servicio y de su lanzamiento, siendo el centro de pruebas responsable de evaluar la correcta implementación del servicio, pudiendo dar comienzo entonces el proceso de validación.

El proceso de validación (en el laboratorio y en la planta pruebas) puede organizarse en las tres fases secuenciales de pruebas: pruebas autónomas individuales, pruebas extremo a extremo o en cadena y pruebas de campo.

Una vez validado y lanzado el servicio, puede realizarse una prueba de evaluación de la estabilidad del servicio que verifique posibles problemas relacionados con la madurez del mismo. Cuando se considera que el servicio es estable se ejecutan la fase de operación y mantenimiento.

Figura 4: proceso de creación del servicio



Origen: UIT

++++  
Leyendas de la figura 4

			Laboratorios de pruebas				
Concepto del nuevo servicio	Plan de despliegue	Desarrollo del servicio	Autónomas	Extremo a extremo	Ensayo	Lanzamiento comercial	O&M
	Adelante Sí/No				Adelante Sí/No		
	Diseño y planificación de un nuevo servicio						

++++

**Pruebas autónomas**

La primera fase de las pruebas es la prueba autónoma. En ella se verifican las funciones y características de la implementación en prueba. Se prueban de forma aislada diversos aspectos del hardware y del software. Para las pruebas se estimula el equipo en prueba desde interfaces externos normalizados utilizando instrumentación adecuada que emule protocolos o realizando mediciones físicas.

Habitualmente, las pruebas autónomas constan de dos partes:

- la fase de pruebas del **hardware**, en la que se prueban parámetros físicos tales como compatibilidad electromagnética, seguridad y protección de la alimentación, radioeléctricos, medioambientales (temperatura, vibración), electroópticos, etc.
- la fase de pruebas del **software y de red**, en la que se verifican las funcionalidades relacionadas con los protocolos, normalmente mediante analizadores de protocolo.

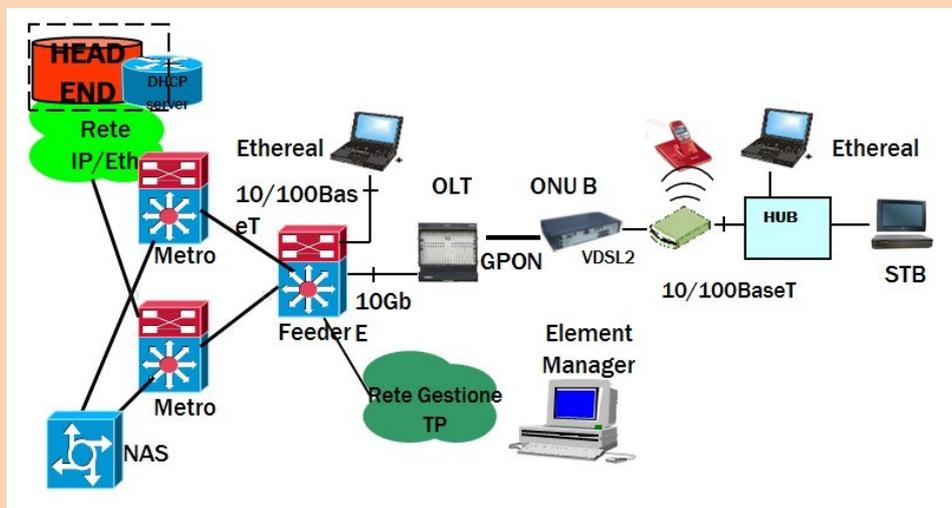
**Pruebas extremo a extremo**

Después de la fase de pruebas autónomas, frecuentemente es necesario evaluar la correcta interoperabilidad entre el equipo en prueba y otros elementos. Para realizar estas pruebas, debe reproducirse el entorno de funcionamiento, por ejemplo una red de telecomunicaciones, en una planta de pruebas que utilice los elementos de red más importantes interconectados de acuerdo con el modelo de servicio definido durante la fase de creación del servicio. En esta fase de pruebas deben representarse

las características y funcionalidades de todos los elementos de la red, desde el equipo asociado a la provisión del servicio hasta el equipo de transporte y distribución.

En la figura 5 se muestra la cadena de prueba necesaria para validar equipos utilizados en la oferta de servicios de acceso de próxima generación (arquitectura NGAN).

**Figura 5: cadena de pruebas extremo a extremo de la NGAN**



Origen: UIT

++++  
 Leyendas de la figura 5. Sólo se modifican los términos siguientes:

HEAD END ==== CABECERA

Rete IP/Eth ==== Red IP/Eth

Rete Gestione TP ==== Red de gestión del transporte

Element Manager ==== Gestor de elementos

Ethereal ==== Ethereal (analizador de protocolo)

++++

Las típicas familias de pruebas que se realizan en la fase de pruebas extremo a extremo son las relativas a la calidad de servicio, calidad de funcionamiento, procedimientos de gestión, carga de tráfico, etc.

**Pruebas de campo**

Normalmente, las pruebas de campo se llevan a cabo una vez finalizadas las pruebas de laboratorio (autónomas) y las de la planta de pruebas (extremo a extremo), y una vez hechas todas las evaluaciones en un entorno de laboratorio controlado. En esta fase normalmente se resuelven todas las anomalías y se evalúa el comportamiento del nuevo sistema en condiciones operativas. Durante las pruebas de campo, el nuevo equipo se instala en redes operativas donde se prueban no solo los aspectos asociados a la calidad de funcionamiento, sino todos los procesos realizados sobre la red, como la provisión, facturación, calidad de servicio, mantenimiento, etc. En esta fase también se analiza la capacidad del personal para instalar, gestionar y mantener las nuevas características, funciones y sistemas de red.

**Estabilidad del servicio**

Una vez realizadas las pruebas de campo, la última fase antes del lanzamiento del nuevo servicio es, por lo general, la evaluación de la estabilidad del mismo. A tal fin, se identifica un grupo de clientes para la realización de pruebas que permitan evaluar y supervisar de la calidad del nuevo servicio. El objetivo de esta actividad es conocer la experiencia del cliente con los nuevos servicios y/o productos, tanto en la fase

preoperacional como en el lanzamiento comercial, mediante evaluaciones directas in-situ, con grupos ad-hoc y grupos permanentes para pruebas de características como accesibilidad, funcionalidad y usabilidad. La eficacia del proceso de prueba debería reflejarse en una mejora de la calidad y la consiguiente disminución de la tasa de fallos de infancia.

El valor del grupo de pruebas descrito puede resumirse en tres aspectos fundamentales y característicos:

- 1 el entorno habilitador del servicio es real (con una red física, y tráfico y usuarios reales);
- 2 la tipología de clientes, que no solo incluye a técnicos y a otros participantes en el proceso o que trabajan en el desarrollo de nuevos servicios, sino también a usuarios/clientes reales no expertos;
- 3 el entorno del hogar, que refleja un utilización espontánea, similar a los hábitos de uso de los clientes.

Figura 6: contexto de la evaluación de la estabilidad del servicio



Origen: UIT

++++  
leyendas de la figura 6. De izquierda a derecha:

Usuario – Red --- Entorno ---

++++

Para realizar este tipo de evaluación, es necesario seguir una metodología bien definida como la que se muestra en la figura 7.

Figura 7: metodología de evaluación de la estabilidad del servicio



Origen: UIT

++++  
leyendas de la figura 7:

<b>Metodología</b>	<b>Planificación de las pruebas:</b> definición de objetivos, metas y herramientas para la recopilación de datos
	<b>Realización de las pruebas y recopilación de datos</b> (realimentación de los usuarios e informe de no conformidad)
	<b>Redacción del documento final informativo</b> (con el resultado funcional de LANZAR/NO LANZAR el servicio comercial)
	<b>Distribución de los resultados a las áreas pertinentes de la empresa</b> Marketing, Tecnología, Calidad y Servicios de campo

++++

**Solución de problemas**

Debido a la creciente complejidad de las redes, es necesario dedicar un gran esfuerzo a pruebas de interoperabilidad que aseguren que todas las combinaciones de accesos y terminales móviles y fijos funcionen adecuadamente.

Ello conduce a un análisis específico de solución de problemas que puede estructurarse como una prueba de contingencia **que permita absorber retrasos, anomalías o pérdidas imprevistas sin detener el correcto funcionamiento**. Este aspecto es de particular importancia cuando la falta de cobertura de las pruebas produzca tasas inadmisibles de defectos, con un elevado número de averías en la planta real. Esta actividad puede realizarse en la planta de pruebas, que puede ser una réplica reducida de la red móvil (véase al Apéndice A) y en la que se utilizan terminales móviles comercialmente disponibles.

En ese caso, debe asegurarse que el personal de soporte asignado a la administración del sistema tenga la capacidad y disponibilidad adecuadas, pues en caso contrario se pueden generar errores por configuraciones inadecuadas de los complejos entornos de pruebas (por ejemplo, informes de incidentes relacionados con el entorno, no con el terminal móvil).

El resultado de esta actividad es una ampliación de las listas de pruebas que aumenta la cobertura de las pruebas en áreas aparentemente menos robustas. Las principales contribuciones a la ampliación de la

lista de pruebas pueden proceder de la información remitida por el departamento de operaciones y/o de las quejas más frecuentes recibidas en el área de atención al cliente, por lo que debe existir una comunicación directa con dichas áreas. Si está disponible la información adecuada, por ejemplo la procedente del departamento de marketing, puede aplicarse un análisis de riesgos a cada modelo de terminal móvil (normalmente los modelos más rentables y caros) a fin de seleccionar las áreas de pruebas que necesiten un análisis en profundidad, e igualmente puede considerarse una fase preliminar de pruebas exploratorias a fin de optimizar las fases de planificación de pruebas.

## 7.2 Trazabilidad de errores y gestión de la campaña de pruebas

Un aspecto fundamental de todos los procesos de pruebas es el correcto almacenamiento y gestión de errores y anomalías detectadas en las diferentes fases: pruebas autónomas, extremo a extremo, de campo, etc. Es importante utilizar herramientas fiables para el seguimiento de la gravedad, responsabilidad e historia de cada error detectado.

El enfoque más adecuado es utilizar un software dedicado para la gestión de todos los procedimientos de pruebas. La aplicación utilizada, comercial o *ad hoc*, debe poder:

- planificar campañas de pruebas;
- realizar un seguimiento de las listas de pruebas y los casos de prueba;
- gestionar los productos/servicios en prueba;
- gestionar la lista de laboratorios;
- realizar la trazabilidad de errores;
- exportar informes de prueba básicas;
- supervisar las actividades de prueba.

Un aspecto clave es el correcto almacenamiento y gestión de las anomalías que incluyan una referencia adecuada a su nivel de gravedad a fin de tener una relación transparente con el fabricante y con los departamentos de la empresa (ingeniería, pruebas, operaciones). Normalmente, los errores se clasifican según dos indicadores: gravedad y prioridad.

- **GRAVEDAD:** es el nivel de *no conformidad* técnica del error.
- **PRIORIDAD:** es el *nivel de la prioridad para resolver* el error.

Normalmente se utilizan cuatro niveles de gravedad: A (prioridad más elevada), B (prioridad media), C (prioridad baja) y D (informativo). En la figura 8 se muestra un ejemplo de clasificación de errores.

Figura 8: ejemplo de clasificación de errores (bugs)

Severity	Description
<b>HIGH</b> High technical non-conformance.	Very critical anomaly impacting one of more of the following functionalities: service, capacity/traffic, charging, O&M. Typically they cause a total or critical lack of service not avoidable with a workaround solution.
<b>MEDIUM</b> Medium technical non-conformance with respect to the attended results.	Important anomaly seriously impacting functionalities or performance of the system or the service offered, and/or O&M functionalities. Typically these anomalies can produce a low functional or performance degradation.
<b>LOW</b> Low technical non-conformance with respect to the attended results.	Anomalies not impacting the main system functionalities or the offered service. Typically these anomalies don't produce degradation in the quality of service or O&M procedures.
<b>Informative Remark</b>	Point of attention. Typically this behavior has no impact on the final service, but it is important to be taken into account for future requirements and specifications.

Origen: UIT

+++++

Leyendas de la figura 8:

Gravedad	Descripción
<b>ALTA</b> No conformidad técnica muy importante	Anomalía muy crítica que afecta a una o más de las funcionalidades siguientes: servicio, capacidad/tráfico, tarificación, operación y mantenimiento (O&M).  Típicamente causan pérdida total o crítica del servicio que no puede evitarse con soluciones alternativas.
<b>MEDIA</b> No conformidad técnica media con respecto a los resultados logrados	Anomalía importante que afecta de forma grave a las funcionalidades o desempeño del sistema o al servicio ofrecido y /o a funcionalidades de O&M.  Típicamente pueden reducir las funcionalidades o degradar el desempeño.
<b>BAJA</b> No conformidad técnica baja con respecto a los resultados logrados	Anomalía que no afecta a las principales funcionalidades del sistema o a los servicios ofrecidos.  Típicamente no degradan la calidad de servicio o los procedimientos de O&M.
<b>Informativa</b> Comentarios	Supone una llamada de atención.  Típicamente este comportamiento no afecta al servicio final, pero es importante tenerlo en cuenta de cara a futuros requisitos y especificaciones.

+++++

En el proceso de gestión de anomalías también es muy importante identificar el papel de los diferentes agentes que participan en la campaña de pruebas para seguir una jerarquía correcta en la comunicación y la gestión de errores. En la figura 9 se enumeran cuatro posibles papeles, desde el nivel del probador al nivel de gestión. El papel de cada agente en la campaña de pruebas se define mediante dos parámetros:

- **VISIBILIDAD:** indica el nivel de intervención del agente en la gestión del error.
- **ACCIÓN:** indica qué tipo de actuación está permitida.

Figura 9: clasificación de papeles en el proceso de gestión de anomalías

<b>ROLE</b>	<b>Visibility</b>	<b>Actions</b>
<b>TESTER</b>	Complete access to Test Track and Test Plan	Open/Reopen/Defer/Close bugs Change bug severity (H, M, L, I) Receive Email notifications
<b>SOLVER</b>	Read-only access to Test Track Read-only access to Test Plan except for change bug status: -from Open/Reopen to Accepted -from Accepted to Deployed	Change bug status (accepted, deployed) Receive Email notifications regarding only their own opened bugs
<b>ENGINEERING</b>	Read-only access to Test Track Read-only access to Test Plan except for change bug priority	Change bug priority (A, B, C) Receive Email notifications
<b>GEST_1</b>	Read-only access to Test Track and Test Plan	Receive Email notifications
<b>GEST_2</b>	Read-only access to Test Track and Test Plan	

Origen: UIT

+++++

Leyendas de la figura 9:

PAPEL	Visibilidad	Acciones
PROBADOR	Acceso completo a la trazabilidad de las pruebas y al plan de pruebas	Abre/reabre/difiere/cierra errores. Modifica la gravedad del error (alta, media, baja, informativa) Recibe notificaciones por correo electrónico
SOLUCIONADOR	Acceso de solo lectura a la trazabilidad de las pruebas  Acceso de solo lectura al plan de pruebas, excepto para cambiar el estado del error: - de Abrir/Reabrir a Aceptado - de Aceptado a Desplegado	Modifica situación del error (aceptado, desplegado)  Recibe notificaciones por correo electrónico sólo de los errores que ha abierto
INGENIERÍA	Acceso de solo lectura a la trazabilidad de las pruebas  Acceso de solo lectura al plan de pruebas, excepto para cambiar la prioridad del error	Modifica prioridad del error (A, B, C)  Recibe notificaciones por correo electrónico
GESTIÓN_1	Acceso de sólo lectura a la trazabilidad de las pruebas y al plan de pruebas	Recibe notificaciones por correo electrónico
GESTIÓN_2	Acceso de sólo lectura a la trazabilidad de las pruebas y al plan de pruebas	

+++++

### 7.3 Gestión de la versión

Los equipos en prueba pueden variar notablemente en función de numerosas características y funciones, pudiendo tratarse desde una pequeña pasarela de acceso para el acceso a internet, hasta grandes nodos de red para redes metropolitanas o para el núcleo de red. Particularmente para los sistemas más complejos que normalmente se prueban en una planta de pruebas que reproduce una red real, es importante gestionar correctamente las versiones del software en prueba. Una forma adecuada de enfocar este problema es disponer de al menos dos instancias del equipo instaladas en la planta de pruebas con dos versiones de software:

- **Versión actual del software (N):** el equipo utiliza la versión que está operativa para emular el servicio y para la solución de problemas.
- **Nueva versión del software (N+1):** el equipo utiliza la nueva versión beta para fines de prueba.

### 7.4 Utilización de la lista de correo

En la actualidad, todo el personal de los centros de pruebas complejos, desde el gerente al operador de pruebas, están interconectados mediante infraestructuras de tecnologías de la información, y la mayor parte de las comunicaciones se establecen por correo electrónico. Por este motivo, es importante reglamentar la utilización del correo electrónico en la gestión de las campañas de pruebas y en el laboratorio y la planta de pruebas así como crear las listas de correo procedentes. Aunque el uso correcto

de estas herramientas pueda parecer una cuestión menor, tiene un fuerte impacto global en la eficiencia de los procesos de pruebas.

A continuación se presentan algunas reglas y recomendaciones de carácter general para la creación de las listas de correo adecuadas. Si éstas se diseñan correctamente, pueden tener un efecto notable en la velocidad y eficiencia de la gestión de las campañas de pruebas y de los recursos hardware y software.

Las reglas más importantes a tener en cuenta son las siguientes:

- En general, es útil diferenciar la lista de correo del laboratorio de la lista de correo de la planta de pruebas a fin de evitar correos no deseados entre los usuarios.
- Compartir solamente la información pertinente de la campaña de pruebas con los operadores de pruebas involucrados para evitar la congestión del correo electrónico.
- Compartir las soluciones de prueba identificadas entre los operadores de prueba involucrados para evitar duplicación de esfuerzos.
- Hacer un seguimiento y compartir información de la situación de los distintos equipos para implementar correctamente las cadenas de prueba.
- Crear listas de correo para la reserva de instrumentos por los distintos laboratorios para un uso eficiente de los recursos.
- Hacer un seguimiento de la utilización de equipos y puertos de prueba mediante una base de datos de recursos hardware.

## 7.5 Gestión de la implementación en pruebas

La eficiencia de una campaña de pruebas requiere una gestión correcta de la implementación en prueba; a continuación se presentan propuestas para la mejora de la gestión, la economía del proceso y la reducción de riesgos:

- conseguir la implementación en pruebas como préstamo del fabricante, especialmente cuando se trata de equipos caros y complejos;
- conseguir más de una unidad para realizar pruebas en paralelo en distintos laboratorios;
- pedir al fabricante que complete los módulos de configuración de datos del equipo (por ejemplo, los PICS proforma de la UIT);
- reducir el consumo de energía de grandes sistemas utilizando sólo los puertos en prueba;
- utilizar bases de datos para almacenar el estado y ubicación de los distintos equipos en prueba;
- disponer de un contrato de seguro cuando las implementaciones en prueba sean caras;
- utilizar siempre que sea posible enchufes con control IP para la alimentación de energía de las implementaciones en prueba a fin de reducir el consumo.

## 7.6 Evaluación de la incertidumbre de medición

La evaluación de la incertidumbre de medición se describe en la guía sobre la incertidumbre de medición (Evaluación de los datos de las mediciones - Guía para la expresión de la incertidumbre de medición)

“Cuando se informa del resultado de la medición de una cantidad física, es obligatorio dar una indicación cuantitativa de la calidad del resultado, de forma que quienes lo utilicen puedan estimar su fiabilidad. Sin dicha indicación, las mediciones no pueden compararse, ni entre ellas ni con referencia a los valores de

una especificación o norma. Por tanto, es necesario que exista un procedimiento fácilmente realizable, comprensible y generalmente aceptado que caracterice la calidad del resultado de una medición, es decir, que evalúe y exprese su incertidumbre”.<sup>4</sup>

La definición formal del término “incertidumbre de medición” es la siguiente:

**incertidumbre (de medición)**

parámetro asociado con el resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que puede ser razonable atribuir al valor medido.<sup>5</sup>

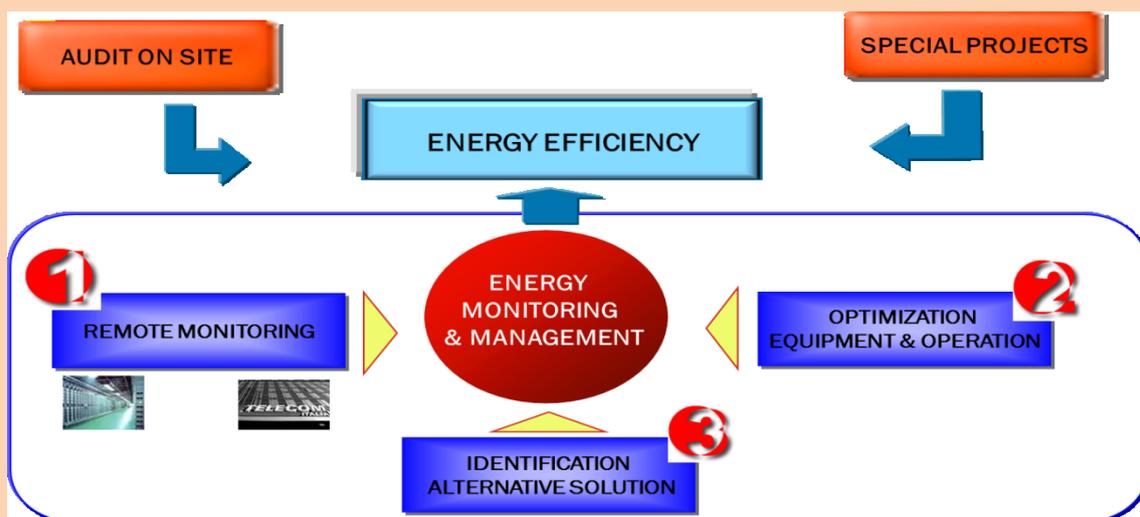
## 8 Gestión de la planta de pruebas y del laboratorio

### 8.1 Ahorro de energía

El consumo de energía es un asunto que ha adquirido una gran importancia en todo el mundo, algo de lo que todo centro de pruebas debe ser consciente tanto para sus propias actividades como cuando ofrece servicios de consultoría a sus clientes.

El primer paso en el ahorro energético es conocer el consumo de energía, para lo que debe instalarse un sistema eficaz de supervisión. Existen diversas soluciones para ahorrar energía.

Figura 10: proceso de supervisión energética



Origen: UIT

<sup>4</sup> [www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf) Documento elaborado por el Grupo de Trabajo 1 del Comité Mixto sobre la Guía de Metrología (JCGM/WG 1). [www.bipm.org](http://www.bipm.org)

<sup>5</sup> Idem

+++++

leyendas de la figura 10

AUDITORÍA EN EL EMPLAZAMIENTO		PROYECTOS ESPECIALES
	EFICIENCIA ENERGÉTICA	
1 SUPERVISIÓN A DISTANCIA	SUPERVISIÓN Y GESTIÓN DE LA ENERGÍA	2 OPTIMIZACIÓN DEL EQUIPO Y LAS OPERACIONES
	IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS	

+++++

**Supervisión de la energía**

Una herramienta de supervisión del consumo energético es clave para entender los elementos de costo principales y las condiciones que caracterizan un consumo elevado. La información que ofrece la herramienta permite detectar las principales causas de ineficiencia y adoptar medidas correctivas para el ahorro de energía.

La falta de información detallada y de mediciones de las áreas de distribución del consumo energético (cargas de corriente continua, cargas de corriente alterna, sistemas de aire acondicionado, etc.) y sobre todo de los elementos de consumo de energía, hace que sea difícil:

- verificar la facturación del proveedor de energía y evaluar aspectos contractuales;
- entender las razones de la diferencia entre energía consumida y energía utilizada;
- llevar a cabo las actuaciones necesarias y establecer prioridades;
- cuantificar los efectos de las actuaciones y evaluar el tiempo de recuperación de las inversiones;

Por ejemplo, una herramienta basada en una red de sensores radioeléctricos (WSN) para la supervisión, auditoría y control a distancia del consumo de energía permite la medición de:

- datos medioambientales: temperaturas exteriores e interiores, humedad relativa, luz;
- datos del consumo de energía: potencia/energía absorbida, detallados por equipos y servicios TIC.;

+++++

Legendas de la figura 11: (desde “atomic”... y en sentido de las agujas del reloj)

Supervisión “puntual y detallada” del consumo energético

Análisis y control

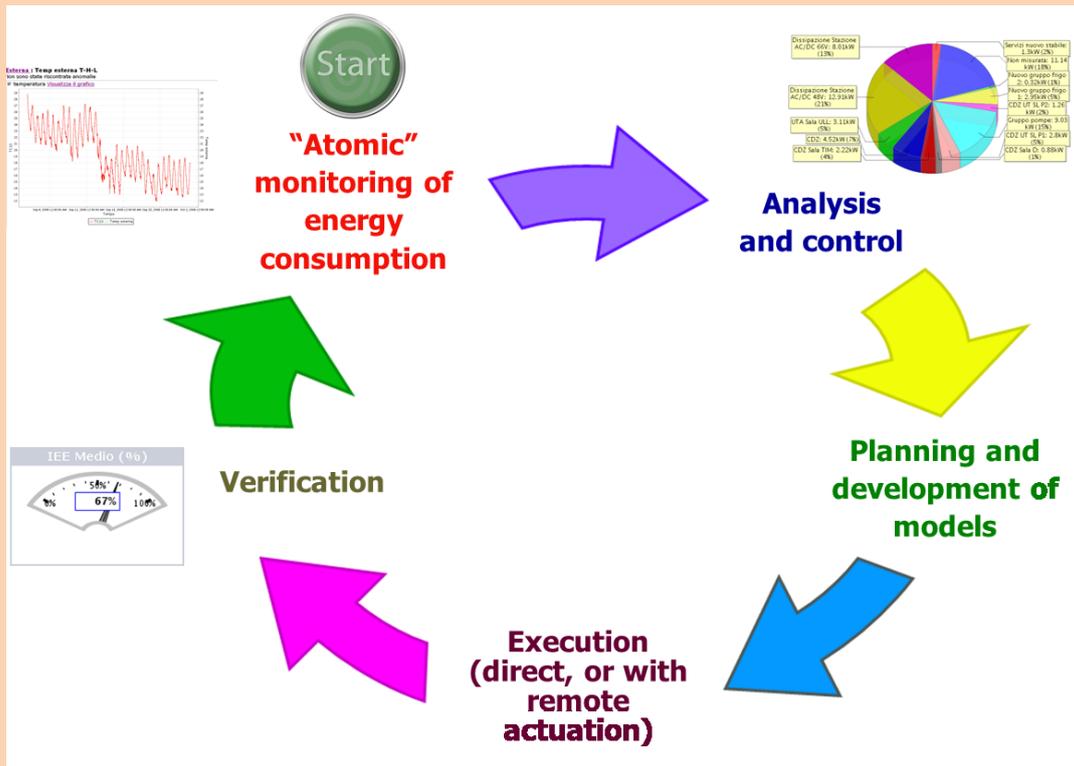
Planificación y desarrollo de modelos

Ejecución (directa o con actuación a distancia)

Verificación

+++++

Figura 11: ciclo de control de la energía



Origen: UIT

### Oportunidades de ahorro

Existen varias alternativas para llevar a cabo políticas de ahorro energético en un centro de pruebas. En este apartado no se considera el consumo de energía de los equipos de telecomunicaciones (por ejemplo, las necesidades de potencia de los equipos de una planta de pruebas) pues difiere de un equipo a otro y también pueden variar los procedimientos de gestión, sino que se abordan aspectos relacionados con la refrigeración, la iluminación y las fuentes de energías renovables.

### Diseño del aire acondicionado/refrigeración libre ("free cooling")

Es importante diferenciar entre la eficacia y la eficiencia de un sistema de refrigeración:

- la eficiencia es una indicación de la cantidad de energía que se convierte en energía de refrigeración comparada con la cantidad de energía suministrada
- la eficacia indica como la energía refrigera habitaciones y equipos

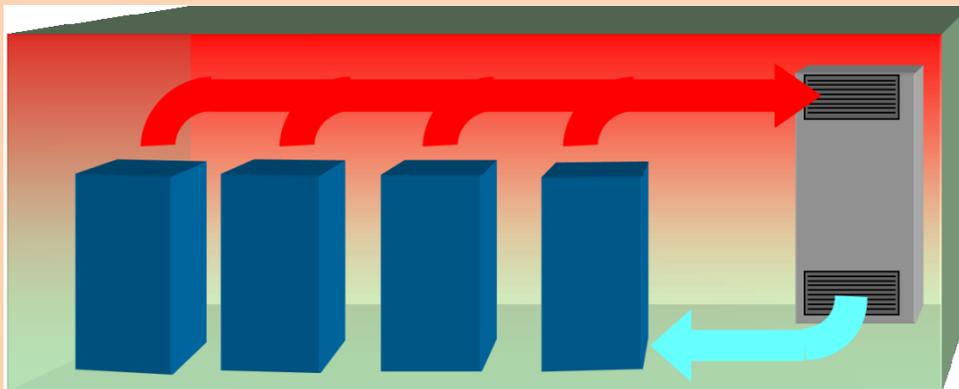
La eficacia del sistema (compuesto de un sistema y de dispositivos de refrigeración) depende de varios factores:

- topología de los flujos de aire;
- posición de los equipos;
- dirección de los flujos de aire caliente desde los equipos;
- gestión de los puntos calientes.

Algunas soluciones de optimización de la refrigeración son:

- dimensionar correctamente la infraestructura con una arquitectura modular de los sistemas de climatización y energía, cuyo número puede aumentarse para evitar utilizar sistemas de mayor tamaño.
- mantener la temperatura ambiente más elevada que permitan los equipos (25-30° C).
- eliminar el aire caliente, preferentemente cerca de los dispositivos de refrigeración;
- instalar sistemas de energéticos más eficientes;
- instalar paneles que recojan el aire caliente, lo cual permite reducir las zonas de concentración de calor y ahorrar energía;
- optimizar el flujo de aire frío y evitar la mezcla indeseada de aire caliente y aire frío;
- eliminar posibles obstrucciones por debajo de la solera flotante, mantener la limpieza y revisar la distribución de cables que puedan interrumpir la circulación del aire frío;
- dado que el aire caliente tiende a subir, la mejor forma de potenciar la circulación del aire en una habitación que debe enfriarse es extraer el aire caliente por la parte superior e introducir el aire frío por la parte inferior;
- facilitar la expansión del aire frío de los sistemas de acondicionamiento a todos los puntos de la habitación;
- liberar de obstrucciones el sistema de distribución del aire;
- si el aire se introduce directamente en la habitación, colocar los dispositivos a refrigerar de forma que se optimice el flujo de aire;

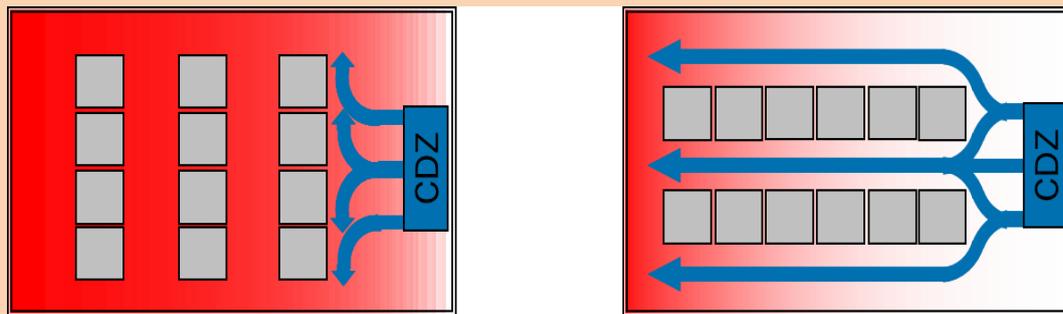
**Figura 12: flujo de aire del sistema de refrigeración**



Origen: UIT

- las aperturas de expulsión del aire caliente de los dispositivos están por lo general colocadas en sentido horizontal. Si los dispositivos están mal situados, el aire caliente de uno puede ser aspirado por otro;
- soluciones:
  - colocar los equipos de forma que se creen pasillos de aire caliente y de aire frío;
  - ajustar los deflectores para dirigir el aire caliente lejos de las toberas de salida de aire;
- la refrigeración de la habitación es más efectiva cuando la temperatura es uniforme;

Figura 13: variaciones del flujo de aire del sistema de refrigeración (flujos obstruidos y libres)



Origen: UIT

- la presencia de puntos calientes (puntos críticos donde la temperatura es superior a la media) implica la necesidad de reducir la temperatura de la habitación en su conjunto para mantener la temperatura requerida en toda la habitación;
- los dispositivos que producen más calor no deben agruparse en una misma zona de la habitación;
- si los dispositivos que producen más calor tienen que agruparse, deberán aislarse para optimizar la temperatura de refrigeración de la zona, sin afectar a otras zonas.

Una solución efectiva para refrigerar habitaciones que alojan equipos, como por ejemplo una planta de pruebas, es utilizar sistemas de refrigeración libre (*free cooling*). El sistema más innovador es la refrigeración libre por extracción, en la que el aire es extraído de la habitación tan cerca como sea posible del dispositivo y el aire frío entra debido a la depresión creada en la habitación.

Los sistemas de refrigeración libre tienen un costo bajo y reducen las necesidades de aire acondicionado. El tiempo de funcionamiento de un sistema de refrigeración libre mejora mediante un sistema de humidificación adiabático, en el que el aire entrante es refrigerado sin transferencia de energía (transformación adiabática).

En verano, y particularmente en regiones muy cálidas, pueden usarse sistemas tradicionales de refrigeración para atender la demanda adicional de refrigeración.

Leyendas de la figura 14:

dentro de la habitación, desde RACK en sentido de las agujas del reloj:

BASTIDOR

AIRE CALIENTE DE LOS EQUIPOS

(en el centro) HABITACIÓN

(debajo) AIRE ENFRIADO MEDIANTE UN PROCESO ADIABÁTICO

fuera de la habitación, de arriba a abajo:

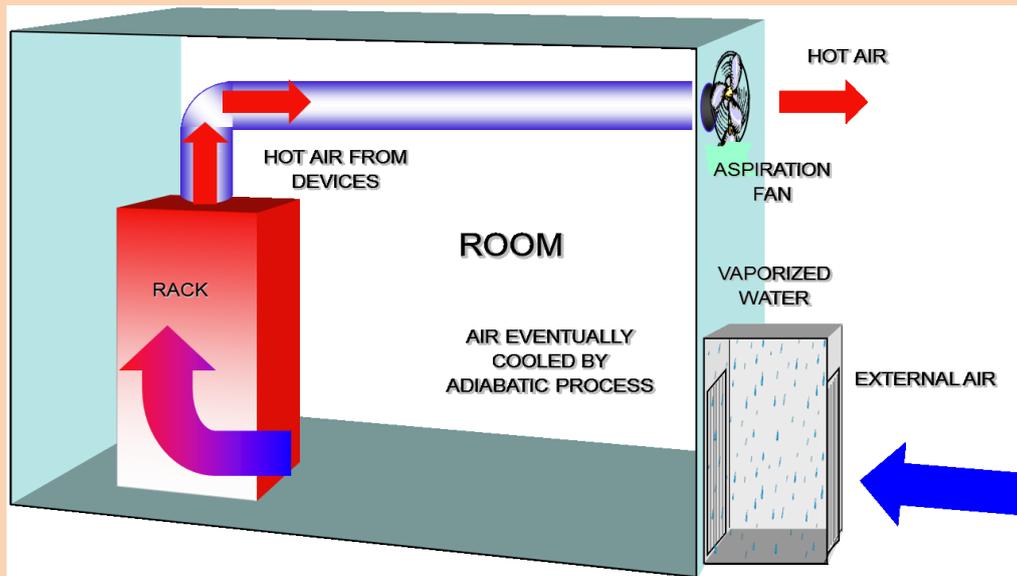
AIRE CALIENTE

VENTILADOR DE ASPIRACIÓN

AGUA VAPORIZADA

AIRE EXTERIOR

Figure 14: método de refrigeración libre (free cooling)



Origen: UIT

### Iluminación de baja potencia

En Europa se han impuesto nuevos requisitos para aumentar la eficiencia energética de los puntos de luz. Las lámparas halógenas y las luces incandescentes tradicionales se sustituyeron y retiraron del mercado a finales de 2012.

Soluciones alternativas:

- lámparas halógenas mejoradas: con ahorros de energía del 20-45 por ciento para la misma cantidad de luz.
- Lámparas fluorescentes compactas (CFL): con ahorros de energía del 65 al 80 por ciento respecto a las lámparas incandescentes.
- LED: tan eficientes como las CFL pero sin contenido de mercurio y con una vida más larga.
- Las lámparas LED están en su infancia desde un punto de vista industrial, y sus costos son aún elevados, pero el sector es muy prometedor. Para su uso en entornos de oficina debe prestarse atención a su color, temperatura y estabilidad de la luz. En Europa existe una serie de normas de obligado cumplimiento.

Pueden lograrse ahorros significativos de energía mediante políticas de ahorro como apagar la iluminación cuando no haya personas en una habitación.

### Fuentes renovables

Para reducir la factura energética de un centro de pruebas pueden aplicarse sistemas de producción de energías renovables.

Los generadores de energía renovable más comunes son los fotovoltaicos y los microeólicos.

- Las turbinas eólicas tienen una buena eficiencia sólo con velocidades del viento elevadas, de 8 a 10 m/s. Para una velocidad media del viento inferior a 5 m/s no existen generadores eólicos eficientes.
- Los paneles fotovoltaicos pueden utilizarse prácticamente en cualquier sitio, siempre que haya suficiente superficie disponible y preferiblemente orientada al sur (en el hemisferio norte).

Los costos de los sistemas fotovoltaicos constituyen una cuestión importante, debiendo evaluarse cuidadosamente el periodo de recuperación de la inversión aunque a menudo existen incentivos gubernamentales. Sin incentivos, el tiempo de recuperación de la inversión puede ser muy largo, especialmente en áreas donde la energía de la red esté disponible fácilmente y sea relativamente barata.

## 8.2 Impacto medioambiental

Un centro de pruebas puede evitar la generación innecesaria de residuos y reducir las necesidades energéticas y la contaminación de sus actividades de prueba.

En su funcionamiento diario un centro de pruebas puede supervisar y tratar de reducir lo siguiente:

- consumo global de energía;
  - consumo de energía para calefacción/refrigeración;
  - consumo de energía asociado a los viajes del personal;
- utilización de papel (mediante el uso intensivo de documentos electrónicos);
- la (posible) producción y tratamiento correcto de residuos peligrosos (por ejemplo, de un laboratorio químico u otros);

Para influir en la utilización de energía y en la contaminación potencial por su actividad, un centro de pruebas puede:

- evaluar el consumo de energía de los equipos y de los sistemas de suministro de energía;
- definir cómo evaluar las emisiones electromagnéticas;
- evaluar la compatibilidad ecológica de los productos, por ejemplo, verificar la conformidad con la Directiva sobre restricciones de sustancias peligrosas en los aparatos eléctricos y electrónicos (Directiva RoHS)<sup>6</sup>, o en general, identificar los materiales utilizados (para promover el uso de materiales más respetuosos con el medio ambiente).

## 8.3 Aspectos de seguridad

La gestión de un centro de pruebas siempre deberá tener en cuenta los aspectos de seguridad. Dichos aspectos están regulados por normas nacionales (por ejemplo, en Italia las normas sobre seguridad han sido recogidas en la Ley 81/2008). Es necesario conocer la legislación nacional aplicable.

El primer paso es la evaluación de riesgos: se analizan las actividades realizadas en el lugar de trabajo a fin de identificar las que potencialmente exponen a los trabajadores a peligros.

Una vez realizado dicho análisis, se establecen las medidas pertinentes para minimizar el riesgo. Dichas medidas incluyen:

- la definición de instrucciones de trabajo;
- la identificación de dispositivos de protección individuales;
- la formación sobre factores de riesgo, instrucciones de trabajo y dispositivos de protección.

La legislación identifica los responsables de la seguridad; por ejemplo, en Italia la seguridad es una responsabilidad básica del empleador y, a continuación, de los gestores. Además de ellos, la ley menciona a la "persona designada", es decir, la persona que da instrucciones directamente a los trabajadores al

---

<sup>6</sup> [http://ec.europa.eu/environment/waste/rohs\\_eee/](http://ec.europa.eu/environment/waste/rohs_eee/)

respecto. En un centro de pruebas, la “persona designada” puede ser el responsable de uno de los laboratorios, que se pasa a ser también responsable de seguridad.

La “persona designada” se asegurará de que todos los trabajadores del laboratorio sean conscientes de los riesgos y, cuando proceda, dispongan de los equipos de protección individuales adecuados, conocen su uso y los utilizan regularmente siguiendo las instrucciones de funcionamiento.

Es importante realizar controles periódicos de lo anterior, incluido el buen funcionamiento de los equipos individuales de protección; algunas legislaciones nacionales exigen el registro de dicho control.

Los procedimientos de trabajo también pueden establecer que sólo personas con suficiente preparación y cualificación puedan realizar determinadas tareas (utilizando equipos de protección individual adecuados).

Las empresas externas que trabajen en las instalaciones del centro de pruebas deben conocer los procedimientos de trabajo y las medidas de seguridad para que puedan ser aplicadas por su personal. En ese caso, el centro de pruebas también debe solicitar a la empresa externa asesoramiento sobre los riesgos existentes y tomar las medidas adecuadas para definir y minimizar dichos riesgos.

En todo caso, es la “persona designada”, ya sea responsable del laboratorio o coordinador de una determinada actividad, quien debe facilitar la información sobre riesgos.

El empleador tiene también la obligación de designar y formar a algunos empleados en la gestión de emergencias y en primeros auxilios. Debe definirse un plan de evacuación del edificio y realizar simulacros periódicamente.

Las oficinas y los laboratorios se diseñarán (y mantendrán) teniendo en cuenta las necesidades de seguridad: por ejemplo, existirán vías de evacuación que se mantendrán libres de obstáculos, las puertas serán las adecuadas, etc. En general, no deberá almacenarse material inflamable y los extintores estarán correctamente situados.

#### **8.4 Seguridad y control de acceso**

Normalmente, el acceso al edificio o edificios del centro de trabajo está controlado; ello es especialmente importante en el caso de laboratorios que albergan equipos valiosos y para los que se aplican normas de seguridad que deben ser conocidas y respetadas.

Es muy útil disponer de una herramienta informática que recopile las solicitudes de permiso de acceso al centro para personal de empresas externas. Ello permite definir un periodo de acceso autorizado a visitantes regulares (por ejemplo, suministradores o personal de mantenimiento). Al visitante regular se le proporciona una tarjeta de identificación de visitante que simplifica los procedimientos de acceso.

El personal de seguridad deberá establecer un sistema de seguimiento de cualquier visitante ocasional que no esté registrado en la herramienta mencionada, y durante su estancia, siempre deberá estar acompañado de un empleado.

Además de la entrada a las instalaciones, debe regularse el acceso individual a cada uno de los laboratorios, incluido el acceso de los empleados. Los laboratorios acreditados deben disponer de una lista del personal autorizado a entrar y trabajar en los mismos. La entrada a cada laboratorio puede controlarse mediante teclados numéricos o con una tarjeta de acceso.

#### **8.5 Control a distancia de la instrumentación**

El control a distancia de los instrumentos, mediante la interfaz IEEE-488 (GPIB) u otras, es una alternativa bien conocida.

En un centro de pruebas bien organizado sólo un pequeño número de mediciones se realiza actuando directamente sobre los instrumentos (por ejemplo, sobre un teclado asociado a los mismos); la mayoría se realizan a distancia en el proceso de automatización de los conjuntos de pruebas.

### Automatización de los conjuntos de pruebas

La automatización de las pruebas es de gran importancia para todos los procedimientos de prueba que deben repetirse en varias campañas. La automatización ofrece una serie de ventajas:

- **Reducción del tiempo de ejecución de las pruebas:** un conjunto de pruebas automatizado se ejecuta normalmente en una fracción del tiempo que sería necesario para realizar manualmente cada uno de los pasos;
- **Mejora de la repetitividad:** la ejecución automática elimina potenciales errores debidos al operador;
- **Mejora de la eficiencia:** el operador no necesita seguir paso a paso la ejecución de todas las pruebas y puede realizar otras tareas en paralelo. En algunos casos, un caso de prueba o un conjunto de pruebas puede realizarse en horario nocturno o durante el fin de semana, optimizando el uso de las instalaciones.

### Configuración de equipos a distancia y control a distancia mediante computadoras

Además de la automatización de un conjunto de pruebas, el control de la instrumentación a través de computadoras permite el control a distancia y que el operador no tenga que estar presente en la sala donde se encuentran los instrumentos y el equipo en prueba:

- los equipos de red también pueden configurarse y controlarse a distancia utilizando la red IP;
- existen enchufes de alimentación controlables a través de un puerto Ethernet que permiten automatizar las operaciones de requerir desenchufar los equipos.

Dichas opciones permiten el control completo a distancia de un banco de pruebas, entendiéndose por actuación “a distancia” algo que puede realizarse desde lugares tan distintos como “una sala próxima”, “el hogar” u “otra ciudad”.

### Utilización de salas de control

El control a distancia de un laboratorio o una planta de pruebas (un entorno especialmente ruidoso) desde una sala de control, con funcionalidad de “oficina”, permite a los empleados trabajar en un entorno más confortable y que su interacción con otros colegas sea más efectiva.

La posibilidad de operar la instrumentación y el equipo de red desde una sala de control también permite que se planteen otras alternativas como el teletrabajo.

### Teletrabajo

La utilización habitual de salas de control gracias a la capacidad de controlar a distancia instrumentos y equipos, abre la posibilidad de adoptar en un centro de pruebas un esquema de teletrabajo parcial.

El número de teletrabajadores también pueden contribuir a mejorar la eficiencia del centro de pruebas, puesto que es mayor el número de empleados que pueden actuar sobre un banco de pruebas de forma simultánea y en horarios distintos al normal de trabajo.

Casi todas las actividades de un centro de pruebas pueden realizarse utilizando una conexión ADSL o HSPA (debidamente protegida mediante el uso de una red privada virtual).

El marco del teletrabajo desde respetar la legislación nacional y las normas de la empresa. En general, y tal como se ha señalado, una mayor flexibilidad es un valor añadido para el centro de pruebas, siempre que el teletrabajador tenga la posibilidad de interactuar con otros trabajadores del centro (mediante correo electrónico, teléfono, mensajería, teleconferencia, etc., y que exista un tiempo mínimo de coincidencia de la presencia en las instalaciones).

La eficacia del trabajo realizado en la modalidad de teletrabajo puede evaluarse por objetivos, con preferencia a aplicar un control minucioso de las horas trabajadas (no obstante, existen herramientas que permiten, por ejemplo, establecer un sistema de reloj de control virtual).



Leyendas de la figura 15

	NORMA NACIONAL DE REFERENCIA		ORGANISMO NACIONAL DE CALIBRACIÓN
	NORMA PRIMARIA DE REFERENCIA		
	NORMATIVA SECUNDARIA DE REFERENCIA	NORMATIVA SECUNDARIA DE REFERENCIA	LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
NORMATIVA DE FUNCIONAMIENTO	NORMATIVA DE FUNCIONAMIENTO	NORMATIVA DE FUNCIONAMIENTO	LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN Y GESTIÓN
INSTRUMENTACIÓN DE LABORATORIO	INSTRUMENTACIÓN DE LABORATORIO	INSTRUMENTACIÓN DE LABORATORIO	INSTRUMENTACIÓN DE LABORATORIO
Evaluaciones de las mediciones e instrumentación del centro de pruebas			

### 9.1 Laboratorio de calibración

El laboratorio de calibración debe estar acreditado por el organismo nacional de acreditación de la calibración (que a su vez debe estar reconocido por la Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios (ILAC)), estar identificado con un número de acreditación de referencia y disponer de una lista de parámetros acreditados (por ejemplo, tensión, corriente, frecuencia, parámetros ópticos). Para dichos parámetros, el laboratorio de acreditación aplica las normas de referencia a la instrumentación utilizada por el centro de pruebas de acuerdo con la reglamentación nacional e internacional de calibración.

### 9.2 Laboratorio de instrumentación y gestión

El laboratorio de instrumentación y gestión ofrece normalmente a nivel interno un servicio de gestión de la instrumentación con el fin de:

- realizar calibraciones periódicas;
- realizar el mantenimiento ordinario o extraordinario de la instrumentación;
- mantener un registro del historial de mantenimiento y calibración utilizando software comercial *ad hoc*

Existen aplicaciones para controlar el registro de la instrumentación (número de activo, fabricante, opciones instaladas) y el historial de cada instrumento (calibración externa o interna, acciones preventivas o correctivas, servicio, usuarios, documentación de calibración).

Todos los documentos necesarios (tablas de datos, certificados, registros de calibración y procedimientos técnicos) se almacenan en formato digital en un servidor protegido (de sólo lectura) manejado por el personal de la empresa. El personal del laboratorio de instrumentación y gestión es responsable del mantenimiento de los procedimientos internos para la protección de todos los registros almacenados en el sistema de información (instalación de antivirus, copias de respaldo, control de la prioridad de acceso).

### 9.3 Instrumentación sujeta al control del sistema de calidad

Toda la instrumentación incluida en el sistema de control de calidad debe estar registrada en el sistema de control de calidad de la empresa e identificada con una etiqueta especial que incluya un “código de calidad”. La codificación identifica la categoría de la instrumentación:

1. normas de referencia;
2. normas de funcionamiento;
3. instrumentación objeto de calibración;

#### 4. instrumentación auxiliar.

Esta clasificación se realiza de acuerdo con las características metrológicas de la instrumentación (precisión) e identifica las subsiguientes actividades de calibración.

La instrumentación de referencia debe enviarse al centro de calibración externo, reconocido por el organismo nacional o internacional de acreditación, o a centros metrológicos primarios, mientras que el resto de los instrumentos pueden calibrarse utilizando instrumentos de características metrológicas superiores (de acuerdo con el proceso de la cadena metrológica)

El sistema de información antes descrito permite gestionar la calibración periódica; cuando expira la fecha de calibración el sistema avisa de que la instrumentación debe ser calibrada y un experto del laboratorio de instrumentación y gestión inicia el procedimiento informando al usuario del comienzo del proceso.

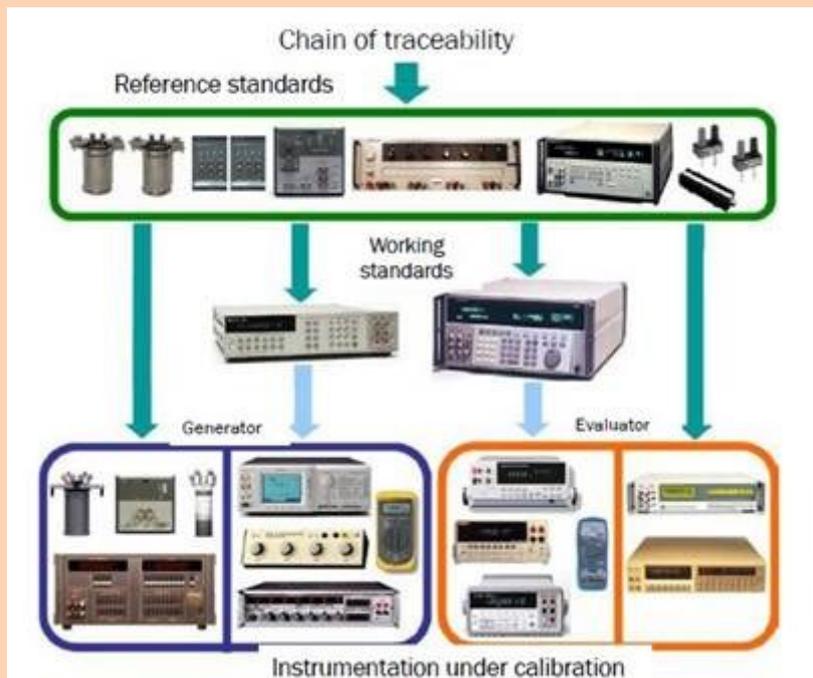
Cuando la calibración puede realizarse internamente, el personal del laboratorio de instrumentación y gestión se ocupa del instrumento de acuerdo con el procedimiento adecuado (disponible en el servidor dedicado).

El procedimiento técnico es el documento formal que identifica unívocamente el proceso de calibración de la instrumentación y contiene lo siguiente:

- alcance;
- campo de aplicación;
- normas de referencia;
- instrumentación auxiliar;
- fases operativas (incluida la configuración para la medición);
- tablas de datos para recopilar los resultados (incluida la incertidumbre de la medición).

Antes de ser utilizado e incluido en la lista de documentos formales del laboratorio, el procedimiento debe ser aprobado por el responsable del laboratorio de instrumentación y gestión (experto).

Figura 16: Cadena de trazabilidad



Origen: UIT

+++++

leyendas de la figura 16

	Cadena de trazabilidad	
Normas de referencia		
	Normas de funcionamiento	
Generador		Evaluador
	Instrumentación a calibrar	

+++++

El laboratorio de calibración y el laboratorio de instrumentación y gestión deben tener un acceso controlado y condiciones ambientales adecuadas para garantizar los requisitos de calidad. Los parámetros ambientales (temperatura y humedad) deben registrarse y ser supervisados de acuerdo con las condiciones de referencia para no comprometer el resultado de las mediciones.

En algunos casos es necesario realizar la calibración por medios externos, por ejemplo, cuando la instrumentación constituye una norma de referencia o si no se dispone de los conocimientos necesarios, en cuyo caso el laboratorio de calibración identificará un centro de calibración con las condiciones requeridas para las mediciones.

Cuando la calibración se realiza con éxito (ya sea interna o externamente) los resultados deben registrarse en un sistema de información (fecha de calibración, nombre del operador, normas utilizadas o certificado de calibración emitido) y se colocará una etiqueta especial en el instrumento con la fecha en la que expira la calibración.

En algunos casos, la calibración puede realizarse con procedimientos automáticos que utilizan software comercial (por ejemplo, VEE de HP o LabVIEW de NATIONAL). Este tipo de procedimientos automáticos deben ser validados previamente mediante métodos alternativos para garantizar una correcta ejecución en todas las fases. Un posible enfoque es utilizar un método manual para la validación.

Los resultados del proceso de validación deben almacenarse en un sistema de información y ser actualizados cada vez que se produce un cambio.

Las actividades de reparación realizadas cuando falla la instrumentación deben utilizar un procedimiento similar. En ese caso, todo el proceso de reparación y la información pertinente (fecha de reparación, descripción del fallo, piezas o partes sustituidas, costo de la reparación y necesidad de una nueva calibración) debe almacenarse en un sistema de información con independencia de que la reparación se realice por medios internos o externos.

## **10 Aspectos de calidad (en Italia véase UNI CEI EN ISO/IEC 17025)**

La calidad es un factor decisivo para el desarrollo de un centro de pruebas y para la mejora de los servicios que ofrece a sus clientes. Por este motivo, todo el personal debe ser consciente de la importancia de la calidad y aplicarla en todo momento.

La política de calidad de un centro de pruebas tiene por objetivo lograr y mantener un elevado nivel de calidad en todos los aspectos de los servicios de prueba de conformidad que ofrece. El servicio que un centro de pruebas ofrece a sus clientes debe cumplir en todo momento la norma de acreditación ISO/CEI 17025 para todas las pruebas para las que está acreditado y debe garantizar su imparcialidad y la confidencialidad como tercera parte proveedora de servicios de prueba de conformidad.

Es responsabilidad de todo el personal de un centro de pruebas estar familiarizado con el contenido de esta norma y cumplir en todo momento las políticas y procedimientos establecidos en el manual de calidad y en la documentación asociada.

Para lograr y mantener un elevado nivel de calidad en la ejecución de esta política de calidad, es fundamental que el gerente técnico del laboratorio tenga la responsabilidad global de la gestión de los servicios de prueba y de la implantación del sistema de calidad en el laboratorio. Además, el gerente de calidad debe tener la responsabilidad global del mantenimiento y el control de la calidad, así como del asesoramiento y supervisión de todos los aspectos relacionados con la calidad en el laboratorio.

El gerente de calidad debe preparar anualmente un plan de calidad y remitirlo al grupo de dirección de calidad para su aprobación. El grupo de dirección de calidad está compuesto por el gerente general, el gerente técnico y el gerente de calidad. El plan de calidad señalará los objetivos y los medios para conseguirlos. En la reunión de análisis del sistema de calidad se verificará el cumplimiento de los objetivos del plan de calidad y del sistema de calidad. La consecución de los objetivos de calidad es, en todo caso, un objetivo conjunto de todo el personal que participa en las actividades definidas en el plan de calidad.

Una de las políticas de la gestión del centro de pruebas es garantizar que se tienen en cuenta todos los potenciales problemas asociados a conflictos de intereses y que se resuelven de conformidad con el manual de calidad y los procedimientos conexos para garantizar a todos los clientes la independencia del personal en todas las fases de su trabajo.

Los objetivos del sistema de calidad de un centro de pruebas son:

- garantizar la aplicación en todo momento de la política de calidad;
- lograr y mantener un elevado nivel de calidad en todos los aspectos de los servicios de pruebas de conformidad;
- garantizar que todos los servicios de prueba proporcionados y para los que el centro está acreditado cumplen en todo momento las normas nacionales/internacionales de acreditación;
- garantizar que se cumplen completa y permanente los requisitos de calidad de los clientes;
- garantizar la imparcialidad y confidencialidad en todas las actividades.

El sistema de calidad se formaliza mediante el manual de calidad que describe:

- el sistema de calidad establecido por el centro de pruebas para que el trabajo del personal se desarrolle de acuerdo con las normas de referencia;

- la organización del centro de pruebas y la distribución de responsabilidades;
- el marco técnico en el que se ofrecen los servicios de pruebas de conformidad
- los criterios generales para el control de la calidad y los procedimientos técnicos.

### 10.1 Manual de calidad

El manual de calidad describe las políticas de calidad de un centro de pruebas y constituye el documento oficial que describe el funcionamiento del sistema de calidad. Un manual de calidad típico incluye la política y objetivos de calidad de la empresa, así como una descripción detallada de su sistema de control de la calidad, que puede incluir los papeles y relaciones del personal, los procedimientos, los sistemas y cualquier otro recurso relacionado con la producción de bienes o servicios de alta calidad.

El gerente de calidad es responsable de la autorización y compilación del manual de calidad. La secretaría tiene la responsabilidad de la edición y distribución del mismo.

El manual de calidad debe distribuirse a todo el personal del centro de pruebas. Normalmente consta de las partes siguientes:

- **Resumen:** incluye el índice, la lista de revisiones de la parte general y de los anexos; la lista de áreas de pruebas y el estado de acreditación;
- **Parte general:** describe el sistema de calidad utilizado, las responsabilidades de la organización del centro de pruebas, los criterios generales y referencias a los procedimientos de control de la calidad;
- **Anexos del área técnica:** describe el entorno, los sistemas de pruebas, las normas de referencia y los procedimientos técnicos de cada una de las áreas de prueba del centro de pruebas.

### 10.2 Gestión de la calidad

El gerente técnico es responsable de la gestión de los servicios de prueba, en todos los aspectos y para todos los resultados de las actividades de prueba del centro de pruebas, así como de la puesta en práctica del sistema de calidad en el laboratorio.

El gerente de calidad es responsable de establecer y verificar la idoneidad del sistema de calidad descrito en el manual, supervisar todos los aspectos de calidad de los servicios de prueba y asesorar en consecuencia al gerente técnico y al gerente general.

### 10.3 Documentación

La documentación del sistema de calidad del centro de pruebas incluye:

- manual de calidad;
- procedimientos de control de calidad;
- documentos técnicos.

Los procedimientos de control de calidad definen la forma de realizar las actividades para lograr el objetivo del control de calidad. A continuación se enumeran los procedimientos que deben incluirse en un manual de calidad:

- preparación y ejecución de los procedimientos de calidad del centro de pruebas;
- actualización y distribución del manual de calidad;
- auditorías de calidad y revisión;
- nombramiento y capacitación del personal;
- gestión de las campañas de pruebas;

- control y actualización de la documentación técnica;
- gestión de archivos;
- seguridad del software de las computadoras.

El gerente de calidad tiene la responsabilidad de autorizar la creación y actualización de los procedimientos y de verificar la coherencia de éstos con el sistema de calidad, siendo el gerente técnico el responsable de su implantación en el centro de pruebas.

Los documentos técnicos son los relacionados con los aspectos técnicos de los servicios de prueba. Los responsables de área tienen la responsabilidad de controlar los documentos técnicos de sus respectivas áreas. El procedimiento de control de calidad incluye el control y la actualización de los documentos técnicos. Toda la información sobre dichos documentos técnicos se incluye en los anexos de las áreas técnicas del manual de calidad.

Todo el personal del centro de pruebas debe tener una copia controlada de los procedimientos de calidad. El acceso al resto de la documentación necesaria para realizar las pruebas de conformidad estará directamente disponible para el personal de los laboratorios. La política y los procedimientos definidos en el manual de calidad y en cualquier procedimiento relevante del control de calidad deben ser estudiados cuidadosamente y puestos en práctica obligatoriamente por todo el personal del centro en todo momento.

#### **10.4 Desviación de los procedimientos documentados**

Durante la actividad diaria del centro de pruebas pueden producirse desviaciones de los procedimientos de calidad o de las especificaciones de las pruebas de conformidad. Para garantizar que no se pone en riesgo el sistema de calidad establecido, deberá seguirse el procedimiento siguiente:

- El personal involucrado informará inmediatamente al responsable del área de prueba de cualquier desviación de carácter técnico y al gerente de calidad de cualquier desviación respecto a los procedimientos de calidad, y documentará dicha desviación.
- El personal involucrado rellenará el formulario sobre desviaciones de procedimiento y describirá la causa de la desviación.
- Si la desviación afecta a la prueba de conformidad, ésta se detendrá inmediatamente.
- El responsable del área de prueba realizará una investigación para decidir la actuación o actuaciones a tomar. Si existe la posibilidad de que la integridad del trabajo se vea afectada, las pruebas deberán ser reiniciadas y comenzar desde el principio siguiendo el procedimiento documentado. Si se determina que existen razones técnicas para justificar que no se pone en riesgo la calidad de las pruebas, éstas podrán continuar. Sin embargo, se documentará la justificación en el formulario sobre desviaciones del procedimiento.
- Cualquier decisión y actuaciones que se tomen deberán ser documentadas en el formulario sobre desviaciones del procedimiento.
- El formulario sobre desviaciones del procedimiento se remitirá al gerente de calidad para su revisión y se incorporará en la documentación de la campaña de pruebas.

El formulario sobre desviaciones del procedimiento también se utilizará para crear una nueva versión o una modificación de los informes de pruebas.

Las desviaciones pueden conducir a la adopción de medidas correctivas. En ese caso deberá rellenarse el formulario de petición de medidas correctivas.

## Apéndice A: Infraestructura de laboratorios de pruebas y de la planta de pruebas

Apartado	Acrónimo (inglés) del laboratorio de pruebas	Área de competencias
A	SAR	Laboratorio de la tasa de absorción específica ( <i>Specific Absorption Rate</i> )
B	USX	Laboratorio de experiencia del usuario ( <i>User experience</i> )
C	BBA	Laboratorio de accesos de banda ancha ( <i>Broadband access</i> )
D	VAS	Laboratorio de servicios móviles de valor añadido ( <i>Mobile value added services</i> )
E	EPS	Laboratorio de seguridad y protección eléctrica ( <i>Electrical safety &amp; protection</i> )
F	ELA	Laboratorio de electroacústica
G	EMC	Laboratorio de compatibilidad electromagnética ( <i>Electromagnetic compatibility</i> )
H	RSL	Laboratorio de radiocomunicaciones y señalización ( <i>Radio &amp; Signalling</i> )
I	PWE	Laboratorio de eficiencia energética ( <i>Powering efficiency</i> )
J	QML	Laboratorio de calidad de los materiales ( <i>Quality of material</i> )
K	WIF	Laboratorio de redes de área local ( <i>Personal area network</i> )
L	TPF	Planta de pruebas de la red fija ( <i>Fixed Test plant</i> )
L	TPM	Planta de pruebas de la red móvil ( <i>Mobile Test plant</i> )

### A Laboratorio de la tasa de absorción específica (SAR)

#### Objeto del laboratorio

Diversos organismos nacionales de reglamentación, como la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, *Federal Communications Commission*) de los Estados Unidos de América requieren la evaluación del valor de cresta medio de la distribución espacial de la tasa de absorción específica (SAR en [W/kg]) debida a dispositivos portátiles móviles para garantizar el cumplimiento de los parámetros reglamentados (Código de Reglamentación Federal y directrices de la FCC). Los valores de SAR adoptados en distintos países se basan normalmente en normas como la IEEE C95.1 o en directrices como las desarrolladas por la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP)

La SAR de un cuerpo biológico expuesto a un campo radioeléctrico cuantifica la potencia absorbida por la unidad de masa del tejido y es función de una serie de factores, que incluyen la geometría del tejido y las

propiedades dieléctricas y orientación del cuerpo en relación con la fuente. Puesto que la energía radioeléctrica inducida en el cuerpo se dispersa y es absorbida a través de varias partes del tejido, el campo interno y, por tanto, la distribución de la SAR no es uniforme. El acoplamiento de la energía se complica aún más por la geometría de la fuente y por el acoplamiento mutuo cuando la exposición es en el campo cercano, por ejemplo, en las condiciones de exposición asociadas a transceptores radioeléctricos portátiles. La evaluación de las distribuciones de la SAR asociadas a dichos dispositivos es una tarea compleja que normalmente requiere mediciones técnicas o modelización numérica. Una forma de evaluar la conformidad con los requisitos de la SAR es medir la intensidad del campo eléctrico en un líquido de características equivalentes al tejido, utilizando modelos antropomórficos de la cabeza humana. El objeto del laboratorio es, por tanto, la medición de la SAR para terminales portátiles o dispositivos inalámbricos radioeléctricos utilizados en la proximidad del oído o del cuerpo humano.

El estado del arte actual sobre la evaluación de la SAR utiliza modelos antropomórficos construidos con plásticos o fibra de vidrio de baja permisividad y pérdidas reducidas rellenas de un líquido homogéneo de características equivalentes a los tejidos. La forma y tamaño del modelo y las propiedades dieléctricas del líquido equivalente a los tejidos utilizado para representar el tejido medio de la "cabeza" se eligen de forma que los resultados de las mediciones de los valores de SAR sean conservadores, es decir, que normalmente reflejen una ligera sobrevaloración en comparación con modelos de cabeza anatómicos heterogéneos.

Aunque las mediciones del aumento de la temperatura mediante técnicas basadas en sondas de temperatura o cámaras de infrarrojos se han utilizado ampliamente en el ámbito de la investigación o para calibrados de transferencia, dichos métodos no son adecuados para pruebas de dispositivos de baja potencia debido a su sensibilidad limitada y a su rango dinámico. Sólo las sondas en miniatura de campo eléctrico con sensores basados en dipolos de diodos de carga pueden proporcionar el rango dinámico necesario y, en consecuencia, los procedimientos de prueba de terminales portátiles descritos están limitados a técnicas de medición que utilicen sondas en miniatura de campo eléctrico. Las mediciones de la SAR se realizan explorando el interior de una delgada carcasa anatómica rellena con un líquido equivalente a tejidos y utilizando típicamente un robot con varios ejes para posicionar una sonda en miniatura de campo eléctrico. Una vez que se han identificado las zonas con un valor más elevado de la SAR, se utilizan algoritmos de postprocesamiento sujetos a los requisitos descritos en este documento para promediar la SAR local sobre un volumen predeterminado a fin de determinar el valor de cresta medio de la distribución espacial de la misma.

#### Lista de servicios de prueba del laboratorio

**SARLEV** – determinación de la tasa de absorción específica (SAR) para dispositivos portátiles utilizados muy próximos al oído (gama de frecuencias de 850 MHz a 2 GHz).

**BODYSARLEV** – determinación de la tasa de absorción específica (SAR) para dispositivos de comunicaciones inalámbricas utilizados muy próximos al cuerpo humano (gama de frecuencias de 850 MHz a 2 GHz).

#### Normas de referencia

**CENELEC EN 50360/A1** – Producto normalizado para demostrar la conformidad de los teléfonos móviles con las restricciones básicas relacionadas con la exposición humana a los campos electromagnéticos (300 MHz – 3 GHz) [DOC.SARLEV.01], modificación; marzo de 2012.

**CEI 62209-1:2005** – Exposición humana a campos radioeléctricos debidos a dispositivos de comunicaciones inalámbricas portátiles y montados sobre el cuerpo humano – Modelos humanos, instrumentación y procedimientos – Parte 1: procedimiento para determinar la tasa de absorción específica (SAR) para dispositivos portátiles utilizado en la proximidad del oído (rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz).

**CENELEC EN 62209-1:2006** – Exposición humana a campos radioeléctricos debidos a dispositivos de comunicaciones inalámbricas portátiles y montados sobre el cuerpo humano – Modelos humanos, instrumentación y procedimientos – Parte 1: procedimiento para determinar la tasa de absorción

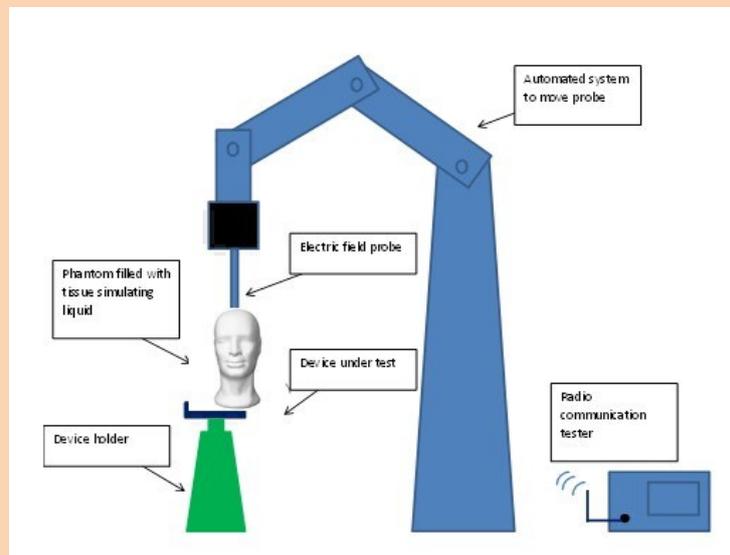
específica (SAR) para dispositivos portátiles utilizado en la proximidad del oído (rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz).

**CENELEC EN 62209-1:2010** – Exposición humana a campos radioeléctricos debidos a dispositivos de comunicaciones inalámbricas portátiles y montados sobre el cuerpo humano – Modelos humanos, instrumentación y procedimientos – Parte 2: procedimiento para determinar la tasa de absorción específica (SAR) para dispositivos de comunicaciones inalámbricas utilizado en la proximidad del cuerpo humano (rango de frecuencias de 30 MHz a 6 GHz).

### Configuración e instrumentación del equipamiento de pruebas

La figura A1 muestra la configuración del equipo de pruebas (componentes principales). A continuación se incluye la lista de la instrumentación necesaria y otros instrumentos para la verificación o validación del sistema de medición

**Figura A.1: principales componentes del sistema de medición de la SAR**



Origen: UIT

Leyendas de la figura A1, empezando por "Automated..." y hacia la izquierda de arriba a abajo

Sistema automático para el movimiento de la sonda

Sonda del campo eléctrico

Figura rellena con líquido que simula tejidos

Dispositivo en prueba

Soporte del dispositivo

(abajo a la derecha) Equipo de prueba de radiocomunicaciones

+++++

Los principales componentes del sistema de medición de la SAR son los siguientes:

- ROBOT ANTROPOMÓRFICO: 6-EJES + CONTROLADOR
- SOPORTE PARA DISPOSITIVOS PORTÁTILES/INALÁMBRICOS
- FIGURAS (CABEZA Y CUERPO)
- SONDAS DE CAMPO ELÉCTRICO
- SERVIDOR PARA MEDICIONES Y ELECTRÓNICA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

- SOFTWARE DE MEDICIÓN DE LA SAR
- TERMÓMETRO, REGISTRO DE DATOS
- ANALIZADOR DE RED VECTORIAL
- KIT DE LA Sonda EN EL DIELECTRICO + SOFTWARE
- EQUIPO DE PRUEBA DE RADIOCOMUNICACIONES PARA CONFIGURAR EL DISPOSITIVO DE COMUNICACIONES
- HIGROTERMÓMETRO
- DEPÓSITO QUÍMICO (PARA ALMACENAR LÍQUIDOS)
- COMPUTADORAS, (PC/ESTACIÓN DE TRABAJO/PORTÁTILES)
- CORTINA ÓPTICA DE SEGURIDAD PARA ROBOTS

Componentes de validación/verificación del sistema de medición de la SAR

- FILTRO PASO BAJO/ PASO ALTO
- MEDIDOR DE POTENCIA
- SENSOR DE POTENCIA, VALOR DE CRESTA Y MEDIO
- SENSOR DE POTENCIA, VALOR DE CRESTA Y MEDIO
- ACOPLADOR, DIRECCIONAL DUAL
- ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA
- AMPLIFICADOR DE RF
- ATENUADORES DE RF
- GENERADOR DE RF
- TERMINACIÓN DE PRECISIÓN DE 50 OHMIOS
- ANTENAS DIPOLO
- CABLES FLEXIBLES PARA MICROONDAS
- CIRCULADOR

### Matriz de competencias del personal (principales conocimientos)

**Gerente del laboratorio:** conocimientos de electromagnetismo, compatibilidad electromagnética, microondas y componentes de RF, arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles y de técnicas de acceso radioeléctrico, profundo conocimiento de aspectos de calidad (es recomendable el conocimiento de la norma ISO/CEI 17025:2005), conocimientos básicos de las principales lenguas extranjeras.

**Responsable de campañas de prueba:** conocimientos de electromagnetismo, electrónica, conocimientos básicos de arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles y de técnicas de acceso radioeléctrico, conocimientos básicos de aspectos de calidad, elevada capacidad para impartir formación y coordinar el trabajo de los operadores de las campañas.

**Operador de campaña de pruebas:** son recomendables conocimientos básicos de física.

**Expertos técnicos (no obligatorio, recomendado):** conocimientos de física, química e ingeniería mecánica. Los expertos apoyan el trabajo del gerente del laboratorio y del responsable de campaña en la gestión de los líquidos simuladores de tejidos de cabeza y cuerpo, así como en la gestión e instalación de los robots y del hardware del laboratorio.

### Requisitos in-situ

En este apartado se incluye información sobre las condiciones físicas del laboratorio.

Dimensiones: se recomienda que las pruebas se realicen en un entorno apantallado:

- La distancia entre el brazo del robot y la pared de la cámara será  $\geq 0,5$  metros (normalmente una habitación de 3 x 4 m es suficiente para el funcionamiento de un único sistema de medición de SAR)
- Si se instalan elementos de absorción en la pared y en el techo, la distancia entre el brazo del robot y la pared debe de ser mayor.
- Es necesario disponer de aire acondicionado en la cámara para mantener la temperatura deseada. El brazo y el controlador del robot disipan típicamente el calor equivalente a 2000 w.
- Algunos líquidos simuladores de tejidos pueden tener un olor desagradable. Una buena ventilación o la circulación de aire fresco mejora la situación en la cámara.

Requisitos eléctricos: el enchufe eléctrico para el robot estará a una distancia máxima de 10 metros del controlador del robot y proporcionará típicamente el amperaje siguiente:

- fases / 16 amperios por fase si la tensión entre dos fases es de 200 – 230 V CA
- fases / 10 amperios por fase si la tensión entre dos fases es de 400 – 440 V CA

Si el controlador del robot está situado en una habitación apantallada, se recomienda utilizar filtros de las mismas características para la alimentación de energía a la habitación.

**Requisitos ambientales:** el sistema de medición de SAR funciona mejor en un entorno que cumpla:

- rango de temperatura: de 18 a 25 ° C
- humedad: 20 – 90 por ciento sin condensación.

No obstante, para las mediciones de conformidad el sistema de medición debe configurarse en un entorno controlado a fin de mantener la desviación diaria típica de la temperatura del líquido en  $\pm 1^\circ$  C.

Soporte del robot: normalmente el robot se coloca sobre un soporte que debe estar atornillado al suelo para evitar la caída del robot. La construcción del suelo deberá ser tal que permita soportar el peso del robot seleccionado.

Seguridad: el equipo de protección se instalará y conectará de forma que evite que el personal entre en zona peligrosa (en función de la distancia de seguridad al robot) durante el funcionamiento automático. Para cumplir la directiva europea o reglamentaciones similares sobre seguridad, se instalará una cortina óptica próxima a la maquinaria.

- La cortina óptica desconectará el sistema si se interrumpe su continuidad.
- Se instalarán conmutadores de emergencia en el panel del controlador del robot, sobre la consola del propio robot y sobre la unidad de control a distancia del sistema de medición. Durante la operación, al menos uno de los conmutadores debe estar al alcance del operario.
- El cableado y las conexiones no estarán expuestos a agentes químicos como los líquidos de simulación.
- Los líquidos de simulación de tejidos utilizados en el sistema pueden ser dañinos e irritantes. Durante la fabricación, manipulación, uso, almacenamiento y generación de residuos deben tenerse en cuenta las hojas de datos de seguridad de los componentes facilitada por el fabricante (MSDS). El operador responsable debe tomar las precauciones necesarias para que el personal no resulte dañado por los líquidos, incluso cuando el sistema no esté en funcionamiento (por ejemplo, fuera del horario laboral). Los líquidos peligrosos serán eliminados del sistema y almacenados correctamente en sus contenedores de almacenamiento.

## B Laboratorio de experiencia del usuario (USX)

### Objeto del laboratorio

Para maximizar la oferta de productos y servicios innovadores a lo largo de los años, es necesario disponer de un laboratorio de experiencia del usuario que funcione en estrecha colaboración con los departamentos de calidad, marketing e ingeniería. Este tipo de laboratorio debe emplear a ergonomistas con una certificación europea EUERG, psicólogos y sociólogos expertos en comunicación y en gestión de recursos y con conocimientos sobre usabilidad, ergonomía, planificación centrada en el usuario, investigación psicosocial, estadísticas psicométricas y comunicación. Además del diseño de nuevos productos y servicios centrados en el usuario, tales como interfaces gráficas y procedimientos de navegación en las aplicaciones, este tipo de laboratorio organiza ensayos de los sistemas, sitios web y productos, análisis cualitativos (grupos de discusión, tormentas de ideas) y pruebas de usabilidad para clientes residenciales y de negocios. También elabora y gestiona cuestionarios en línea y organiza el reclutamiento para análisis cualitativos. El laboratorio debe estar equipado con áreas de prueba para los contextos residencial y de negocios donde se realicen las pruebas de usabilidad, se celebren videoconferencias y se reúnan grupos de discusión, y entre sus instalaciones debe de haber una sala de control para gestionar y grabar en video la actividad de la prueba/grupo de discusión y donde se instale el servidor de los cuestionarios en línea.

### Lista de servicios de prueba del laboratorio

**ENCUESTAS CUALITATIVAS** sobre necesidades y requisitos de los usuarios para la creación y desarrollo de nuevos productos y servicios.

**PRUEBAS DE USABILIDAD** con usuarios residenciales y de negocios. El objetivo es observar a personas utilizando el producto en el laboratorio, detectar errores y áreas de mejora.

**GRUPOS DE DISCUSIÓN Y TORMENTA DE IDEAS:** se pide que grupos de personas expresen sus opiniones respecto al diseño, la tecnología y los servicios asociados a un producto. Se hacen preguntas en un marco interactivo del grupo en el que los participantes hablan entre sí.

**ENSAYOS:** se evalúa la experiencia del cliente en un contexto real, desde la instalación y configuración al uso completo del software y del hardware.

**CONCEPTOS DE PRODUCTO Y SERVICIO:** interfaz de usuario, flujos de navegación y diseño centrados en el usuario.

**EVALUACIÓN HEURÍSTICA DE LA USABILIDAD** de la web y de las interfaces de productos y servicios móviles, fijos y multimedios de TVIP. Se evalúan aspectos críticos en términos de experiencia del usuario relacionada con la interfaz gráfica de usuario (GUI), trayectos y flujos de navegación.

**ENCUESTAS EN LÍNEA, FOROS y DISCUSIONES en la WEB.**

**RECLUTAMIENTO** de perfiles específicos, mediante una base de datos interna con 500 usuarios y sus perfiles.

### Normas de referencia

Definición de usabilidad de la norma ISO 9241 – 11, 1993

### Configuración del equipamiento de pruebas e instrumentación

- métodos centrados en el usuario;
- salas de pruebas, con mobiliario de negocio y residencial para realizar pruebas de usabilidad individuales;

- sala para el grupo de discusión y videoconferencia;
- sala de control para la supervisión y grabación de audio y video;
- base de datos interna para reclutar usuarios;
- servidor y cliente para la publicación de encuestas en línea;
- servidor y cliente para la gestión de foros y debates en la web.

**Matriz de competencias del personal (principales conocimientos)**

**Gerente del laboratorio:** psicólogo, sociólogo, científico de la comunicación, experto en audio y video.

**Responsable de campañas de prueba:** ergonomista, psicólogo y sociólogo experto en la comunicación y la gestión de recursos y con conocimientos en usabilidad, ergonomía, planificación centrada en el usuario, investigación psicosocial, estadísticas psicométricas y comunicación.

**Operador de campaña de pruebas:** conocimientos básicos de usabilidad, comunicación y de las principales tecnologías del producto y servicio a probar.

**Requisitos in-situ**

En este apartado se incluye información sobre las condiciones físicas del laboratorio.

+++++

Leyendas de la figura B1:

Desde “focus...” y sentido de las agujas del reloj:

Grupo de discusión

Sala (grande) para pruebas del hogar

Sala de observación y control

Sala (grande) para pruebas de empresas

Sala (pequeña) para pruebas de empresas

Sala (pequeña) para pruebas del hogar

Dentro de los dibujos de arriba, a la izquierda “Proyector”, a la derecha “Mesa del director”.

En la parte inferior, de izquierda a derecha:

Sala de pruebas del hogar

Sal de pruebas de empresas

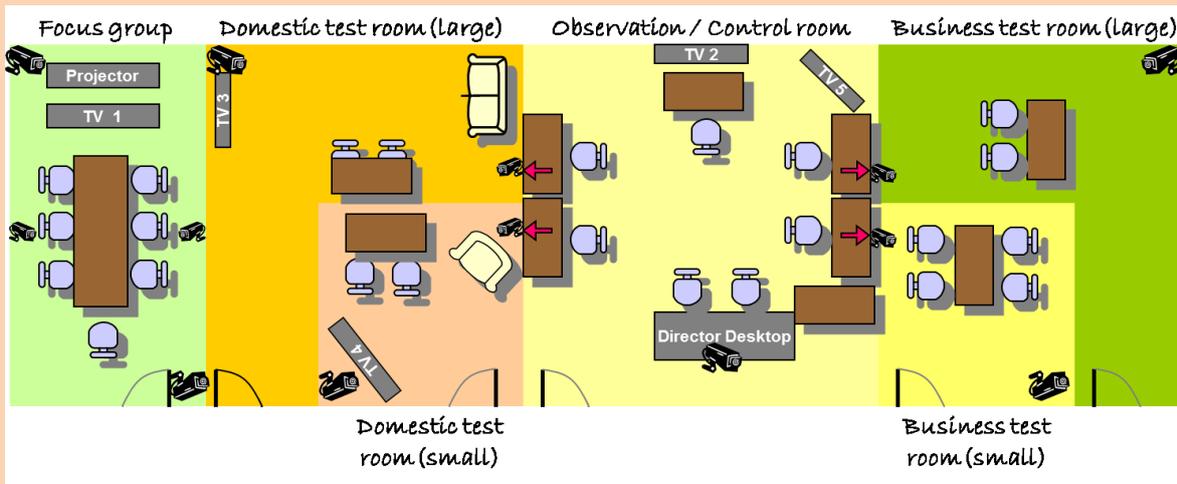
Sala del grupo de discusión

Observación...

... sala de control

+++++

Figura B.1: configuración del laboratorio de usabilidad



Laboratorio de usabilidad



Origen: UIT

## C Laboratorio de accesos de banda ancha (BBA)

### Objeto del laboratorio

El objeto del laboratorio de accesos de banda ancha es evaluar equipos y funcionalidades utilizados en las redes de acceso de próxima generación, desde la capa física a los aspectos de red. En particular, se prueban la calidad de funcionamiento de la transmisión xDSL y los parámetros ópticos para soluciones basadas en cobre y en fibra y para las distintas posibilidades arquitectónicas (FTTB, FTTCab, FTTH, FTTE).

### Lista de servicios de prueba

**Prueba de capa física xDSL:** estas pruebas verifican la interoperabilidad funcional y de la calidad de funcionamiento del sistema en prueba (ADSL1, ADSL2, SDSL, VDSL) en relación con la implementación de referencia. Las pruebas se diseñan de forma que también permitan evaluar la interoperabilidad, las funcionalidades y la calidad de funcionamiento de equipos comerciales y de diseños de referencia para analizar y comparar tecnologías existentes en el mercado.

**Prueba de la capa óptica de GPON:** estas verifican la interoperabilidad funcional y de la calidad de funcionamiento del sistema en prueba (GPON) en relación con la implementación de referencia.

**Prueba funcional de L2/L3:** estas pruebas están principalmente dedicadas a verificar la implementación del modelo de servicio en el equipamiento de red de acceso de banda ancha en los contextos FTTE, FTTcab, FTTB y FTTH.

### Normas de referencia

- UIT-T G.992.5 “Transceptores para línea de abonado digital asimétrica – Línea de abonado digital asimétrica 2 de anchura de banda ampliada (ADSL2plus)” (2009)
- ETSI TS 101 388 V1.3.1 “Access transmission systems on metallic access cables; Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) - European specific requirements” (2002-05)
- Broadband Forum (BBF) TR-100 “ADSL2/ADSL2plus Performance Test Plan” (2007-03)
- Broadband Forum (BBF) TR-105 “ADSL2/ADSL2plus Functionality Test Plan” (2010-02)
- Broadband Forum (BBF) TR-165 “Vector of Profiles” (2009-03)
- UIT-T G.993.2 “Transceptores de línea de abonado digital de velocidad muy alta 2 (VDSL2)” (2011)
- ETSI TS 101 271 “Access Terminals Transmission and Multiplexing (TM); Access transmission system on metallic pairs; Very High Speed digital subscriber line system (VDSL2); [especificación UIT-T G993.2, modificada] (2008-11)
- Broadband Forum TR-114 “VDSL2 Performance Test Plan”, Issue 1 (2009-11) and corrigenda
- Broadband Forum WT-114 Rev-13 “VDSL2 Performance Test Plan”, Issue 2 (2011-10)
- Broadband Forum TR-115 “VDSL2 Functionality Test Plan”, Issue 1 (2009-11) and corrigendum
- Broadband Forum WT-115 Rev-10 “VDSL2 Functionality Test Plan”, Issue 2 (2011-11)
- Broadband Forum Technical Report TR-252 (2010-11)
- Broadband Forum WT-252 Rev-03 (2011-12)
- Recomendaciones UIT-T de la serie G.984-x Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits (GPON)
- FSAN GPON OLT – ONU Interoperability Test Plan Working Text- Versión 1.0
- Broadband Forum TR-101 Technical Report “Migration to Ethernet-Based DSL Aggregation”

### Configuración del equipamiento de pruebas e instrumentación

En este apartado se señalan los principales instrumentos utilizados en las distintas configuraciones de prueba.

- Pruebas funcionales L2/L3: analizador / generador de tráfico ETH/IP con licencias del software de emulación de los principales protocolos.
- Pruebas ópticas GPON: medidor de potencia óptica, atenuador óptico variable, analizador/generador de tráfico ETH/IP con licencias del software de emulación de los principales protocolos.
- Pruebas de capa física xDSL: sonda diferencial, simulador de bucle, generador de ruido, analizador de espectro, medidor de nivel, analizador/generador de tráfico L2.

### Matriz de competencias del personal (principales conocimientos)

**Gerente del laboratorio:** arquitectura de sistemas de transmisión xDSL y GPON, arquitectura de sistemas de comunicación alámbricos y de redes basadas en técnicas de acceso alámbrico, arquitectura de

sistemas de redes para el hogar, especificación del cableado, conocimiento de los principales idiomas extranjeros, conocimientos de aspectos de calidad.

**Responsable de campañas de pruebas:** arquitectura de sistemas de transmisión xDLS y GPON, arquitectura de sistemas de comunicación alámbricos y de redes basadas en técnicas de acceso alámbrico, arquitectura de sistemas de redes para el hogar, especificación del cableado, conocimiento básico de aspectos de calidad, capacidades para la formación y la coordinación de campañas de pruebas.

**Operador de campañas de pruebas:** conocimientos básicos de sistemas de transmisión xDLS y de los principios de los protocolos Ethernet e IP.

#### Requisitos in-situ

No existen requisitos específicos del entorno para la realización de las pruebas arriba señaladas.

## D Laboratorio de servicios de valor añadido (VAS)

### Objeto del laboratorio

Este tipo de laboratorio verifica el correcto funcionamiento de servicios de valor añadido (SVA) ofrecidos por operadores móviles en terminales móviles. Los SVA, que también se conocen como servicios Premium, corresponden en su versión básica a servicios tales como la descarga de logos, fondos de pantalla, tonos de llamada, tonos con video, salvapantallas, juegos, aplicaciones, chats y redes sociales, noticias y entretenimiento, servicios de voto masivo, etc. del operador.

El desarrollo más reciente de su distribución digital es el que hacen plataformas comúnmente conocidas como tiendas de aplicaciones (“app store” en su denominación en inglés), mercados de aplicaciones o variaciones de los mismos, que a menudo se ofrecen integrados en un sistema operativo, computadora personal, teléfono inteligente o tableta. La mayoría de las tiendas de aplicaciones son organizadas y reguladas por sus propietarios (por ejemplo, fabricantes de terminales móviles), que exigen que las aplicaciones ofertadas pasen por un proceso de aprobación en el que se examina el cumplimiento de determinadas directrices (como calidad, contenido y facturación) y que también cobran una comisión por cada venta de aplicaciones de pago. Algunas aplicaciones son desarrolladas por el operador móvil, debido a la relevancia estratégica para su negocio principal, estando algunas tiendas de aplicaciones menores gestionadas directamente por operadores móviles; en ese caso, el proceso de aprobación puede ser realizado por el laboratorio de servicios de valor añadido.

### Lista de servicios de prueba

**Aceptación de nuevos terminales:** una vez que un terminal móvil ha superado los procedimientos de las pruebas de conformidad y otras pruebas complementarias relacionadas con componentes radioeléctricos, de señalización, tasa de absorción específica (SAR), pruebas de interoperabilidad (IOT), etc. resulta de utilidad verificar que un subconjunto predefinido de aplicaciones elegidas entre las más utilizadas o las más rentables para el operador móvil funcionan correctamente en el nuevo terminal; las sucesivas renovaciones del hardware y del software del terminal móvil requerirán nuevas pruebas aunque solamente en las áreas que hayan sufrido cambios, según declaración del fabricante del terminal móvil.

**Aceptación de nuevas aplicaciones:** una vez que una nueva aplicación ha pasado todas las pruebas relacionadas con el sistema y la integración de los componentes software sobre un terminal móvil en concreto, resulta de utilidad verificar que la nueva aplicación es efectivamente compatible con un subconjunto predefinido de terminales móviles elegidos entre los más utilizados o los más recientes de un operador móvil; las sucesivas renovaciones del software de la aplicación requerirán nuevas pruebas aunque solamente en las áreas que hayan sufrido cambios, según declaración del proveedor de la aplicación.

**Supervisión de los servicios de valor añadido:** evaluación periódica de las políticas de supervisión de la calidad de los servicios de valor añadido en una red. Algunas de dichas actividades son las siguientes:

- evaluación estadística (manual y automática, diaria) del tiempo de acceso y de la compleción/corrección de las URL móviles más utilizadas; por ejemplo, la página del operador móvil, las páginas de registro y uso de aplicaciones OTT (aplicaciones superpuestas, “over-the-top”), etc.
- comparativas de dichas estadísticas para distintos operadores de red móvil;
- tasas de fallos residuales de aplicaciones disponibles en tiendas de aplicaciones de operadores móviles, con referencia a las distintas fases de la compra;
- cumplimiento de directrices sobre la calidad percibida por el usuario final de los servicios de valor añadido (por ejemplo, transparencia de la comunicación, usabilidad de los servicios, accesibilidad).

**Normas de referencia**

Debido a que muchas actividades de prueba son consecuencia de la estrategia específica de un operador móvil en el desarrollo de nuevas aplicaciones o servicios, la mayoría de los documentos de referencia son propios de cada operador. No obstante, en el caso de Italia esta área está acreditada por el organismo nacional de acreditación para la conformidad de los procesos de activación, uso y desactivación de la suscripción a servicios de valor añadido móviles, de acuerdo con la norma de referencia siguiente:

**CASP** – Código de conducta para la oferta de servicios SMS/MMS Premium en Italia – versión 2.0 – 16/11/2009, recientemente acordada por la mayoría de los operadores móviles y proveedores de servicios de contenidos de Italia.

**Configuración del equipamiento de pruebas e instrumentación**

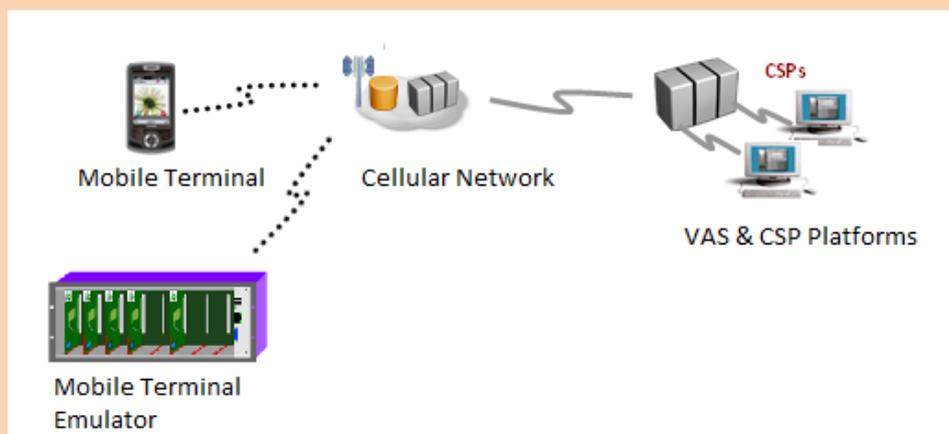
En la figura D1 se muestra la configuración del equipo de pruebas, y a continuación se enumera la instrumentación (lista previa con los principales componentes). En una segunda lista se incluyen equipos de instrumentación adicionales para la verificación del sistema de medición y para la plataforma de recopilación de pruebas.

+++++

Leyendas de la figura D1:

Terminal móvil	Red celular	Plataformas de SVA y de proveedores de contenidos
Emulador de terminal móvil		

**Figura D.1: principales componentes del laboratorio de servicios de valor añadido**



Origen: UIT

- TERMINALES MÓVILES CERTIFICADOS/COMERCIALES de varios fabricantes
- SIM COMERCIALES de varios operadores móviles
- HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DEL PERFIL DE LA SIM
- PAQUETES COMERCIALES DE SOFTWARE para la interfaz entre PC y terminal móvil
- EMULADOR DE TERMINAL MÓVIL para pruebas automáticas
- HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE LA FACTURACIÓN DE LA SIM
- EQUIPO DE PRUEBA de la cobertura del TERMINAL

Verificación del sistema de medición de SVA y plataforma de recopilación de pruebas (lista de instrumentación adicional a la anterior):

- ESCÁNER RADIOELÉCTRICO para la verificación de cobertura
- SISTEMA DE GESTIÓN DE CONTENIDOS para recopilar los resultados de las campañas de pruebas
- PLATAFORMA DE PRUEBAS COLABORATIVAS

### Matriz de competencias del personal (principales conocimientos)

**Gerente del laboratorio:** buenos conocimientos de arquitectura de plataformas de SVA, de sistemas operativos y de interfaces de usuario para terminales móviles, buen conocimiento de los fundamentos de pruebas del software, conocimientos básicos de la arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles y de técnicas de acceso radioeléctrico, profundo conocimiento de aspectos de calidad (es recomendable conocer la norma ISO/CEI 17025:2005), buen conocimiento del idioma inglés.

**Responsable de campañas de prueba:** buenos conocimientos de arquitectura de plataformas de SVA, de sistemas operativos y de interfaces de usuario para terminales móviles, de los fundamentos de pruebas del software, conocimientos básicos de la arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles y de técnicas de acceso radioeléctrico.

**Operador de campaña de pruebas:** conocimientos básicos de arquitectura de las plataformas de SVA, de sistemas operativos y de interfaces de usuario para terminales móviles, conocimientos básicos de los fundamentos de pruebas del software y de la arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles y de técnicas de acceso radioeléctrico.

**Expertos técnicos (no obligatorio, recomendado):** conocimientos profundos de la arquitectura de las plataformas de SVA, de sistemas operativos y de la usabilidad de las interfaces de usuario para terminales móviles, conocimientos profundos de la arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles y de técnicas de acceso radioeléctrico, conocimientos profundos de asuntos conexos para estudios adhoc, tales como facturación, seguridad, aspectos reglamentarios, nuevas técnicas de prueba (por ejemplo, pruebas colaborativas, realización de pruebas por teletrabajadores), y de sistemas de gestión de bases de datos (DBMS).

### Requisitos in-situ

En este apartado se incluye información sobre otros requisitos del laboratorio.

### Requisitos de cobertura

Deben garantizarse buenas condiciones radioeléctricas durante las pruebas. Para una evaluación cuantitativa de la cobertura radioeléctrica se utiliza un equipo de prueba de terminales móviles que detecta, mediante una aplicación especial instalada en el mismo, el nivel de señal radioeléctrica durante la prueba (el terminal debe utilizar una SIM del operador para el que se realiza la prueba). Las medidas realizadas mediante esta aplicación se comparan periódicamente con las de un escáner radioeléctrico, que actúa como instrumento de medición de la cobertura radioeléctrica, a partir de lo cual se genera el correspondiente informe de conformidad.

### Requisitos medioambientales

Las condiciones ambientales del laboratorio de pruebas deben estar controladas y reguladas mediante sistemas aire acondicionado y sistemas autónomos, y deben cumplir los requisitos de cada uno de los equipos individuales utilizados.

Sin embargo, los valores ambientales de temperatura y humedad del laboratorio no influyen en las típicas pruebas de los SVA y, por tanto, no son registradas durante las campañas de pruebas.

### Disponibilidad de plataformas de SVA

Debe verificarse la disponibilidad de las plataformas, especialmente cuando se trata de pruebas automáticas, ya que una indisponibilidad temporal y/o un funcionamiento incompleto pueden influir en la correcta interpretación de los resultados de las pruebas. Es recomendable disponer de una conexión directa con el área de operaciones del operador móvil de forma que se conozcan con antelación los tiempos de desconexión de línea de las plataformas.

### Seguridad

No son necesarios requisitos específicos en materia de seguridad aparte de los generales que se derivan de la documentación de calidad, tal como prescriben las normas ISO 9000 e ISO/CEI 17025.

## E Laboratorio de seguridad y protección eléctrica (EPS)

### Objeto del laboratorio

El libre movimiento de equipos eléctricos en el mercado europeo ha exigido la armonización de las legislaciones de los Estados Miembros. El resultado de dicha armonización es la Directiva 2006/95/CE sobre equipos eléctricos de baja tensión, que define los principios generales de seguridad reconocidos en toda la Unión Europea.

La citada Directiva es la única disposición de carácter obligatorio que afecta a la libre circulación del material eléctrico en la Unión Europea y, en consecuencia, a la conformidad con normas de seguridad armonizadas.

Las normas armonizadas son elaboradas por el CENELEC, y una vez publicadas en el Diario Oficial de la Unión Europea todos los Estados Miembros deben ponerlas en práctica a nivel nacional. No obstante, la mayoría de las normas europeas son remitidas a la Comisión Electrotécnica Internacional /Comité Europeo para la Normalización Electrotécnica (CEI/CENELEC) para un voto paralelo, en particular cuando la norma ha sido elaborada por el Comité Técnico de la CEI; por tanto, puede hablarse de una armonización efectiva de los requisitos técnicos de seguridad a nivel internacional.

En cualquier caso, los fabricantes deben entender cabalmente los principios generales de los requisitos de seguridad a fin de diseñar equipos seguros. En particular, en el diseño de sus equipos los fabricantes garantizarán no solo la protección frente a peligros en condiciones normales de funcionamiento, sino también en situaciones de fallo individual, lo que puede añadir nuevas salvaguardas de seguridad, pantallas con protección metálica y otros elementos.

Los fabricantes también estudiarán los efectos que magnitudes físicas externas puedan tener en el producto, y que puedan provocar una reducción de los niveles de seguridad, como por ejemplo, temperatura, humedad, altitud, polvo y, no menos importante, las sobrecargas producidas por el rayo sobre la red eléctrica y las líneas de telecomunicación que puedan perforar de los aislamientos.

Las sobretensiones y las sobrecorrientes producidas por el rayo, además de los aspectos de seguridad, pueden producir daños o un funcionamiento defectuoso inadmisibles del equipo; para hacer frente a esos daños, es necesario que el fabricante incluya durante la fase de diseño dispositivos de protección adecuados sobre circuitos impresos, tales como dispositivos de estado sólido (varistores) o tubos de descarga de gases. Los daños producidos por ondas de choque (sobrecorrientes o sobretensiones) han aumentado en los últimos años debido al uso masivo de equipos electrónicos más sensibles a las

variaciones de tensión con respecto a los rangos de tensión de funcionamiento. Además, la función de dichos equipos en muchos casos no permite que puedan quedar fuera de servicio aunque sea por un breve periodo de tiempo.

El daño sobre los equipos no sólo lo producen las sobretensiones comunes (sobretensión respecto a tierra), sino también contribuyen a ello las sobretensiones transversales (sobretensiones entre conductores). El nivel de sobretensión inducida por el efecto indirecto de los rayos (rayos entre nubes o rayos caídos cerca del edificio que alberga los equipos) sobre las interfaces externas e internas ha sido normalizado en las Recomendaciones UIT-T de la serie K.

#### Lista de servicios de prueba del laboratorio

- Evaluación de los requisitos de seguridad de equipos de tecnologías de la información y las telecomunicaciones.
- Evaluación de los requisitos de inmunidad de equipos de tecnologías de la información y las telecomunicaciones.

#### Normas de referencia

CENELEC EN 60950-1 – EN 60950-1/A11 "Equipos de tecnología de la información. Seguridad. Parte 1: Requisitos generales" [DOC.S/ITE.01].

CENELEC EN 60215 " Reglas de seguridad para equipos de emisión radioeléctrica" [DOC.S/RT.01].

Recomendación UIT-T K.21 – Inmunidad de los equipos de telecomunicaciones instalados en locales del cliente a las sobretensiones y sobrecorrientes [DOC.P/TE/01].

Recomendación UIT-T K.20 – Inmunidad del equipo de telecomunicación instalado en un centro de telecomunicaciones contra las sobretensiones y sobrecorrientes

Recomendación UIT-T K.45 – Inmunidad de los equipos de telecomunicaciones instalados en las redes de acceso y troncales a las sobrecorrientes y sobretensiones.

Recomendación UIT-T K.44 – Pruebas de inmunidad de los equipos de telecomunicaciones expuestos a las sobretensiones y sobrecorrientes – Recomendación básica.

#### Configuración del equipamiento de pruebas e instrumentación

En este apartado se enumeran los principales equipos de prueba necesarios para realizar las actividades del centro de pruebas:

- DIELECTRÓMETRO
- MEDIDOR DE CONTINUIDAD DE LA TIERRA
- SONDA, DEDO DE RETENIDA ARTIFICIAL
- GENERADORES DE IMPULSOS
- MEDIDOR DE ENERGÍA
- FUENTE DE CORRIENTE ALTERNA
- VOLTÍMETRO, AMPERÍMETRO
- RED DE CORRIENTE DE CONTACTO
- TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO
- OSCILOSCOPIO
- DERIVADOR
- HIGROTERMÓMETRO
- COMPUTADORAS, (PC/ESTACIÓN DE TRABAJO/PORTÁTILES)

- CALIBRE
- PROYECTORES DE PERFIL
- RED DE ACOPLAMIENTO
- GENERADOR DE SOBRETENSIONES DE HASTA 15 kV
- GENERADOR DE SOBRECORRIENTES DE HASTA 20 kA
- SONDAS DE CORRIENTE
- SONDAS DE ALTA TENSIÓN
- RED DE ACOPLAMIENTO
- RED DE CARGA
- CARGAS ELECTRÓNICAS

Figura E.1: ejemplo de instrumentos de seguridad y protección (incluidos en la lista anterior)



Origen: UIT

### Matriz de competencias del personal (principales conocimientos)

**Gerente del laboratorio:** conocimientos de equipos y de seguridad de las instalaciones, inmunidad, componentes electrónicos de protección, arquitectura de redes y de sistemas TIC, profundo conocimiento de aspectos de calidad (es recomendable conocer la norma ISO/CEI 17025:2005), conocimiento básico de los principales idiomas extranjeros.

**Responsable de campañas de prueba:** conocimientos de electromagnetismo, electrónica, conocimientos básicos de arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles y de técnicas de acceso radioeléctrico, conocimientos básicos de los aspectos de calidad, gran capacidad para la formación y la coordinación del trabajo de los operadores de campaña.

**Operador de campaña de pruebas:** son recomendables conocimientos básicos sobre seguridad e inmunidad.

**Expertos técnicos (no obligatorio, recomendado):** conocimientos de física, química e ingeniería mecánica. Los expertos apoyan el trabajo del gerente del laboratorio y del responsable de campaña en la gestión de los líquidos simuladores de tejidos de cabeza y cuerpo, así como en la gestión e instalación de los robots y del hardware del laboratorio.

### Requisitos in-situ

En este apartado se incluye información sobre las condiciones físicas del laboratorio.

### Dimensiones

Es recomendable que algunas pruebas se realicen en entornos apantallados, por ejemplo, las pruebas de descarga electrostática (ESD) que exigen algunas Recomendaciones UIT-T.

- La distancia entre el equipo y la pared de la sala deberá ser  $\geq 1$  metro (típicamente una sala de 3x4 m es suficiente para un sistema para una única medición simultánea)

### Requisitos eléctricos

Normalmente, las pruebas se realizarán aplicando la combinación más desfavorable de las especificaciones de funcionamiento del fabricante de los parámetros siguientes:

- suministro de tensión (normalmente-10/+10%);
- suministro de señal de frecuencia (normalmente-5/+5%);
- temperatura de funcionamiento (en función de lo declarado por el fabricante);
- modo de funcionamiento (en función del equipo);

Los instrumentos de medición eléctrica dispondrán de la anchura de banda adecuada para proporcionar lecturas precisas, teniendo en cuenta todos los componentes (corriente continua, frecuencia del suministro de corriente alterna, contenido de alta frecuencia y de armónicos) de los parámetros a medir. Cuando deban medirse valores eficaces, deben tomarse las precauciones necesarias para que los instrumentos de medición lean valores eficaces verdaderos de formas de onda sinusoidal y no sinusoidal.

### Requisitos ambientales

Las mediciones de seguridad deben realizarse en el siguiente entorno:

- rango de temperatura de 18 a 25° C;
- humedad del 20 – 90 por ciento sin condensación;
- presión del aire de 860 a 1060 hPa.

### Seguridad

Normalmente las pruebas de seguridad e inmunidad solo serán realizadas por personal experto. No obstante, si un equipo proporciona tensiones elevadas dispondrá de dispositivos de seguridad que se activarán para evitar que el personal entre en contacto con partes peligrosas (en función de la prueba de seguridad aplicable) durante el proceso de medición. Normalmente, el equipo incluye un dispositivo de seguridad, como un semáforo, que cumple reglamentos de seguridad similares.

## F Laboratorio de electroacústica (ELA)

### Objeto del laboratorio

En un laboratorio de electroacústica típicamente se ensayan las características telefonométricas de teléfonos convencionales y de teléfonos manos libres. Este tipo de laboratorio normalmente ofrece servicios de prueba de características eléctricas de terminales analógicos e interfaces FXS/FXO. Los

artículos típicamente sometidos a ensayo son terminales telefónicos, terminales telefónicos manos libres, interfaces analógicas de pasarelas de acceso para servicios de acceso xDSL y filtros xDSL.

El alcance principal de esta actividad es el ensayo y consultoría sobre terminales con el fin de garantizar su correcto interfuncionamiento en la red así como una buena calidad de audio.

### Lista de servicios de prueba

Los servicios de prueba típicos son los siguientes:

- ensayos de electroacústica de teléfonos manos libres;
- ensayos de electroacústica de teléfonos móviles;
- características eléctricas y respuesta de transmisión de las interfaces analógicas;
- caracterización de filtros xDSL;

### Normas de referencia

Los servicios de prueba se basan en las normas siguientes:

**TBR8:** ISDN; 3,1kHz telephony teleservice. Attachment requirements for handset terminals

**TBR38:** Public Switched Telephone Network (PSTN); "Attachment requirements for a terminal equipment incorporating an analogue handset function capable of supporting the justified case service when connected to the analogue interface of the PSTN in Europe"

**ETSI ES 203 021:** Access and Terminals (AT); Harmonized basic attachment requirements for Terminals for connection to analogue interfaces of Telephone Networks; Update of technical contents of TBR021, EN301437, TBR015, TBR017

**ETSI TS 126 131:** Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Terminal acoustic characteristics for telephony; Requirements

**ETSI TS 126 132:** Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Speech and video telephony terminal acoustic test

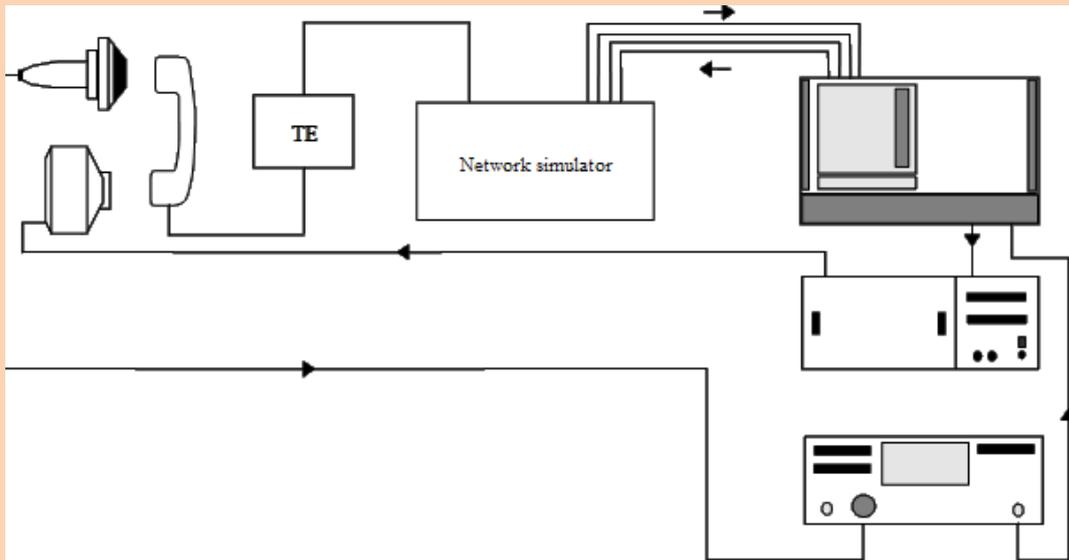
### Configuración del equipamiento de pruebas e instrumentación

Para garantizar un correcto interfuncionamiento de la red y el terminal analógico (o teléfono), deben analizarse los requisitos de calidad de funcionamiento definidos en las normas anteriores. En particular se incluyen las siguientes características electroacústicas:

- índices de sonoridad;
- ruido del canal en reposo;
- características de la sensibilidad en función de la frecuencia;
- efecto local;
- atenuación para la estabilidad.

En la figura F1 se muestra la configuración de prueba.

Figura F.1: configuración de prueba para la medición del interfuncionamiento



Origen: UIT

+++++

leyenda de la figura F1

Network simulator === Simulador de red

+++++

Los principales componentes del sistema de medición son los siguientes:

- cámara anecoica (opcional);
- analizador de audio;
- analizador de protocolo;
- interfaz telefónica;
- simulador de boca;
- oído artificial;
- micrófonos para las mediciones;
- pistófono.

**Matriz de competencias del personal (principales conocimientos)**

**Gerente del laboratorio:** conocimientos de física, electrónica y aspectos de calidad.

**Responsable de campañas de pruebas:** conocimientos de física, electrónica y aspectos de calidad.

**Operador de campaña de pruebas:** son recomendables conocimientos básicos de física.

**Requisitos in-situ**

**Requisitos ambientales**

Las condiciones ambientales deben ser conformes con los “requisitos generales” recogidos en las normas de referencia.

El ruido de fondo en las pruebas electroacústicas debe ser como máximo de -64 dBPa(A)

## **G Laboratorio de compatibilidad electromagnética (EMC)**

### **Objeto del laboratorio**

La compatibilidad electromagnética es la capacidad de un equipo de funcionar satisfactoriamente en su entorno electromagnético sin introducir perturbaciones electromagnéticas inadmisibles a otros equipos en dicho entorno. Además, el equipo no debe ser susceptible a que su funcionamiento se vea afectado por niveles de energía electromagnética normalmente presentes en su entorno de trabajo. Las pruebas de compatibilidad electromagnética se realizan para determinar si el equipo es compatible con el entorno electromagnético para el que está diseñado.

El objeto principal del laboratorio es evaluar la compatibilidad electromagnética del equipo (es decir, del aparato y de las instalaciones fijas conexas). Normalmente los aparatos se evalúan aplicando métodos de ensayo y medición incluidos en las normas internacionales publicadas por los organismos internacionales de normalización en el ámbito de la compatibilidad electromagnética (CEI, CEI/CISPR, UIT-T, ISO, CENELEC, ETSI). Los equipos pueden someterse a las pruebas por diversas razones, como por ejemplo:

- pruebas de diseño durante el desarrollo;
- pruebas de tipo (pruebas de conformidad);
- pruebas de aceptación;
- pruebas de producción;

Para controlar las interferencias producidas por los aparatos, varias administraciones regionales y nacionales, como la Unión Europea, los Estados Unidos de América, Canadá, etc. han reglamentado los requisitos fundamentales de compatibilidad electromagnética de los equipos en base a la normativa internacional. Es obligación del fabricante o del importador el cumplimiento de dicha normativa antes de poner el equipo en el mercado. Las pruebas de tipo (pruebas de conformidad) determinan si un producto o sistema cumple determinadas normas desarrolladas para demostrar la conformidad con una reglamentación concreta.

Las normas de compatibilidad electromagnética consideran, por lo general, los aspectos siguientes:

1. Fenómenos de compatibilidad electromagnética o perturbaciones emitidas asociadas a:
  - perturbaciones radioeléctricas conducidas (continuas e intermitentes);
  - perturbaciones radioeléctricas radiadas.
2. Fenómenos relacionados con la inmunidad tales como:
  - inmunidad a la radiofrecuencia;
  - descargas electrostáticas;
  - ondas de choque;
  - transitorios eléctricos rápidos/ráfagas;
  - armónicos, voltaje de parpadeo;
  - fluctuaciones.
3. Procedimientos de prueba y requisitos asociados con fenómenos de compatibilidad electromagnética

Las normas sobre compatibilidad electromagnética que abordan todos los aspectos anteriores se dividen en las categorías siguientes:

## 1 Normas básicas

Las normas básicas definen las condiciones generales y fundamentales para la evaluación de la compatibilidad electromagnética y la calidad de funcionamiento conexa de todos los productos, sistemas o instalaciones, y sirven como documentos de referencia para las normas genéricas y de producto del Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR). Las normas básicas son de carácter general y, por tanto, no están dedicadas a productos o familias de productos específicas; están relacionadas con información general, con los fenómenos que producen perturbaciones y con técnicas de medición o de prueba. No incluyen límites prescriptores o especificaciones sobre la calidad de funcionamiento del producto o sistema.

## 2 Normas genéricas

Las normas genéricas de compatibilidad electromagnética son normas relativas a un entorno en particular que especifican el conjunto mínimo de requisitos y de procedimientos de compatibilidad electromagnética esenciales, aplicables a todos los productos o sistemas que funcionen en dicho entorno, siempre que no existan normas de compatibilidad electromagnética específicas para un producto, familia de productos, sistema o instalación en particular. Incluyen límites y hacen referencia a procedimientos de prueba.

## 3 Normas de producto

Las normas de producto definen requisitos de compatibilidad electromagnética, procedimientos de prueba y límites aplicables a determinados productos, sistemas o instalaciones para los que deben tenerse en cuenta condiciones específicas.

Si existe una norma genérica, una norma de familia de productos o una norma específica de producto, las normas deben considerarse con las prioridades siguientes (véase la Guía 107 de la CEI):

- norma de producto dedicada;
- norma de familia de productos;
- norma genérica.

### Lista de servicios de prueba

Un laboratorio independiente de compatibilidad electromagnética centra por lo general su actividad en las pruebas de tipo o pruebas de conformidad. Ello significa que el servicio de pruebas del laboratorio es función de entornos de negocio específicos, de una categoría o familia de productos específica (telecomunicaciones, industrial o aparatos del ámbito residencial) y de la correspondiente norma de compatibilidad electromagnética (de producto, de familia de productos o genérica) que define los requisitos que debe cumplir el producto antes del reconocimiento de la conformidad. Por otro lado, la norma ISO/CEI 17025 establece las competencias del laboratorio y se basa en métodos de prueba. Dichos métodos pueden corresponder a normas internacionales publicadas o pueden haber sido desarrollados internamente. En ese caso, deben validarse la idoneidad y la precisión de los mismos.

### Normas de referencia

Las pruebas y mediciones sobre compatibilidad electromagnética a nivel internacional, son abordadas principalmente por diversos comités de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). El objetivo de la CEI es promover la cooperación internacional sobre normas en las esferas de la electricidad y la electrónica. En particular, las normas básicas sobre compatibilidad electromagnética relacionadas con las emisiones radioeléctricas se tratan en el CEI/CISPR, mientras que las normas básicas aplicables a fenómenos de inmunidad se abordan por lo general en los subcomités 77A y 77B del CEI.

### Lista de normas actualmente vigentes del CISPR

Las principales normas básicas publicadas por CEI/CISPR están incluidas en la serie CISPR 16 “Especificación de los métodos y aparatos de medida de la inmunidad y de las perturbaciones radioeléctricas “ que se ha publicado estructurada en varias partes y subapartados:

**Parte 1:** Especificación de métodos y aparatos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas

**Parte 2:** Métodos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las mismas.

**Parte 3:** Informes técnicos del CISPR.

**Parte 4:** Incertidumbres, estadísticas y modelización de límites.

### Normas básicas sobre compatibilidad electromagnética del CISPR

CISPR 16-1-1 Parte 1-1: Aparatos de medida

CISPR 16-1-2 Parte 1-2: Equipos auxiliares – Perturbaciones conducidas

CISPR 16-1-3 Parte 1-3: Equipos auxiliares – Potencia perturbadora

CISPR 16-1-4 Parte 1-4: Antenas y emplazamientos de ensayo para medidas de perturbaciones radiadas.

CISPR 16-1-5 Parte 1-5: Emplazamientos de ensayo para calibración de antenas de 30 MHz a 1000 MHz.

CISPR 16-2-1 Parte 2-1: Métodos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Medidas de las perturbaciones conducidas

CISPR 16-2-2 Parte 2-2: Métodos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Medida de la potencia perturbadora

CISPR 16-2-3 Parte 2-3: Métodos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Medidas de las perturbaciones radiadas.

CISPR 16-2-4 Parte 2-4: Métodos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad. Medida de la inmunidad.

CISPR 16-4-2 Parte 4-2: Incertidumbres, estadísticas y modelización de límites. Incertidumbre de la instrumentación de medida de la compatibilidad electromagnética.

### Normas genéricas sobre compatibilidad electromagnéticas del CISPR/CEI

CEI 61000-6-3 Parte 6-3: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera

CEI 61000-6-4 Parte 6-4: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos industriales.

CEI 61000-6-1 Parte 6-1: Normas genéricas. Inmunidad en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera.

CEI 61000-6-2 Parte 6-2: Normas genéricas. Inmunidad en entornos industriales.

### Normas de productos del CISPR

CISPR 11 Equipos industriales, científicos y médicos. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medición

CISPR 12 Vehículos, embarcaciones y dispositivos propulsados por motores de combustión interna. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medición para la protección de receptores externos

CISPR 13 Receptores de radiodifusión y de televisión y equipos asociados. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida.

CISPR 14-1 Compatibilidad electromagnética (CEM). Requisitos para aparatos electrodomésticos, herramientas eléctricas y aparatos análogos. Parte 1: Emisión.

CISPR 14-2 Compatibilidad electromagnética (CEM). Requisitos para aparatos electrodomésticos, herramientas eléctricas y aparatos análogos. Parte 2: Inmunidad. Norma de familia de productos.

CISPR 15 Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares

CISPR 20 Receptores de radiodifusión y televisión y equipos asociados. Características de inmunidad. Límites y métodos de medida

CISPR 22 Equipos de tecnología de la información. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida

CISPR 24 Equipos de tecnología de la información. Características de inmunidad. Límites y métodos de medida.

CISPR 25 Vehículos, embarcaciones y motores de combustión interna. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida para la protección de los receptores utilizados a bordo.

**Lista parcial de normas básicas de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) relacionadas con los ensayos de inmunidad y las técnicas de medición: serie CEI 61000-4**

La serie de normas CEI 61000-4 abarca las técnicas de prueba y medición para equipos eléctricos y electrónicos (aparatos y sistemas) en su entorno electromagnético

CEI 61000-4-2, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-2: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayo de inmunidad a las descargas electrostáticas.

CEI 61000-4-3, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-3: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos, radiados y de radiofrecuencia.

CEI 61000-4-4, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-4: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayos de inmunidad a los transitorios eléctricos rápidos en ráfagas.

CEI 61000-4-5, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-5: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayos de inmunidad a las ondas de choque.

CEI 61000-4-6, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-6: Técnicas de ensayo y de medida – Inmunidad a las perturbaciones conducidas, inducidas por los campos de radiofrecuencia generada por la instrumentación, aplicable a las redes de suministro y a los aparatos conectados a éstas.

CEI 61000-4-8, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-8: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayos de inmunidad a los campos magnéticos a frecuencia industrial.

CEI 61000-4-9, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-9: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayo de inmunidad a los campos magnéticos impulsionales.

CEI 61000-4-10, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-10: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayo de inmunidad a los campos magnéticos oscilatorios amortiguados.

CEI 61000-4-11, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-11: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayos de inmunidad a los huecos de tensión, interrupciones breves y variaciones de tensión.

CEI 61000-4-16, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-16: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas en modo común en el rango de frecuencias de 0 Hz a 150 kHz. Por ejemplo, el Instituto Europeo de Normalización Telecomunicaciones (ETSI) realiza y publica pruebas de conformidad para verificar que los equipos de telecomunicación superan las pruebas indicadas a continuación.

La selección de las pruebas a realizar sobre un equipo en concreto depende de varios factores, tales como

- tipos de perturbaciones que afectan al equipo;
- condiciones ambientales;
- fiabilidad requerida y comportamiento;
- características del equipo.

En relación con la variedad de equipos y condiciones ambientales algunos organismos regionales de normalización están trabajando en la definición de normas específicas de productos o de familias de productos.

En Europa, los organismos de normalización ETSI y CENELEC han elaborado normas específicas sobre compatibilidad electromagnética de productos para los ámbitos de las telecomunicaciones, las radiocomunicaciones y la electrotecnia. En general, todas las normas elaboradas por ETSI y CENELEC sobre pruebas y técnicas de medición hacen referencia a las normas básicas del CISPR y de la CEI antes mencionadas.

A continuación se presenta una lista de normas ETSI sobre compatibilidad electromagnética para equipos de radiocomunicaciones y de telecomunicación destinados a ser utilizados en una red pública de telecomunicaciones:

- **ETSI EN 300 386:** Aspectos de compatibilidad electromagnética y del espectro radioeléctrico (CEM); equipos de redes de telecomunicaciones; requisitos de compatibilidad electromagnética.
- **ETSI EN 301 489:** serie de normas sobre compatibilidad electromagnética para productos radioeléctricos.

Las normas anteriores proporcionan en Europa los requisitos sobre compatibilidad electromagnética necesarios para que los fabricantes demuestren la conformidad de sus equipos con la reglamentación europea (Directiva 2004/108/CE sobre compatibilidad electromagnética y Directiva 99/05/CE sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación, RTTE).

En Europa, el CENELEC define los requisitos sobre compatibilidad electromagnética para equipos de tecnologías de la información, basados en las normas de producto CEI/CISPR:

- **CENELEC EN 55022 (CISPR 22):** “Equipos de tecnología de la información. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida”.
- **CENELEC EN 55024 (CISPR 24):** “Equipos de tecnología de la información. Características de inmunidad. Límites y métodos de medida”.

### Configuración del equipamiento de pruebas e instrumentación

La idoneidad de la configuración del equipamiento y del entorno de pruebas, incluidas las características de la lista de instrumentación se describe en la norma básica, que ofrece la forma de evaluar la compatibilidad electromagnética y la calidad de funcionamiento conexas de todos los productos. En normas de producto específicas puede incluirse instrumentación adicional para la verificación o validación del sistema de medición. A continuación se muestran ejemplos de configuraciones de prueba de la compatibilidad electromagnética.

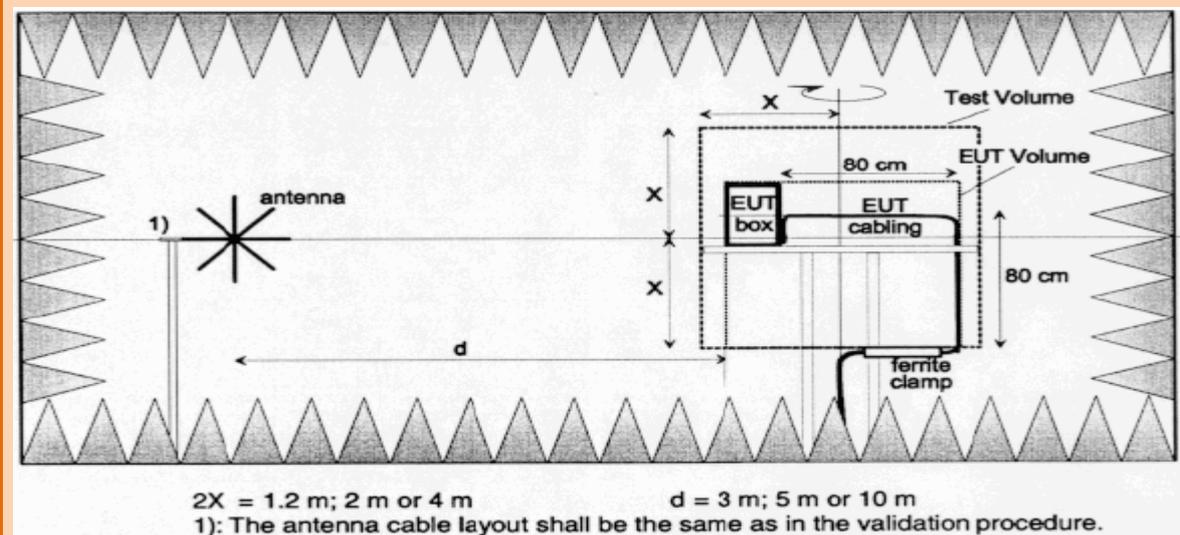
### Emplazamiento de ensayos de medición de emisiones radiadas y de inmunidad radiada

#### Emplazamientos para la medición de la emisión radiada básica

La idoneidad de emplazamientos para la medición de la emisión radiada por debajo de 1 GHz se aborda en las normas siguientes: ANSI C63.4 para 47 CFR Parte 15 y CISPR 16-2-3 para CISPR 11 y CISPR 22. Las mediciones de la interferencia electromagnética para la evaluación de radiadores no intencionales debe realizarse en un emplazamiento de prueba idóneo con una distancia de medición de 3 a 10 m, que puede ser un emplazamiento de pruebas en zona abierta (OATS), una cámara semianecoica (SAC) o una sala de

absorción total (FAR). Estos emplazamientos deberán cumplir el criterio de la atenuación normalizada del emplazamiento (NSA) (de  $\pm 4$  dB) definido en la norma CISPR 16-2-3 en la gama de frecuencias de 30 MHz a 1 GHz

**Figura G.1: configuración típica de equipo de sobremesa en una sala anecoica completa**



Origen: UIT

+++++

Leyendas de la figura G1:

- antenna === antena
- Test Volume === Volumen de la prueba
- EUT Volumen === Volumen del equipo en prueba
- EUT cabling === Cableado del equipo en prueba
- Ferrite clamp === pinza de ferrita

Abajo:

“or” === o

1) La disposición del cable de antena será la misma que en el procedimiento de validación

+++++

En la validación de un emplazamiento para frecuencias superiores a 1 GHz normalmente se utiliza el método de la relación de onda estacionaria de tensión (ROE) en el emplazamiento de la norma CISPR 16-1-1, que compara las desviaciones máximas para varias posiciones de la antena utilizando ambas polarizaciones. Para ser aceptable, la ROE del emplazamiento debe ser menor o igual a 6 dB.

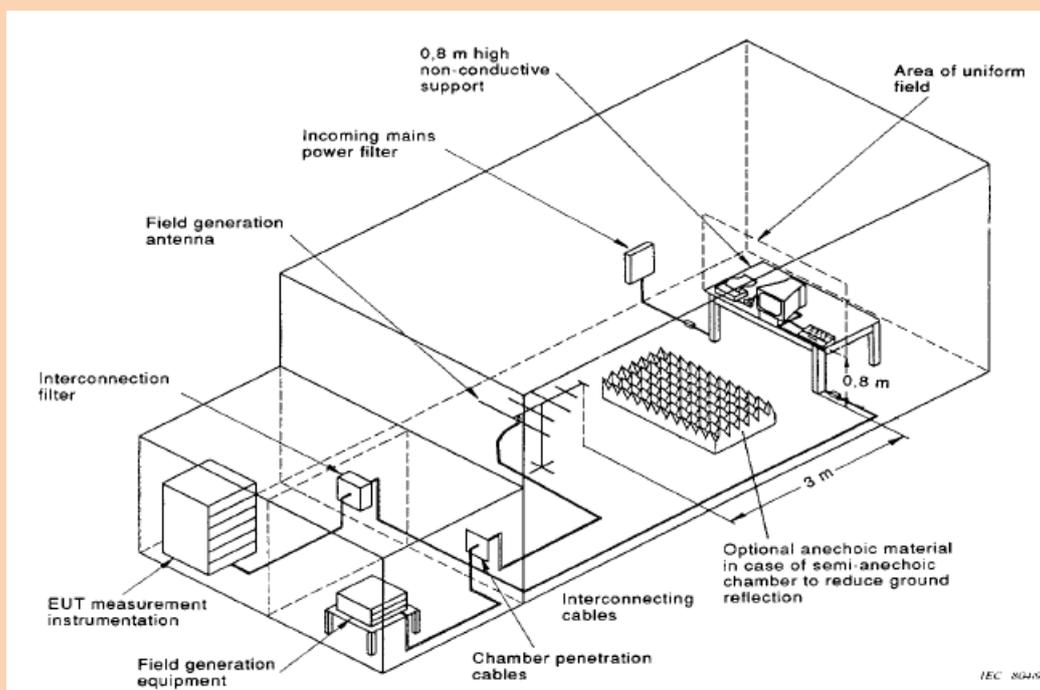
La configuración para los ensayos de mediciones radiadas requiere la utilización de equipos conformes con las normas básicas pertinentes. Para mediciones de acuerdo con normas basadas en las CISPR (por ejemplo, EN 55011 o EN 55022), debe utilizarse un equipo que cumpla todos los requisitos de la norma CISPR 16-1-1. Para frecuencias inferiores a 1 GHz, es necesario un receptor de interferencia electromagnética específico ya que los analizadores de espectro no pueden utilizarse para pruebas de conformidad debido a que no cumplen la norma CISPR 16-1-1. Por encima de 1 GHz pueden utilizarse analizadores de espectro, en tanto que cumplan todos los requisitos señalados en CISPR 16-1-1. Dicha norma CISPR 16-1-1 identifica otras limitaciones de la instrumentación complementaria necesarias para la medición de emisiones.

**Ensayos de inmunidad radiada**

Los ensayos de inmunidad radiada no son necesariamente recíprocos de los ensayos de emisión radiada, ya que es necesario utilizar una técnica de calibración adecuada que requiere una cámara anecoica

parcialmente cubierta con conos piramidales absorbentes sobre la superficie reflectante del suelo. La norma básica que define el procedimiento de calibración es la CEI EN 61000-4-3. La instalación para los ensayos debe disponer de medios para la radiación de energía radioeléctrica y una zona de pruebas adecuada. La especificación básica del emplazamiento para los ensayos requiere que exista una zona de campo uniforme con variaciones de -0/+6 dB sobre un plano de 15 x 1,5 m situado a una altura de 0,8 m sobre el suelo. Se permite que hasta el 25 por ciento de los puntos estén fuera del nivel de tolerancia. La calibración de la uniformidad se define en CEI EN 61000-4-3.

**Figura G.2: configuración típica de un equipo de sobremesa para ensayos de inmunidad radiada**



Origen: UIT

+++++

Leyendas de la figura G2, desde la leyenda "Area of uniform field" y en sentido contrario a las agujas del reloj:

- Zona de campo uniforme
  - Soporte no conductor a 0,8 m de altura
  - Filtro del suministro eléctrico
  - Antena para la generación del campo
  - Filtro de interconexión
  - Instrumentación para la medición del equipo en prueba
  - Equipo para la generación del campo
  - Cables de entrada a la sala
  - Cables de interconexión
  - Material anecoico opcional en caso de cámara semianecoica para reducir la reflexión en el suelo
- +++++

**Otros ensayos de inmunidad a perturbaciones conducidas**

La norma CEI EN 61000-4-x aborda todas las referencias necesarias para la realización de ensayos de inmunidad a perturbaciones conducidas para diversos fenómenos, incluido el equipo de prueba.

Las normas CEI EN 64000-4-x proporcionan, normalmente, la siguiente información general:

- 1 Equipo de prueba;

- características del generador de prueba;
  - dispositivos de acoplamiento;
  - dispositivos de desacoplamiento.
- 2 Configuración de la prueba y método de acoplamiento de las perturbaciones.
- 3 Procedimiento de prueba;
- ajuste del generador de prueba;
  - aplicación de la perturbación al equipo en prueba;
  - evaluación de los resultados de la prueba;
  - informe de la prueba.

### Matriz de competencias del personal (principales conocimientos)

**Gerente del laboratorio:** conocimientos de compatibilidad electromagnética, de los procedimientos de ensayos de compatibilidad electromagnética definidos en las normas internacionales (CEI, CISPR, FCC, etc.), de aspectos de calidad (es recomendable conocer la norma ISO/CEI 17025:2005), conocimiento básico de los principales idiomas extranjeros;

**Responsable de campañas de prueba:** conocimientos de compatibilidad electromagnética, de procedimientos de ensayos de compatibilidad electromagnética definidos en las normas internacionales (CEI, CISPR, FCC, etc.), de arquitectura de sistemas de telecomunicaciones y de técnicas de acceso radioeléctrico, conocimientos básicos de aspectos de calidad, gran capacidad para la formación y la coordinación del trabajo de los operadores de campaña;

**Operador de campaña de pruebas:** son recomendables conocimientos básicos de compatibilidad electromagnética y de los procedimientos de pruebas de compatibilidad electromagnética definidos en las normas internacionales (CEI, CISPR, FCC, etc.);

**Expertos técnicos (no obligatorio, recomendado):** conocimientos de arquitectura de redes y sistemas de telecomunicación, de protocolos de telecomunicaciones y de técnicas de acceso radioeléctrico.

### Requisitos in-situ

En este apartado se incluye información sobre las condiciones físicas del laboratorio.

Las pruebas de compatibilidad electromagnética (de emisión y de inmunidad) radiada requieren de un emplazamiento de prueba en zona abierta (OATS), una cámara semianecoica (SAC) o una sala de absorción total (FAR). La distancia de prueba será  $\geq 3$  metros (3 m, 5 m o 10 m). Para reproducir las condiciones de propagación definidas en las normas internacionales, la pared y el techo de la SAC estarán cubiertos de material anecoico, como por ejemplo, conos piramidales absorbentes y/o baldosas de ferrita. En el caso de una cámara completa (FAR), el material anecoico deberá colocarse también sobre el suelo.

Para la medición de la emisión radiada, el emplazamiento de prueba dispondrá de un mástil de antena de una altura de 1 a 4 m y dos polarizaciones, así como de un sintonizador controlable situado fuera de la sala de pruebas. El emplazamiento debe ser conforme con las características pertinentes definidas en las normas CISPR (por ejemplo, CISPR 22, CISPR 16-1-4, etc.).

Para el ensayo de inmunidad radiada, la instalación de prueba consistirá de un contenedor apantallado de absorción suficientemente grande para permitir instalar el equipo en prueba y controlar los valores de intensidad de campo. Ello incluye cámaras anecoicas o cámaras semianecoicas modificadas. El equipo con el que se realizan las pruebas y los equipos de generación de campo y de supervisión deben ubicarse en otros contenedores apantallados.

Se recomienda que todas las pruebas conducidas (ensayos de emisión y de inmunidad) se realicen en un entorno apantallado que confíne la energía electromagnética generada para las pruebas.

### Requisitos eléctricos

El enchufe eléctrico proporcionará típicamente el amperaje siguiente:

- 16 amperios por fase si la tensión entre dos fases es de 200 – 230 V CA
- 30 amperios por fase si la tensión entre dos fases es de 400 – 440 V CA
- 42 – 56 V de CC, 20 A

### Requisitos ambientales

El sistema de medición de la compatibilidad electromagnética funciona mejor en el entorno siguiente:

- temperatura ambiente de 15 a 35 °C;
- humedad relativa del 20 al 90 por ciento;
- presión atmosférica: de 86 kPa (860 mbar) a 106 kPa (1 060 mbar).;

## H Laboratorios de radiocomunicaciones y señalización (RSL)

### Objeto del laboratorio

Los laboratorios de pruebas de aceptación y de conformidad de portadoras son muy similares pues en ambos se verifica el comportamiento del equipo de usuario en la misma interfaz normalizada; no obstante, los operadores tienen requisitos específicos que no pueden ser verificados por un organismo de normalización. Debido a la complejidad y las opciones del sistema de telecomunicaciones, las pruebas de conformidad no dan cobertura a todas las implementaciones comercialmente disponibles. Por tanto, las pruebas del operador complementan las pruebas de conformidad, que proporcionan una línea de base para los laboratorios de radiocomunicaciones y de señalización. El organismo internacional de normalización para redes y dispositivos inalámbricos es el 3GPP (Proyecto común de tecnologías inalámbricas de la tercera generación), que está organizado en cuatro grupos de especificaciones técnicas (TSG):

- redes de acceso radioeléctrico (RAN, *radio access networks*);
- aspectos de servicios y sistemas (SA, *service and systems aspects*);
- núcleo de red y terminales (CT, *core network and terminals*);
- redes de acceso radioeléctrico GSM EDGE (GERAN, *GSM EDGE radio access networks*);

Las tecnologías 3GPP que generan estos grupos están en constante evolución, lo cual se refleja en las sucesivas generaciones de sistemas móviles celulares comerciales. Desde que se completó la primera especificación de LTE y del núcleo de paquetes evolucionado, el 3GPP se ha convertido en el centro focal de coordinación de sistema móviles posteriores a la tercera generación (3G).

Aunque las sucesivas generaciones se han convertido en descripciones adecuadas de este tipo de red, el verdadero progreso en materia de normas 3GPP se refleja en los hitos alcanzados en las versiones (“Releases”) de 3GPP. Una vez que se finaliza una versión, las nuevas características quedan ‘funcionalmente congeladas’ de cara a su implementación. Aunque ello añade alguna complejidad al trabajo de los grupos, esta forma de trabajar garantiza un progreso continuo y que se desplieguen sistemas 3G estables basados en un nuevo acceso radioeléctrico de banda ancha, multimodal y flexible. Este enfoque garantiza que los sistemas basados en las especificaciones 3GPP permitan un rápido desarrollo y despliegue de servicios competitivos y, al mismo tiempo, itinerancia a nivel mundial.

El Grupo de especificaciones técnicas de la red de acceso radioeléctrica (TSG-RAN) es responsable de la definición de las funciones, requisitos e interfaces de la red UTRA/E-UTRA en sus dos modos, dúplex por división de frecuencia (FDD) y dúplex por división en el tiempo (TDD). Sus responsabilidades, descritas con

algo de más detalle son: calidad de funcionamiento radioeléctrico, especificación de la capa física, capa 2 y capa 3 en UTRAN-/E-UTRAN; especificación de las interfaces del acceso radioeléctrico (lu, lub, lur, S1 y X2); definición de los requisitos de operación y mantenimiento en UTRAN/E-UTRAN y pruebas de conformidad de los equipos de usuario y de las estaciones base.

El Grupo de trabajo 5 de RAN es el grupo encargado de las especificaciones de las pruebas de conformidad en la interfaz radioeléctrica (Uu) del equipo de usuario. Las especificaciones de prueba están basadas en requisitos definidos por otros grupos como el Grupo de trabajo 4 de RAN para los casos de pruebas radioeléctricas, y el Grupo de trabajo 2 de RAN y el Grupo de trabajo 1 de CT (núcleo de red y terminales) para los casos de pruebas de señalización y de protocolos. El Grupo de trabajo 5 de RAN está organizado en dos subgrupos, el subgrupo RF y el subgrupo de señalización.

## LABORATORIO DE RADIOCOMUNICACIONES

### Objeto del laboratorio

De acuerdo con las indicaciones y especificaciones del subgrupo RF del RAN 5 del 3GPP, se han desarrollado distintos entornos y procedimientos para probar y validar el correcto comportamiento de los equipos de usuario (EU).

Se han definido dos topologías principales, a saber, pruebas por conducción y pruebas OTA:

- las **mediciones por conducción** se realizan utilizando un cable de radiofrecuencia que conecta directamente el modem con el banco de pruebas. Estas mediciones evidencian la calidad de funcionamiento del receptor y del transmisor, excluyendo la antena. Las mediciones se realizan uniendo el conector de antena del equipo de usuario a un instrumento que mide la calidad de funcionamiento a nivel de radiocomunicación (equipo de prueba de radiocomunicación) utilizando un cable de RF con una atenuación conocida (mediciones estáticas).
- las **mediciones por medios radioeléctricos, OTA (*over-the-air*)**, se realizan en una cámara anecoica apantallada, que simula la propagación en espacio libre. Antes de la medición, la sala debe ser calibrada para ambas polarizaciones a fin de determinar la atenuación total entre el conector del instrumento de pruebas (A) y la ubicación de la antena del terminal móvil (B).

Este grupo de mediciones muestra la calidad de la componente radioeléctrica del equipo de usuario (antena y transceptor). La metodología utilizada se corresponde con la de 3GPP TS.34.114.

En este entorno se evalúan las calidades de funcionamiento radiadas globales del equipo de usuario considerando la sensibilidad OTA y la potencia máxima transmitida.

### Lista de servicios de prueba del laboratorio

**Informe del equipo de usuario (EU):** el objeto de esta prueba es verificar el valor de los parámetros RSCP del P-CPICH y el  $E_c/N_0$  del P-CPICH medidos por el EU y reportados a la red, en función del nivel de señal recibida por el EU. El valor RSCP del CPICH sirve para la evaluación del traspaso, el control de potencia en bucle abierto del enlace descendente (DL), el control de potencia en bucle abierto del enlace ascendente (UL) y el cálculo de la pérdida del trayecto. El valor  $E_c/N_0$  del CPICH sirve para la selección/reselección de celda y para la evaluación del traspaso.

### Potencia máxima de salida

El objeto de esta medición es verificar el nivel de potencia máxima transmitida por el equipo de usuario. Una potencia transmitida demasiado baja degrada la calidad del enlace del móvil a la estación base y reduce la zona de cobertura. Una potencia transmitida demasiado alta puede producir interferencias a otros usuarios o sistemas.

### Potencia mínima de salida

El objeto de esta medición es verificar el nivel de potencia mínima transmitida por el equipo de usuario. La potencia mínima de salida se define como la potencia media en un intervalo de tiempo. Una potencia

mínima de salida excesiva aumenta la interferencia sobre otros usuarios y puede reducir la capacidad del sistema.

### Control de potencia de bucle interior en el enlace ascendente

El control de potencia en bucle interior en el enlace ascendente es la capacidad del transmisor del UE para ajustar su potencia de salida de acuerdo con una o más instrucciones TPC recibidas en el enlace descendente. El control de la potencia transmitida por el UE es esencial para garantizar una transmisión estable y una gestión eficiente de los recursos de radiocomunicaciones en el sistema. En general, una potencia de salida del transmisor del UE demasiado baja reduce la zona de cobertura, mientras que una potencia de salida excesiva puede causar interferencias a otros usuarios o sistemas. Ambos efectos reducen la capacidad del sistema.

### Medición de la sensibilidad estática

La sensibilidad indica la capacidad del receptor de radiocomunicaciones de funcionar correctamente en condiciones desfavorables de señal. Se define como el nivel mínimo de la potencia recibida para el que se cumplen los límites de probabilidad de error del apartado 6.2 de TS 34.121. El objetivo de esta medición es verificar la potencia mínima recibida en el puerto de antena del UE para la que no se supera un valor dado de la tasa de errores en los bits (BER). La pérdida de sensibilidad en recepción reduce la cobertura en zonas alejadas del Nodo B.

### Potencia en bucle abierto

El control de potencia en bucle abierto en el enlace ascendente es la capacidad del transmisor del UE para fijar su potencia de salida a un valor específico. El UE utiliza la potencia medida de la señal recibida y la información de señalización de BCCH para controlar la potencia de la señal que transmite con el objetivo de transmitir con el nivel de potencia más bajo que garantice una comunicación aceptable.

### Potencia máxima transmitida y sensibilidad OTA

Para verificar pérdidas de sensibilidad no medibles mediante las pruebas por conducción, se mide la sensibilidad radiada estática en todos los canales. Las mediciones de sensibilidad se realizan mediante sucesivas medidas de la BER, transmitiendo al UE un P-CPICH con un nivel constante de -70 dB hasta determinar el nivel de P-CPICH para el que la BER supera el 1 por ciento.

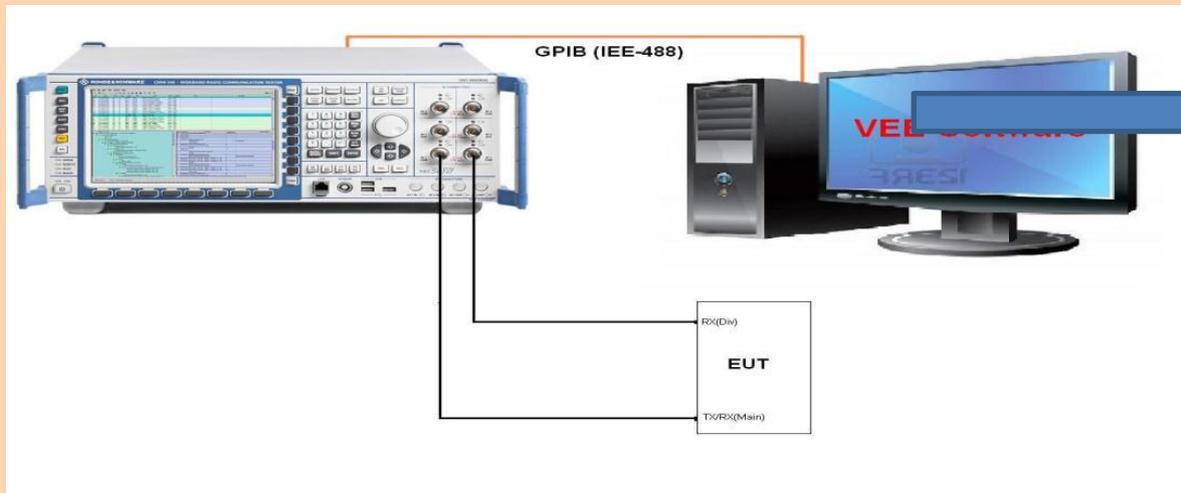
### Normas de referencia

- 3GPP TS 34.121-1 Terminal conformance specification; Radio transmission and reception (FDD); Part 1: RF/RRM conformance testing.
- 3GPP TS 34.121-2 Terminal conformance specification; Radio transmission and reception (FDD); Part 2: Implementation Conformance Statement (ICS).
- 3GPP TS 34.114 User Equipment (UE) / Mobile Station (MS) Over The Air (OTA) antenna performance- Conformance testing.
- 3GPP TS 36.521-1 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) conformance specification Radio transmission and reception Part 1: Conformance Testing.
- 3GPP TS 36.521-2 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) conformance specification Radio transmission and reception Part 2: Implementation Conformance Statement (ICS).
- 3GPP TS 36.521-3 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) conformance specification Radio transmission and reception Part 3: Radio Resource Management Conformance Testing.

### Configuración del equipamiento de pruebas e instrumentación

En este apartado se describe la configuración del equipo de prueba, incluyendo la lista de la instrumentación necesaria (componentes principales).

**Figure H.1: principales componentes del sistema de medición por conducción**



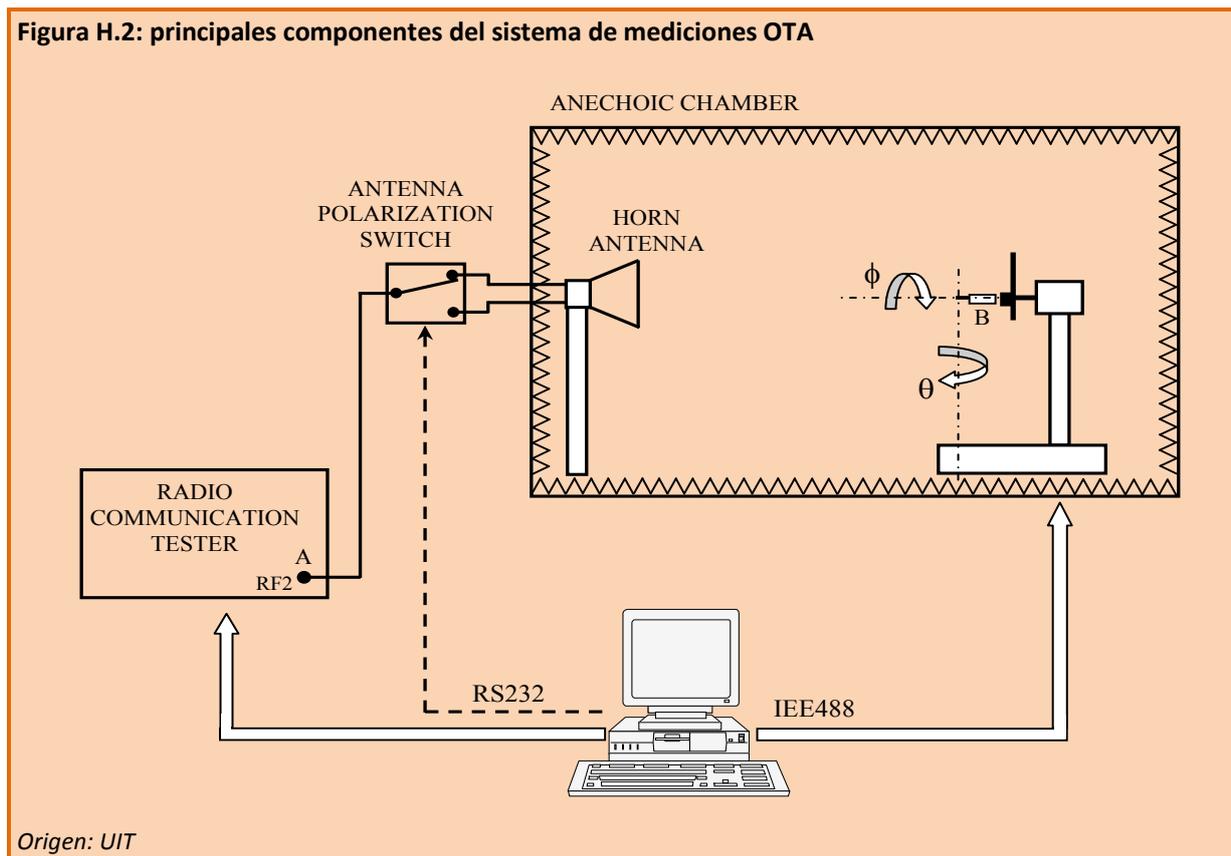
Origen: UIT

Leyendas de la figura H1: sólo cambiar “EUT” por “Equipo en prueba”

- EQUIPO DE PRUEBA DE RADIOCOMUNICACIONES
- SOPORTE DE EQUIPOS PORTÁTILES / INALÁMBRICOS
- SERVIDOR PARA ELECTRÓNICA DE ADQUISICIÓN DE DATOS/ MEDICIONES
- COMPUTADORAS (PC/ESTACIÓN DE TRABAJO/ PORTÁTIL)
- CÁMARA ANECOICA APANTALLADA
- ANTENA DE MEDICIÓN
- PLATAFORMA GIRATORIA

(Nota del traductor: en el original se repiten algunos instrumentos de esta lista)

Figura H.2: principales componentes del sistema de mediciones OTA



Leyendas de la figura H2:

CÁMARA ANECOICA

CONMUTADOR DE POLARIZACIÓN DE ANTENA

ANTENA DE BOCINA (*dentro del recuadro grande*)

EQUIPO DE PRUEBA DE RADIOCOMUNICACIONES (*dentro del recuadro pequeño*)

+++++

### Matriz de competencias del personal (principales conocimientos)

**Gerente del laboratorio:** conocimientos de electromagnetismo, compatibilidad electromagnética, electrónica, microondas y componentes de RF, arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles y de técnicas de acceso radioeléctrico, conocimientos profundos de aspectos de calidad (es recomendable el conocimiento de la norma ISO/CEI 17025:2005), conocimientos básicos de los principales idiomas extranjeros.

**Responsable de campañas de prueba:** conocimientos de electromagnetismo, electrónica, conocimientos básicos de arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles y de técnicas de acceso radioeléctrico, conocimientos básicos de los aspectos de calidad, gran capacidad para la formación y la coordinación del trabajo de los operadores de campaña.

**Operador de campaña de pruebas:** son recomendables conocimientos básicos de física.

**Expertos técnicos (no obligatorio, recomendado):** conocimientos profundos de electromagnetismo, compatibilidad electromagnética, electrónica, microondas y componentes de RF, conocimientos de arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles y de técnicas de acceso radioeléctrico.

### Requisitos in-situ

En este apartado se incluye información sobre las condiciones físicas del laboratorio.

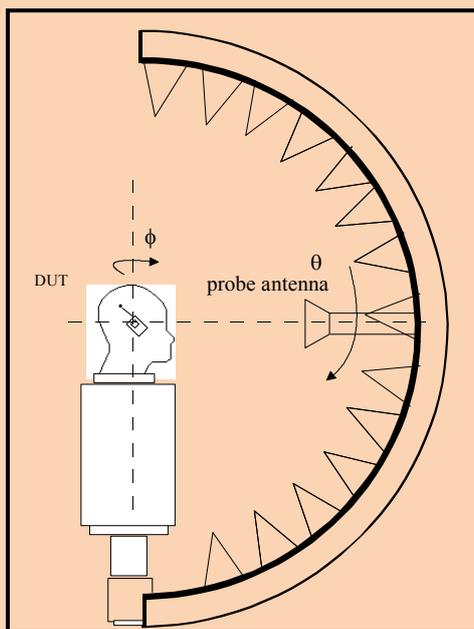
**Limitaciones de la cámara anecoica**

Las pruebas se realizarán en una cámara anecoica que cumpla los requisitos siguientes.

**Posicionador**

La cámara debe estar equipada con un posicionador que permita realizar mediciones completas en 3D de la calidad de funcionamiento en transmisión y recepción. El centro de rotación será el punto de referencia del oído izquierdo o del oído derecho de la cabeza de prueba. También puede utilizarse como centro de rotación el punto medio de la línea entre los puntos de referencia del oído izquierdo y derecho. Los ángulos theta ( $\theta$ ) y phi ( $\phi$ ) son los que se muestran en la figura H.3

**Figura H.3: sistema de coordenadas utilizadas en las mediciones**



Origen: UIT

Legendas de la figura H3:

- DUT === dispositivo en prueba
- probe antenna === antena sonda
- +++++

**Antena de medición**

La antena de medición deberá poder medir dos polarizaciones ortogonales (típicamente lineales con ángulos de polarización theta ( $\theta$ ) y phi ( $\phi$ )). Nótese que una antena de medición con una única polarización lineal también puede utilizarse en cada punto de medición girándola 90 °.

Para mediciones de campo lejano, la distancia r entre el dispositivo en prueba y la antena de medición debe ser

$$r > \max\left(\frac{2D^2}{\lambda}, 3D, 3\lambda\right)$$

Donde  $\lambda$  es la longitud de onda de la frecuencia de medición y D la dimensión máxima de la estructura radiante. En ese caso, no se superan los límites de incertidumbre de la fase y de la amplitud ni el límite del campo cercano reactivo. La distancia r determina las dimensiones de la cámara anecoica; se recomienda

una dimensión de 5x3x3 m para mantener el dispositivo en pruebas lejos de las paredes y reducir el valor de la reflectividad de la zona tranquila de la cámara anecoica.

### **Zona tranquila**

La reflectividad de la zona tranquila debe medirse para las frecuencias utilizadas. El nivel de reflectividad medido se utiliza en los cálculos de incertidumbre.

### **Efectividad del apantallamiento de la cámara**

El nivel recomendado de efectividad del apantallamiento es de -100 dB desde 800 MHz a 4 GHz.

### **Requisitos eléctricos**

El suministro eléctrico debe ser normalizado

## **Laboratorio de señalización**

### **Objeto del laboratorio**

Tal como recogen los documentos y especificaciones del subgrupo de señalización del RAN 5 del 3GPP, los procedimientos de prueba se han desarrollado para verificar y validar el comportamiento correcto de los equipos de usuario en función de la red de acceso radioeléctrica.

Las pruebas desarrolladas no son pruebas de *conformidad*, sino pruebas adicionales destinadas a evaluar la calidad de los procedimientos de señalización implementados por el EU, teniendo en cuenta el tiempo de ejecución y la capacidad de reacción del propio EU.

### **Lista de servicios de prueba del laboratorio**

Las pruebas de señalización que se realizan en el laboratorio son las siguientes

Selección de celda y reelección de celda:

- Selección de celda 3G
- Selección de celda 3G/2G
- Reelección de celda y tiempo de recuperación 3G
- Reelección de celda y tiempo de recuperación 3G/2G
- Tiempo de recuperación InterRAT cuando la celda 3G queda indisponible (*interRAT, inter radio access technology*)
- Tiempo de selección InterRAT cuando la celda 3G queda disponible

Actualización de ubicación y registro:

- Identidad y capacidad
- Actualización periódica de ubicación en caso de pérdida de cobertura
- Condición de inter frecuencia del rechazo de actualización de ubicación
- Actualización de ubicación en PLMN equivalente
- Rechazo de actualización de ubicación y llamada de emergencia

Selección de red:

- Selección de red en itinerancia internacional
- Selección de red "Selector de PLMN controlado por el operador con tecnología de acceso (AT)"
- Selección de red con "Selector de PLMN controlado por el usuario con tecnología de acceso (AT)"

- Búsqueda periódica de HPLMN en itinerancia internacional
- Causa #11 en guiado de itinerancia (PLMN no permitida)
- Causa #17 en guiado de itinerancia (fallo de red)

Informe de mediciones:

- Informe de mediciones 3G
- Informe de mediciones 2G/3G (traspaso (HO) InterRAT 2G/3G)
- Paquetes conmutados
- Acampada (en redes móviles) (*attach*)
- Contextos PDP – Rechazo de contexto PDP

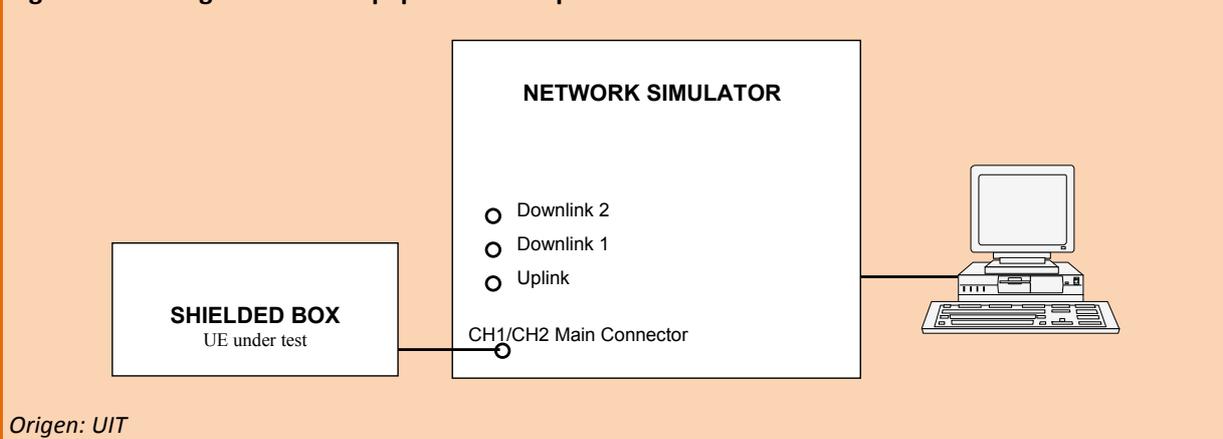
#### Normas de referencia

- 3GPP TS 34.108 Common Test Environments for User Equipment (UE) Conformance Testing.
- 3GPP TS 36.508 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Packet Core (EPC); Common test environments for User Equipment (UE) conformance testing.
- 3GPP TS 34.123-1 User Equipment (UE) Conformance Specification; Part 1: Protocol Conformance Specification.
- 3GPP TS 34.123-2 User Equipment (UE) Conformance Specification, Part 2 – Implementation Conformance Statement (ICS) proforma specification.
- 3GPP TS 36.523-1 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Packet Core (EPC); User Equipment (UE) conformance specification; Part 1: Protocol conformance specification.
- 3GPP TS 36.523-2 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Packet Core (EPC); User Equipment (UE) conformance specification; Part 2: Implementation Conformance Statement (ICS) proforma specification.

#### Configuración del equipamiento de pruebas e instrumentación

- Caja apantallada.
- Simulador de red.
- Computadoras, (PC/estaciones de trabajo/notebook).

Figura H.4: configuración del equipamiento de pruebas e instrumentación



Origen: UIT

Leyendas de la figura H4:

Caja de la izquierda:

CAJA APANTALLADA

EU en prueba

Caja de la derecha

SIMULADOR DE RED

Enlace descendente 2

Enlace descendente 1

Enlace ascendente

Conector principal CH1/CH2

+++++

**Matriz de competencias del personal (principales conocimientos)**

**Gerente del laboratorio:** conocimientos de arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles, técnicas de acceso radioeléctrico, protocolos de comunicación y redes, conocimientos profundos de aspectos de calidad (es recomendable el conocimiento de la norma ISO/CEI 17025:2005), conocimientos básicos de los principales idiomas extranjeros;

**Responsable de campañas de prueba:** conocimientos básicos de arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles, técnicas de acceso radioeléctrico, protocolos de comunicación y redes, conocimientos básicos de los aspectos de calidad, gran capacidad para la formación y la coordinación del trabajo de los operadores de campaña;

**Operador de campaña de pruebas:** son recomendables conocimientos básicos de arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles y de protocolos de comunicaciones.

**Expertos técnicos (no obligatorio, recomendado):** conocimientos profundos de arquitectura de sistemas de comunicaciones móviles, técnicas de acceso radioeléctrico, protocolos de comunicaciones y redes.

**Requisitos in-situ**

En este apartado se incluye información sobre las condiciones físicas del laboratorio.

**Dimensiones**

Se deben utilizar dimensiones y distribuciones normalizadas.

**Requisitos eléctricos**

La alimentación eléctrica será la normalizada.

**Requisitos ambientales**

NA

**Seguridad**

NA

**I Laboratorio de eficiencia energética (PWE)**

**Objeto del laboratorio**

La mejora de la eficiencia energética contribuye a la reducción de las emisiones de gases asociadas a la producción y consumo de electricidad a escala global. En los próximos años, la demanda de electricidad aumentará y se producirá un aumento del consumo de materias primas. Se considera que una reducción significativa del consumo de energía es un objetivo obligatorio.

De hecho, el ahorro de energía es la forma más efectiva de aumentar la seguridad del suministro y de reducir la dependencia de las importaciones de un país; por tanto, todos los países deberían adoptar medidas y objetivos significativos en relación con la demanda de energía.

Como principio general, y cuando proceda, el consumo de energía de los equipos eléctricos y electrónicos en los modos «preparado» (“stand-by”) y «desactivado» (“off”) debería reducirse al mínimo necesario para un funcionamiento correcto.

Los equipos domésticos y de oficina a menudo se alimentan de fuentes de alimentación externas que realizan una conversión a partir de la red eléctrica. La eficiencia de las fuentes de alimentación externas es un aspecto importante del comportamiento energético de los productos, siendo dichas fuentes uno de los grupos de productos prioritarios para los que se han establecido requisitos de diseño ecológico.

El objeto del laboratorio de eficiencia energética es verificar la conformidad de los equipos con los requisitos eléctricos establecidos por la Comisión Europea en el Reglamento No. 1275/2008/CE, el Reglamento No. 278/2009/CE y otros acuerdos voluntarios. Los productos incluidos en códigos de conducta de la esfera de la energía que cumplan los requisitos de diseño ecológico establecidos en las medidas europeas, deben incluir el marcado “CE” y la información conexa para que dichos productos puedan distribuirse libremente en el mercado interior.

### Lista de servicios de prueba

Evaluación del consumo de energía y de la eficiencia de la conversión de energía de equipos de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones.

### Normas de referencia

- **DIRECTIVA 2009/125/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO** de 21 de octubre de 2009 por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.
- **(CE) No 1275/2008 17 de diciembre de 2008** – REGLAMENTO DE LA COMISIÓN (CE) por el que se desarrolla la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo concerniente a los requisitos de diseño ecológico aplicables al consumo de energía eléctrica en los modos «preparado» y «desactivado» de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina.
- **(CE) No 278/2009 6 de abril de 2009** – REGLAMENTO DE LA COMISIÓN (CE) por el que se desarrolla la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo concerniente a los requisitos de diseño ecológico aplicables a la eficiencia media en activo de las fuentes de alimentación externas y a su consumo de energía eléctrica durante el funcionamiento en vacío.
- **EN 62301 I Edición: 2006-11** – Aparatos electrodomésticos. Medición del consumo de energía en modo en espera.
- Código de Conducta sobre el consumo de energía de equipos de banda ancha, versión 4 – 10 de febrero de 2011.
- Código de conducta sobre la eficiencia energética de sistemas del servicio de televisión digital, versión 8 – 15 de Julio de 2009.

### Configuración del equipamiento de pruebas e instrumentación

En este apartado se describe la configuración de los equipos de prueba y se incluye la lista de instrumentos (sus componentes principales). Junto a la lista de equipos usados en el laboratorio, se indican condiciones generales adicionales para las mediciones o la validación.

Figura I.1: configuración para pruebas según (CE) No 1275/2008

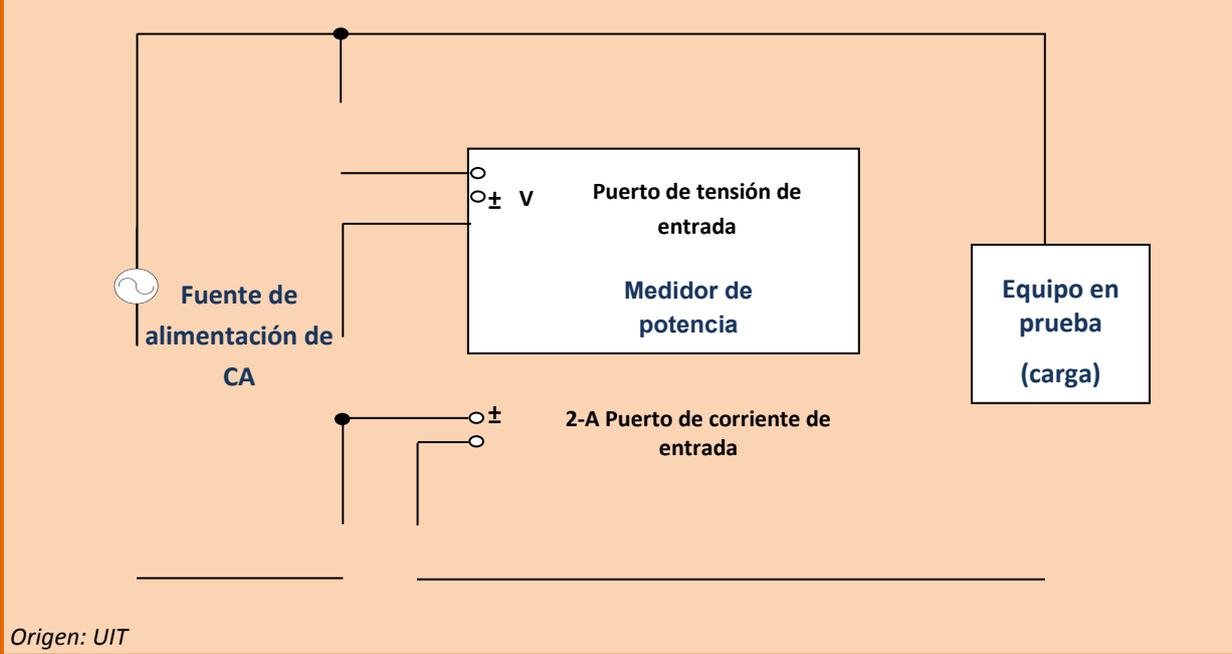


Figura I.2: detalle de la configuración para pruebas de baja corriente según (CE) No 1275/2008

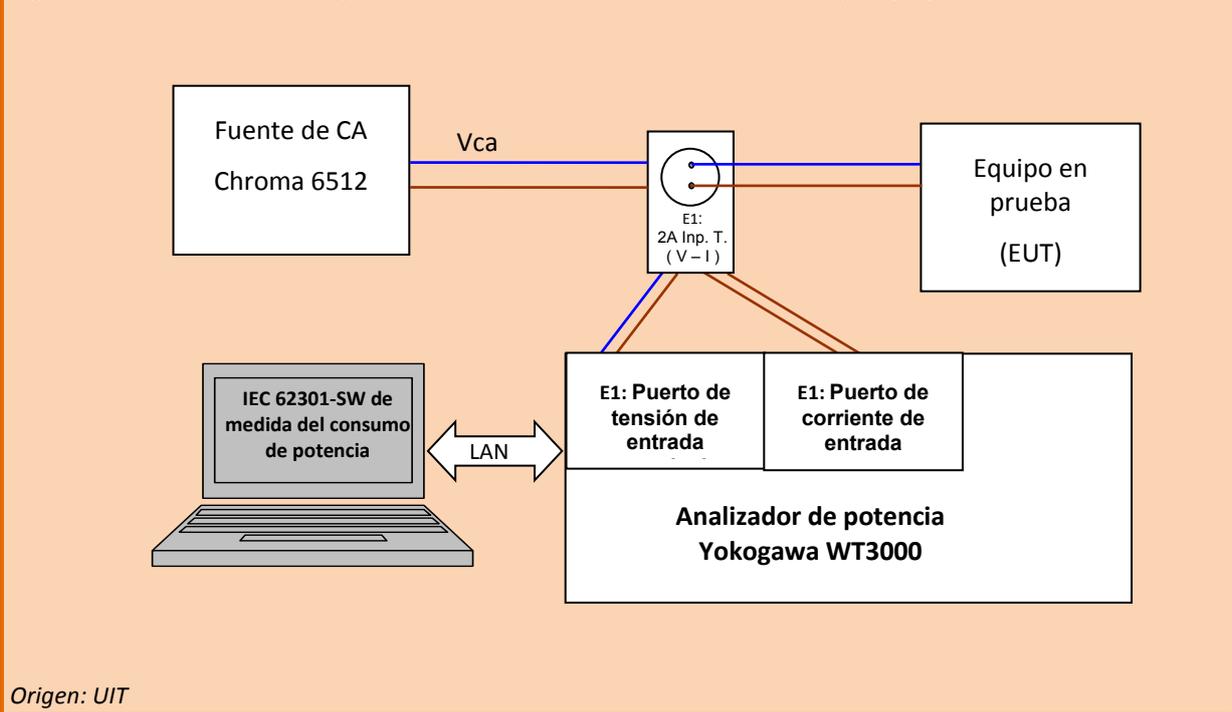
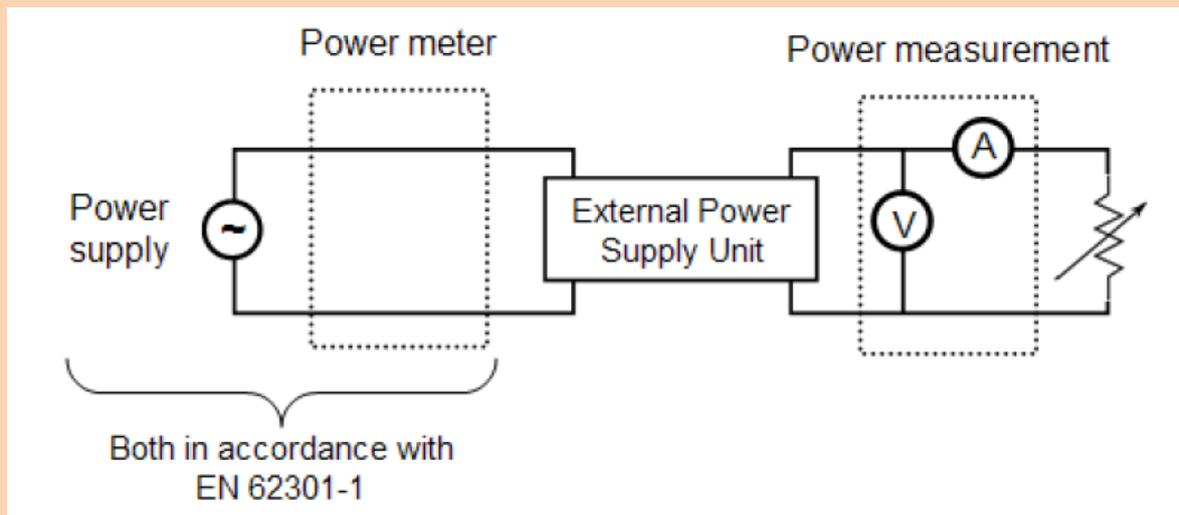


Figura I.3: configuración de prueba según (EC) No 278/2009



Origen: UIT

Legendas de la figura I.3

Power supply === Fuente de alimentación

Power metre === Medidor de potencia

External power supply unit === Fuente de alimentación externa

Power mesurement === Medición de potencia

Both in accordance with EN 62301-1 === Ambas de conformidad con EN 62301-1

+++++

Principales equipos de prueba utilizados en el laboratorio.

- analizador de potencia;
- fuente de CA;
- anemómetro;
- termohigrógrafo;
- cargas electrónicas para CC/CA;
- milímetros.

**Matriz de competencias del personal (principales conocimientos)**

**Gerente del laboratorio:** conocimientos del equipamiento y de arquitectura de redes y sistemas TIC, conocimientos profundos de aspectos de calidad (es recomendable el conocimiento de la norma ISO/CEI 17025:2005), conocimientos básicos de los principales idiomas extranjeros.

**Responsable de campañas de prueba:** conocimientos de electrónica, conocimientos básicos de arquitectura de sistemas de comunicaciones y de técnicas de acceso radioeléctrico, conocimientos básicos de los aspectos de calidad, gran capacidad para la formación y la coordinación del trabajo de los operadores de campaña.

**Operador de campaña de pruebas:** son recomendables conocimientos básicos de los equipos y de sus principales modos de funcionamiento.

**Expertos técnicos (no obligatorio, recomendado):** conocimientos de física, química e ingeniería mecánica. Los expertos apoyan el trabajo del gerente del laboratorio y del responsable de campaña en la

gestión de los líquidos simuladores de tejidos de cabeza y cuerpo, así como en la gestión e instalación de los robots y del hardware del laboratorio.

### Requisitos in-situ

A continuación se describen condiciones generales para la de realización de las mediciones (EN 62301).

Salvo que se especifique otra cosa, las mediciones se realizarán en las condiciones de prueba y con equipos que cumplan las especificaciones indicadas en los subapartados siguientes sobre la sala de pruebas, la alimentación de energía, la forma de onda del suministro de tensión y la precisión de las mediciones de potencia.

### Sala de pruebas

Las pruebas se realizarán en una sala en la que la velocidad del aire en las proximidades del equipo en prueba sea  $\leq 0,5$  m/s. La temperatura ambiente se mantendrá a  $(23 \pm 5)^\circ$  C durante toda la prueba.

NOTA: para algunos productos y modos de funcionamiento la potencia medida puede verse afectada por las condiciones ambientales (por ejemplo, luminancia o temperatura)

### Alimentación de energía

Si una norma o reglamentación externa que especifique la tensión y frecuencia para la prueba hace referencia a la norma EN 62301, la tensión y frecuencia definidas en la misma se utilizarán en todas las pruebas.

Si la tensión y la frecuencia para la prueba no están definidas en una norma externa, tomarán los valores siguientes:

230 V  $\pm$  1 por ciento

50 Hz  $\pm$  1 por ciento

Si los aparatos a utilizar son trifásicos y la tensión y frecuencia de la prueba no están definidas por una norma externa, tomarán los valores siguientes:

400 V  $\pm$  1 por ciento

50 Hz  $\pm$  1 por ciento

### Forma de onda del suministro de tensión

El contenido total de armónicos de la tensión de alimentación del equipo en prueba en el modo especificado no superará el 2 por ciento (hasta el 13<sup>er</sup> armónico incluido); el contenido de armónicos se define como la suma de los valores eficaces (r.m.s.) de los componentes individuales utilizando el fundamental como el 100 por cien.

La relación entre el valor de cresta y el valor eficaz (r.m.s.) de la tensión utilizada en la prueba estará comprendida entre 1,34 y 1,49.

### Precisión de las mediciones de potencia

Las mediciones de potencia de 0,5 W o superiores se realizarán con una incertidumbre igual o menor al 2 por ciento para un nivel de confianza del 95 por ciento. Las mediciones de potencia de menos de 0,5 W se realizarán con una incertidumbre igual o menor a 0,01 W para un nivel de confianza del 95 por ciento. El instrumento de medición de potencia tendrá una resolución de:

- 0,01 W o mejor para mediciones de potencia de 10 W o menos;
- 0,1 W o mejor para mediciones de potencia de más de 10 W y hasta 100 W;
- 1 W o mejor para mediciones de potencia de más de 100 W.

En el caso de equipos conectados a más de una fase, el instrumento de medición de potencia estará equipado para medir la potencia total de todas las fases conectadas.

## J Laboratorio de calidad de los materiales (QML)

### Objeto del laboratorio de “ensayo de materiales”

En este laboratorio se evalúan las propiedades y el comportamiento en la planta real de los materiales utilizados en redes y equipos TIC. Los ensayos físicos y químicos se realizan para verificar la conformidad de los materiales empleados en las redes con las especificaciones técnicas, evaluar su resistencia a la intemperie y sus posibilidades de gestión como residuos al final de la vida útil. También pueden investigarse aspectos relacionados con el impacto medioambiental y la seguridad de la utilización de los materiales en situaciones reales. Dichas capacidades se aplican a los materiales en las siguientes etapas de su ciclo de vida:

- antes de su introducción, como parte del proceso de cualificación;
- después de la homologación, para la vigilancia de los lotes entregados;
- durante su utilización práctica en caso de degradación temprana o de fallos;
- al final del ciclo de vida para identificar la forma más adecuada de gestionarlos como residuos.

### Lista de servicios del laboratorio de “ensayo de materiales”

- Ensayo de plásticos y materiales compuestos: aplicado principalmente a aislantes y cubiertas de cables, conductos, recubrimientos y pinturas poliméricas, carcasas de teléfonos y equipos de red, fustes termoendurecidos reforzados con vidrio, etc.
- Ensayo de materiales metálicos: para evaluar conductores y apantallamientos de los cables, conectores, cables y barras para tomas de tierra, accesorios de soporte de cargas en redes aéreas, cámaras de registro, etc.
- Ensayos climáticos y de intemperie: para evaluar efectos perjudiciales del entorno sobre el comportamiento de los equipos TIC y sobre la vida útil de los materiales que los componen (corrosión, degradación, fallos, etc.).
- Ensayos sobre la seguridad y el entorno: para evaluar efectos perjudiciales de los materiales empleados en los equipos TIC sobre el entorno, incluida la seguridad de los trabajadores. Son ejemplos típicos las emisiones volátiles de las fundas termorretráctiles y las filtraciones de productos químicos protectores con los que se impregnan los postes de madera.

### Normas de referencia

La mayoría de los ensayos deben realizarse de acuerdo con métodos de prueba normalizados tal como se describe en las especificaciones del producto TIC. Debido a que a menudo las muestras de los materiales deben conseguirse de productos industriales, la conformidad puede resultar difícil: por ejemplo, las muestras para **ensayos de tensión de mancuernas** obtenidas de la cubierta de un cable pueden no tener un grosor uniforme o presentar una forma ligeramente curvada. Las normas de referencia pertenecen a algunas de las dos categorías siguientes:

- normas ISO, CEN, ASTM para ensayos de materiales.
- normas CEI para ensayos de equipos eléctricos y electrónicos (ETSI para equipos TIC).

### Equipamiento para ensayos e instrumentación

Los principales equipos para la realización de ensayos son los siguientes:

- **Espectroscopía de infrarrojos** para identificar la composición química de materiales plásticos y sus los principales aditivos.

- **Análisis térmico:** calorimetría de exploración diferencial (DSC, *differential scanning calorimetry*, con un rango típico de -150 °C a + 700 °C) para determinar las temperaturas de fusión y de transición, la estabilidad térmica (tiempo de inducción a la oxidación de la poliofelina); termogravimetría (TG, con un rango típico desde la temperatura ambiente hasta 1000 °C) para el contenido de refuerzo inorgánico de los compuestos de plásticos (por ejemplo, fibras de vidrio) o el porcentaje de negro de carbono en compuestos termoplásticos “negros” estabilizados.
- **Microscopía óptica:** para la medición del grosor de las cubiertas y la evaluación de microcurvaturas y defectos.
- **Microscopía electrónica:** con análisis de espectroscopía de dispersión de rayos X (EDX) para el análisis semicuantitativo de metales y aleaciones y el examen morfológico con muchos aumentos para evaluar causas de fallos.
- **Equipo de ensayos mecánicos** (pruebas de tensión, flexión y compresión).
- **Equipo de ensayos contra incendios:** para la clasificación de la resistencia al fuego de muestras de pequeño tamaño, con referencia a la norma UL 94 o similares.
- **Cámaras climáticas:** para la clasificación de los equipos en relación con las “clases climáticas” especificadas en la serie de normas ETSI 300 019. En colaboración con otros laboratorios de acreditación (LAP), estas pruebas pueden realizarse sobre equipos plenamente operativos cuyo comportamiento se mide continuamente y los datos transmitidos se almacenan para detectar cualquier pérdida de datos.
- **Cámaras de corrosión y de exposición acelerada a la intemperie** (por ejemplo, con difusores de sal).

La mayoría de los ensayos se realizan mediante una secuencia de operaciones o mediante accesorios específicos, pero no requieren un banco de mediciones. En las figuras J.1, J.2 y J.3 se muestran varias etapas para evaluar la microestructura de una fundición esferoidal utilizada en cámaras de registro. Una parte del producto (figura J.1) se corta mecánicamente y se utilizan partículas abrasivas para eliminar materiales de la superficie de la muestra hasta lograr el aspecto deseado.

A continuación, se “montan” muestras metalográficas utilizando resina epoxy termoendurecida, de baja contracción durante el endurecimiento para garantizar una retención elevada de bordes (figura J.2). Al montar la muestra ésta puede sostenerse de forma fiable y segura durante las operaciones de desbastado y pulido.

Después del montaje, la muestra se humedece para dejar más expuesta la superficie del metal y realizar el desbaste con materiales abrasivos cada vez más finos.

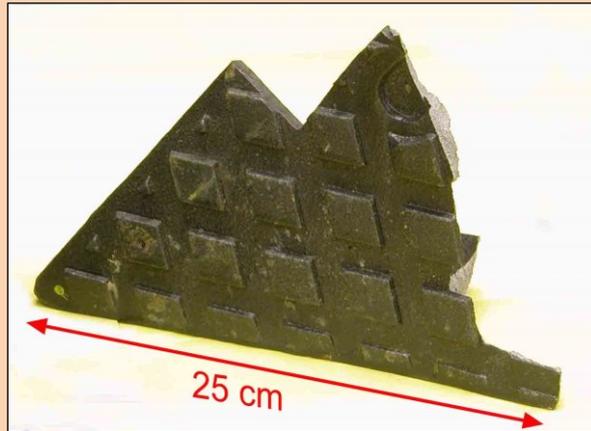
El papel abrasivo de carburo de silicio es la técnica de desbastado básica tradicional y a menudo va seguida de un desbastado más fino en el que se dosifican suspensiones de grano de diamante sobre un paño reutilizable durante el proceso de pulido. El grano de diamante en suspensión puede tener un tamaño desde 9 ó 6 micrómetros hasta 1 micrómetro.

El pulido con suspensión de diamante consigue a menudo resultados más finos que el papel de carburo de silicio (papel SiC) ya que éste puede extenderse sobre las porosidades y ocultarlas.

Normalmente, el desbaste va seguido de un pulido con corindón, sílice o diamante utilizando un paño sin pelo con el que se consigue una terminación brillante sin arañazos y un acabado de espejo, sin defectos y con deformaciones mínimas tras el proceso de preparación.

Después del pulido, los defectos de la microestructura tales como las inclusiones y la no uniformidad del granulado puede observarse al microscopio. Los constituyentes microestructurales de la muestra (figura J.3) se hacen visibles mediante un decapante químico adecuado (también puede utilizarse un decapante electrolítico).

**Figura J.1: parte quebrada de la cubierta de una cámara de registro en un ensayo de capacidad de carga ( $\geq 400$  KN )**



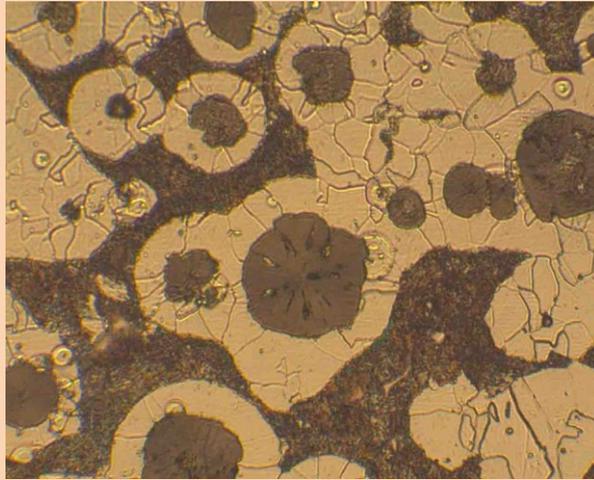
Origen: UIT

**Figura J.2: muestras sobre resina epoxy termoendurecida**



Origen: UIT

**Figura J.3: imagen mediante microscopio óptico (200 X) de una fundición esferoidal.**



Origen: UIT

**Figura J.4: dinamómetro para la medición de la resistencia al estallido**



Origen: UIT

En la figura J.4 se muestra la utilización de un dinamómetro para medir la resistencia al estallido de manguitos termorretráctiles utilizados en las uniones de cables. Para determinar la resistencia al estallido de la goma o de los recubrimientos de plástico según la norma ISO 3302-1:2012, se utiliza una bola de acero manejada mecánicamente.

El sistema de gestión de información del laboratorio (LIMS) juega un papel muy importante en las instalaciones del mismo, ya que aumenta la eficiencia y garantiza la consistencia de los datos. Los datos de información de la muestra se introducen al inicio de la campaña de ensayos y los resultados se cargan tan pronto como se obtienen. Los parámetros de los ensayos están en consonancia con las capacidades del laboratorio, es decir, el personal, los métodos de ensayo, el equipo y su estado de calibración. Por

tanto, la elaboración de los informes finales de los ensayos resulta sencillo y existen la suficiente garantía de que todos los datos se han verificado en las etapas previas.

### Matriz de competencias del personal (principales conocimientos)

**Gerente del laboratorio:** conocimientos de las propiedades físicas y químicas de los materiales, fenómenos de corrosión, degradación e impactos ambientales. Conocimientos de arquitectura de redes TIC y de los sistemas de calidad (especialmente de la norma ISO/CEI 17025:2005). Conocimiento intermedio de inglés escrito y hablado.

**Responsable de campañas de pruebas:** conocimientos de las propiedades físicas y químicas de los materiales y de métodos de ensayo. Conocimientos básicos de arquitectura de redes TIC y de sistemas de calidad aplicados a la organización de un laboratorio. Capacidad para evaluar e integrar en los informes de ensayos los resultados de los ensayos realizados por distintos operadores del laboratorio. Conocimiento básico de inglés.

**Operador de campaña de pruebas:** conocimientos de métodos de ensayo físicos y químicos, y de los procesos del aseguramiento de la calidad de las mediciones en el laboratorio.

### Requisitos in-situ

En este apartado se incluye información sobre las condiciones físicas del laboratorio.

### Requisitos ambientales

Los ensayos de materiales, especialmente de plásticos y de compuestos, requieren normalmente las condiciones ambientales siguientes:

- rango de temperatura:  $23 \pm 2^\circ \text{C}$ .
- humedad  $0,50 \pm 5$  por ciento

Cuando es necesario una preparación de las muestras antes de los ensayos (por ejemplo, mantenerlas 7 días a  $+ 70^\circ \text{C}$  para la resistencia al fuego) o las pruebas no se realizan a la temperatura ambiente de la cámara, deben utilizarse hornos y/o cámaras climáticas.

No obstante, para mediciones de conformidad el sistema de medición debe configurarse en un entorno controlado para que la temperatura del líquido presente desviaciones diarias típicas de  $\pm 1^\circ \text{C}$ .

### Seguridad

A continuación se hacen algunas consideraciones sobre la seguridad del trabajo en el laboratorio.

#### Peligros físicos

En muchos laboratorios el uso de la maquinaria destinada a la preparación de las muestras es causa de heridas en las personas. Las máquinas pueden tener partes móviles, bordes cortantes, superficies calientes y otros peligros que pueden romper, quemar, cortar, cizallar, punzar, golpear o herir a los técnicos si se utilizan de forma insegura. Existen diversas medidas para minimizar dichos riesgos, incluida la necesidad de una autorización formal para que una maquinaria sólo sea utilizada por personal capacitado.

#### Peligros químicos

Ácidos, bases, metales pesados, disolventes, productos químicos muy reactivos, gases y vapores son los principales responsables de los peligros químicos en un laboratorio. Los compuestos peligrosos también pueden generarse en una reacción química o en una combustión en ensayos de resistencia al fuego. El hidrógeno líquido, necesario por ejemplo en el análisis mediante microscopía térmica o electrónica, puede causar graves heridas por contacto con la piel y los ojos, o la asfixia cuando se evapora con rapidez en un laboratorio de reducidas dimensiones.

Los extractores de gases constituyen elementos fundamentales para la manipulación segura de sustancias peligrosas en el laboratorio y, por tanto, son un factor decisivo para minimizar el riesgo de quienes trabajan en un laboratorio. Típicamente, los extractores sólo protegen al usuario y se utilizan por lo general en laboratorios en los que durante las actividades se liberan productos químicos peligrosos o nocivos. Existen dos tipos principales, los de extracción conducida y los de recirculación. El principio de funcionamiento de ambos es el mismo: el aire es aspirado por la parte frontal (apertura) del mueble extractor y expulsado fuera del edificio o bien es filtrado y depurado para ser introducido de nuevo en la sala. Es fundamental que en la sala se genere un flujo de aire hacia el extractor. Gran parte del diseño y del funcionamiento de los extractores se centra en maximizar un caudal adecuado de aire y humo. Si el aire es expulsado directamente al exterior del edificio, se necesita una gran cantidad de energía para mover los ventiladores que extraigan el aire y calienten, enfríen, filtren, controlen y muevan el aire que reemplazará al aire extraído. Se han hecho considerables esfuerzos para reducir la energía utilizada en el funcionamiento de los sistemas de extracción y en los sistemas de ventilación de apoyo.

Para la gestión de “riesgos residuales”, el personal del laboratorio debería disponer de varios tipos de “equipos de protección personal”. La vigilancia sistemática de su utilización y la verificación periódica de la integridad son medidas adicionales para asegurar que los riesgos se mantienen tan reducidos como permite el “estado del arte” en este campo.

Para la vigilancia y alerta de fugas de gases peligrosos deben utilizarse equipos de detección de fugas de gases como el metano, acetileno (inflamable y explosivo), nitrógeno, argón, helio (asfixiante) etc. Las electroválvulas para la interceptación de gases pueden controlarse mediante sistemas de detección de fugas que permiten evitar el aumento de la concentración de gases en la atmósfera del laboratorio y el consiguiente peligro.

La adecuada recogida y desecho de productos químicos y residuos de materiales utilizados en las actividades del laboratorio es un aspecto importante. Aunque normalmente la legislación nacional o regional (por ejemplo, de la UE) regula estos asuntos, la organización del laboratorio juega un papel destacado para minimizar la cantidad de desechos. A tal fin puede reducirse la cantidad de muestras y separar físicamente materiales con composiciones diferentes. Debe facilitarse información de seguridad al personal a cargo de actividades de apoyo (es decir, limpieza, transporte o seguridad) para evitar cualquier riesgo de heridas y de contaminación.

## **K Laboratorio de WiFi (WIF)**

### **Objeto del laboratorio de WiFi**

La necesidad de que un operador de telecomunicaciones disponga de un laboratorio de pruebas WiFi se debe principalmente a la necesidad de asegurar la calidad de la plataforma de acceso y de otros dispositivos WiFi vendidos en apoyo de su oferta comercial y, por tanto, para garantizar la calidad del servicio que ofrece a sus clientes.

El objeto de las pruebas en este laboratorio es verificar que el equipo en prueba cumple las especificaciones WiFi facilitadas al suministrador del producto y que éste es conforme con las normas IEEE 802.11 y las normas nacionales (potencia máxima radiada, máscara espectral, etc.).

El entorno de pruebas controlado del laboratorio (ausencia de interferencias incontroladas) permite también realizar comparaciones funcionales o de comportamiento entre productos de distintos fabricantes antes de su oferta comercial y favorecer así la elección del producto más adecuado para el tipo de servicio ofrecido.

### **Lista de servicios de prueba del laboratorio**

**Funcional y de calidad de funcionamiento** – verificación de las funcionalidades principales del equipo en prueba, tales como valores de parámetros de la interfaz gráfica de usuario (GUI) de la interfaz WiFi, la encriptación y verificación de la máxima calidad de funcionamiento del sistema radioeléctrico WiFi en términos de caudal a 2,4 GHz y 5 GHz.

**Cobertura** – verificación de la cobertura del equipo en prueba en un entorno real, con muebles y otras redes WiFi presentes, en términos de superficie en la que está disponible el servicio WiFi a 2,4 GHz y 5 GHz.

**Capa física** – verificación, en el modo conducido (con el equipo en prueba conectado a los instrumentos de medida con cables, atenuadores, etc.) de los principales parámetros de la capa física, como la potencia transmitida, la máxima densidad espectral de potencia, impulsos, máscara espectral, etc., en 2,4 GHz y 5 GHz y con selección dinámica de frecuencia (DFS) (detección radar) en la banda de 5 GHz. Las mediciones de la capa física pueden ampliarse a todos los dispositivos que funcionen en las bandas de 2,4 GHz y 5 GHz que no utilicen la norma WiFi.

#### Normas de referencia

- **ETSI EN 300 328 V1.7.1** – Electromagnetic compatibility and radio spectrum matters (ERM); wideband transmission systems; data transmission equipment operating in the 2,4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive.
- **ETSI EN 301 893 V1.6.1** – Broadband Radio Access Networks (BRAN); 5 GHz high performance RLAN; Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive.
- **IEEE 802.11-2009** – (IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput).
- **IEEE 802.11-2012** – (IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications).

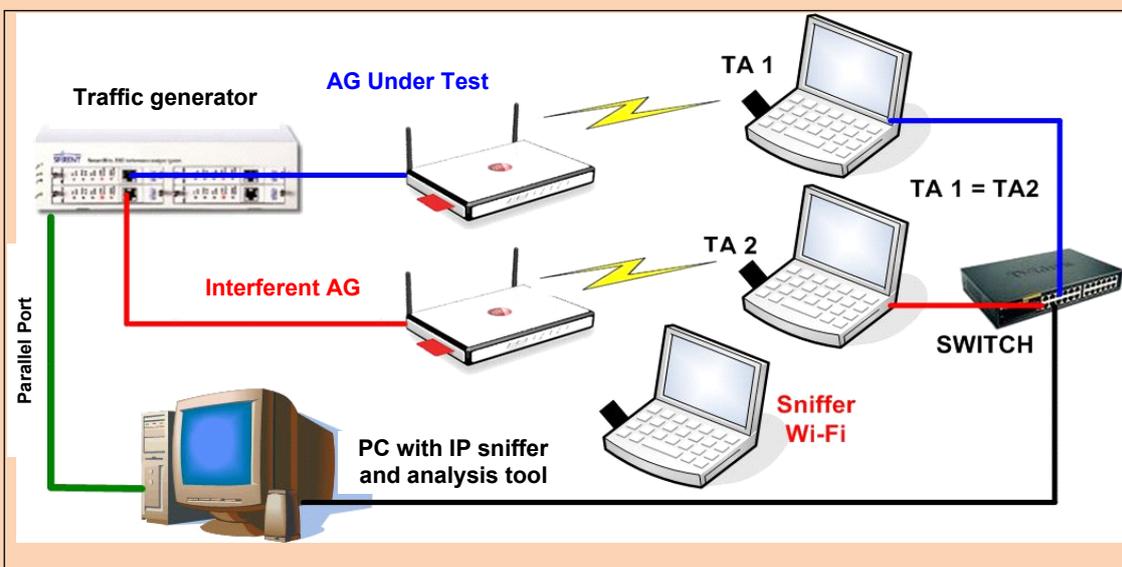
#### Componentes de las pruebas e instrumentación

En este apartado se enumeran, de forma separada para cada clase de prueba, los componentes de las pruebas y la instrumentación.

Componentes/instrumentos para pruebas funcionales y de calidad de funcionamiento:

- CÁMARA APANTALLADA O TIENDA APANTALLA (3m x 3m x 2.7m)
- GENERADOR/ANALIZADOR DE TRÁFICO EN RED (GIGABIT ETHERNET)
- ANALIZADOR ESPECTRAL (1 ÷ 6 GHz)
- GENERADOR/ANALIZADOR DE TRÁFICO DE RED (GIGABIT ETHERNET)
- ANALIZADOR WIFI PARA LA CAPTURA DE PAQUETES DE LA SEÑAL RADIOELÉCTRICA
- PUNTOS DE ACCESO DE REFERENCIA Y ADAPTADORES DE TERMINAL (USB, PCMCIA, INTERNO DE UN PC) LAS DISTINTAS NORMAS IEEE 802.11 (b/g/h/n)
- COMPUTADORA DE SOBREMESA O PORTÁTIL CON PUERTOS PCMCIA, USB Y TARJETA WIFI INTERNA
- SOFTWARE PARA LA GENERACIÓN DE PAQUETES Y LA SUPERVISIÓN INSTALADO EN UN PC PORTÁTIL

Figura K.1: ejemplo de configuración de medición para LA prueba de calidad de funcionamiento con una fuente interferente



Origen: UIT

Leyendas de la figura K.1:

- Pasarela de acceso en prueba
- Pasarela de acceso interferente ----- CONMUTADOR
- Puerto paralelo (*en sentido vertical*)
- PC con rastreador de IP y herramienta de análisis ----- Rastreador WiFi
- +++++

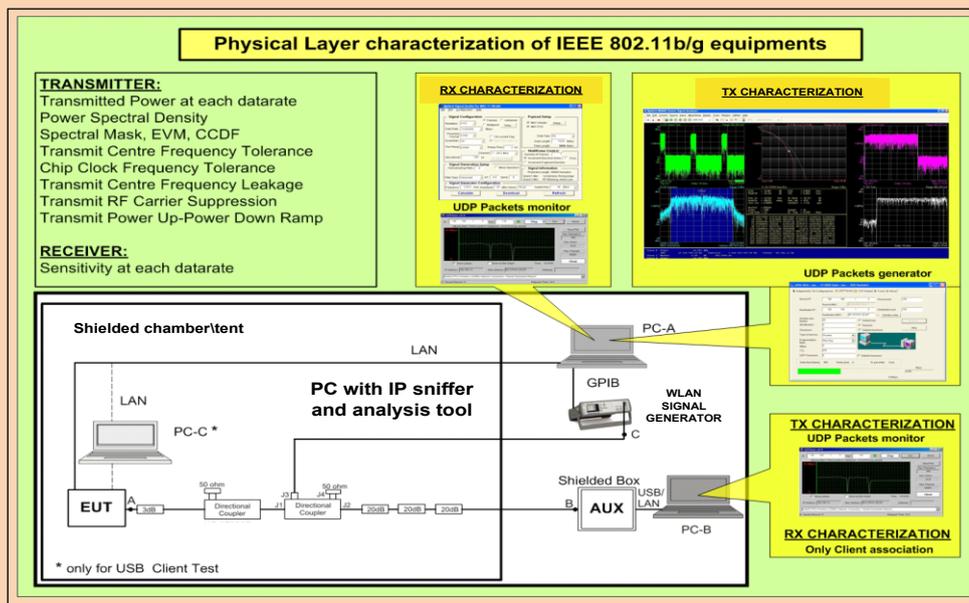
(en el original de la lista de arriba se repiten algunos elemento de la lista)

Componentes/instrumentos para la prueba de capa física

- CÁMARA APANTALLADA O TIENDA APANTALLA (3m x 3m x 2.7m)
- OSCILOSCOPIO DE MUESTREO ( $\geq 6$  GHz)
- ANALIZADOR DE ESPECTRO (1 ÷ 12.75 GHz PARA LA BANDA DE 2.4 GHz Y 1 ÷ 26 GHz PARA LA BANDA DE 5 GHz)
- ANALIZADOR DE SEÑAL VECTORIAL
- CONJUNTO DE PRUEBAS INALÁMBRICAS PARA LA GENERACIÓN DE LA SEÑAL WLAN
- MEDIDOR DE POTENCIA CON VARIOS SENSORES
- SINTETIZADOR (1 ÷ 6 GHz)
- GENERADOR RADAR (SINTETIZADOR ÁGIL + GENERADOR DE ONDA ARBITRARIA)

- CÁMARA CLIMÁTICA
- ATENUADORES FIJOS DE RF
- ATENUADORES VARIABLES DE RF (CONTROL MANUAL O PROGRAMABLE)
- CABLES DE RF
- DIVISORES DE POTENCIA DE RF
- ACOPLADORES DIRECCIONALES DE RF
- TERMINACIONES DE 50 OHMIOS DE RF
- ADAPTADORES DE TERMINACIÓN DE RF
- ANALIZADOR DE RED VECTORIAL (1 ÷ 6 GHz)
- PC PORTÁTIL CON PUERTOS PCMCIA, USB Y TARJETA WIFI INTERNA
- CONVERTOR DE MEDIOS (ELÉCTRICO/ÓPTICO/ELÉCTRICO)

Figura K.2: ejemplo de configuración para mediciones de la capa física de equipos IEEE 802.11 b/g



Origen: UIT

(Nota del traductor: entiendo que no hay que traducir la figura K.2)

### Matriz de competencias del personal (principales conocimientos)

**Gerente del laboratorio:** conocimientos de técnicas de medición electrónicas y de componentes de microondas y de RF, profundo conocimiento de técnicas de acceso radioeléctrico WiFi y su reglamentación, conocimiento básico de los principales idiomas extranjeros.

**Responsable de campañas de pruebas:** conocimientos de técnicas de medición electrónicas, componentes de microondas y de RF, profundo conocimiento de técnicas de acceso radioeléctrico WiFi y su reglamentación, gran capacidad para la formación y la coordinación del trabajo de los operadores de campañas, conocimiento básico de los principales idiomas extranjeros.

**Operador de campaña de pruebas:** conocimientos básicos de mediciones en RF y de las normas WiFi.

### Requisitos in-situ

En este apartado se incluye información sobre las condiciones físicas del laboratorio.

## Dimensiones

Un laboratorio de 8 x 5 m podría ser suficiente para instalar en su interior una cámara/tienda apantallada de 3 x 3 m y disponer además de sitio suficiente para las mesas de instrumentos y las actividades a realizar en el exterior de la cámara o tienda apantallada.

Las pruebas de calidad de funcionamiento y de capa física pueden hacerse utilizando la misma cámara/tienda apantallada, pero no ambas simultáneamente. Es preferible disponer de dos cámaras/tiendas apantalladas para poder realizar pruebas en paralelo.

Es conveniente, aunque no obligatorio, que la cámara apantallada disponga de aire acondicionado para mantener la temperatura deseada y para pruebas que requieran la presencia de un operador dentro de la cámara durante varias horas.

## Requisitos eléctricos

Se instalarán enchufes eléctricos dentro de la cámara/tienda apantallada y la energía se filtrará para evitar posibles interferencias captadas por los cables en el exterior. Normalmente el fabricante de la cámara/tienda facilita los filtros como parte integral de la misma, con potencias diferentes en función del uso previsto del equipo (por ejemplo, una cámara para pruebas de capa física y de calidad de funcionamiento o dos cámaras/tiendas con utilización independiente).

## L Planta de pruebas

### Objeto de la planta de pruebas

Tal como se ha mencionado en varias ocasiones en la parte principal del documento, un centro de pruebas de conformidad que ofrezca varios servicios en diferentes áreas de las TIC necesita una planta de pruebas a fin de reproducir la red real para realizar las pruebas de interoperabilidad y extremo a extremo. Además, en la planta de pruebas pueden reproducirse funcionamientos defectuosos detectados en situaciones reales para encontrar solución a los mismos.

Las funcionalidades de la planta de pruebas dependen de la red a emular, pero si es necesario reproducir la red de un operador de tamaño medio o grande, la instalación también deberá ser suficientemente grande. Por ese motivo, se utilizan varias plantas de pruebas, o al menos dos, una para la red móvil y otra para la red fija. Esta separación entre fijo y móvil está también relacionada con los distintos conocimientos necesarios en cada planta de pruebas y los distintos procedimientos operativos. Sin embargo, aunque las dos plantas de pruebas estén físicamente separadas, es importante conectarlas con medios de transmisión para que también se puedan probarse y verificarse soluciones de servicios fijo-móviles, como por ejemplo la conexión de la red de acceso móvil con el núcleo de red ("*backhaul*").

Otro aspecto importante es la interconexión de las plantas de pruebas con los otros laboratorios del centro de pruebas. De esta forma, es posible utilizar a distancia la planta de pruebas para emular un servicio en condiciones de funcionamiento adecuadas o una determinada situación de fallo. Una aplicación típica es conectar una prueba en un laboratorio, por ejemplo de terminales, con la planta de pruebas y emular un servicio concreto (por ejemplo, TV sobre IP).

### Planta de pruebas de red fija

Las funcionalidades emuladas en una planta de pruebas de red fija dependen de las opciones de red adoptadas; a continuación se enumeran algunas de ellas:

- Acceso de banda ancha
- NGN2 – GPON y VDSL2
- DSLAM IP y DSLAM ATM
- Equipos de cliente residencial y de negocios

- Transporte SDH y xWDM
- Redes metropolitanas GbE e IP/MPLS
- Agregación de capa 2
- ATM
- IP de borde (PE/encaminadores de acceso, BRAS)
- Red troncal IP (encaminadores Terabit y Gigabit)
- Pasarelas TDM/IP y NGN (nodos CL4 y CL5)
- Plataforma de TV sobre IP
- Redes de centros de datos

La dimensión típica de este tipo de planta de pruebas es de unos 1000 m<sup>2</sup>, con hasta 100 bastidores y 200 equipos.

#### Planta de pruebas de red móvil

Las funcionalidades que emula una planta de pruebas de red móvil dependen de las opciones de red adoptadas; a continuación se enumeran algunas de ellas:

- Red LTE, UMTS y GSM
- Núcleo de red móvil de circuitos o de paquetes
- Plataformas de servicios valor añadido (IN, SMSC, MMSC, pasarela WAP, CMX,)
- Plataformas IMS
- Nodo CL5

La dimensión típica de este tipo de planta de pruebas es de unos 2000 m<sup>2</sup>, con hasta 200 bastidores y 400 equipos.

Para gestionar y realizar pruebas en la planta de pruebas es necesario disponer de instrumentación específica:

- Simuladores de líneas xDSL
- Analizadores de espectro
- Generadores de ruido
- Generadores de longitudes de onda arbitrarias
- Generadores de tráfico y de señalización, generadores de red (por ejemplo, SDH)
- Analizadores de protocolo
- Software de diagnóstico (por ejemplo, Master Monitor de ASCOM)
- Software de carga de aplicaciones (por ejemplo, HP LoadRunner)
- Software de supervisión

## Apéndice B: Evaluación de los costos

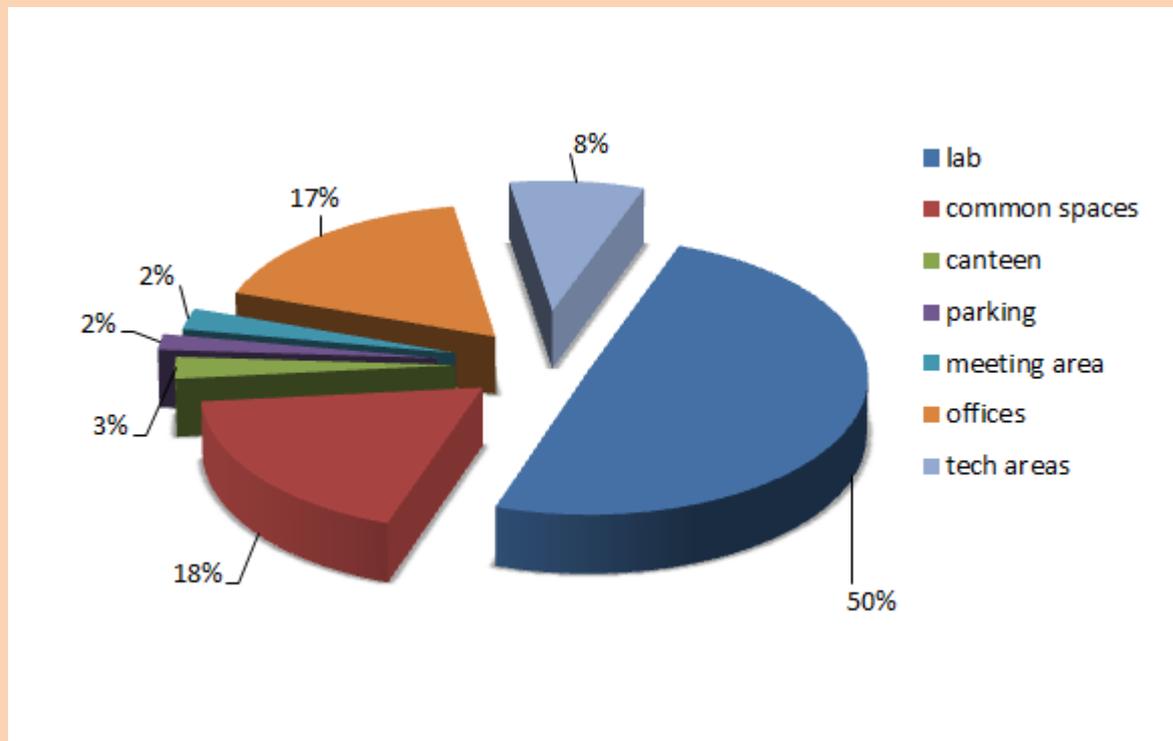
### Evaluación de los costos

En este apéndice se presentan diversas consideraciones y evaluaciones que ofrecen información general sobre los costos de un centro de pruebas como el descrito en la parte principal del documento.

### Asignación de espacio

El primer aspecto que se tiene en cuenta es la asignación de espacios en el centro de pruebas. Es muy importante alcanzar un equilibrio entre espacio para oficinas, laboratorios y zonas comunes con el fin de aumentar la eficiencia global del centro de pruebas. La figura siguiente refleja una asignación porcentual razonable del espacio.

Figura B.1.1: asignación del espacio



Origen: UIT

#### Leyendas de la figura B.1.1:

Laboratorio

Espacios comunes

Cantina

Aparcamiento

Zonas de reuniones

Oficinas

Zonas técnicas

+++++

La asignación del espacio es un factor clave para la adecuación y eficiencia de un centro de pruebas para realizar correctamente las pruebas. En los subapartados siguientes se incluyen recomendaciones sobre cómo realizar una asignación de espacios eficiente desde el punto de vista económico

### Laboratorios

Tal como se describe en el Apéndice A, la dimensión del laboratorio está muy ligada a las actividades de prueba realizadas. Una regla general es evitar que la instrumentación ruidosa se encuentre cerca de las zonas de oficinas. En relación con los costos, una solución adecuada es que las zonas de laboratorio y la planta de pruebas se sitúen donde el espacio sea más barato (por ejemplo, en el sótano) y utilizar las plantas superiores, más confortables y caras, para oficinas.

### Espacios comunes

En los pasillos y zonas no utilizadas para actividades específicas pueden instalarse impresoras, máquinas de facsímil y máquinas de café, haciendo así una asignación de espacios eficiente. En las paredes de los pasillos pueden colocarse carteles e información que describa las actividades realizadas por cada departamento de pruebas.

### Cantina

Las dimensiones de la cantina deben ser adecuadas al número de empleados y conformes con la reglamentación nacional. Un buen enfoque para evitar una asignación excesiva de espacio es organizar varios horarios de comida.

### Aparcamiento

Las dimensiones del aparcamiento deben ser adecuadas al número de empleados y conformes con la reglamentación nacional. El aparcamiento en interiores se dimensiona exclusivamente para la gerencia.

### Zonas de reuniones

Es muy importante un correcto dimensionado de las zonas de reuniones. En general, es útil tener varios tipos de zonas de reuniones según el alcance de las mismas, como por ejemplo:

- Un *pequeño auditorio* (50 asientos) para plenarias, reuniones corporativas y seminarios y talleres con una gran participación.
- Salas de reuniones de tamaño medio (15 asientos), para reuniones de área o informativas.
- Salas de reuniones con multimedios (10 asientos), para conferencias que precisen audio y video y para teleconferencias.

### **Salas pequeñas (6 asientos) para reuniones diarias de coordinación**

Debe disponerse de un planificador eficaz del uso de las salas de reuniones (basado en una aplicación web) para evitar sobrecostos de secretaría.

### Oficinas

Las dimensiones correctas de las oficinas suele estar especificadas en las reglamentaciones nacionales que tienen en cuenta la iluminación y la colocación de las mesas considerando el uso de videoterminales/pantallas.

Deben aplicarse algunas reglas generales para evitar asignaciones que desperdicien el espacio:

- despacho individual para el gerente general (aproximadamente 20 m<sup>2</sup>);
- despacho individual para los gerentes de área (aproximadamente 12 m<sup>2</sup>);
- despacho doble para gerentes de laboratorio, ingenieros expertos y jefes de proyecto (aproximadamente 12 m<sup>2</sup>);

- espacios abiertos para los ingenieros de pruebas.

En general, las necesidades de espacio pueden reducirse mediante el teletrabajo y la organización de los espacios abiertos como zonas comunes que puedan ser utilizadas alternativamente por distintos empleados dotados de todo el equipamiento TIC necesario.

### Zonas técnicas

Estas zonas incluyen salas para máquinas de calefacción/aire acondicionado, distribución eléctrica, conexiones de red y otras. Tal como se describe en la parte principal de este documento, el dimensionado correcto de estos equipos y la consiguiente asignación de espacio tiene un fuerte impacto en los costos.

### Evaluación de los costos del centro de pruebas

A continuación se presentan algunas cifras aproximadas teniendo en cuenta los siguientes supuestos generales:

- costos anuales estimados, en euros;
- ubicación del centro de pruebas: Italia (ciudad de tamaño medio);
- plantilla de 180 personas;
- estimación del costo de la mano de obra basada en valores medios de Italia;
- capacitación laboral según lo indicado en la parte principal del documento (gerencia) y anexos (matriz de competencias del personal);
- laboratorios indicados en el Apéndice A;
- superficie total del centro de pruebas: 11 000 m<sup>2</sup> (5 400 m<sup>2</sup> para laboratorios).

Los costos de las operaciones (Opex) para el mantenimiento de la instrumentación se estiman en 520 000 euros anuales, aunque depende de los elementos que se detallan en el capítulo 6.

**Cuadro B1: estimación de costos (euros por año)**

Personal	12 600 000
Alquiler del espacio	700 000
Servicios generales (energía, gas, agua)	1 000 000
Gastos generales por persona (*)	9 500
Opex para instrumentación	520 000

(\*)  $Gastos\ generales = (alquiler + servicios\ generales) / número\ de\ personas$

Tal como se detalla en el apartado siguiente los activos totales de la instrumentación del centro de pruebas se valoran en 15 900 euros.

NOTA del traductor: en la cifra de 15 900 debe haber un error ya que parece que se trataría de 15 900 000 € pues en el cuadro de más abajo la cifra de la columna de instrumentación está en miles (x1000) y es de 15 900

### Evaluación de costos de los laboratorios

A continuación se presenta una evaluación aproximada de los diferentes elementos de costo de cada laboratorio, teniendo también en cuenta los gastos generales (costos de alquiler y de servicios generales proporcionales a la asignación de espacio a cada laboratorio).

**Cuadro B2: Estimación detallada de costos**

Laboratorio	Actividad	m <sup>2</sup>	Alquiler de espacio 1 000 EUR/ año	Servicios generales 1 000 EUR /año	Activos de instrumen- tación 1 000 EUR	Plantilla	Opex de la instrumenta- ción 1 000 EUR /año
SAR	Tasa de absorción específica	150	19	28	800	4	25
USX	Experiencia de usuario	130	17	24	100	6	0
BBA	Acceso de banda ancha	300	39	56	1.400	7	5
VAS	Servicios móviles de valor añadido	40	5	7	0	3	0
EPS	Seguridad eléctrica y protección	80	10	15	1.200	4	25
ELA	Electroacústica	250	32	46	800	4	5
EMC	Compatibilidad electromagnética	300	39	56	1.600	5	5
RSL	Radiocomunicaciones y señalización	250	32	46	2.000	12	10
PWR	Consumo energético	80	10	15	200	2	5
QML	Calidad de los materiales	250	32	46	1.300	6	15
WIF	Red de área local	170	22	31	500	5	5
TPF	Planta de pruebas fija	900	117	167	3 000	33	120
TPM	Planta de pruebas móvil	2 500	324	463	3 000	55	300
Gestión						10	
Actividades transversales (*)						24	
<b>TOTAL</b>		5 400	700	1 000	15 900	180	520

(\*) Actividades transversales: Oficina de proyectos, gestión de las TIC, calidad, secretaría.

La instrumentación es un activo muy importante del centro de pruebas. No obstante, es muy difícil hacer una estimación precisa de este activo porque depende de las estrategias de gestión de la asignación anual del presupuesto y del modelo de negocio del centro de pruebas.

En el cuadro anterior, algunas de las cifras corresponden a un centro de pruebas que realiza su actividad para un gran operador nacional y que abarca todas las áreas tecnológicas. No se considera el costo de las

pruebas del equipamiento, especialmente de las plantas de pruebas, ya que normalmente el fabricante proporciona el equipamiento sin contraprestación económica.

Los activos de instrumentación cambian sustancialmente si se trata de un centro de pruebas independiente centrado solamente en algunas de las áreas de prueba descritas. Ello resulta también aplicable al personal, a los servicios generales y a la asignación de espacio.

Los gastos de capital (Capex) para instrumentación (es decir, activos para instrumentación) se distribuyen normalmente a lo largo varios años ya que la situación normal de un centro de pruebas no es comenzar desde cero.

## Referencias

ISO 9001:2008 – Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos.

ISO/CEI 17025:2005 – Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

ISO/PAS 17001:2005 Evaluación de la conformidad– Imparcialidad– Principios y requisitos.

ISO/CEI 9646 – Tecnología de la información. Interconexión de sistemas abiertos. Marco general y metodología de los ensayos de conformidad.

CENELEC EN 50360/A1 – Norma de producto para demostrar la conformidad de los teléfonos móviles con las restricciones básicas relacionadas con la exposición del cuerpo humano a campos electromagnéticos (300 MHz – 3 GHz) [DOC.SARLEV.01], modificada; marzo de 2012.

CEI 62209-1:2005 – Exposición humana a los campos de radiofrecuencia de los dispositivos de comunicación sin cable portátiles o fijados al cuerpo. Modelos de cuerpo humano, instrumentación y procedimientos. Parte 1: Procedimiento para la determinación de la tasa de absorción específica (SAR) producida por los dispositivos portátiles que se utilizan cerca del oído (rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz)

CENELEC EN 62209-1:2006 – Exposición humana a los campos de radiofrecuencia de los dispositivos de comunicación inalámbricos portátiles o fijados al cuerpo. Modelos de cuerpo humano, instrumentación y procedimientos. Parte 1: Procedimiento para la determinación de la tasa de absorción específica (SAR) producida por los dispositivos portátiles que se utilizan cerca del oído (rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz)

CEI 62209-2:2010 – Exposición humana a los campos de radiofrecuencia de los dispositivos de comunicación inalámbricos portátiles y fijados al cuerpo. Modelos de cuerpo humano, instrumentación y procedimientos. Parte 2: Procedimiento para la determinación de la tasa de absorción específica (SAR) producida por los dispositivos de comunicaciones inalámbricas que se utilizan cerca del cuerpo humano (rango de frecuencias de 30 MHz a 6 GHz)

ISO 9241 – 11, 1993, Definición de usabilidad

UIT-T G.992.5 “Transceptores para línea de abonado digital asimétrica – Línea de abonado digital asimétrica 2 de anchura de banda ampliada (ADSL2plus)” (2009)

ETSI TS 101 388 V1.3.1 “Access transmission systems on metallic access cables; Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) – European specific requirements” (2002-05)

Broadband Forum (BBF) TR-100 “ADSL2/ADSL2plus Performance Test Plan” (2007-03)

Broadband Forum (BBF) TR-105 “ADSL2/ADSL2plus Functionality Test Plan” (2010-02)

Broadband Forum (BBF) TR-165 “Vector of Profiles” (2009-03)

Recomendación UIT-T G.993.2 “Transceptores de línea de abonado digital de velocidad muy alta 2 (VDSL2)” (2011)

ETSI TS 101 271 “Access Terminals Transmission and Multiplexing (TM); Access transmission system on metallic pairs; Very High Speed digital subscriber line system (VDSL2); [ITU Specification G993.2, modified] (2008-11)

Broadband Forum TR-114 “VDSL2 Performance Test Plan”, Issue 1 (2009-11) and corrigenda

Broadband Forum WT-114 Rev-13 “VDSL2 Performance Test Plan”, Issue 2 (2011-10)

Broadband Forum TR-115 “VDSL2 Functionality Test Plan”, Issue 1 (2009-11) and corrigendum

Broadband Forum WT-115 Rev-10 “VDSL2 Functionality Test Plan”, Issue 2 (2011-11)

Broadband Forum Technical Report TR-252 (2010-11)

Broadband Forum WT-252 Rev-03 (2011-12)

Recommendation ITU-T G.984-x Series Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON)

FSAN GPON OLT – ONU Interoperability Test Plan Working Text – Version 1.0

Broadband Forum TR-101 Technical Report “Migration to Ethernet-Based DSL Aggregation”

CASP – Código de conducta para la oferta de servicios SMS/MMS en Italia – versión 2.0 – 16/11/2009, acordado recientemente por la mayoría de los operadores móviles y proveedores de contenidos de Italia.

CENELEC EN 60950-1 – EN 60950-1/A11 "Equipos de tecnologías de la información: Reglas de seguridad Parte 1" [DOC.S/ITE.01].

CENELEC EN 60215 "Reglas de seguridad para equipos de emisión radioeléctrica" [DOC.S/RT.01].

CEI 61000-4-2, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-2: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayo de inmunidad a las descargas electrostáticas.

CEI 61000-4-3, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-3: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los campos electromagnéticos, radiados y de radiofrecuencia.

CEI 61000-4-4, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-4: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayos de inmunidad a los transitorios eléctricos rápidos en ráfagas.

CEI 61000-4-5, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-5: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayos de inmunidad a las **ondas de choque**.

CEI 61000-4-6, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-6: Técnicas de ensayo y de medida – Inmunidad a las perturbaciones conducidas, inducidas por los campos de radiofrecuencia generada por la instrumentación, aplicable a las redes de suministro y a los aparatos conectados a éstas.

CEI 61000-4-8, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-8: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayos de inmunidad a los campos magnéticos a frecuencia industrial.

CEI 61000-4-9, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-9: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayo de inmunidad a los campos magnéticos impulsionales.

CEI 61000-4-10, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-10: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayo de inmunidad a los campos magnéticos oscilatorios amortiguados.

CEI 61000-4-11, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-11: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayos de inmunidad a los huecos de tensión, interrupciones breves y variaciones de tensión.

CEI 61000-4-16, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-16: Técnicas de ensayo y de medida – Ensayos de inmunidad a las perturbaciones conducidas en modo común en el rango de frecuencias de 0 Hz a 150 kHz. Por ejemplo, el Instituto Europeo de Normalización de las Telecomunicaciones (ETSI) realiza y publica pruebas de conformidad para verificar que los equipos de telecomunicación superan los ensayos indicados a continuación.

Recomendación UIT-T K.21 – Inmunidad de los equipos de telecomunicaciones instalados en locales del cliente a las sobretensiones y sobrecorrientes [DOC.P/TE/01].

Recomendación UIT-T K.20 – Inmunidad del equipo de telecomunicación instalado en un centro de telecomunicaciones contra las sobretensiones y sobrecorrientes.

Recomendación UIT-T K.45 – Inmunidad de los equipos de telecomunicaciones instalados en las redes de acceso y troncales a las sobrecorrientes y sobretensiones.

Recomendación UIT-T K.44 – Pruebas de inmunidad de los equipos de telecomunicaciones expuestos a las sobretensiones y sobrecorrientes – Recomendación básica.

TBR8: ISDN; 3,1 kHz telephony teleservice. Attachment requirements for handset terminals.

TBR38: Public Switched Telephone Network (PSTN); “Attachment requirements for a terminal equipment incorporating an analogue handset function capable of supporting the justified case service when connected to the analogue interface of the PSTN in Europe”.

ETSI ES 203021: Access and Terminals (AT); Harmonized basic attachment requirements for Terminals for connection to analogue interfaces of Telephone Networks; Update of technical contents of TBR021, EN301437, TBR015, TBR017.

ETSI TS 126 131: Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Terminal acoustic characteristics for telephony; Requirements.

ETSI TS 126 132: Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Speech and video telephony terminal acoustic test.

CISPR 16-1-1 Parte 1-1: Aparatos de medida

CISPR 16-1-2 Parte 1-2: Equipos auxiliares – Perturbaciones conducidas

CISPR 16-1-3 Parte 1-3: Equipos auxiliares – Potencia perturbadora

CISPR 16-1-4 Parte 1-4: Antenas y emplazamientos de ensayo para medidas de perturbaciones radiadas.

CISPR 16-1-5 Parte 1-5: Emplazamientos de ensayo para calibración de antenas de 30 MHz a 1000 MHz.

CISPR 16-2-1 Parte 2-1: Métodos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Medidas de las perturbaciones conducidas

CISPR 16-2-2 Parte 2-2: Métodos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Medida de la potencia perturbadora

CISPR 16-2-3 Parte 2-3: Métodos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad a las perturbaciones radioeléctricas. Medidas de las perturbaciones radiadas.

CISPR 16-2-4 Parte 2-4: Métodos de medida de las perturbaciones radioeléctricas y de la inmunidad. Medida de la inmunidad.

CISPR 16-4-2 Parte 4-2: Incertidumbres, estadísticas y modelización de límites. Incertidumbre de la instrumentación de medida de la compatibilidad electromagnética.

CEI 61000-6-3 Parte 6-3: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera

CEI 61000-6-4 Parte 6-4: Normas genéricas. Norma de emisión en entornos industriales.

CEI 61000-6-1 Parte 6-1: Normas genéricas. Inmunidad en entornos residenciales, comerciales y de industria ligera.

CEI 61000-6-2 Parte 6-2: Normas genéricas. Inmunidad en entornos industriales.

CISPR 11 Equipos industriales, científicos y médicos. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medición

CISPR 12 Vehículos, embarcaciones y dispositivos propulsados por motores de combustión interna. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medición para la protección de receptores externos

CISPR 13 Receptores de radiodifusión y de televisión y equipos asociados. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida.

CISPR 14-1 Compatibilidad electromagnética (CEM). Requisitos para aparatos electrodomésticos, herramientas eléctricas y aparatos análogos. Parte 1: Emisión.

CISPR 14-2 Compatibilidad electromagnética (CEM). Requisitos para aparatos electrodomésticos, herramientas eléctricas y aparatos análogos. Parte 2: Inmunidad. Norma de familia de productos.

CISPR 15 Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares

CISPR 20 Receptores de radiodifusión y televisión y equipos asociados. Características de inmunidad. Límites y métodos de medida

CISPR 22 Equipos de tecnología de la información. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida

CISPR 24 Equipos de tecnología de la información. Características de inmunidad. Límites y métodos de medida.

CISPR 25 Vehículos, embarcaciones y motores de combustión interna. Características de las perturbaciones radioeléctricas. Límites y métodos de medida para la protección de los receptores utilizados a bordo.

ETSI EN 300 386 Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Telecommunication network equipment; Electromagnetic Compatibility (EMC) requirements

ETSI EN 301 489, Serie de normas sobre compatibilidad electromagnética para productos de radiocomunicaciones

CENELEC EN 55022 (CISPR22): "Equipos de tecnología de la información - Características de las perturbaciones radioeléctricas - Límites y métodos de medida".

CENELEC EN 55024 (CISPR 24) "Equipos de tecnología de la información. Características de inmunidad. Límites y métodos de medida".

3GPP TS 34.121-1 "Terminal conformance specification; Radio transmission and reception (FDD); Part 1: RF/RRM conformance testing"

3GPP TS 34.121-2 "Terminal conformance specification; Radio transmission and reception (FDD); Part 2: Implementation Conformance Statement (ICS)"

3GPP TS 34.114 "User Equipment (UE) / Mobile Station (MS) Over The Air (OTA) antenna performance-Conformance testing"

3GPP TS 36.521-1 "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) conformance specification Radio transmission and reception Part 1: Conformance Testing"

3GPP TS 36.521-2 "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) conformance specification Radio transmission and reception Part 2: Implementation Conformance Statement (ICS)"

3GPP TS 36.521-3 "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) conformance specification Radio transmission and reception Part 3: Radio Resource Management Conformance Testing"

3GPP TS 34.108 "Common Test Environments for User Equipment (UE) Conformance Testing"

3GPP TS 36.508 "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Packet Core (EPC); Common test environments for User Equipment (UE) conformance testing"

3GPP TS 34.123-1 "User Equipment (UE) Conformance Specification; Part 1: Protocol Conformance Specification"

3GPP TS 34.123-2 "User Equipment (UE) Conformance Specification, Part 2 – Implementation Conformance Statement (ICS) proforma specification"

3GPP TS 36.523-1 "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Packet Core (EPC); User Equipment (UE) conformance specification; Part 1: Protocol conformance specification"

3GPP TS 36.523-2 "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Packet Core (EPC); User Equipment (UE) conformance specification; Part 2: Implementation Conformance Statement (ICS) proforma specification"

DIRECTIVA 2009/125/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 21 de octubre de 2009 por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.

(CE) No 1275/2008 17 de diciembre de 2008 – REGLAMENTO DE LA COMISIÓN (CE) por el que se desarrolla la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo concerniente a los requisitos de diseño ecológico aplicables al consumo de energía eléctrica en los modos «preparado» y «desactivado» de los equipos eléctricos y electrónicos domésticos y de oficina.

(CE) No 278/2009 6 de abril de 2009 – REGLAMENTO DE LA COMISIÓN (CE) por el que se desarrolla la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo concerniente a los requisitos de diseño ecológico aplicables a la eficiencia media en activo de las fuentes de alimentación externas y a su consumo de energía eléctrica durante el funcionamiento en vacío.

EN 62301 I Edición: 2006-11 – Aparatos electrodomésticos. Medición del consumo de energía en modo en espera.

CE - Código de Conducta sobre el consumo de energía de equipos de banda ancha, versión 4 – 10 de febrero de 2011.

CE - Código de conducta sobre la eficiencia energética de sistemas del servicio de televisión digital, versión 8 – 15 de julio de 2009.

ETSI EN 300 328 V1.7.1 – Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2,4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive.

ETSI EN 301 893 V1.6.1 – Broadband Radio Access Networks (BRAN); 5 GHz high performance RLAN; Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive.

IEEE 802.11-2009 – (IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput).

IEEE 802.11-2012 – (IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications).

## Lista de acrónimos

<b>CA</b>	Corriente alterna
<b>CAPEX</b>	Gastos de capital
<b>CEI<sup>7</sup></b>	Comité Electrotécnico Italiano
<b>CEI</b>	Comité Electrotécnico Internacional
<b>CFL</b>	Lámparas fluorescentes compactas ( <i>Compact fluorescent lamps</i> )
<b>CC</b>	Corriente continua
<b>EN</b>	Norma europea
<b>EUT</b>	Equipo en pruebas ( <i>Equipment Under Test</i> )
<b>GSM</b>	Sistema mundial para comunicaciones móviles ( <i>Global System for Mobile communication</i> )
<b>HSDPA</b>	Acceso de paquetes de alta velocidad en sentido descendente ( <i>High Speed Downlink Packet Access</i> )
<b>TIC</b>	Tecnología de la información y la comunicación
<b>ILAC</b>	Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios ( <i>International Laboratory Accreditation Cooperation</i> )
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Normalización ( <i>International Organization for Standardization</i> )
<b>IUT</b>	Implementación en prueba ( <i>Implementation Under Test</i> )
<b>LED</b>	Diodo de emisión de luz ( <i>Light emitting diode</i> )
<b>LTE</b>	Evolución a largo plazo ( <i>Long Term Evolution</i> )
<b>MIMO</b>	Entrada múltiple salida múltiple ( <i>Multiple Input Multiple Output</i> )
<b>NGAN</b>	Res de acceso de próxima generación ( <i>Next Generation Access Network</i> )
<b>OPEX</b>	Gastos de explotación ( <i>Operating Expenditure</i> )
<b>OSI</b>	Interconexión de sistemas abiertos ( <i>Open System Interconnection</i> )
<b>PICS</b>	Enunciado de conformidad de realización del protocolo ( <i>Protocol Implementation Conformance Statement</i> )
<b>PIXIT</b>	Información suplementaria sobre realización de protocolo para pruebas ( <i>Protocol Implementation eXtra Information for Testing</i> )
<b>TCO</b>	Costo total de la propiedad ( <i>Total cost of ownership</i> )
<b>WSN</b>	Red de sensores inalámbricos ( <i>Wireless Sensor Network</i> )

---

<sup>7</sup> Nota de traducción: esta acepción de CEI sólo aparece en el título del capítulo 10 del Estudio)