



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**EVALUACIÓN DE LA EXPRESIÓN DE INCERTIDUMBRE DE
MEDIDA DEL EQUIPO SC-015 QUE MIDE LA HERMETICIDAD DEL
POLVO EN LUMINARIAS DEL LABORATORIO DE LUMINOTECNIA
DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: CESAR XAVIER MATUTE DELEG

DIRECTOR: ING. GIOVANI SANTIAGO PULLA GALINDO Mgs.

MATRIZ CUENCA

2018



DECLARACIÓN

Yo, Cesar Xavier Matute Deleg, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

Cesar Xavier Matute Deleg



CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por César Xavier Matute Deleg, bajo mi supervisión.

Ing. Giovani Santiago Pulla Galindo Msc.

DIRECTOR



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida y haberme brindado la sabiduría para terminar esta etapa de mi vida.

A la Universidad Católica de Cuenca, a los profesores de la Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica y de manera particular al Ing. Santiago Pulla Galindo director de este trabajo investigativo, quien con sus conocimientos me supo orientar para la culminación de este trabajo investigativo.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo investigativo a Maricela mi gran amor, quien me han acompañado hasta estos momentos de mi vida brindándome su comprensión y motivación, también va dedicado con especial cariño a mi hija Natalia quien es la razón de mi existir y a todas las personas que me han apoyado con sus consejos y buenos deseos, dándome fortaleza para así llegar con éxito a la culminación de esta meta profesional.

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

DECLARACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	1
1.1.1 Objetivo general.....	1
1.1.2 Objetivos específicos.....	1
1.2 Alcance.....	2
1.3 Justificación.....	2
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	3
2.1 Introducción.....	3
2.2 Acreditación de los laboratorios.....	3
2.2.1 Proceso de acreditación.....	3
2.2.1.1 Requisitos generales.....	4
2.2.1.2. Solicitud de acreditación.....	4
2.2.1.3 Planificación de la evaluación Inicial.....	4
2.2.1.4 Evaluación.....	4
2.2.1.5 Acciones correctivas.....	4
2.2.1.6 Toma de decisión.....	5
2.3 Certificación del laboratorio.....	5
2.4 Norma técnica.....	7
2.4.1 Norma NTE-INEN ISO/IEC 17025/2006.....	8
2.4.2 Aplicación de la norma NTE-INEN ISO/IEC 17025/2006.....	9
2.5. Descripción del equipo SC-015 de pruebas de hermeticidad.....	10
2.5.1 Especificaciones.....	10



2.5.2 Partes del equipo.....	11
2.6 Funcionamiento del equipo SC-015.	13
2.7 Procedimiento para realizar pruebas de hermeticidad del polvo en luminarias según la Norma Internacional IEC 60529.....	17
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	21
3.1 Introducción.....	21
3.2 La incertidumbre de medida	21
3.3 Propuesta del método de evaluación de la incertidumbre de medida del equipo evaluador de incertidumbre SC-015	21
3.3.1 Definición del mensurando del equipo evaluador de hermeticidad SC-015.....	27
3.3.2 Determinación del mensurando del equipo evaluador SC-015.....	28
3.3.3 Modelo matemático del equipo evaluador de hermeticidad SC-015.....	29
3.3.4 Identificación y organización de las fuentes de incertidumbre medida del equipo evaluador SC-015.....	31
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y RESULTADOS	34
4.1 Introducción.....	34
4.2 Métodos de estimación de la incertidumbre típica	34
4.2.1 Cálculo tipo A de la incertidumbre típica.....	34
4.2.2 Cálculo tipo B de la incertidumbre típica.....	35
4.2.2.1 Distribución normal.....	36
4.2.2.2 Distribución rectangular o uniforme.....	36
4.2.2.3 Distribución triangular	37
4.3 Contribución de varianzas del equipo evaluador de hermeticidad	37
4.3.1 Incertidumbre combinada del voltaje de funcionamiento $uc2(V)$	37
4.3.1.1 Incertidumbre típica por repetitividad de lecturas	38
4.3.1.2 Incertidumbres típicas por las características del instrumento.....	39
4.3.1.3 Incertidumbre combinada del voltaje.....	40
4.3.2 Incertidumbre combinada de la potencia de funcionamiento $uc2(P)$	40
4.3.2.1 Incertidumbre típica por repetitividad de lecturas	40
4.3.2.2 Incertidumbres típicas por características del instrumento de medida	41
4.3.2.3 Incertidumbre combinada de la potencia de funcionamiento	43
4.3.3 Incertidumbre combinada de la corriente de funcionamiento $uc2(C)$	43
4.3.3.1 Incertidumbre típica por repetitividad de lecturas	43
4.3.3.2 Incertidumbres típicas por las características del instrumento de medida.....	44



4.3.3.3 Incertidumbre combinada de la corriente de funcionamiento.....	45
4.3.4. Incertidumbre típica de la presión de vacío aplicada a la lámpara $uc2(Pr)$	45
4.3.4.1 Incertidumbre típica por repetitividad de lecturas	45
4.3.4.2 Incertidumbre típica por características del instrumento	46
4.3.4.3 Incertidumbre combinada de la presión de vacío	48
4.3.5 Incertidumbre típica de la velocidad de flujo del aire en el interior del equipo evaluador $u2(Vf)$	48
4.4 Cálculo de la incertidumbre típica combinada del equipo evaluador SC-015	49
4.4.1 La incertidumbre típica combinada del equipo evaluador SC-015 $uc2(h)$	49
4.5 Cálculo incertidumbre expandida de medida del equipo evaluador SC-015.....	51
4.6 Procedimiento de evaluación de la expresión de incertidumbre de medida del equipo evaluador de hermeticidad SC-015	53
4.6.1 Equipos de medida necesarios para obtener las lecturas.....	53
4.6.2 Conexión de los equipos de medida y obtención de las lecturas	53
4.6.3 Condiciones para verificar lecturas de medidas de los equipos	54
4.6.4 Procedimiento aplicado de evaluación de la expresión de incertidumbre del equipo de polvo SC-015.....	55
4.6.4.1 Incertidumbre típica tipo A de las magnitudes de entrada	55
4.6.4.2 Incertidumbre por exactitud de los equipos de medida utilizados	56
4.6.4.3 Incertidumbre por resolución en los equipos de medida utilizados.	57
4.6.4.4 Incertidumbre por histéresis en el manómetro.....	57
4.6.4.5 Incertidumbre típica tipo B del flujo de aire en el interior de la cámara de pruebas.	58
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
5.1 Conclusiones.....	59
5.2 Recomendaciones.....	61
Bibliografía	62
ANEXO 1.....	65
ANEXO 2.....	77



LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Equipo SC-015 de pruebas de hermeticidad del polvo.	10
Fig. 2. Vista frontal del módulo SC-015.....	11
Fig. 3. Parte interior del equipo de pruebas	11
Fig. 4. Limpia vidrios de la maquina	12
Fig. 5. Polvo utilizado en las pruebas.....	12
Fig. 6. Panel frontal.....	12
Fig. 7. Menú principal del módulo SC-015	13
Fig. 8. Pantallas del menú principal.....	14
Fig. 9. Modo automático del equipo	15
Fig. 10. Modo manual del equipo	16



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estructura de la norma ISO 9001/2015.....	6
Tabla 2. Diferencias entre certificación y acreditación de laboratorios.	7
Tabla 3. Conceptos relacionados con la incertidumbre de medida.....	22
Tabla 4. Grados efectivos de libertad cobertura 95.45%.....	52
Tabla 5. Contribuciones a la Incertidumbre combinada del equipo SC-015.....	52



LISTA DE ANEXOS

1. Solicitud de acreditación del Servicio de Acreditación Ecuatoriano..... 65
2. Dispositivo de ensayo para verificar la protección contra el polvo (cámara de polvo) 77



GLOSARIO DE TÉRMINOS

ISO: Organización Internacional de Normalización

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional

CENAN: Centro Nacional de Metrología

CEM: Centro Español de Metrología

INEM: Instituto Ecuatoriano de Normalización

SEA: Servicio Ecuatoriano de Acreditación



RESUMEN

La Universidad Católica de Cuenca posee un laboratorio de luminotecnia que cuenta entre sus instalaciones una máquina de pruebas de polvo (SC-015), el mismo que se pretende acreditar ante el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), para lo cual se debe contar con procedimientos para la evaluación de la incertidumbre (Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando) del equipo antes mencionado. Fundamentado en ello, el presente trabajo investigativo se desarrolló un procedimiento para la “Evaluación de la expresión de incertidumbre de medida del equipo para pruebas de polvo SC -015” que mide la hermeticidad en luminarias. Para el efecto se observa la guía de expresión de incertidumbre de medida establecida por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano(SAE). Paralelamente se analiza conceptos de acreditación de laboratorios de ensayos observando la norma NTE-INEN ISO/IEC 1702. Igualmente se define cómo se determina el mensurando (Magnitud que se desea medir) del equipo, y se ha identificado las fuentes de incertidumbre que afectan al mesurando. También se han evaluado los componentes de incertidumbre por medio de desviaciones típicas experimentales. Aplicando la fórmula para magnitudes no correlacionadas se ha determinado la incertidumbre combinada del equipo. Se ha determinado la incertidumbre expandida del equipo multiplicando la incertidumbre combinada por un factor de cobertura que tiene un valor de 2. Finalmente se detallan las conclusiones y recomendaciones.

Palabras Claves: INCERTIDUMBRE DE MEDIDA, MÁQUINA DE POLVO, LABORATORIO DE LUMINOTECNIA, FACTOR DE COBERTURA



ABSTRACT

The Catholic University of Cuenca has a lighting laboratory which has among its facilities a dust testing equipment (SC-015), which is intended to prove to the Ecuadorian Accreditation Service (SAE), for which there must be procedures for assessing uncertainty (Non-negative parameter characterizing the dispersion of the values attributed to a measurand) of the aforementioned equipment. Based on this, the present research developed a procedure for the "Evaluation of the uncertainty measurement expression of the dust testing equipment SC -015" that measures the tightness in luminaires. For this purpose, the uncertainty measurement expression guide established by the Ecuadorian Accreditation Service (SAE). Parallel concepts of accreditation of testing laboratories are analyzed by observing the NTE-INEN ISO / IEC 1702 standard. Also defining how the measurand is determined (Magnitude to be measured) of the equipment, and identifying the sources of uncertainty that affect the measurand. Uncertainty components have also been evaluated by experimental standard deviations. Applying the formula for non-correlated quantities, the combined uncertainty of the equipment has been determined. The expanded uncertainty of the equipment has been determined by multiplying the uncertainty combined by a coverage factor that has a value of 2. Finally, conclusions and recommendations are detailed.

Key Words: UNCERTAINTY OF MEASURE, DUST EQUIPMENT, LIGHTING LABORATORY, COVERAGE FACTOR.



INTRODUCCIÓN

Al momento de realizar la medida de una magnitud por lo general se debe proporcionar un parámetro numérico de la fiabilidad de dicho resultado, para que quienes lo utilicen puedan comprobar su calidad, por tal razón se hace necesario implantar un procedimiento que pueda ser utilizado mundialmente para describir la calidad del resultado de medida, es decir un método para evaluar la expresión de incertidumbre de medida.

EL presente trabajo investigativo se enfoca en evaluar la expresión de incertidumbre del equipo SC-015 que mide la hermeticidad del polvo en luminarias del laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca, siguiendo el procedimiento para la evaluación de la incertidumbre de media definido por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), y teniendo como referencia la norma NTE – INEN ISO/IEC 17025 2006 del Instituto Ecuatoriano de Normalización, la cual señala que todo laboratorio de ensayo debe contar con un procedimiento para estimar la incertidumbre de medida de sus pruebas. También se toma como referencia los procedimientos expuestos por organismos internacionales tales como la guía para la expresión de la incertidumbre de medida JCGM 100 2008 del buro internacional de pesas y medidas (BIPM) (CEM, 2010) y de la guía para calcular la incertidumbre de medición del centro nacional de metrología de México (CENAM, 2004)

En el primer capítulo se expone el objetivo primordial de este trabajo de investigación el cual es evaluar la expresión de Incertidumbre del equipo SC-015 que mide la hermeticidad del polvo en luminarias, además se dará a conocer los objetivos específicos los cuales ayudarán a la consecución del objetivo general. Por último, se da a conocer el alcance hasta donde se va a llegar con esta investigación y la justificación por la cual se realiza esta investigación.

En segundo capítulo se va a estudiar conceptos generales sobre acreditación de laboratorios de ensayos, además se explicará los procedimientos para la acreditación de un laboratorio de acuerdo con el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE). Así mismo, se analizará la norma NTE-INEN ISO/IEC 17025 la cual es utilizada para la acreditación de un laboratorio de ensayos. Para finalizar se estudiará el equipo SC-015 de pruebas de hermeticidad y se explicará el proceso como se realiza una prueba del polvo en una luminaria de alumbrado público.

En el tercer capítulo se analizará los principales aspectos que se toman en cuenta al momento de realizar la evaluación de la incertidumbre de medida en el equipo evaluador de hermeticidad SC-015, para ello en primera instancia se realizará la determinación del mensurando de la magnitud de salida del equipo, luego se establecerá el modelo matemático del equipo, representando aquí las magnitudes de entrada más influyentes. Por último, se identificarán las fuentes de incertidumbre de las magnitudes de entrada del equipo, según el grado de afectación a la incertidumbre de medida del equipo.

En el cuarto capítulo se representará el proceso de evaluación de la expresión de incertidumbre de medida del equipo SC -015 que mide la hermeticidad del polvo, además se explicará en detalle cómo se realiza la evaluación de incertidumbre típica de cada magnitud que conforman el mensurando del equipo. Luego se describirá el proceso del cálculo de la



incertidumbre combinada del equipo evaluador y por último se va exponer el procedimiento del cálculo de la incertidumbre expandida del equipo evaluador SC - 015.

En el quinto capítulo se presentarán las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la realización del trabajo investigativo, las cuales serán dirigidas para la mejora de los procesos dentro del laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca.



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En este capítulo se expone el objetivo fundamental de este trabajo de investigación, el cual es evaluar la expresión de Incertidumbre del equipo SC-015 que mide la hermeticidad del polvo en luminarias, este proceso es necesario para la posterior refrendación del laboratorio de luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca. Además, se dará a conocer los objetivos específicos los cuales ayudarán a la consecución del objetivo general.

También se da a conocer el alcance de esta investigación y los medios utilizados para la misma. La justificación por la cual se realiza esta investigación es debido a que es uno de los requisitos para la acreditación del laboratorio de Luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar la expresión de Incertidumbre del equipo SC-015 que mide la hermeticidad del polvo en luminarias, siguiendo procedimientos especificados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), y enmarcado en la norma NTE – INEN ISO/IEC 17025 2006 del Instituto Ecuatoriano de Normalización, así como también basándose en las referencias de organismos internacionales tales como la guía para la expresión de la incertidumbre de medida JCGM 100 2008 del buro internacional de pesas y medidas (BIPM) (CEM, 2010) y de la guía para determinar la incertidumbre de medición del Centro Nacional de Metrología de México (CENAM, 2004) .

1.1.2 Objetivos específicos

- Revisar estudios existentes en relación a la expresión de la incertidumbre de medida en calibraciones de equipos destinados a realizar pruebas de hermeticidad del polvo a luminarias.
- Analizar la guía para la determinación de la expresión de la incertidumbre de medida perteneciente al Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).
- Identificar las fuentes de incertidumbre de la máquina, así como también determinar el modelo matemático del equipo SC-015.
- Determinar la expresión de incertidumbre de media del equipo SC-015 que mide la hermeticidad del polvo en luminarias.
- Redactar el reporte de la investigación incluyendo conclusiones y recomendaciones.



1.2 Alcance

Para la acreditación del laboratorio de Luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca se necesita realizar pruebas a cada una de las máquinas existentes en el, en este trabajo investigativo se evaluará mediante procedimientos la expresión Incertidumbre de medida del equipo SC-015 que mide la hermeticidad del polvo en luminarias, siguiendo la guía establecida por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE).

Los datos a emplear serán obtenidos tras deducir las fuentes de incertidumbre del equipo SC-015 de pruebas de hermeticidad del polvo, esto permitirá aplicar el procedimiento que el documento de la SAE dispone para el cálculo de la expresión de incertidumbre (SAE, 2014). Por último, se va analizar el procedimiento ordenado del cálculo de la incertidumbre de medida de nuestro equipo de pruebas.

1.3 Justificación

La Universidad Católica de Cuenca posee un laboratorio de Luminotecnia el cual se pretende acreditarlo por los organismos de refrendación ecuatorianos y así poder abalar las distintas pruebas que se realicen en este, las cuales tienen que ser confiables y deben seguir las normas internacionales que controlan este tipo de laboratorios (ISO/IEC 17025).

Por ello se ha visto la necesidad de contribuir con la realización de este trabajo de investigación, que se centrará en evaluar la expresión de la incertidumbre de medida en el equipo SC-015 que mide la hermeticidad del polvo en luminarias, siendo uno de los requisitos que el Servicio de Acreditación Ecuatoriano exige para la correspondiente acreditación.



CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

En este capítulo se va a estudiar conceptos de acreditación de laboratorios de ensayos, además se presentarán procedimientos para acreditar un laboratorio de ensayo de acuerdo con el Servicio de Acreditación Ecuatoriano.

También se explica de qué se trata una certificación de un laboratorio de ensayo y se expondrán diferencias entre acreditación y certificación de un laboratorio. Así como también, se analizará la norma NTE-INEN ISO/IEC 17025 la cual es utilizada para la acreditación de laboratorios de ensayos.

Para finalizar se estudiará el equipo SC-015 de pruebas de hermeticidad, explicando cada uno de sus partes, especificaciones y funcionamiento. Igualmente se expondrá como se procede para realización de una prueba del polvo en una luminaria de alumbrado público.

2.2 Acreditación de los laboratorios

Un concepto expuesto por Carranza y Rodriguez (2017) afirma que: “La acreditación de un laboratorio es el reconocimiento formal de que un laboratorio es competente para cumplir pruebas específicas u otras definidas por diferentes entidades, la misma que es otorgado por un organismo de acreditación reconocido bajo criterios normados” (pág. 23).

Por su parte, el Servicio de Acreditación Ecuatoriano asegura que el laboratorio a ser acreditado ejecutará labores técnicamente reconocidas dentro de los límites establecidos por el órgano acreditador. La capacidad del laboratorio depende de la evaluación de las exigencias dadas por parte de normas internacionales, impuestas a los establecimientos por acreditarse (SAE, Procedimientos para la acreditación de laboratorios., 2016).

De lo expuesto anteriormente sobre los conceptos de acreditación de un laboratorio de medida se concluye que: la acreditación de un laboratorio permite validar procesos ante organismos mundiales acreditadores, y a su vez éstos procesos deben estar enmarcados dentro de normas internacionales.

2.2.1 Proceso de acreditación

La acreditación se la realiza bajo normas internacionales, en nuestro caso es un laboratorio de ensayo, por lo cual se tomará como guía la Norma ISO/IEC 17025 en la parte correspondiente a los requisitos para laboratorios de ensayo y calibración.

El laboratorio de ensayo que se somete a un proceso de acreditación tiene que seguir el procedimiento de acreditación de laboratorios de ensayo dispuesto por la SAE (SAE , Cómo



acreditarse: laboratorios, 2007). A continuación, vamos a describir los pasos para la acreditación de laboratorios:

2.2.1.1 Requisitos generales

En principio se deberán cumplir los siguientes requisitos generales expuestos a continuación.

- Los laboratorios que buscan acreditarse deben estar legalmente constituidos con personería jurídica.
- Debe tener implantado un sistema de gestión de calidad.
- El laboratorio debe tener personal competente de acuerdo con la actividad que pretende acreditarse.
- El laboratorio debe poseer infraestructura adecuada acorde con sus actividades.
- Conocer y cumplir los requisitos sobre los laboratorios de calibración establecidos por la SAE.

2.2.1.2. Solicitud de acreditación

El laboratorio a ser acreditado tiene que presentar en la SAE la solicitud correspondiente, la cual debe estar rubricada por el asesor legal y especificado claramente el alcance de la acreditación. Además, se debe realizar la cancelación del monto vigente de apertura del expediente para iniciar el trámite de acreditación, previa verificación de los documentos correspondientes los cuales deben estar en regla. (SAE , Cómo acreditarse: laboratorios, 2007)

En el anexo 1 se presenta el proceso para llenar una solicitud de acreditación del Servicio de Acreditación Ecuatoriano.

2.2.1.3 Planificación de la evaluación Inicial

El Servicio de Acreditación Ecuatoriano elegirá el equipo evaluador, el cual dependerá del alcance de la acreditación que el laboratorio solicite y se le enviará la proforma de servicios estimada de costos del proceso (SAE , Cómo acreditarse: laboratorios, 2007).

2.2.1.4 Evaluación

Se evaluará los siguientes aspectos:

- Evaluación Documental
- Evaluación in situ

2.2.1.5 Acciones correctivas

El laboratorio deberá solventar las inconformidades detectadas por el equipo evaluador por medio de la aplicación de acciones correctivas en el plazo estipulado por el organismo



regulador(SAE) (SAE , Cómo acreditarse: laboratorios, 2007).

2.2.1.6 Toma de decisión.

La decisión de acreditación del laboratorio será tomada por el organismo regulador considerando toda la información concerniente a la evaluación y basándose en los movimientos ejecutados por el laboratorio para resolver los hallazgos detectados. Esta acreditación tendrá una vigencia de 5 años y continuamente se realizará evaluaciones para verificar el cumplimiento de las normas establecidas, además el laboratorio podrá ampliar sus alcances cuando lo deseen para ello se debe hacer una evaluación y demostración de conformidad respectiva (SAE , Cómo acreditarse: laboratorios, 2007).

2.3 Certificación del laboratorio

La certificación de un laboratorio según Manzano Alba (2017) es: “valorar y exponer públicamente que el laboratorio cumple los requerimientos de una norma de gestión de calidad” (pág. 5). El poseer un sistema general de gestión de calidad es clave; puesto que representa un factor fundamental para el reconocimiento de la certificación.

La certificación de un laboratorio nos obliga a implementar un sistema de gestión de calidad el cual seguirá las siguientes acciones:

1. Satisfacer requisitos del cliente.
2. Examinar procesos de la organización.
3. Replantear objetivos.
4. Mejorar.
5. Motivar al personal.
6. Reconocimiento nacional e internacionalmente.
7. Ahorrar y reducir (dinero).

Para la certificación de un laboratorio de ensayo se utiliza la norma ISO 9001/2015 la cual es empleada internacionalmente. Las buenas propiedades de un producto o calidad de un servicio son de vital importancia para conseguir una certificación ISO.

La norma ISO 9001/2015 se encarga de sistemas de gestión de la calidad en entidades públicas como privadas sin importar el tamaño o actividad. Estos sistemas son efectivos en la mejora de la calidad de servicios, así como el bienestar de los usuarios.

Los organismos o empresas al obtener esta certificación avalan que sus servicios y productos están dentro de la calidad establecida, la cual garantiza una alta competitividad



sobres las demás empresas o en servicios prestados (ISO 9001, 2015).

Esta norma se adapta a los tiempos modernos y se acondiciona a los requerimientos actuales asumidos por empresas u organizaciones al aplicar una estructura de alto nivel entre sistemas de gestión, al trabajar bajo la norma ISO 9001/2015 se mejorará considerablemente los tiempos y recursos de los procesos; con ello se llegará a niveles óptimos de desarrollo de la organización. En la edición ISO 9001/2015 la norma modifica, elimina o suma requerimientos nuevos y cuya estructura se observa en la tabla 1 (ISO 9001, 2015).

Tabla 1. Estructura de la norma ISO 9001/2015

Estructura de la norma ISO/2015	
1. Alcance	2. Referencias normativas
3. Términos y definiciones	4. Contexto de la organización
5. Liderazgo	6. Planificación
7. Soporte	8. Operaciones
9. Evaluación del desempeño	10. Mejora

Fuente: Propia

Un aspecto importante de esta mejora se evidencia en la competencia del personal y se manifiesta en el criterio de creación de cada lugar de trabajo y la elaboración de criterios para cada función en la organización.

La certificación del laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca se realizará posteriormente puesto que primero se debe cumplir con la acreditación ante un organismo regulador. Se tiene que tomar en cuenta que certificación y acreditación son conceptos diferentes y no se debe confundir. En la tabla 2 se expone las diferencias entre Certificación y Acreditación de un laboratorio de calibración.



Tabla 2. Diferencias entre certificación y acreditación de laboratorios.

Certificación según la norma ISO 9001/2001	Acreditación según la norma ISO 17025:2006
La certificación significa el cumplimiento de una norma o especificación general para una empresa u organización.	La acreditación es el reconocimiento de la competencia técnica específica. Evalúa a las personas, las habilidades y el conocimiento.
La certificación utiliza auditores de sistema de gestión que estén calificados para hacer cumplir criterios acordados internacionalmente por un organismo independiente.	En la acreditación se utiliza evaluadores técnicos que son Especialistas reconocidos en su campo de actividad.
La certificación puede ser general en su alcance.	Normalmente el alcance de la acreditación es muy específico.
En la certificación no todos los requisitos de la norma se aplican a todas las organizaciones y actividades.	La acreditación no discrimina organización, ni tipo de actividad, ni tamaño de la empresa.
La certificación lo realiza organismos internacionales como: <ul style="list-style-type: none">• ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación) Colombia• La BVQI (Bureau Veritas) Reino Unido.• SGS (Société Générale de Surveillance) Suiza	La acreditación solo lo realiza el Organismo de acreditación ecuatoriana (OAE).

Fuente: (Manzano Alba, 2017)

2.4 Norma técnica

Para realizar este trabajo investigativo se hablará de las normas técnicas cuyo concepto según la Universidad de Alcalá (2017) establece que: “Una norma técnica es un documento aprobado por un organismo reconocido que establece especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico, que hay que cumplir en determinados productos, procesos o servicios” (pág. 1).



El concepto de una norma se basa en deducciones de la práctica y el avance tecnológico, plasmados en escritos, que los laboratorios de ensayo se acogen voluntariamente (Reyes Ponce, 2006).

Existen organismos internacionales de normalización entre los cuales se encuentran la ISO (Internacional Organization for Standardization), este organismo dicta normas que van dirigidas a la producción, productos y servicios. La ISO emite normas realizadas por comités técnicos de cada país miembro y aprobados posteriormente por todos los integrantes de la organización (Manzano Alba, 2017). Para proceder con este trabajo investigativo se toma como referencia la norma de calidad NTE-INEN ISO/IEC 17025/2006 que habla de la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

Esta norma es una adaptación para el Ecuador de la norma internacional ISO/IEC 17025/2005 que lo realiza el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), esta institución ecuatoriana que según la ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad es la encargada de regular la normalización, reglamentación y metrología en el Ecuador.

2.4.1 Norma NTE-INEN ISO/IEC 17025/2006

La norma NTE-INEN ISO/IEC 17025:2006 es utilizada para efectuar ensayos y/o calibraciones en los laboratorios los cuales deben cumplir con exigencias de organismos internacionales. Estos ensayos y/o calibraciones se rigen bajo técnicas normalizadas, no normalizadas y por las técnicas propias de un laboratorio en particular las mismas que pueden ser aplicables a todos los demás laboratorios que ejecutan los procesos similares (Ortiz, 2016).

A continuación, se presenta el contenido de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025/2006:

1. Organización y campo de ejecución.
2. Informes Normativos.
3. Términos y definiciones.
4. Lineamientos relativos a la gestión.
5. Requerimientos Técnicos.
6. Anexos.

El laboratorio de la Luminotecnia Universidad Católica de Cuenca es el sitio ideal para la aplicación de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025/2006 pues pretende ser un laboratorio de ensayos y de acuerdo con esta norma al instituir un sistema de Gestión de la Calidad(SGC) se asegura el manejo adecuado del laboratorio aprovechando sus capacidades para realizar



ensayos de calidad. Además, el personal que laborará en el laboratorio, estarán seguro que dichos ensayos cumplirán los requisitos básicos y sus resultados serán confiables y a su vez se generará conocimiento para poder compartir e intercambiar con entidades que realicen el mismo trabajo.

Con la implantación de esta norma también se asegura que los estudiantes que realicen ensayos en el laboratorio se formen profesionalmente bajo el cumplimiento de normas de calidad, con ello al sumarse al mundo laboral estarán listos para ejecutar sus actividades bajo conceptos de calidad.

2.4.2 Aplicación de la norma NTE-INEN ISO/IEC 17025/2006

Esta norma se destina a todos los laboratorios independientemente del número de personas o la extensión del alcance de las pruebas del mismo, además establece requisitos de gestión y requisitos técnicos para su aplicación.

Los resultados de ensayos de un laboratorio que posee competencia técnica serán fiables y correctos.

La competencia técnica se basará en los siguientes requisitos:

- Personal del laboratorio
- Equipamiento ambiente
- Método a implementar

La acreditación de laboratorios bajo la norma NTE-INEN ISO/IEC 17025 permitirá la aplicación de un método de gestión integral el cual está compuesto de las siguientes características:

- Gestión de la Calidad
- Competencias Técnicas
- Validez de resultados

Al hablar de un sistema de gestión de la calidad se entiende que se aplicará lo que establece la norma ISO 9001/2015 para certificar el laboratorio.

Requisitos de gestión

Los requisitos de gestión aseguran la implementación de un sistema de calidad (ISO 9001/2015). Esto ayudará a mejorar procesos en el laboratorio y brindará un mejor apoyo administrativo.

Requisitos técnicos

Los requisitos técnicos aseguran que el laboratorio sea competente para desarrollar actividades específicas, es decir el laboratorio por acreditarse tendrá alta competencia técnica.

La norma NTE-INEN ISO/IEC 17025 está constituida por cláusulas, a la vez estas cláusulas están conformados por requisitos los cuales son lineamientos obligados a ser cumplidos.

2.5. Descripción del equipo SC-015 de pruebas de hermeticidad.

La Universidad Católica de Cuenca ha adecuado un laboratorio de fotometría el mismo que se encuentra ubicado en la Facultad de Ingeniería de Sistemas, Eléctrica y Electrónica, dicho laboratorio ocupa una área de 115,58 m² dividido en tres secciones. En la primera sección se halla la esfera integradora de Ulbricht junto con su del panel de control; la segunda sección corresponde al cuarto oscuro en donde se encuentra situado el fotogoniómetro, el mismo que nos ayuda a determinar los parámetros lumínicos de las lámparas a ser estudiadas y la tercera sección cuenta con equipos para la simulación de las condiciones ambientales a las que se enfrentan las lámparas de alumbrado público. Entre los equipos que se encuentran en esta sección, está el equipo SC-015 de pruebas de hermeticidad del polvo de fabricación China construida por la empresa LISUN GROUP, el mismo que se visualiza a continuación:



Fig. 1. Equipo SC-015 de pruebas de hermeticidad del polvo.

Fuente: <http://es.lisungroup.com/product-id-360.html>

2.5.1 Especificaciones

A continuación, se muestra las especificaciones técnicas del equipo SC-015 de pruebas de hermeticidad del polvo las mismas que fueron tomadas de la página de Internet de la empresa LISUNGROUP.

Según Lisun group (2016):

Con este equipo podemos realizar pruebas en polvo de luminarias con grado de protección IP-5X, IP-6X y lámparas LED, todo dentro de las normas IEC 60529 y la dimensión de este equipo es de 1,25x 1,95x1,85 metros

- Rango de temperatura: Temperatura ambiental + 5~50°C (Ajustable)
- Rango de humedad: 45%~75% (Ajustable)
- Diámetro de la red metálica lineal nominal: 50µm
- Velocidad de flujo del aire de la cámara: 1,5m/s (rango de ajuste: 0~4.99m/s)
- Presión de aire ambiental: 85Kpa~106Kpa
- Polvo de prueba: Talco seco, cemento portland, ceniza de humo entre otros
- Espaciamiento entre líneas estándar: 32µm, 75µm and 250µm (Hay tres redes de metal)
- Voltaje de entrada: 220V trifásico, 50 Hz/60Hz (pág. 1).

2.5.2 Partes del equipo

Es un módulo que consta de las siguientes medidas de 1,25m(largo) x 1,95m(ancho) x 1,85m(altura) el cual tiene dos puertas frontales para ingresar a su interior, además posee un panel de control central en su parte frontal, al lado superior derecho.



Fig. 2. Vista frontal del módulo SC-015

Fuente: <https://spanish.alibaba.com>

En su interior se encuentra una rejilla metálica donde van colocados la luminaria y un recipiente (tamiz) para el talco empleado en las pruebas.



Fig. 3. Parte interior del equipo de pruebas

Fuente: (Chuchuca Mendez, 2016)

En las dos puertas de ingreso al interior del módulo existen dos vidrios por donde se puede observar el proceso de pruebas de la luminaria, estos vidrios tienen sus propias plumas de vidrios para realizar la limpieza desde el interior.



Fig. 4. Limpia vidrios de la maquina

Fuente: (Chuchuca Mendez, 2016)

Una parte fundamental de las pruebas es el polvo a utilizar, para las pruebas se utiliza polvo de talco, el cual viene en sacos según como lo muestra la figura 5 a continuación.



Fig. 5. Polvo utilizado en las pruebas

Fuente: (Chuchuca Mendez, 2016)

En la parte alta, en el lado derecho del módulo se encuentra el panel de control donde se ingresan los parámetros para realizar las pruebas respectivas.



Fig. 6. Panel frontal

Fuente: (Chuchuca Mendez, 2016)

2.6 Funcionamiento del equipo SC-015

A continuación, se describe el funcionamiento del módulo de pruebas de polvo.

- ✓ El voltaje de encendido de módulo es 220V AC de un sistema a 60Hz trifásico cuatro hilos.
- ✓ Para añadir la muestra del polvo en la cámara (2 kg / m³). Abra el interruptor del aire "Poder"(poder) y pulse el botón "start"(inicio), la pantalla táctil del controlador empieza a mostrar después de 1 ~ 2 segundos.
- ✓ Cuando se necesite energizar la luminaria de prueba, se conecta el terminal de voltaje ubicado en la parte trasera de la cámara de prueba (MAX: AC 220V 10A), luego se puede energizar directamente la luminaria de muestra conectando en el terminal situado en la parte inferior izquierda del interior de módulo.
- ✓ El ajuste de temperatura se realiza en las tres columnas de las configuraciones que posee el panel principal de pantalla táctil.
- ✓ En la pantalla táctil del control principal, haga clic en los botones para programar las funciones principales:

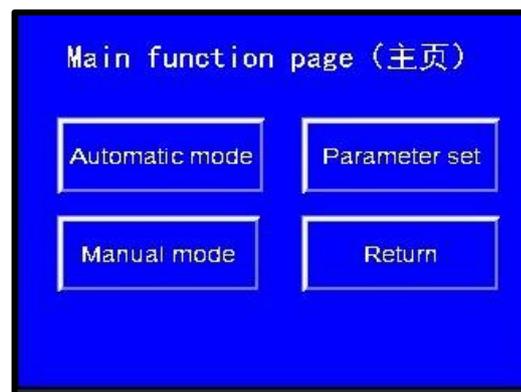
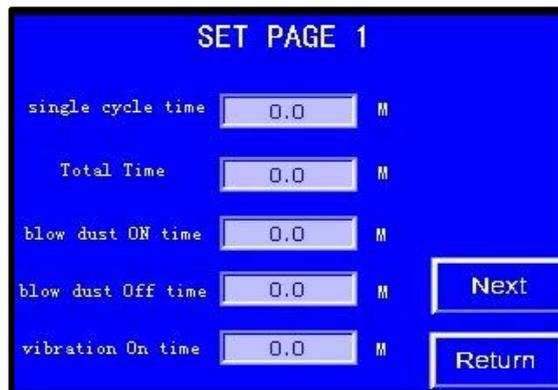


Fig. 7. Menú principal del módulo SC-015

Fuente: (Inc., 2014).

- ✓ Haga clic en el " Parameter set" (conjunto de parámetros), introduzca los ajustes en cada uno de las tres páginas de parámetros respectivamente.
- ✓ En la página de configuración de parámetros, de acuerdo a las diferentes necesidades experimentales respectivamente, se establece el "tiempo de ciclo único ", " tiempo total " (la división de los dos para ciclos), "tiempo de inicio del ingreso del polvo ", "tiempo de apagado del polvo ", "tiempo de inicio de la vibración", "tiempo de apagado de la vibración", "tiempo de encendido de la prueba" y "tiempo de apagado de la prueba" (Inc., 2014).



SET PAGE 1

single cycle time	<input type="text" value="0.0"/>	M
Total Time	<input type="text" value="0.0"/>	M
blow dust ON time	<input type="text" value="0.0"/>	M
blow dust Off time	<input type="text" value="0.0"/>	M
vibration On time	<input type="text" value="0.0"/>	M

Next

Return



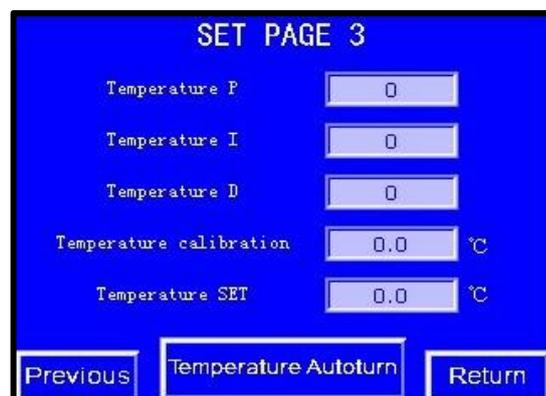
SET PAGE 2

vibration Off time	<input type="text" value="0.0"/>	M
load On time	<input type="text" value="0.0"/>	M
load Off time	<input type="text" value="0.0"/>	M

Previous

Next

Return



SET PAGE 3

Temperature P	<input type="text" value="0"/>	
Temperature I	<input type="text" value="0"/>	
Temperature D	<input type="text" value="0"/>	
Temperature calibration	<input type="text" value="0.0"/>	°C
Temperature SET	<input type="text" value="0.0"/>	°C

Previous

Temperature Autoturn

Return

Fig. 8. Pantallas del menú principal

Fuente: (Inc., 2014).

- ✓ Tiempo de ciclo único. Es igual: " tiempo de inicio del ingreso del polvo " + " tiempo de apagado del polvo "+ " tiempo de inicio de la vibración " + " tiempo de apagado de la vibración " = "tiempo de encendido de la prueba" + "tiempo de apagado de la prueba" (Inc., 2014).

- ✓ En la columna de ajuste de la temperatura de Set página 3, se tiene que establecer el valor de la temperatura. La Calibración de temperatura se regula en el momento de la corrección. El resto del programa de la columna del P\ I \ D puede generar automáticamente, no hay necesidad de modificar la configuración (Inc., 2014).

Presione el botón "Return" (retornar) para regresar a la "página principal del P/I/D", si desea ejecutar automáticamente, presione la tecla "Automatic mode" (Modo automático).

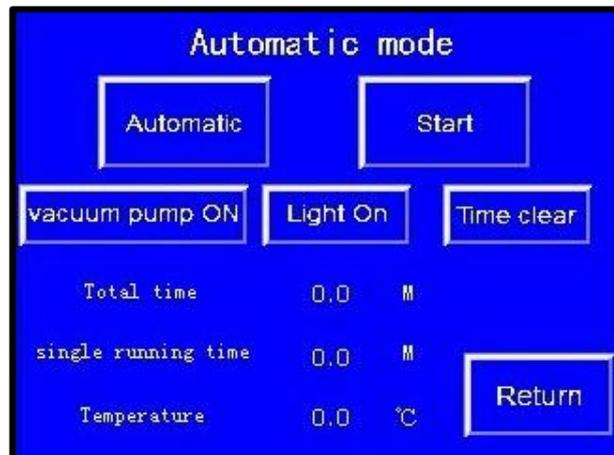


Fig. 9. Modo automático del equipo

Fuente: (Inc., 2014)

- ✓ Cuando se ejecuta automáticamente, puede elegir la opción "Vacumm Pump ON/OFF" (Bomba de vacío prendido/apagado) manualmente para controlar si desea iniciar la función en vacío de la muestra; usted puede elegir manualmente el botón "Lighting ON/OFF" (iluminación prendido/apagado) para controlar la iluminación desde el inicio (Inc., 2014).
- ✓ Usted puede elegir la opción "Time Clear"(Borrar Tiempo) para restablecer todos los tiempos de la prueba. A continuación, se muestra el estado actual del tiempo de prueba y la temperatura real.
- ✓ Tenga en cuenta, si está en el estado de funcionamiento automático, se debe observar el primer icono de la parte superior izquierda de la página debe estar "automático", si se trata de "manual", no se ejecutará automáticamente, cambie a la operación manual.
- ✓ Haga clic en el botón "Return" (volver) para regresar a "main function page" (la página principal función), si se quiere operar manualmente, por favor presione el botón "Manual Operation" (Funcionamiento Manual) (Inc., 2014).

En este punto se puede cambiar manualmente los interruptores de todos los parámetros en la página.

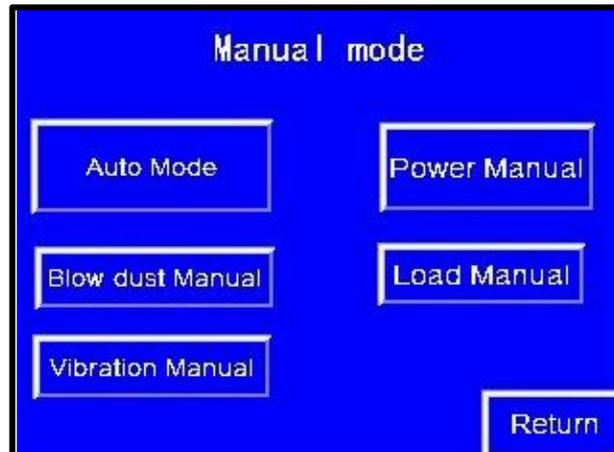


Fig. 10. Modo manual del equipo

Fuente: (Inc., 2014).

- ✓ Si existe la necesidad de deshacerse de la muestra (polvo de pruebas), se deberá abrir la tapa inferior detrás de la cámara de prueba, a continuación, retirar la manguera en la parte inferior del embudo de pruebas, se ajusta el tiempo de parada del flujo del polvo y ajuste el tiempo de soplado del flujo del polvo en su periodo más largo, abra de nuevo la alimentación. Descargue el polvo después de realizar 5 veces el mismo procedimiento (se coloca un recipiente en la parte inferior del tubo del embudo para recoger el polvo) (Inc., 2014).
- ✓ Cuando realice el ensayo de nuevo, asegúrese de que la manguera en la parte inferior del embudo se encuentre instalada (El aro de la garganta se debe apretar, para evitar el aumento de la presión en el gabinete, lo que resultara que la muestra se escape hacia fuera), a continuación, se ingresan los nuevos materiales para la prueba en la parte superior, cierre la puerta de la cámara y restablecer los parámetros de prueba, usted puede realizar el ensayo (Inc., 2014).
- ✓ Si se requiere sacar la luminaria durante el proceso de prueba, se debe presionar el icono soplado manual del polvo (manual blowing dust) o el interruptor principal (Power), espere un período de tiempo hasta que el polvo en la cámara caiga sobre en la parte inferior y luego abra la puerta (Inc., 2014).
- ✓ El ingreso del voltaje para la luminaria de prueba se encuentra en el terminal posterior de la cámara de prueba (220VCA MAX).
- ✓ El voltaje de la luminaria de prueba es proporcionado por un enchufe a prueba de polvo ubicado en el interior de la cámara de prueba del equipo de pruebas SC -015 (al iniciar la prueba se debe conectar la alimentación de la luminaria al enchufe) (Inc., 2014).



- ✓ El Sistema de vacío de la muestra ya está conectado. El medidor de vacío y manómetro diferencial de diafragma de la cámara mostrará en el panel principal de control el flujo de presión diferencial y de vacío (Inc., 2014)
- ✓ De acuerdo con los requisitos de la prueba se debe calibrar la cantidad de presión diferencial y de vacío (esta función sólo se utiliza en la prueba de vacío de la luminaria, en una prueba normal no es necesario) (Inc., 2014).

2.7 Procedimiento para realizar pruebas de hermeticidad del polvo en luminarias según la Norma Internacional IEC 60529

Para efectuar las pruebas de polvo IP5x e IP6x de hermeticidad en el equipo SC- 015 a luminarias de alumbrado público siguiendo la norma internacional IEC 60529 se realiza el proceso descrito a continuación:

- Se conecta el equipo SC-015 de pruebas de polvo al voltaje de la red 220V AC.
- Se abre el interruptor del aire “Power” y se presiona el botón “Start” para colocar la muestra del polvo en la cámara, después de 1 a 2 segundos se activa la pantalla de control.
- Se coloca 2 kg de polvo de talco por metro cúbico del volumen según la norma internacional IEC 60529 , en este caso el equipo posee 1,5 m^3 de área de trabajo por lo que se coloca 3 kg de polvo de talco y se introduce dentro de la máquina SC-015 en el emparrillado (Norma IEC 60529, 1999).
- El talco es de un diámetro de 45 μm según lo especifica la Norma Internacional IEC 60529, además este polvo de talco no deber ser utilizado para más de 20 pruebas.
- Debemos constatar que se encuentre instalado el tamiz de malla cuadrada fabricado de alambre de 50 μm de diámetro y una separación de 75 μm , este tamiz deja pasar partículas de tamaño menores a 1 μm y partículas menos de 50% por peso menor de 5 μm (Norma IEC 60529, 1999).
- Se introduce la luminaria de ensayo dentro del equipo de prueba evitando acciones bruscas que afecte la integridad de la luminaria.
- Existe dos procedimientos según la categoría de la carcasa de la luminaria esta es la categoría 1 y la categoría 2.
- Las carcasas serán consideradas como categoría 1 a menos que la norma de la luminaria especifique categoría 2.



Para continuar con los siguientes pasos de la prueba de hermeticidad se tendrá en cuenta el tipo de categoría de la carcasa de la luminaria que se describen a continuación.

Categoría 1

Esta categoría engloba a las luminarias cuyo ciclo de trabajo provoca reducción de la presión de aire al interior de la carcasa por debajo del aire exterior (Norma IEC 60529, 1999).

Categoría 2

Esta categoría engloba a luminarias cuyo ciclo de trabajo no provoca ninguna diferencia de presión al interior de la carcasa del aire exterior que lo rodea (Norma IEC 60529, 1999).

Procedimiento para carcasa de luminaria categoría 1.

- La presión al interior de la carcasa referente a la luminaria de prueba se reduce por medio de una bomba de vacío, se realiza un orificio especialmente para esta prueba para ingresar la sonda de la bomba de succión (Norma IEC 60529, 1999).
- El orificio será de ¼ pulgada de diámetro, después se coloca un acople de ¼ de pulgada el cual se encuentra fijado al ducto que se dirige a la bomba de vacío, esta bomba viene integrada al equipo de pruebas SC -015. Este procedimiento se realiza antes de empezar la prueba previa determinación del lugar donde se va a realizar el orificio.
- La colocación del ducto de la bomba de vacío se realizará después de ingresar la luminaria al módulo de pruebas.
- Este orificio se ubicará en las partes más vulnerables de la luminaria, también se puede utilizar otros orificios de la luminaria para el ingreso de la sonda tales como orificios de drenaje o de ingreso de cables (Norma IEC 60529, 1999).
- Para luminarias con una carcasa de categoría 1 según nos establece la norma IEC 60529 el tiempo dependerá de la extracción nominal de volúmenes por hora, si se dan las condiciones de 40 a 60 volúmenes por hora el tiempo será de 2 horas. El volumen por hora se refiere a la renovación del aire de un determinado volumen, este caso será del interior del envoltorio de la luminaria, en la unidad del tiempo y su unidad de medida será m^3/h (Norma IEC 60529, 1999).
- La prueba será de 8 horas con una depresión (baja presión atmosférica en el interior



de la carcasa de la luminaria) de 2 Kpa (20mbar) si la extracción nominal es menos de 40 volúmenes por hora.

Procedimiento para carcasa de luminaria categoría 2.

- Para realizar la prueba en luminarias con carcasa categoría 2 se ingresa la luminaria al interior de equipo SC-015 en la posición de funcionamiento normal, los orificios de drenaje que son normalmente abiertos se colocaran en la parte izquierda del equipo (Norma IEC 60529, 1999).
- Para luminarias de carcasa categoría 2 el tiempo de prueba será de 8 horas según lo establece la norma IEC 60529.

El procedimiento expuesto a continuación se realiza para las dos categorías de carcasas de las luminarias.

- Se cierra la cámara del equipo evaluador, esta acción se debe realizar correctamente para evitar el escape del polvo hacia el exterior.
- Se ingresa al menú principal del equipo SC-015 y se presiona el botón de "Parameter set" (conjunto de parámetros), se introduce los ajustes en cada una de las tres páginas de parámetros.
- En la primera página de los parámetros a programar se introduce el tiempo según la prueba que se vaya a realizar de acuerdo con el tipo de categoría de la carcasa de la luminaria.
- En esta página del programa de parámetros de la máquina también se configura el tiempo del ingreso del polvo de talco, el cual va a ser igual al tiempo de la prueba total.
- En la página 2 del programa de parámetros de la máquina se ingresa el tiempo de vibración de la lámpara de prueba, el mismo que en este caso corresponde a cero pues la norma IEC 60529 no especifica la vibración de la carga.
- También se programa el tiempo de encendido y apagado de la lámpara de prueba el cual va a ser de cero.
- En la página 3 del programa de parámetros de la máquina se ingresa la temperatura de la prueba, la misma va a ser de 22°C estipulada para esta prueba; el equipo tiene un rango de programación para la temperatura desde 5 hasta 60 °C. También se incluye el parámetro de temperatura de calibración la cual se llena cuando se realiza la corrección del ensayo, es decir que se debe sumar un valor



algebraicamente al resultado no rectificado de la medición después de realizar los respectivos ensayos para compensar el error sistemático. (Pérez, 2008)

- En la página 3 del programa de parámetros de la máquina se programa la temperatura de P/I/D del equipo la cual se genera automáticamente y no hay necesidad de modificar su configuración.
- Al terminar la programación de los parámetros de realización de la prueba se oprime el botón retornar “return” para retornar al menú principal del programa de la máquina.
- En la página de menú principal de la máquina se escoge el botón automático “Automatic” y se presiona el botón empezar “start” y la prueba se inicia.
- En este punto se acciona la bomba de vacío para empezar a extraer el aire de la luminaria. La depresión será de 22 Kpa (20mbar).
- También en este punto podemos encender la luz al interior de la cámara para revisar el estado de la prueba.
- Después de terminada la prueba se deja un tiempo prudencial para que el polvo se asiente dentro del equipo de pruebas SC-015, se retira la lámpara del interior del equipo y se realiza las evaluaciones del ensayo.

Al terminar el ensayo debemos tomar las siguientes consideraciones:

La condición de aceptación para el número característico IP 5X del grado de hermeticidad establecido por la norma internacional IEC 60529, será satisfactoria si la cantidad de polvo acumulada en un sitio al interior de la luminaria no interfiere con el correcto funcionamiento u operación de la luminaria o en casos puntuales claramente establecidos por los criterios particulares de cada luminaria.

El polvo no debe acumularse en lugares donde se originan líneas de fuga (disminución de la distancia límite entre dos conductores o desde un conductor con respecto a la carcasa de la luminaria) pues pueden ocasionar fallas en circuito eléctrico de funcionamiento de la luminaria (Norma IEC 60529, 1999) .

La condición de aceptación para el número característico IP 6X del grado de hermeticidad establecido por la norma internacional IEC 60529, será aceptable si en el interior de la luminaria no se encuentre rastro de polvo al final de la prueba (Norma IEC 60529, 1999).



CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Introducción

En el presente capítulo se dará un concepto general de la incertidumbre de media desde el punto de vista de organismos internacionales entendidos en metrología (SAE; CEM, CENAN, etc.), así como también se determinan los principales aspectos que se toman en cuenta al momento de realizar la evaluación de la incertidumbre de medida en el equipo evaluador de hermeticidad SC-015, para ello en primera instancia se realizará la determinación del mensurando de la magnitud de salida del equipo evaluador, tratando de abarcar todas las magnitudes independientes y sus especificaciones existentes.

A su vez se determinará el modelo matemático correspondiente al mensurando del equipo, representando aquí las magnitudes de entrada las cuales van a conformar el modelo antes mencionado. Por último, se identificarán las fuentes de incertidumbre organizándolas, para realizar el estudio según el grado de afectación a la incertidumbre de medida del equipo.

3.2 La incertidumbre de medida

Según Centro Español de Metrología (2010) la incertidumbre de medida es el: “Parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando” (pág. 4). Estos parámetros se evalúan por medio de distribuciones estadísticas de datos arrojados de varias mediciones y normalmente serán catalogadas por sus desviaciones típicas experimentales.

Por su parte el organismo Ecuatoriano de acreditación expone que la incertidumbre de medida es el parámetro positivo que define la propagación de valores que se le atribuye a un mensurando (SAE, Procedimientos para la acreditación de laboratorios., 2016), en términos generales se puede decir que la incertidumbre de medida es la duda sobre autenticidad del valor medido de una magnitud.

3.3 Propuesta del método de evaluación de la incertidumbre de medida del equipo evaluador de incertidumbre SC-015

Antes de efectuar la evaluación de la incertidumbre de medida veremos algunos conceptos relacionados con la incertidumbre que se describe en la siguiente tabla.

Tabla 3. Conceptos relacionados con la incertidumbre de medida

Símbolo	Descripción
\bar{q}	<p>Media aritmética.</p> <p>“Suma de valores dividido por el número de valores (SAE, 2014)”.</p> <p>“Una magnitud “q” que varía al azar (variable aleatoria), de la que se han obtenido “n” observaciones independientes “q_k” en las mismas condiciones de medida, es la media aritmética “\bar{q}” de las “n” observaciones” (CEM, 2010).</p> $\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \text{ (CEM, 2010)}$
	<p>Correlación</p> <p>“Relación entre dos o más variables aleatorias dentro de una distribución de dos o más variables aleatorias” (SAE, 2014).</p> <p><i>Ejemplo:</i></p> <p>Se tiene una variable “R” y una variable “S”. Al aumentar los valores de “R”, aumentan los valores de “S”. De igual modo, al aumentar los valores de “S”, se acrecientan los valores de “R”. Por lo tanto, hay una correlación entre las variables “R” y “S”.</p>
k	<p>Factor de cobertura</p> <p>“Número mayor que uno por el que se multiplica una incertidumbre típica combinada para obtener una incertidumbre expandida. Normalmente un factor de cobertura k típico, es asignado entre los valores 2 y 3” (SAE, 2014).</p>
p	<p>Probabilidad de cobertura</p> <p>“Probabilidad de que el conjunto de los valores verdaderos de un mensurando esté contenido en un intervalo de cobertura especificado” (SAE, 2014).</p> <p>Niveles de confianza p (en porcentaje) para los factores de cobertura.</p> <p style="text-align: center;">1= 68,27 % 2= 95,45%</p> <p style="text-align: center;">3=99,73%</p>
$s(q_k)$	<p>Desviación típica experimental</p> <p>“Raíz cuadrada positiva de la varianza experimental” (SAE, 2014).</p>



	<p>“La desviación típica experimental para una serie de n mediciones de un mismo mensurando, la magnitud $s(q_k)$ que caracteriza la dispersión de los resultados, viene dada por la siguiente fórmula” (CEM, 2010).</p> <p>Su fórmula es:</p> $s(q_k) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2}{n-1}} \quad (\text{CEM, 2010})$
U	<p>Incertidumbre expandida</p> <p>“Magnitud que define un intervalo en torno al resultado de una medición, y en el que se espera encontrar una fracción importante de la distribución de valores que podrían ser atribuidos razonablemente al mensurando” (CEM, 2010).</p> <p>Su fórmula es:</p> $U = kU_c(y)$
x_i	<p>Estimación de entrada</p> <p>“Valor estimado de una magnitud de entrada utilizado en la evaluación del resultado de una medición” (SAE, 2014).</p> <p><i>Ejemplo:</i></p> <p>El promedio de diez medidas del diámetro de una circunferencia, utilizado para calcular la incertidumbre de medida de la longitud de su diámetro.</p>
X_i	<p>Magnitud de entrada</p> <p>“Magnitud que debe ser medida, o magnitud cuyo valor puede obtenerse de otra manera, para calcular un valor medido de un mensurando” (SAE, 2014).</p> <p><i>Ejemplo:</i></p> <p>“Las magnitudes de entrada X_1, X_2, \dots, X_n de las que depende la magnitud de salida “Y” y pueden ser consideradas a su vez como mensurandos, pudiendo depender de otras magnitudes” (CEM, 2010).</p>
Y	<p>Mensurando</p> <p>“Magnitud que se desea medir” (SAE, 2014).</p>



	<p>“Atributo sujeto a medición de un fenómeno, cuerpo o sustancia que puede ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente” (CENAM, 2004).</p> <p><i>Ejemplo:</i></p> <p>“Presión de vapor de una muestra dada de agua, a una temperatura de 20°C ” (CEM, 2010).</p>
y	<p>Estimación de salida</p> <p>“Resultado de una medición calculado por la función modelo a partir de las estimaciones de entrada” (SAE, 2014).</p> <p><i>Ejemplo:</i></p> <p>Se posee una estimación del mensurando “Y”, representada por “y”. La estimación de salida, la misma es la consecuencia de una medida, es representada por:</p> $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ (CEM, 2010)}$
Y	<p>Magnitud de salida</p> <p>“Magnitud que representa al mensurando en la evaluación de una medición” (SAE, 2014).</p> <p>“Es el resultado cuya incertidumbre se desea determinar “ (Zipaquirá Triana & Porras Rueda, 2010).</p> <p><i>Ejemplo:</i></p> <p>“La Resistencia eléctrica medida con un multímetro”.</p>
p	<p>Distribución de probabilidad</p> <p>“Función que da la probabilidad de que una variable aleatoria adopte cualquier valor o pertenezca a un determinado conjunto de valores” (SAE, 2014).</p> <p>Probabilidad; nivel de confianza: $0 \leq p \leq 1$</p>
$u_c(y)$ / y	<p>Incertidumbre típica relativa de medición</p> <p>“Incertidumbre típica de una magnitud dividida por el valor estimado de dicha magnitud” (SAE, 2014) .</p> $s(\bar{q})_r = \frac{\text{Incertidumbre absoluta}}{\text{medición}} \text{ (CEM, 2010)}$ <p>Ejemplo: Incertidumbre relativa del voltaje.</p>



	$s(\bar{v})_r = \frac{\Delta s(\bar{v})}{v}$
c_i	<p>Coeficiente de sensibilidad asociado a una estimación de entrada</p> <p>“Variación diferencial en la estimación de salida generada por una variación diferencial en una estimación de entrada dividida por la variación en la estimación de entrada” (SAE, 2014).</p> <p><i>Ejemplo:</i></p> <p>Derivada parcial o coeficiente de sensibilidad: $c_i = \partial f / \partial x_i$ (CEM, 2010).</p>
$s(q_r)$	<p>Desviación típica</p> <p>“Raíz cuadrada positiva de la varianza de una variable aleatoria” (SAE, 2014).</p> <p>“Estimador sesgado de la desviación típica σ de la distribución de probabilidad de q” (CEM, 2010).</p>
$s(\bar{q})$	<p>Incertidumbre típica</p> <p>“Incertidumbre de medida expresada como una desviación típica” (SAE, 2014).</p> <p>“Incertidumbre típica obtenida mediante la evaluación tipo A” (CEM, 2010).</p> <p>Su fórmula es:</p> $u(x_i) = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2} \quad (\text{CEM, 2010})$
	<p>Método de evaluación Tipo A</p> <p>“Evaluación de una componente de la incertidumbre de medida mediante un análisis estadístico de los valores medidos obtenidos bajo condiciones de medida definidas” (SAE, 2014).</p>
	<p>Método de evaluación Tipo B</p> <p>“Evaluación de una componente de la incertidumbre de medida de manera distinta a una evaluación tipo A de la incertidumbre de medida” (SAE, 2014).</p> <p>“En una evaluación tipo B de la incertidumbre de una magnitud de entrada se usa información externa u obtenida por experiencia. Ejem: Certificado de calibración”</p>



	<p>Incertidumbre de medida</p> <p>“Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza” (SAE, 2014).</p> <p><i>Ejemplo:</i></p> <p>“El parámetro puede ser, una desviación típica, o la semiamplitud de un intervalo con un nivel de confianza determinado” (CEM, 2010).</p>
	<p>Incertidumbre por Resolución</p> <p>“En equipos digitales se considera como una unidad del dígito menos significativo y en equipos analógicos se relacionan con la apreciación de la división de escala” (Zipaquira Triana & Porras Rueda, 2010).</p>
	<p>Incertidumbre por Exactitud</p> <p>“La incertidumbre por exactitud de un instrumento de medida se refiere a la máxima variación de sus características a lo largo de un tiempo, por todas las causas no especificadas” (Zipaquira Triana & Porras Rueda, 2010).</p>
	<p>Incertidumbre por Histéresis</p> <p>“ Es un componente de incertidumbre referido a la indicación de un instrumento que puede diferir una cantidad fija y conocida, según que las lecturas sucesivas sean crecientes o decrecientes” (CEM, 2010).</p>
	<p>Incertidumbre por Temperatura</p> <p>“Componente de incertidumbre debida a variaciones térmicas durante la calibración” (Centro Español de Metrología, 2009).</p>
s_p^2	<p>Varianza</p> <p>“Medida de dispersión, igual a la suma de los cuadrados de las desviaciones de las observaciones con respecto a su valor medio, dividido por el número de observaciones menos uno” (CEM, 2010).</p> <p><i>Ejemplo:</i></p> <p>Para n observaciones x_1, x_1, \dots, x_n con un valor medido</p> $\bar{x} = (1/n) \sum x_i \quad (\text{CEM, 2010})$ <p>La varianza es:</p> $s_p^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2 \quad (\text{CEM, 2010})$



$r(x_i, x_j)$	<p>Coefficiente de correlación</p> <p>“Medida de la dependencia relativa mutua de dos variables aleatorias, igual a su covarianza dividida por la raíz cuadrada positiva del producto de sus varianzas. Se puede emplearse para calcular la variación aproximada de una estimación de entrada producida por una variación en otra estimación de entrada” (CEM, 2010).</p> <p>Su fórmula es:</p> $r(x_i, x_j) = \frac{u(x_i, x_j)}{u(x_i)u(x_j)}$
---------------	---

Fuente: (CEM, 2010), (CENAM, 2004), (Zipaquira Triana & Porras Rueda, 2010), (SAE, 2014)

3.3.1 Definición del mensurando del equipo evaluador de hermeticidad SC-015

Al realizar una medición es imprescindible dar un valor cuantitativo de la fiabilidad de su resultado, por ello se procederá con la evaluación de la incertidumbre de medida del equipo SC-015 que se utiliza para realizar pruebas de hermeticidad del polvo en luminarias de alumbrado público en el laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca. La evaluación que se realiza a continuación estará bajo procedimientos establecidos por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano en la guía para la expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones OAE G02-R0 (SAE, 2014).

Las pruebas de hermeticidad en luminarias de alumbrado público se llevan a cabo conforme a la norma internacional IEC 60529, la cual establece un sistema codificado para establecer los grados de hermeticidad proporcionada por los envolventes eléctricos, los grados de protección se establecen de acuerdo al ingreso de cuerpos externos o agua (Norma IEC 60529, 1999).

El equipo SC-015 se utiliza para evaluar los grados de protección IP5X y IP6X correspondientes al código IP, el IP5X indica el ingreso de una cantidad limitada de polvo mientras que el IP6X no permite el ingreso del polvo (Norma IEC 60529, 1999).

Para efectuar la evaluación de incertidumbre de medida en el equipo SC -015, se define al grado de hermeticidad IP5x y IP6X como su mensurando, dado que el equipo fue fabricado para evaluar estos parámetros. Debido a que el código IP es una escala de referencia y no se pueden cuantificar se procederá a asignarle una magnitud la cual va ser nombrada como Hermeticidad y su símbolo será la H, esto será para efecto de la evaluación (SAE, 2014).



Para determinar el mesurando del equipo se realizan pruebas de hermeticidad del polvo en luminarias de alumbrado público en el equipo evaluador SC -015, bajo los parámetros establecidos por la norma IEC 60529 (Norma IEC 60529, 1999).

3.3.2 Determinación del mesurando del equipo evaluador SC-015

Los ensayos de hermeticidad al polvo se efectúan sobre luminarias de alumbrado público para evaluar el grado de hermeticidad IP, en la cámara de polvo. Este procedimiento sirve para valorar y calificar de forma alfanumérica los componentes y su envolvente, en función de su nivel de protección frente a condiciones adversas producidas por el polvo (Norma IEC 60529, 1999).

El mesurando del equipo es la "Hermeticidad" que representa los grados de hermeticidad IP5X y IP6X correspondiente a una luminaria de alumbrado público, este parámetro es evaluado en el equipo para pruebas de polvo SC-015 bajo las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura ambiente de 15°C a 35°C según la norma IEC 60529 (Norma IEC 60529, 1999).
- Humedad relativa de 25% a 75% según la norma 60529 (Norma IEC 60529, 1999).
- Presión de aire de 86 kPa a 106 kPa según la norma (Norma IEC 60529, 1999) .

Para evaluar correctamente el nivel adecuado de la hermeticidad, se debe realizar un ensayo de polvo para los primeros grados característicos 5 y 6 del código IP bajo los siguientes parámetros:

- El equipo que realiza la prueba de hermeticidad debe ser construido según especificaciones que se detallan en el anexo 2 de esta trabajo investigativo, es decir, el equipo evaluador debe poseer un sistema de circulación de flujo constante de aire para conservar el polvo de talco en movimiento dentro de la cámara de ensayo (Norma IEC 60529, 1999).
- El diámetro del talco a manejar en la máquina del polvo será de 45 µm de acuerdo la norma IEC 60529, el cual no debe ser utilizado en más de 20 ensayos y cuya cantidad corresponderá a 2 Kg por metro cúbico (Norma IEC 60529, 1999).
- El tiempo de prueba para realizar el ensayo será de 2 a 8 horas según la categoría de luminaria a utilizar para la prueba (Norma IEC 60529, 1999).
- La presión de vacío sometida a la luminaria será de 2 kPa cuando se realiza la



prueba del grado de hermeticidad IP5X y IP6X con reducciones de la presión del aire dentro de las envolturas de la luminaria (Norma IEC 60529, 1999).

- Conforme la norma IEC 60529 las dimensiones del tamiz por donde el talco usado deberá pasar son las siguientes:
 - Diámetro del cable 50 μm
 - Espacio entre cables 75 μm

3.3.3 Modelo matemático del equipo evaluador de hermeticidad SC-015

Para obtener el modelo matemático del mensurando de equipo SC-015, se utiliza el siguiente modelo físico del equipo, el cual contiene una cantidad de teorías sobre el mismo mensurando y los factores físicos indispensables para la medición (CENAM, 2004).

El modelo físico nos indica que el valor de la incertidumbre total del equipo será igual a la suma de los valores de todas las incertidumbres de las magnitudes de entrada del equipo.

El modelo físico es:

$$H = \Delta V + \Delta P + \Delta C + \Delta Pr + \Delta Vf \text{ (CENAM, 2004)} \quad (1)$$

En donde:

H= Hermeticidad (Magnitud asignada para índice IP)

ΔV = Valor de la Incertidumbre combinada del voltaje de funcionamiento la cual se obtiene mediante las sumas geométricas de las incertidumbres por repetitividad de lecturas y por características del instrumento de medida.

ΔP = Valor de la Incertidumbre combinada de la potencia de funcionamiento la cual se obtiene mediante las sumas geométricas de las incertidumbres típicas por repetitividad de lecturas y por características del instrumento de medida.

ΔC = Valor de la Incertidumbre combinada de la corriente de funcionamiento la cual se obtiene mediante las sumas geométricas de las incertidumbres típicas por repetitividad de lecturas y por características del instrumento de medida.

ΔPr = Valor de la Incertidumbre combinada de la presión de vacío aplicada a la luminaria la cual se obtiene mediante las sumas geométricas de las incertidumbres típicas por repetitividad de lecturas y por características del instrumento de medida.



ΔV_f = Valor de la incertidumbre tipo B de la velocidad del flujo de aire en el interior del equipo evaluador de hermeticidad al momento de realizar la prueba. Este valor se verifica en los datos técnicos del equipo.

El modelo matemático del mensurado del equipo se obtiene en base al modelo físico expuesto anteriormente, ya que se utilizan las magnitudes ahí descritas, el mensurado del equipo es la magnitud de salida “**Y**”. Esta obedece a varias magnitudes de entrada X_i ($i = 1, 2, \dots, N$), conforme con la siguiente relación funcional (SAE, 2014).

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (2)$$

La estimación del mensurado salida “**Y**”, será representada por la estimación de salida representada por “**y**” que se deriva de la ecuación $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$. Se utiliza estimadores de entrada “ x_1 ” como valores de la magnitudes de entrada “ X_i ” (SAE, 2014).

Relación funcional:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (\text{CEM, 2010}) \quad (3)$$

A continuación, se establece el modelo matemático del mensurado del equipo con los estimadores de entrada que representan las magnitudes de ingreso en el modelo físico, estas magnitudes de entrada serán determinadas en el momento de la prueba de hermeticidad y por datos obtenidos en la ficha técnica del equipo (SAE, 2014).

Reemplazando:

$$h = f(\Delta V, \Delta P, \Delta C, \Delta P_r, \Delta V_f) \quad (\text{CEM, 2010}) \quad (4)$$

En donde:

h = hermeticidad.

$x_1 = \Delta V$ = Valor de la incertidumbre combinada del voltaje del equipo evaluador.

$x_2 = \Delta P$ = Valor de la incertidumbre combinada de la potencia del equipo evaluador.



$x_3 = \Delta C$ = Valor de la incertidumbre combinada de la corriente de funcionamiento de equipo evaluador.

$x_4 = \Delta Pr$ = Valor de la incertidumbre combinada de la presión de vacío aplicada a la luminaria de alumbrado público.

$x_5 = \Delta Vf$ = Valor de la incertidumbre proporcionado por fabricante de la velocidad del flujo de aire dentro de la cámara de prueba del equipo evaluador de hermeticidad.

Evaluando los coeficientes de sensibilidad entre los estimadores de entrada y la función modelo f del mensurando de salida mediante las derivadas parciales $\frac{\partial f}{\partial V}$, $\frac{\partial f}{\partial P}$, $\frac{\partial f}{\partial C}$, $\frac{\partial f}{\partial Pr}$, $\frac{\partial f}{\partial Vf}$ se determina que todos son iguales a 1.

Por consiguiente la incertidumbre típica combinada de salida de la hermeticidad del equipo evaluador será igual a:

$$u_c^2(h) = u_c^2(V) + u_c^2(P) + u_c^2(C) + u_c^2(Pr) + u_c^2(Vf) \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (5)$$

3.3.4 Identificación y organización de las fuentes de incertidumbre medida del equipo evaluador SC-015.

Las fuentes de incertidumbre son los distintos elementos que afectan la medición de una magnitud. A continuación, vamos a citar las fuentes de incertidumbre más comunes que se presentan en metrología:

La SENAN (2004) dice:

- Los resultados de calibración del instrumento.
- La incertidumbre del patrón o del material de referencia.
- La repetitividad de las lecturas.
- La reproducibilidad de las mediciones por cambio de observadores, instrumentos u otros elementos.
- Características del instrumento (histéresis, deriva).
- La variación de las condiciones ambientales.
- La definición del propio mensurando.
- Variaciones en las magnitudes de influencia.
- El modelo particular de la medición (pág. 7).

El trabajo investigativo se enfoca en abarcar la mayoría de fuentes de incertidumbre encontradas en el proceso, esto ayudará a realizar la efectiva evaluación de los componentes



de incertidumbre de cada magnitud de entrada. Para ello se evalúan las contribuciones individuales apartadas de la incertidumbre total del equipo, estas contribuciones se expresan como un componente individual de incertidumbre de medida (Saez Ruiz & Font Avila, 2001).

Una fuente de incertidumbre se fundamenta en los instrumentos de medida del equipo evaluador de hermeticidad SC-015, ya que al realizar las mediciones respectivas estos pueden no tener las calibraciones correctas que contiene el certificado de calibración y con ello la trazabilidad de los resultados se verá afectada (CEM, 2010).

A continuación, se va a describir los componentes de incertidumbre correspondientes a las fuentes de incertidumbre que afecta las magnitudes que intervienen en la prueba de hermeticidad de la luminaria.

- Componentes de incertidumbre del voltaje, potencia y corriente de funcionamiento del Equipo.

Uno de los componentes de incertidumbre se origina a partir del número de mediciones del voltaje, potencia y corriente que se realiza con el voltímetro, vatímetro y amperímetro respectivamente en condiciones similares en diferentes horas.

Otro componente de incertidumbre para los mensurandos citados será la resolución del equipo utilizado, este parámetro en instrumentos digitales se supone como una unidad del dígito menos significativo.

La exactitud de los equipos utilizados para realizar las medidas será otro componente de incertidumbre y su concepto se explica como la mayor variación de sus particularidades de medida a lo largo de un tiempo.

- Componentes de incertidumbre relacionados con la presión de vacío en la luminaria.

La resolución en equipos analógicos como es el barómetro del equipo evaluador se relaciona con la apreciación de la división en la escala por parte del operador, ya que en este proceso se genera una incertidumbre al momento de tomar las lecturas de la presión.

La histéresis de un barómetro es el porcentaje de medida que resulta al realizar la diferencia entre una lectura que recorre toda la escala en sentido ascendente, de otra que recorre en sentido descendente. La histéresis se expresa como un porcentaje de la escala medida (Zipaquirá Triana & Porras Rueda, 2010).

La temperatura ambiente también genera una incertidumbre de medida, al instante de existir una variación térmica al momento de la prueba.



La repetitividad de lecturas será uno de los componentes de incertidumbre a evaluar en esta magnitud, los valores de estas contribuciones se verificarán en el equipo de medición y en sus características técnicas (Zipaquira Triana & Porras Rueda, 2010).

- Componente de incertidumbre relacionado con la velocidad del flujo del aire en la cámara del equipo evaluador SC - 015.

El componente de incertidumbre en esta magnitud se relaciona con la incertidumbre de calibración del equipo, el valor de esta incertidumbre será proporcionada por los fabricantes en la ficha técnica del equipo evaluador.



CAPÍTULO 4: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1 Introducción

En este capítulo se va a describir el proceso de evaluación de la expresión de incertidumbre de medida del equipo de pruebas de polvo SC -015 en base de los puntos planteados en el capítulo anterior. Cabe mencionar que se debe abarcar en lo posible todos los componentes de incertidumbre de medida que afecta a la magnitud de salida del equipo evaluador para así evitar una estimación incompleta de la incertidumbre de medida.

A su vez se analizará los dos métodos de estimación de la incertidumbre típica existentes, además se explicará en detalle cómo se realiza la evaluación de incertidumbre típica de cada magnitud que conforman el mensurando del equipo. Luego se describirá el proceso del cálculo de la incertidumbre combinada del equipo evaluador y por último se expone el procedimiento de incertidumbre expandida del equipo evaluador.

4.2 Métodos de estimación de la incertidumbre típica

Para efectuar la estimación de la incertidumbre típica de cada mensurado se tiene dos métodos que se explicarán a continuación:

4.2.1 Cálculo tipo A de la incertidumbre típica

El cálculo de esta incertidumbre típica se hace en base a las lecturas de las magnitudes X_i de entrada, estas lecturas se realizan en el sitio de la prueba bajo las mismas condiciones y para que sea fiable este método se deberán obtener la mayor cantidad $n \geq 10$ de lecturas posibles (SAE, 2014).

Se tiene una magnitud " X_1 " que es de entrada y es representada por " Q ", esta magnitud es mayor a una lectura autónoma, el valor considerado de " Q " se asigna a " q ", la media aritmética de los valores vistos q_j ($j= 1, 2, \dots, n$) será igual al resultado de la fórmula expuesta a continuación (SAE, 2014):

Su media aritmética será igual:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (6)$$

En donde:

\bar{q} = Media aritmética de q

n = Número de mediciones



$q_j =$ Valores observados

Se utiliza la siguiente fórmula para calcular la varianza " $s^2(q)$ " de los valores " q_j ".

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2 \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (7)$$

En donde:

$s^2(q) =$ Varianza experimental de q_j

$\bar{q} =$ Media aritmética de q

$n =$ Número de mediciones

$q_j =$ Valores observados

La varianza experimental de la media aritmética de " q " se calcula con la siguiente fórmula:

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q)}{n} \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (8)$$

La incertidumbre típica $u(q)$ asociada a la estimación de entrada " q " es la desviación típica.

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q}) = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2} \quad (\text{CENAM, 2004}) \quad (9)$$

Para un número limitado de " n " lecturas de media de " Q " magnitud de entrada determinada su media aritmética " \bar{q} ", la varianza de la media aritmética se calcula con la fórmula expuesta a continuación:

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s_p^2}{n} \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (10)$$

4.2.2 Cálculo tipo B de la incertidumbre típica

La incertidumbre típica tipo B es la evaluación de la incertidumbre relacionada a un estimado X_i de un mensurando de entrada x_i y se calcula basándose en resultados de pruebas anteriores, verificando datos en certificados de calibración, o en manuales proporcionados por el proveedor al momento de la compra del equipo (SAE, 2014).



En el cálculo tipo B de la incertidumbre se utilizan las distribuciones de probabilidad para cuantificar una fuente de incertidumbre, además sirven para asignar un valor y determinar la distribución a los cuales están relacionados tales valores (CEM, 2010).

Estas distribuciones se describen a continuación:

4.2.2.1 Distribución normal

Se usa cuando los resultados de mediciones se realizan repetidas veces por lo cual se ven afectadas las magnitudes de influencia que varían aleatoriamente, generalmente se utiliza esta distribución en la evaluación de incertidumbre tipo A. También, se asigna esta distribución cuando se maneja información de los certificados de calibración (CEM, 2010).

La fórmula utilizada para la evaluación de esta distribución la describimos a continuación:

$$u_c = \frac{U_{cal}}{kcal} \quad (\text{Zipaquira Triana \& Porras Rueda, 2010}) \quad (11)$$

En donde:

u_c = Incertidumbre típica

U_{cal} = Valor de Incertidumbre por certificado de calibración

$kcal$ = Factor de cubrimiento asociado

4.2.2.2 Distribución rectangular o uniforme

Se utilizará esta distribución para los componentes de incertidumbre cuyos valores de medida para un intervalo dado tengan igual probabilidad, es decir, la función de densidad de probabilidad se conserva invariable en todo el intervalo (CEM, 2010).

La fórmula para calcular la incertidumbre cuando se considera la mitad del intervalo para su evaluación es la siguiente:

$$u(x_1) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (\text{Zipaquira Triana \& Porras Rueda, 2010}) \quad (12)$$

En donde:

$u(x_1)$ = Incertidumbre Típica

a = Valor de la Incertidumbre

$\sqrt{3}$ = Constante de incertidumbre tipo B considerando la mitad de intervalo



La fórmula para calcular la incertidumbre cuando se presume una distribución de probabilidad con una densidad invariable entre el límite superior y el límite inferior se señala a continuación:

$$u(x_1) = \frac{a}{2\sqrt{3}} \text{ (Zipaquirá Triana & Porrás Rueda, 2010)} \quad (13)$$

En donde:

$u(x_1)$ = Incertidumbre típica

a = Valor de incertidumbre proporcionada

$2\sqrt{3}$ = Constante de distribución rectangular evaluado todo el intervalo

4.2.2.3 Distribución triangular

Se utiliza esta distribución cuando el valor de un componente de incertidumbre es más probable al acercarse al centro del intervalo (CEM, 2010).

Su fórmula es:

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{6}} \text{ (CEM, 2010)} \quad (14)$$

En donde:

$u(x_i)$ = Incertidumbre típica

a = Valor de incertidumbre proporcionada

$\sqrt{6}$ = Constante de distribución triangular

4.3 Contribución de varianzas del equipo evaluador de hermeticidad

Las varianzas de contribución del equipo evaluador de hermeticidad se determinan con la obtención de las incertidumbres combinadas del voltaje, potencia y corriente de funcionamiento del equipo, además se suman a esta contribución la incertidumbre combinada de la presión de vacío aplicada a la luminaria de prueba y la incertidumbre típica de la velocidad de flujo de aire dentro de la cámara de prueba del equipo evaluador.

El procedimiento se describe en los siguientes puntos:

4.3.1 Incertidumbre combinada del voltaje de funcionamiento $u_c^2(V)$

Para determinar la incertidumbre combinada del voltaje de funcionamiento del equipo se



evaluaron las siguientes incertidumbres típicas.

4.3.1.1 Incertidumbre típica por repetitividad de lecturas

Para evaluar este componente de incertidumbre relacionado con el voltaje, se realiza la evaluación de incertidumbre tipo A.

Se obtienen 10 lecturas ($n=10$) del voltaje de funcionamiento para esta prueba, cuyo procedimiento se aborda en los siguientes puntos:

- Se calcula la media aritmética de las lecturas del voltaje obtenidas en el sitio con la siguiente fórmula.

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_j \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (15)$$

En donde:

\bar{V} = Media aritmética de las lecturas del voltaje

n = Número de lecturas

$\sum_{j=1}^n V_j$ = Sumatoria del número de lecturas

V_j = Valores del voltaje observados ($j= 1, 2 \dots n$)

- Se utiliza la fórmula para el cálculo de la varianza experimental " $s^2(V)$ " de los valores " V_j ".

$$s^2(V) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (V_j - \bar{V})^2 \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (16)$$

- Se deduce la varianza experimental de la media aritmética del voltaje " \bar{V} " con la siguiente fórmula.

$$s^2(\bar{V}) = \frac{s^2(V)}{n} \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (17)$$

Con este procedimiento se determina la incertidumbre típica del voltaje, la varianza de la esperanza del voltaje " $s^2(\bar{V})$ " formará parte de la incertidumbre combinada del voltaje.

Los grados de libertad de esta incertidumbre serán igual a 9 aplicado la fórmula $V_i = n-1$.



4.3.1.2 Incertidumbres típicas por las características del instrumento

Se evalúan las incertidumbres típicas relacionadas con el equipo de medición utilizado, cuyas contribuciones de incertidumbre se consideran para la incertidumbre combinada del voltaje, el método a utilizar será la evaluación tipo B, pues se basará en las características técnicas del equipo verificadas en el manual.

A continuación, se detallan las características de cálculo de incertidumbres típicas afines a las características del instrumento.

1. Cálculo de la incertidumbre por exactitud del voltímetro

Esta incertidumbre típica se refiere a la variación de las características de las lecturas del equipo utilizado para medir el voltaje a lo largo del tiempo. El valor de la exactitud se verifica en los datos técnicos del instrumento de medida (Zipaquira Triana & Porras Rueda, 2010).

Se procede a realizar la determinación de la incertidumbre asignándole el proceso definido para la evaluación de incertidumbre tipo B. Esta incertidumbre se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$u(V)_e = \frac{\text{exactitud}}{\sqrt{3}} \quad (\text{Zipaquira Triana \& Porras Rueda, 2010}) \quad (18)$$

En donde:

$u(V)_e$ = Incertidumbre típica por exactitud de Voltímetro

Exactitud = Valor de la exactitud del Voltímetro

$\sqrt{3}$ = Constante referida al punto medio del intervalo en distribución rectangular incertidumbre tipo B

Los grados de libertad de esta incertidumbre será igual a infinito $V_i \rightarrow \infty$.

2. Cálculo de la incertidumbre por resolución del voltímetro

Esta característica se le da al instrumento de medida digital y se toma como una unidad del dígito menos significativo, para esta prueba se utiliza instrumentos digitales para la obtención de las lecturas. Se realiza la evaluación tipo B considerando una distribución rectangular (Zipaquira Triana & Porras Rueda, 2010).

Los valores de la resolución se verifican en la ficha técnica del voltímetro a utilizar.



Se utiliza la siguiente fórmula:

$$u(V)r = \frac{\text{Resolución}}{2\sqrt{3}} \quad (\text{Zipaquirá Triana \& Porrás Rueda, 2010}) \quad (19)$$

En donde:

$u(V)r =$ Incertidumbre por resolución del voltímetro

Resolución = Valor de resolución del equipo de medición

$2\sqrt{3} =$ Constante por evaluar distribución de probabilidad en todo el intervalo en la distribución rectangular

Los grados de libertad de esta incertidumbre serán igual a infinito $V_i \rightarrow \infty$.

4.3.1.3 Incertidumbre combinada del voltaje

En el caso de la incertidumbre combinada del voltaje como ningunas de las magnitudes de entrada son dependientes, se utiliza la fórmula para determinar la incertidumbre combinada de magnitudes no correlacionadas.

Los aportes de incertidumbre típicas por características del instrumento se calcularon como incertidumbre típica, por lo que se elevan al cuadrado para obtener su varianza (SAE, 2014).

Su fórmula es:

$$u_c^2(V) = u^2(\bar{V}) + u^2(V)_e + u^2(V)_r \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (20)$$

4.3.2 Incertidumbre combinada de la potencia de funcionamiento $u_c^2(P)$

Para establecer la Incertidumbre típica combinada de la potencia de funcionamiento del equipo se evalúan las siguientes incertidumbres típicas.

4.3.2.1 Incertidumbre típica por repetitividad de lecturas

El proceso que se utiliza para establecer la incertidumbre típica relacionada con esta fuente de incertidumbre es la evaluación tipo A, la misma que se explica en los siguientes puntos (CEM, 2010) :

- Se utiliza 10 lecturas ($n=10$) de potencia verificadas al momento de realizar la prueba, en diferentes días, pero iguales condiciones.
- Se calcula la media aritmética de las lecturas de las medidas de potencia obtenidas en el sitio con la siguiente fórmula:



$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_j \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (21)$$

En donde:

\bar{P} = Media aritmética de las lecturas de la potencia

n = Número de lecturas de la potencia

$\sum_{j=1}^n P_j$ = Sumatoria del número de lecturas de la potencia

P_j = Valores observados ($j= 1, 2 \dots n$)

- Se utiliza la fórmula para el cálculo de la varianza experimental “ $s^2(P)$ ” de los valores “ P_j ” relacionados con la potencia de funcionamiento.

$$s^2(P) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (P_j - \bar{P})^2 \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (22)$$

- Se calcula la varianza de la media aritmética (media aritmética de la potencia de funcionamiento) con la fórmula expuesta a continuación:

$$s^2(\bar{P}) = \frac{s^2(P)}{n} \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (23)$$

La incertidumbre típica de este componente relacionado con la repetitividad de lecturas “ $s^2(\bar{P})$ ”, va a formar parte de la incertidumbre combinada de la potencia de funcionamiento del equipo de pruebas de hermeticidad.

Los grados de libertad de esta incertidumbre serán igual a 9 aplicado la fórmula $V_i = n-1$.

4.3.2.2 Incertidumbres típicas por características del instrumento de medida

Los procedimientos de cálculos de incertidumbres expuestos a continuación van relacionados con el equipo de medición, el vatímetro en este caso los cuales contribuirán con la incertidumbre típica combinada de la potencia de funcionamiento. Para este proceso se emplea la evaluación tipo B de incertidumbre típica (Zipaquirá Triana & Porras Rueda, 2010).

1. Cálculo de la incertidumbre típica por exactitud del vatímetro

Para determinar la incertidumbre típica de este componente de incertidumbre se utiliza la distribución rectangular cuya probabilidad del valor estimando del mensurando recae en el centro del intervalo. El valor de la exactitud se verifica en los datos técnicos del instrumento de medida (Zipaquirá Triana & Porras Rueda, 2010).



La fórmula a utilizar es:

$$u(P)e = \frac{\text{exactitud}}{\sqrt{3}} \text{ (Zipaquira Triana \& Porras Rueda, 2010)} \quad (24)$$

En donde:

$u(P)e =$ Incertidumbre por exactitud del vatímetro

Exactitud = valor de la exactitud del vatímetro

$\sqrt{3} =$ Constante por semi-amplitud del intervalo distribución rectangular incertidumbre tipo B

Los grados de libertad de esta incertidumbre será igual infinito a $V_i \rightarrow \infty$, por tratarse de una incertidumbre típica tipo B.

2. Cálculo de la incertidumbre por resolución

La característica de esta incertidumbre radica en la variación de una unidad en el dígito menos significativo de una medición. El valor de la resolución se verifica en los datos técnicos del equipo de medida (Zipaquira Triana & Porras Rueda, 2010).

Esta incertidumbre típica se evalúa con una distribución rectangular que considera toda la amplitud del intervalo como la probabilidad cierta de un valor del mensurando.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$u(P)r = \frac{\text{Resolución}}{2\sqrt{3}} \text{ (Zipaquira Triana \& Porras Rueda, 2010)} \quad (25)$$

En donde:

$u(P)r =$ Incertidumbre por resolución del vatímetro.

Resolución = Resolución del equipo de medición.

$2\sqrt{3} =$ Constante por no uniformidad de la probabilidad en todo el intervalo en la incertidumbre tipo B.

Los grados de libertad de esta incertidumbre será igual a infinito $V_i \rightarrow \infty$, pues se utiliza el método de cálculo de la incertidumbre típica tipo B.



4.3.2.3 Incertidumbre combinada de la potencia de funcionamiento

Se realiza la suma de las incertidumbres de entrada relacionadas con la potencia para obtener la incertidumbre combinada de la potencia, todas estas incertidumbres deben estar expresadas como varianzas. Las magnitudes de entrada de la potencia de funcionamiento no son correlacionadas. (CEM, 2010)

Su fórmula es:

$$u_c^2(P) = u^2(\bar{P}) + u^2(P)_e + u^2(P)_r \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (26)$$

4.3.3 Incertidumbre combinada de la corriente de funcionamiento $u_c^2(C)$

Se evalúan las incertidumbres típicas relacionadas con las fuentes de incertidumbre de la corriente del equipo, de acuerdo al origen de los datos designándole el tipo de evaluación correspondiente. Estas incertidumbres se exponen en los siguientes puntos:

4.3.3.1 Incertidumbre típica por repetitividad de lecturas

Se lleva a cabo la evaluación de incertidumbre típica tipo A para las lecturas realizadas, la cantidad de lecturas medidas van a ser igual a diez, lo que nos va asegurar que la estimación de la incertidumbre sea confiable (SAE, 2014).

1. Se encuentra la media aritmética de las lecturas de las medidas de la corriente obtenidas en el sitio de prueba con la siguiente fórmula:

$$\bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n C_j \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (27)$$

En donde:

\bar{C} = Media aritmética lecturas de corriente.

n = Número de lecturas.

$\sum_{j=1}^n C_j$ = Sumatoria del número de lecturas de la corriente.

C_j = Valores observados ($j= 1, 2 \dots n$)

2. Se utiliza la fórmula de la varianza experimental “ $s^2(C)$ ” de los valores “ C_j ” relacionados con la corriente de funcionamiento.

$$s^2(C) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (C_j - \bar{C})^2 \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (28)$$



3. Se calcula la varianza de la media aritmética (media aritmética de los datos de la corriente de funcionamiento) con la siguiente fórmula:

$$s^2(\bar{C}) = \frac{s^2(C)}{n} \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (29)$$

La varianza “ $s^2(\bar{C})$ ” determinada con este proceso va a formar parte de la incertidumbre combinada de la corriente de funcionamiento del equipo de pruebas de hermeticidad.

Los grados de libertad de esta incertidumbre serán a 9 aplicando la fórmula $V_i = n-1$.

4.3.3.2 Incertidumbres típicas por las características del instrumento de medida

A continuación, se realiza el cálculo de las incertidumbres relacionadas con el equipo de medición (amperímetro), los cuales van a estar relacionadas con el aporte de incertidumbre de la corriente de funcionamiento. Para este caso se utiliza la evaluación tipo B de incertidumbre típica (CEM, 2010).

1. Cálculo de la incertidumbre por exactitud

La incertidumbre relacionada por la exactitud se determina mediante la distribución rectangular cuya mejor estimación del mensurando recae en el punto medio del intervalo. Los datos de la exactitud se verificarán en la ficha técnica del amperímetro (Zipaquira Triana & Porras Rueda, 2010).

$$u(C)_e = \frac{\text{exactitud}}{\sqrt{3}} \quad (\text{Zipaquira Triana \& Porras Rueda, 2010}), \quad (30)$$

En donde:

$u(C)_e$ = Incertidumbre por exactitud del amperímetro.

Exactitud = Valor de la exactitud del amperímetro.

$\sqrt{3}$ = Constante semi-amplitud del intervalo incertidumbre tipo B.

Los grados de libertad de esta incertidumbre será igual a infinito $V_i \rightarrow \infty$, pues se utiliza el método de cálculo de la incertidumbre típica tipo B.

2. Cálculo de la incertidumbre por resolución

La determinación de la incertidumbre típica por resolución del amperímetro se lo realiza utilizando una distribución rectangular, tal valor de mensurando de entrada tiene una distribución de probabilidad a lo largo de todo el intervalo (Zipaquira Triana & Porras Rueda,



2010). Los valores de la incertidumbre por resolución se verificarán en los datos técnicos del equipo de medida de esta magnitud.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$u(C)r = \frac{\text{Resolución}}{2\sqrt{3}} \text{ (Zipaquirá Triana \& Porrás Rueda, 2010)} \quad (31)$$

En donde:

$u(C)r$ = Incertidumbre por resolución del amperímetro.

Resolución = Valor de la resolución del amperímetro.

$2\sqrt{3}$ = Constante distribución rectangular (intervalo completo) incertidumbre tipo B.

Los grados de libertad de esta incertidumbre serán igual a infinito $V_i \rightarrow \infty$, pues se utiliza el método de cálculo de la incertidumbre típica tipo B.

4.3.3.3 Incertidumbre combinada de la corriente de funcionamiento.

Se realiza la adición de los cuadrados de las incertidumbres de entrada, relacionadas con la corriente tal como lo dice la fórmula de la incertidumbre combinada. La correlación entre las magnitudes de entrada es nula por ser términos independientes (CEM, 2010).

Como las contribuciones de incertidumbre por las características del equipo de medida se expresaron como incertidumbres típicas, se elevaron al cuadrado para obtener su varianza.

La incertidumbre combinada de la corriente es:

$$u_c^2(C) = u^2(\bar{C}) + u^2(C)_e + u^2(C)_r \text{ (SAE, 2014)} \quad (32)$$

4.3.4. Incertidumbre típica de la presión de vacío aplicada a la lámpara $u_c^2(P_r)$

En los puntos expuestos a continuación se evalúan las incertidumbres típicas de la estimación de entrada de la presión de vacío a la cual es sometida la luminaria, de acuerdo al origen de los datos se designa el tipo de evaluación correspondiente.

4.3.4.1 Incertidumbre típica por repetitividad de lecturas

Se efectúa la evaluación de incertidumbre típica tipo A para las lecturas realizadas en el manómetro del equipo, estas lecturas deben ser igual a diez mediciones para que el resultado de la incertidumbre sea fiable (SAE, 2014).

Los pasos a seguir son los que se detallan a continuación:

1. Se calcula la media aritmética de las lecturas de las medidas de la presión de vacío obtenidas en el sitio de prueba con la siguiente fórmula:

$$\bar{Pr} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Pr_j \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (33)$$

En donde:

\bar{Pr} = Media aritmética de lecturas de presión de vacío.

n = Número de lecturas.

$\sum_{j=1}^n Pr_j$ = Sumatoria del número de lecturas de la presión de vacío.

Pr_j = Valores observados ($j = 1, 2 \dots n$).

2. Se utiliza la fórmula de la varianza experimental " $s^2(Pr)$ " de los valores " Pr_j " relacionados con la presión de vacío aplicada a la luminaria.

$$s^2(Pr) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Pr_j - \bar{Pr})^2 \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (34)$$

3. Se calcula la varianza experimental de la media aritmética (media aritmética de los datos de la presión de vacío) con la siguiente fórmula:

$$s^2(\bar{Pr}) = \frac{s^2(Pr)}{n} \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (35)$$

Con este procedimiento se calcula la incertidumbre tipo A de la presión de vacío aplicada a la luminaria de prueba, este aporte de incertidumbre es de la estimación de entrada " $s^2(\bar{Pr})$ " que va a formar parte de la incertidumbre combinada de la presión de vacío.

Los grados de libertad de esta incertidumbre serán igual a 9 aplicado la fórmula $V_i = n-1$.

4.3.4.2 Incertidumbre típica por características del instrumento

A continuación, se aborda el cálculo de las incertidumbres de entrada relacionadas con la fuente de incertidumbre, atribuida a las características del instrumento del equipo de medición (manómetro) de la presión de vacío, las cuales van a ser contribuciones de los estimadores de entrada a la incertidumbre combinada de la presión de vacío. Para este fin se utiliza la evaluación tipo B de incertidumbre típica para cada una de una de las incertidumbres afines al equipo de medición (CEM, 2010).



1. Cálculo de la incertidumbre típica por histéresis

El factor histéresis se relaciona con la variación de lecturas de las mediciones de la presión, el valor de esta variación es la diferencia entre el promedio de las medidas obtenidas en forma creciente y las obtenidas en forma decreciente (Centro Español de Metrología, 2009).

Para el cálculo de la incertidumbre típica por histéresis se emplea el procedimiento utilizado para una distribución rectangular, cuya probabilidad del valor cierto del mensurando de entrada se distribuye a lo largo de todo el intervalo (Zipaquiria Triana & Porrás Rueda, 2010).

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$u(Pr)_{his} = \frac{his}{2\sqrt{3}} \text{ (Centro Español de Metrología, 2009)} \quad (36)$$

En donde:

$u(Pr)_{his}$ = Incertidumbre por histéresis del manómetro.

his = Intervalo de posibles lecturas.

$2\sqrt{3}$ = Constante la incertidumbre típica del intervalo.

Los grados de libertad de esta incertidumbre serán igual infinito $V_i \rightarrow \infty$, pues se utiliza el método de cálculo de la incertidumbre típica tipo B.

2. Cálculo de la incertidumbre por resolución

La incertidumbre por resolución en equipos de medida analógicos se relacionada con la apreciación de la división de escala. En este caso se utiliza el procedimiento de una distribución rectangular para su cálculo respectivo (Zipaquiria Triana & Porrás Rueda, 2010). El valor de la incertidumbre se verifica en los datos técnicos del equipo de medida utilizado.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$u(Pr)_r = \frac{\text{Resolución}}{2\sqrt{3}} \text{ (Zipaquiria Triana & Porrás Rueda, 2010)} \quad (37)$$

En donde:

$u(Pr)_r$ = Incertidumbre por resolución del manómetro.

Resolución = Valor de la resolución del instrumento.



$2\sqrt{3}$ = Constante incertidumbre típica, distribución rectangular intervalo completo.

Los grados de libertad de esta incertidumbre serán a infinito $V_i \rightarrow \infty$, pues se utiliza el método de cálculo de la incertidumbre típica tipo B.

4.3.4.3 Incertidumbre combinada de la presión de vacío

Se aplica la fórmula correspondiente a la incertidumbre combinada, en este caso no existe correlación entre las incertidumbres de entrada de la presión de vacío aplicada a la luminaria. En las incertidumbres típicas por características del instrumento se determinan sus varianzas para aplicar la fórmula correspondiente a la incertidumbre combinada (CEM, 2010).

$$u_c^2(Pr) = u^2(\overline{Pr}) + u^2(Pr)_{his} + u^2(Pr)r + (SAE, 2014) \quad (38)$$

4.3.5 Incertidumbre típica de la velocidad de flujo del aire en el interior del equipo evaluador $u^2(V_f)$

Para este proceso se utiliza la evaluación tipo B de incertidumbre típica debido a que solo se posee información de las características de la medida de este mensurando de entrada.

En este caso el mensurando de entrada se representa como la estimación " x_i " cuyos valores de medida se obtiene en las especificaciones del fabricante y su incertidumbre estipulada se establece para un valor exclusivo de una desviación estándar. La evaluación de la incertidumbre asociada " $u(x_i)$ " es sencillamente el valor establecido por la ficha técnica de equipo dividido por el factor de cobertura (Zipaquirá Triana & Porras Rueda, 2010).

El factor de cobertura es de 2 ya que es el valor asignado para laboratorios de ensayos y calibración, además a este factor se le atribuye una distribución normal cuyo intervalo alcanza nivel de confianza en torno al 95% (CEM, 2010).

Se aplica la siguiente fórmula para su cálculo:

$$u(x_1) = u(V_f) = \frac{\text{Valor Incertidumbre}}{2} \quad (CEM, 2010) \quad (39)$$

Este valor de incertidumbre típica será la incertidumbre típica de salida de esta magnitud y formará parte de la incertidumbre combinada del equipo evaluador de hermeticidad SC-015.

4.4 Cálculo de la incertidumbre típica combinada del equipo evaluador SC-015

Este procedimiento se realiza combinando las contribuciones de incertidumbre de cada magnitud de entrada.

Nos basamos en la relación funcional para su evaluación, esta nos dice que la incertidumbre combinada " $u_c^2(\mathbf{y})$ " de un valor " \mathbf{y} " de salida, depende de las incertidumbres de los parámetros de entrada (x_1, x_2, \dots, x_n) (SAE, 2014).

El coeficiente de sensibilidad " c_i " se refiere al grado de variación de la estimación de salida determinada por una variación de una estimación de entrada.

Su fórmula es:

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_1} = \frac{\partial f}{\partial x_2} \Big|_{X_1 = x_1 \dots X_N = x_n} \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (40)$$

Para la deducción de la incertidumbre combinada se utiliza la siguiente fórmula, la cual es la incertidumbre típica asociada al mesurando en caso de no existir correlaciones entre las magnitudes de entrada (SAE, 2014).

$$u^2(\mathbf{y}) = \sum_{j=1}^N u_j^2(\mathbf{y}) \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (41)$$

En donde:

$u^2(\mathbf{y})$ = Incertidumbre Combinada de Salida.

$\sum_{j=1}^N u_j^2(\mathbf{y})$ = Suma de Incertidumbres de Entrada.

4.4.1 La incertidumbre típica combinada del equipo evaluador SC-015 $u_c^2(h)$

Para realizar el cálculo de la incertidumbre combinada de equipo evaluador se utilizan las incertidumbres relativas de cada estimación de entrada del equipo, esto debido a una posible limitación efectiva de muestreo de las magnitudes de entrada, lo que garantiza una fiabilidad del cálculo de la incertidumbre. Además, la incertidumbre relativa va a facilitar el cálculo de la incertidumbre combinada de salida puesto que las incertidumbres relativas no poseen unidades (CEM, 2010).

La incertidumbre relativa de cada magnitud de entrada se calcula dividiendo el valor de la incertidumbre calculada por el valor de la medida de la magnitud.



$$u_r(\mathbf{y}) = \frac{u(\mathbf{y})}{y} \quad (\text{CEM, 2010}) \quad (42)$$

En donde:

$u_r(\mathbf{y})$ = Incertidumbre relativa de cada magnitud de entrada.

$u(\mathbf{y})$ = Incertidumbre calculada.

y = Valor de la magnitud.

Para determinar la incertidumbre típica combinada de salida se toman todos los términos correspondientes a las incertidumbres de las magnitudes de entrada del equipo, las cuales se reemplazan en la ecuación 5 de este trabajo investigativo.

Realizando el reemplazo en la ecuación de la incertidumbre combinada se obtiene la siguiente fórmula:

Reemplazando se tiene:

$$u_c^2(\mathbf{h}) = \left[\frac{u_c(V)}{V} \right]^2 + \left[\frac{u_c(P)}{P} \right]^2 + \left[\frac{u_c(C)}{C} \right]^2 + \left[\frac{u_c(Pr)}{Pr} \right]^2 + \left[\frac{u(Vf)}{Vf} \right]^2 \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (43)$$

En donde:

$u_c^2(\mathbf{h})$ = Incertidumbre combinada de salida del equipo evaluador SC-015.

$\left[\frac{u_c(V)}{V} \right]^2$ = Incertidumbre combinada relativa del voltaje de funcionamiento del equipo.

$\left[\frac{u_c(P)}{P} \right]^2$ = Incertidumbre combinada relativa de la potencia de funcionamiento de equipo.

$\left[\frac{u_c(C)}{C} \right]^2$ = Incertidumbre combinada relativa de la corriente de funcionamiento de equipo.

$\left[\frac{u_c(Pr)}{Pr} \right]^2$ = Incertidumbre combinada relativa de la presión de vacío aplicada a la luminaria.

$\left[\frac{u(Vf)}{Vf} \right]^2$ = Incertidumbre típica relativa de la velocidad de flujo.



La incertidumbre combinada de salida del equipo SC-015 evaluadas con las incertidumbres relativas de entrada será:

$$u_c(h) = \sqrt{\left[\frac{u_c(V)}{V}\right]^2 + \left[\frac{u_c(P)}{P}\right]^2 + \left[\frac{u_c(C)}{C}\right]^2 + \left[\frac{u_c(Pr)}{Pr}\right]^2 + \left[\frac{u(Vf)}{Vf}\right]^2} \quad (\text{CENAM, 2004}) \quad (44)$$

4.5 Cálculo incertidumbre expandida de medida del equipo evaluador SC-015

Según la Centro Español de Metrología (CEM) (2010) menciona que: “El valor de esta incertidumbre expandida se determina multiplicando la incertidumbre combinada del equipo por un factor de cobertura” (pág. 27).

Su fórmula es:

$$U = k u_c(h) \quad (\text{CEM, 2010}) \quad (45)$$

En donde:

U = Incertidumbre combinada del equipo evaluador.

k = factor de cobertura.

$u_c(h)$ = Incertidumbre típicas del equipo.

Según la CEM (2010) menciona que: “El factor de cobertura k se determina en función del nivel de confianza requerido para el intervalo de “ $y-U$ a $y+U$ ” de la incertidumbre asociada al resultado de salida del equipo” (pág. 27). Para laboratorios de ensayos normalmente se utiliza en valor de 2.

En el caso de no poder determinar el factor de cobertura de manera directa, se establece por los grados efectivos de libertad con la siguiente fórmula:

$$V_{ef} = \frac{u_c^4(h)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(h)}{v_i}} \quad (\text{SAE, 2014}) \quad (46)$$

En Donde:

V_{ef} = Grados efectivos.

$u_c^4(h)$ = Incertidumbre típica combinada de salida del equipo elevada a la cuarta potencia.



$u_i^4(h) =$ Incertidumbre típica combinada de cada las incertidumbres típicas de entrada elevada a la cuarta potencia.

$V_i =$ Grados de libertad de cada incertidumbre de entrada.

Para determinar los grados de libertad en la evaluación tipo A de incertidumbres se calcula como $V_i = n-1$ y para la evaluación tipo B de incertidumbres se considera como $V_i \rightarrow \infty$.

La SAE (2014) dice: "Se determina el factor de cobertura según los grados de libertad basándose en tabla 4 de valores de la distribución T evaluada con una probabilidad de cobertura del 95.45%" (pág. 22).

Tabla 4. Grados efectivos de libertad cobertura 95.45%.

v_{ef}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	50	∞
K	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,43	2,37	2,32	2,28	2,13	2,05	2,00

Fuente: (SAE, 2014)

A continuación, se realiza la tabla de resultados que estipula el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) para magnitudes no correlacionadas, donde se incluye los parámetros que intervienen en la determinación de la evaluación de la incertidumbre de medida del equipo SC-015.

Tabla 5. Contribuciones a la Incertidumbre combinada del equipo SC-015

Magnitud	Estimación	Incertidumbre típica	Coef. de sensibilidad.	Distribución de Probabilidad	Contribución a la incertidumbre
Voltaje (V)	Valor Medido	ΔV	C_v	Normal.	$C_v \cdot u_{cr}^2(V)$
Potencia(P)	Valor Medido	ΔP	C_p	Normal	$C_p \cdot u_{cr}^2(P)$
Frecuencia(F)	Valor Medido	ΔF	C_f	Normal	$C_f \cdot u_{cr}^2(F)$
Presión(Pr)	Valor Medido	ΔPr	C_{Pr}	Normal.	$C_{Pr} \cdot u_{cr}^2(Pr)$
Flujo de Aire(Vf)	Valor Certificado.	ΔVf	C_{Vf}	Rectangular	$C_{Vf} u_r^2(Vf)$
Función					$u_{cr}(h)$
Incertidumbre Expandida(H)					$U = k \cdot u_c(h)$

Fuente: Propia



4.6 Procedimiento de evaluación de la expresión de incertidumbre de medida del equipo evaluador de hermeticidad SC-015

Para evaluar la expresión de incertidumbre del equipo SC-015 que mide la hermeticidad en luminarias de alumbrado público es necesario realizar una prueba de hermeticidad a una luminaria para obtener las lecturas de medida de las magnitudes que intervienen en el funcionamiento del equipo, pues en base a estas lecturas se realiza la evaluación de la expresión de incertidumbre de medida del equipo. Las magnitudes a evaluar en este procedimiento son: el voltaje, corriente, potencia de funcionamiento, presión de vacío aplicada a la luminaria y velocidad de flujo dentro de la cámara de pruebas del equipo.

A continuación se describen los pasos necesarios para realizar la obtención de lecturas del equipo evaluador.

4.6.1 Equipos de medida necesarios para obtener las lecturas

Se necesita contar con los siguientes equipos de medida:

- Voltímetro calibrado.
- Amperímetro calibrado.
- Vatímetro calibrado.
- Manómetro.
- Equipo de pruebas de polvo SC-015.

Además, se utiliza los siguientes equipos complementarios para realizar la prueba de polvo.

- Fuente de voltaje.
- Sistema de extracción de aire del interior de la luminaria (acople y ducto).

4.6.2 Conexión de los equipos de medida y obtención de las lecturas

1. Antes de empezar la prueba en el equipo SC-015 que mide la hermeticidad del polvo en luminarias de alumbrado público, se debe anotar las lecturas de: la temperatura ambiente, humedad relativa y presión de aire dentro del laboratorio, verificando que estén en los rangos estipulados por la norma IEC 60529 (Norma IEC 60529, 1999), las lecturas de estos valores medidos se incluyen en el informe de la prueba realizada (17025:2005(ES), 2005).
2. Se realiza la conexión desde la fuente de voltaje hacia el amperímetro, luego desde el amperímetro en serie hacia el vatímetro y finalmente desde el vatímetro en serie hacia el equipo de pruebas de polvo. Los cables empleados para las conexiones de los



equipos de medida deben ser los adecuados para los niveles de voltajes y corrientes manejados en la práctica (CEM, Centro español de Metrología, 2011).

3. Se conecta el voltímetro en paralelo a la fuente de voltaje y al equipo de pruebas.
4. Se realiza la conexión del voltímetro, amperímetro y vatímetro a la red eléctrica interna del laboratorio.
5. Se alimenta la fuente de voltaje conectando a la red eléctrica interna del laboratorio.
6. Verificadas todas las conexiones de los equipos de medida se efectúa la prueba acorde el procedimiento del punto 2.7 de este trabajo investigativo (Procedimiento para realizar pruebas de hermeticidad del polvo en luminarias según la Norma Internacional IEC 60529).
7. Se obtienen diez lecturas de medida del voltaje, corriente, y potencia de funcionamiento en el voltímetro, amperímetro, y vatímetro respetivamente utilizados para esta prueba.
8. Se obtienen diez lecturas de la presión de vacío aplicada a la luminaria de prueba en el manómetro del equipo.
9. Se verifica en los datos técnicos del equipo pruebas de polvo el valor de la incertidumbre de velocidad del flujo de aire en el interior de la cámara de pruebas del equipo.
10. Se realiza diez pruebas en diferentes días, pero con los mismos parámetros para obtener las lecturas a utilizar en la evaluación de la expresión de incertidumbre del equipo (CEM, Centro español de Metrología, 2011).

4.6.3 Condiciones para verificar lecturas de medidas de los equipos

Como la evaluación de la expresión de medida del equipo SC-015 gira en torno a cinco magnitudes escogidas, se hace necesario describir las condiciones para verificar las lecturas de cada magnitud utilizadas en esta evaluación de incertidumbre.

1. Los equipos de medida a utilizar en las pruebas deben tener vigente su certificado de calibración (CEM, Centro español de Metrología, 2011).
2. Revisar los manuales de los equipos de medida antes de su operación.
3. Examinar los fusibles en los equipos de medida a utilizar en las pruebas, estos deben estar en óptimas condiciones para su correcto funcionamiento.



4. Se verificará que el voltaje de funcionamiento del laboratorio que no tenga una variación mayor al 10% de su valor nominal (CEM, Centro español de Metrología, 2011).
5. Los equipos de medición estarán alejados de fuentes de calor o de equipos que generen interferencias electromagnéticas.
6. La fuente de alimentación de los equipos poseerán un sistema de puesta a tierra para proporcionar protección en caso de una corriente de fuga (CEM, Centro español de Metrología, 2011).

4.6.4 Procedimiento aplicado de evaluación de la expresión de incertidumbre del equipo de polvo SC-015

4.6.4.1 Incertidumbre típica tipo A de las magnitudes de entrada

Se aplican los procedimientos descritos en los puntos 4.3.1.1, 4.3.2.1, 4.3.3.1 y 4.3.4.1 de este trabajo investigativo para obtener las incertidumbres típicas tipo A de las lecturas del voltaje $s^2(\bar{V})$, la potencia $s^2(\bar{P})$, corriente $s^2(\bar{C})$ y de la presión de vacío $s^2(\text{Pr})$. El procedimiento para calcular la incertidumbre tipo A es el mismo para las cuatro magnitudes medidas que intervienen en esta evaluación.

El procedimiento se explica a continuación:

- ✓ Se obtiene la media aritmética de las lecturas de las magnitudes analizadas con la siguiente fórmula:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_j$$

En donde:

\bar{q} = media aritmética.

n = número de medidas.

$\sum_{j=1}^n q_j$ = Sumatoria de los valores de medidas vistas.

- ✓ Se calcula la varianza de las magnitudes analizadas con la siguiente fórmula:

$$s^2(q) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2$$

En donde:

$s^2(q)$ = Varianza experimental.



n = Número de medidas.

q_j = Valores observados.

\bar{q} = Media aritmética.

$\sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2$ = Sumatoria de los valores observados.

- ✓ Se calcula varianza de la media aritmética de las lecturas de magnitudes analizadas aplicando la siguiente fórmula:

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q)}{n}$$

En donde:

$s^2(\bar{q})$ = Varianza experimental de la media aritmética.

$s^2(q)$ = Varianza experimental.

n = Número de lecturas.

4.6.4.2 Incertidumbre por exactitud de los equipos de medida utilizados

La exactitud es el error límite del instrumento y viene expresada como un porcentaje de la medida realizada.

En instrumentos digitales se expresa de la siguiente forma (Norma IEC 60485):

$$E_x = \pm(p\% \times X_m + m \times \text{digitos}).$$

$p\%$ = porcentaje del valor medido.

X_m = valor medido.

m = cantidad de dígitos menos significativos.

Por ejemplo: Para una medida de 15,80Vcc, a una escala de 18.99 Vcc. La hoja de datos técnicos dice: $E_u = \pm(0.2\% \times V_m + 1 \times \text{digitos})$.

$$E_u = \pm(0.2\% \times 15.80 + 1 \times 0.01) = \pm 0.0416Vcc$$

Este cálculo se aplica solamente al voltaje $u(V)_e$, corriente $u(C)_e$ y potencia $u(P)_e$ en los puntos 4.3.1.2 literal 1, 4.3.2.2 literal 1 y 4.3.3.2 literal 1 del presente trabajo investigativo.

Los valores de exactitud pertenecientes a las magnitudes expuestas anteriormente se verifican en la ficha técnica de los equipos utilizados y se reemplaza de acuerdo a la magnitud, en la fórmula descrita a continuación:



$$u(Xi)e = \frac{\text{exactitud}}{\sqrt{3}}$$

En donde:

$u(Xi)e$ = Incertidumbre típica por exactitud de instrumento.

Exactitud = Valor de la exactitud del instrumento.

$\sqrt{3}$ = Constante.

4.6.4.3 Incertidumbre por resolución en los equipos de medida utilizados.

La resolución es el valor mínimo de lectura que puede mostrar el instrumento en una escala y se obtiene de los datos técnicos del instrumento.

Se realiza el cálculo de la incertidumbre por resolución para el voltaje $u(V)r$, corriente $u(C)r$, potencia $u(C)r$ y presión de vacío $u(Pr)r$ en los puntos 4.3.1.2 literal 2, 4.3.2.2 literal 2, 4.3.3.2 literal 2. y 4.3.4.2 literal 2. del presente trabajo investigativo.

Los valores obtenidos en los equipos utilizados se reemplaza la siguiente fórmula:

$$u(Xi)r = \frac{\text{Resolución}}{2\sqrt{3}}$$

En donde:

$u(Xi)r$ = Incertidumbre por resolución del instrumento

Resolución = Valor de la resolución del instrumento

$2\sqrt{3}$ = Constante

4.6.4.4 Incertidumbre por histéresis en el manómetro.

El valor de la histéresis se obtiene de los datos técnicos de equipo.

Este cálculo de incertidumbre por histéresis se realiza solo a la presión de vacío aplicada a la luminaria, en el punto 4.3.4.2 literal 1 del presente trabajo investigativo.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$u(Pr)his = \frac{his}{2\sqrt{3}}$$

En donde:

$u(Pr)his$ = Incertidumbre por histéresis del manómetro.



h_{is} = Intervalo de posibles lecturas.

$2\sqrt{3}$ = Constante la incertidumbre típica del intervalo.

4.6.4.5 Incertidumbre típica tipo B del flujo de aire en el interior de la cámara de pruebas.

Para realizar el cálculo de la incertidumbre típica perteneciente al flujo de aire en el interior del equipo, se verifica el valor incertidumbre de esta magnitud descrita en los datos técnicos del equipo de hermeticidad. Se aplica el procedimiento descrito en el punto 4.3.5 de este trabajo investigativo.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$u(x_1) = u(V_f) = \frac{\text{Valor Incertidumbre}}{2}$$

En donde:

$u(V_f)$ = Incertidumbre calculada

2 = Constante



CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Al terminar este trabajo investigativo se da a conocer las siguientes conclusiones:

1. Se ha realizado la evaluación de la expresión de la incertidumbre de medida del equipo de pruebas de polvo SC-015 que mide la hermeticidad del polvo en luminarias de alumbrado público, por medio de un procedimiento elaborado bajo lineamientos del Servicio de Acreditación Ecuatoriano(SAE), así como también de organismos internacionales tales como el Centro Nacional de Metrología de México(CENAN) y el Centro Español de Metrología(CEM). Este procedimiento queda a disposición del laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca, el mismo que puede ser mejorado y podrá ser ocupado a futuro para una posible acreditación ante los organismos competentes.
2. En la evaluación de expresión de incertidumbre de medida del equipo de pruebas de polvo, se evaluó las magnitudes de entrada por medio de distribuciones estadísticas, los datos de estas magnitudes deberán ser obtenidas de mediciones que se realizarán en su momento y también de datos técnicos del equipo, dichos parámetros se clasificaron por sus desviaciones típicas experimentales y cuyos procedimientos de obtención se abordaron en el desarrollo de este trabajo investigativo.
3. Para la obtención del mesurando de la máquina de pruebas de polvo, se debió asignar un parámetro de representación al grado de hermeticidad de la luminaria, el cual se lo llamó "hermeticidad" (exclusivamente para este trabajo investigativo). Este mesurando representa a una escala de referencia, la misma que no puede ser evaluada normalmente.
4. El equipo SC-015 que mide la hermeticidad de polvo en luminarias, es el encargado de evaluar los grados de protección IP5X y IP6X correspondientes al código IP de la norma internacional IEC 60529 (Norma IEC 60529, 1999), cuya condición de aceptación para el grado IP5X indica que se tolerará el ingreso de una cantidad limitada de polvo al interior de la luminaria, mientras que la condición de aceptación para el grado IP6X establece que no se permitirá el ingreso de polvo al interior de la luminaria de prueba.
5. Las pruebas de hermeticidad en luminarias se realizan conforme a la norma internacional IEC 60529, la cual contiene parámetros y procedimientos para la correcta ejecución de la prueba, lo que nos va a garantizar la fiabilidad en los resultados.



6. Las pruebas de hermeticidad realizadas a luminarias en el laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca no serán válidas para procesos externos de verificación de calidad en luminarias, pues el laboratorio no se encuentra acreditado.
7. Las condiciones ambientales en el laboratorio de luminotecnia de la Universidad Católica de Cuenca son fuentes de incertidumbre que pueden alterar la determinación del mensurando del equipo.



5.2 Recomendaciones

Se realizan las siguientes recomendaciones:

1. Fortalecer el procedimiento propuesto en este trabajo mediante investigación científica y así mejorar las deficiencias encontradas relacionadas con el tema.
2. Realizar la evaluación de incertidumbre típica tipo A del voltaje, potencia, corriente de funcionamiento del equipo evaluador, así como, de la presión de vacío aplicado a la luminaria con un mínimo de 10 lecturas de medida para garantizar la fiabilidad del cálculo de incertidumbre.
3. Realizar la evaluación de la incertidumbre típica tipo B a los componentes de incertidumbre con la distribución de probabilidad adecuada y así asignarle un valor correcto.
4. Determinar el mensurando de la máquina en función de los grados de hermeticidad de la luminaria a ser testeada.
5. Capacitar al personal que va a ejecutar las pruebas de hermeticidad a las luminarias de alumbrado público acerca de la norma IEC 60529, enfocándose en las condiciones de aceptación para los grados de hermeticidad IP5X y IP6X.
6. Efectuar las pruebas de hermeticidad en luminarias de alumbrado público en el equipo SC – 015 siguiendo el procedimiento y respetando parámetros establecidos en la norma IEC 60529. Esta norma se adjunta como archivo digital en el presente trabajo investigativo.
7. Las pruebas de hermeticidad en luminarias se deben realizar bajo condiciones atmosféricas establecidas en la norma internacional IEC 60529. El no cumplimiento de estas condiciones puede traer consigo resultados erróneos en las pruebas realizadas.
8. Planificar el proceso de acreditación del laboratorio de Luminotecnia perteneciente a la Universidad Católica de Cuenca.



BIBLIOGRAFÍA

- 17025:2005(ES), I. (2005). *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración*. Madrid: ISO/IEC 17025:2005(ES).
- 9001-2000, N. I. (2000). Normas ISO 9001-2000. *Guía Normas ISO 9001-2000*, Sección 1 Pag. 7-8.
- Alcalá, U. d. (13 de 11 de 2017). *Fuentes de Información*. Obtenido de www.uah.es: http://www3.uah.es/bibliotecaformacion/BPOL/FUENTESDEINFORMACION/normas_tecnicas.html
- Carranza, K., & Rodríguez Bessy. (22 de 05 de 2017). *slideshare*. Obtenido de Normas ISO: <https://es.slideshare.net/BessyCaroiz/normas-iso-17025>
- CEA-ANAC-LC/02. (3 de 4 de 2001). *Expresión de la incertidumbre de medida*. Obtenido de [proycal.com](http://www.proycal.com): <http://www.proycal.com/Imagenes/CEA-ENAC-LC-02%20Rev.%201.pdf>
- CEM. (22 de 2 de 2010). *Guía para la Expresión de Incertidumbre de Medida*. Obtenido de [cem.es](http://www.cem.es): <http://www.cem.es/sites/default/files/gum20digital1202010.pdf>
- CEM, Centro español de Metrología. (15 de 4 de 2011). *Procedimiento de Calibración*. Obtenido de [cem.es](http://www.cem.es): http://www.cem.es/sites/default/files/el-020_digital.pdf
- CENAM. (01 de 04 de 2004). *Guía para estimar la incertidumbre de la medición*. Obtenido de [cenam.mx](http://www.cenam.mx): http://www.cenam.mx/publicaciones/gratuitas/descarga/default.aspx?arch=/GUIA_P_ESTIMAR_INCERTIDUMBRE_Med%202004_09_27.pdf
- Centro Español de Metrología. (1 de 21 de 2009). *Centro español de Metrología*. Obtenido de [cem.es](http://www.cem.es): <http://www.cem.es/sites/default/files/me-003e.pdf>
- Centro Español de Metrología. (21 de 1 de 2009). *Procedimiento de Calibración*. Obtenido de [cem.es](http://www.cem.es): <http://www.cem.es/sites/default/files/me-003e.pdf>
- Chuchuca Mendez, D. (2016). *Evaluación de condiciones ambientales en luminarias de alumbrado público alimentador 0423*. Cuenca: Universidad Católica de Cuenca.
- Inc., L. E. (2014). *User's Manual Dustproof Testing Machine (SC Series)*. Hong Kong: Lisun group.
- ISO 9001. (5 de 10 de 2015). *ISO 9001:2015 Sistema de Gestión de la Calidad*. Obtenido de [isotools.org](http://www.isotools.org): https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj1krb_24rXAhVG6yYKHvYKvBHsQFfgguMAE&url=https%3A%2F%2Fwww.isotools.org%2Fpdfs%2Fsistemas-gestion-normalizados%2FISO-9001.pdf&usq=AOvVaw1fjsAhdveakrIcll3LVgXY
- Lisun Group. (6 de 3 de 2016). *SC-015 Cámara para Prueba de Polvo*. Obtenido de Lisun Group: <http://es.lisungroup.com/product-id-360.html>



- Manzano Alba, R. (18 de 07 de 2017). *www.dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de www.dspace.ups.edu.ec:
<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi5i6Wjs5TVAhXBOCYKHfueDfYQFgggMAA&url=http%3A%2F%2Fdspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F1890%2F2%2F01%2520Acreditacion%2520del%2520laboratorio.pdf&usg=AFQj>
- Norma IEC 60529. (1999). *Grados de protección proporcionados por envolturas(Codigo IP)*. Norma Internacional IEC 60529.
- NTC, N. T. (1998). *Luminarias requisitos generales y ensayos*. Bogotá: Incontec.
- Olvera Treviño, M. d. (5 de 1 de 2016). *Implementación de un ensayo que cumpla con los requisitos técnicos de la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006, para la acreditación del laboratorio de control químico de la unidad de negocio CELEC EP TermoPichincha, Central Guangopolo*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec>:
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6113>
- Ortiz, L. Z. (22 de 07 de 2016). *bitstream Implementación del Sistema de gestión de calidad bajo norma NTE INENISO/IEC*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Ambato: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23554>
- Pérez, M. R. (19 de 8 de 2008). *Metología*. Obtenido de <http://new.paho.org>:
http://new.paho.org/hq/dmdocuments/2008/6_Modulo_METROLOGIA.pdf
- Reyes Ponce, Y. L. (2006). *Evaluación de la Conformidad y Metrología. Boletín Científico*. La Habana.
- RTE INEN 069. (13 de 11 de 2012). *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTN INEN 069*. Obtenido de <http://www.normalizacion.gob.ec>: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/prte_069.pdf
- SAE . (09 de 11 de 2007). *Cómo acreditarse: laboratorios*. Obtenido de Servicio de acreditacion Ecuatoriano: <http://www.acreditacion.gob.ec/como-acreditarse-laboratorios/#>
- SAE. (17 de 02 de 2014). *acreditacion.gob.ec*. Obtenido de SERVICIO DE ACREDITACION ECUATORIANO: <http://www.acreditacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/G02-R01-GUIA-PARA-LA-EXPRESI%C3%93N-DE-LA-INCERTIDUMBRE.pdf>
- SAE. (21 de 07 de 2016). *Procedimientos para la acreditación de laboratorios*. Obtenido de Servicio de Acreditación Ecuatoriana: <http://www.acreditacion.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/38.-PA01-R07-Procedimiento-de-Acreditacion-de-Laboratorios.pdf>
- Saez Ruiz, S., & Font Avila, L. (2001). *Incertidumbre de la medición: teoría y práctica*. Maracay: L&S Consultores.
- SEA, S. (2007). *Cómo acreditarse: laboratorios*. Quito: Servicio de Acreditación Ecuatoriano.



Zipaquira Triana, A., & Porras Rueda, G. (1 de 6 de 2010). *Expresión de incertidumbre en la calibración en equipos de medición de energía eléctrica*. Obtenido de sic.gov.co: http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/articulos/Expresion.pdf

**ANEXO 1**

1. Solicitud de acreditación del Servicio de Acreditación Ecuatoriano.

Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano**SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO - SAE**
SOLICITUD DE ACREDITACIÓN PARA LABORATORIOS
DE ENSAYO SEGÚN NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006**INSTRUCCIONES PARA LLENAR LA SOLICITUD**

1. Complete en su totalidad el Formulario de Solicitud adjuntando los anexos que se solicitan. Las instrucciones específicas sobre como presentar el alcance de acreditación y anexos específicos se dan en la sección correspondiente. Esta solicitud se tramitará únicamente con la presentación de todos los anexos solicitados.
2. La solicitud debe presentarse en físico con las firmas requeridas, el resto de documentación (anexos) deben presentarse en soporte informático, todos en idioma español.
3. El período de validez de esta solicitud es de un año a partir de la fecha en que fue firmada la misma. Si por motivos atribuibles al solicitante no se ha podido realizar la Evaluación Inicial, se debe presentar una nueva solicitud completa, cancelando las tasas correspondientes por apertura del expediente.
4. Leer completamente los documentos proporcionados en este paquete de solicitud con el fin de tener presente todos los requisitos de la acreditación. No se procesará la solicitud hasta que todas las preguntas hayan sido completadas y la solicitud firmada.
5. El Representante Legal del laboratorio debe firmar el compromiso de esta solicitud (Sección 7) para indicar su conformidad con las condiciones para la acreditación y el conocimiento de las responsabilidades del laboratorio dentro del proceso de acreditación.
6. Toda la información proporcionada por el solicitante en este cuestionario y sus anexos será administrada en forma CONFIDENCIAL en todos los niveles de las actividades de acreditación del SAE, incluidos los comités, los organismos externos o las personas que actúan en su nombre. El SAE no dará a conocer información confidencial sobre un organismo de evaluación de la conformidad (OEC) particular, sin el consentimiento escrito del OEC, excepto cuando la ley requiera que tal información sea comunicada sin tal consentimiento.
7. Si necesita aclaración a alguno de los temas aquí planteados no dude en consultar con el personal técnico del SAE a través de los teléfonos y dirección abajo mencionados o al correo electrónico: laboratorios@acreditacion.gob.ec.

Enviar la solicitud en físico y los documentos requeridos en digital a:
(Conserve una copia para su archivo)

Servicio de Acreditación Ecuatoriano - SAE
Quito: Av. América N37-204 y Juan José Villalengua
Teléfono: +593 (02) 3316610 / 3316120

El Sistema de Acreditación del SAE para Laboratorios de Ensayos, está descrito en los siguientes documentos:	
Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006	Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración
PA01	Procedimiento de acreditación laboratorios
CR GA01	Criterios generales de laboratorios de ensayo y calibración
CR GA04	Criterios generales para la utilización del símbolo de acreditación o referencia a la condición de acreditado
CR GA10	Criterios generales para la participación de ensayos de aptitud
PL01	Política sobre trazabilidad de las mediciones
PL02	Política de incertidumbre
	Criterios específicos de acuerdo al alcance solicitado.
Los documentos del Sistema de Acreditación de aplicación al proceso que nos solicita se encuentran en su versión actualizada en nuestra página web www.acreditacion.gob.ec	

**1. DATOS GENERALES DEL ORGANISMO SOLICITANTE**

Nombre Comercial:	_____	RUC:	_____
Razón Social:	_____		
Integración del Capital Social:	00 % Nacional	00 % Extranjero	
Representante Legal:	_____	C.I.:	_____
País:	_____	Ciudad:	_____ e-mail: _____
Teléfono:	_____	Dirección:	_____
Casilla:	_____	Pág. Web:	_____
Propietario:	_____		
Dirección del propietario:	_____		
Persona delegada a efectos de la acreditación:	_____		
Cargo:	_____	e-mail:	_____

Tipo de Entidad o Empresa:	
Institución pública	<input type="checkbox"/>
Empresa privada	<input type="checkbox"/>
Institución educativa	<input type="checkbox"/>
Institución de investigación	<input type="checkbox"/>
Sociedad Privada	<input type="checkbox"/>
Otros:	<input type="checkbox"/>

El Laboratorio realiza análisis para:	
Propia entidad	<input type="checkbox"/>
Entidad del propio Grupo Industrial	<input type="checkbox"/>
Otras Entidades	<input type="checkbox"/>
Público en general	<input type="checkbox"/>
Investigación	<input type="checkbox"/>
Otros:	<input type="checkbox"/>

2. SOLICITUD

2.1. De acuerdo con la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006, el laboratorio de ensayo solicita la evaluación para obtener la acreditación, según el "ALCANCE DE ACREDITACIÓN" indicado en esta solicitud como:

<input type="checkbox"/> Acreditación Inicial	<input type="checkbox"/> con Pre-evaluación
<input type="checkbox"/> Ampliación del alcance de acreditación	
<input type="checkbox"/> Renovación de acreditación	
<input type="checkbox"/> Cambio de Razón Social	
<input type="checkbox"/> Cambio de domicilio	

NOTA1: Los cambios de Responsable Técnico, Responsable de Calidad, sus sustitutos o de documentación se deben notificar, según el Procedimiento de Acreditación, mediante un comunicado escrito al SAE.

NOTA 2: Si se desea reducir el alcance o retirar de la acreditación se debe enviar un documento por escrito al SAE.

2.2 Fecha a partir de la cual desearía se realice la evaluación (año-mes-día):



2.3 ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN

CATEGORÍA:	0
CAMPO DE ENSAYO:	Ej: ensayos físico-químicos de aguas, ensayos microbiológicos en alimentos.

Categoría 0: Ensayos en las instalaciones permanentes del laboratorio

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR (1)	ENSAYO (2)	TÉCNICA Y RANGOS (3)	MÉTODO DE ENSAYO (Procedimiento interno y método de referencia) (4)

Añada tantas filas como sean necesarias para cada unidad técnica y para cada campo.

CATEGORÍA:	1
CAMPO DE ENSAYO:	Ej: ensayos físico-químicos de aguas, ensayos microbiológicos en alimentos.

Categoría 1: Ensayos in situ, fuera de las instalaciones permanentes del laboratorio (laboratorios periféricos incluyendo el caso de laboratorios móviles).

PRODUCTO O MATERIAL A ENSAYAR (1)	ENSAYO (2)	TÉCNICA Y RANGOS (3)	MÉTODO DE ENSAYO (Procedimiento interno y método de referencia) (4)

Añada tantas filas como sean necesarias para cada unidad técnica y para cada campo.

Incluye muestreo: SI NO

CATEGORÍA:	1
CAMPO DE ENSAYO:	Ej: muestreo de aguas residuales, muestreo de alimentos

Categoría 1: Ensayos in situ, fuera de las instalaciones permanentes del laboratorio

PRODUCTO O MATERIAL A MUESTREAR (5)	PROCEDIMIENTO DE MUESTREO (Procedimiento normalizado y	MÉTODOS DE ENSAYO A LOS QUE APLICA (Procedimiento interno y/o



	procedimiento interno, si aplica) (6)	método de referencia) (7)

Añada tantas filas como sean necesarias para cada unidad técnica y para cada campo.

Nota: Sólo se podrá solicitar en el alcance de muestreo para los métodos de ensayo que el laboratorio mantenga o solicite acreditación

INSTRUCCIONES PARA LA DEFINICIÓN DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN, EN LABORATORIOS DE ENSAYO

El Alcance de Acreditación es una parte fundamental de la solicitud de acreditación ya que finalmente acompañará al "Certificado de Acreditación". El Alcance de acreditación deberá quedar perfectamente definido antes de llevar a cabo la evaluación, por lo cual es de suma importancia que este alcance se llene de una forma tan clara y precisa, como sea posible.

Estas instrucciones se han elaborado con el objeto de facilitar la tarea tanto de los laboratorios en su llenado del formulario, como la del equipo evaluador.

- (1) **Producto o material a ensayar** Se deberá hacer referencia al producto o material a ensayar, definiéndolo tanto como sea preciso, teniendo en cuenta el campo de aplicación del método de ensayo. Indicar todos los ensayos referidos a un producto de forma consecutiva.
- (2) **Ensayo,**
 - Indicar los parámetros a determinar y las técnicas o instrumentación del ensayo (*por ejemplo, cromatografía líquida de alta resolución, gravimetría, volumetría.....*)
 - Especificar exactamente los rangos o capacidades del ensayo. Los valores que han sido confirmados o validados
- (3) **Método de Ensayo.**
 - Indicar la norma, procedimiento normalizado, o documento aplicable, se deberá citar con la edición correspondiente y su fecha y el o los procedimientos internos respectivos (cuando aplique).
 - Siempre que en una norma se incluyan varios ensayos y el laboratorio no solicite la acreditación para la totalidad de los mismos, se deberá especificar claramente qué ensayos (incluyendo referencia al apartado de la norma en que se citen) están incluidos en el alcance solicitado.
 - Las normas procedimientos incluidas en el alcance deberán ser siempre las últimas ediciones publicadas por el organismo de normalización correspondiente (nacional o internacional). En caso de que el laboratorio desee la acreditación para una norma obsoleta, deberá justificarlo.
 - Siempre que en una norma se especifique que constituye revisión (Ej. R2), modificación (Ej. 1M), etc., a una edición publicada anteriormente o, parte (Ej. Parte 1) de una norma general, esta información deberá hacerse constar igualmente.
 - Los ensayos para los que un laboratorio solicita acreditación pueden, en ocasiones, estar referenciados en normas de especificación de producto. Deberá indicarse siempre la norma que describa el método de ensayo utilizado y no la norma de especificación.
- (4) **Producto o material a muestrear:** Se deberá hacer referencia al producto o material a muestrear, definiéndolo tanto como sea preciso, teniendo en cuenta el método de ensayo que se le va aplicar.
- (5) **Procedimiento de muestreo:** Indicar la norma o procedimiento normalizado aplicado, se deberá citar con la edición correspondiente y su fecha y el o los procedimientos internos respectivos en caso de disponer un procedimiento que complementa el normalizado
- (6) **Métodos de ensayo a los que aplica:** Indicar todos los ensayos acreditados que van a ser aplicados a esa muestra



2.4. Los informes de ensayo incluyen opiniones y/o interpretaciones

(el SAE no acredita opiniones o interpretaciones):

SI NO

2.5. El laboratorio realiza actividades de calibración internas de equipos utilizados para las actividades de medición incluidas en el alcance de acreditación:

SI NO

(Si la respuesta es "si", por favor también adjuntar: Métodos y Procedimientos internos de calibración, registros de cálculos de CMC's, informes de validación de métodos y estimación de la incertidumbre en calibraciones con sus registros de soporte)

3. ORGANIZACIÓN MATRIZ Y UNIDADES TÉCNICAS

3.1. ORGANIZACIÓN MATRIZ (Completar únicamente si es diferente del Solicitante, punto 1):	
Nombre: _____	Razón Social: _____
Ciudad: _____	País: _____
Dirección: _____	Responsable: _____
Teléfono: _____	E-mail: _____
Casilla: _____	Pág. Web: _____
Actividad Principal: _____	

3.2. UNIDADES TÉCNICAS (Completar únicamente si dispone de laboratorios fuera de la matriz) (*)	
Nombre: _____	Razón Social: _____
Ciudad: _____	País: _____
Dirección: _____	Responsable: _____
Teléfono: _____	E-mail: _____
Actividades principales: _____	

(*) Repetir este cuadro tantas veces como sea necesario

3.3. Acreditaciones obtenidas con otros organismos de acreditación:		
Organismo de Acreditación	Alcance	Estado
		Solicitud presentada
		Solicitud presentada

4. DETALLES DEL ORGANISMO Y SU ESTRUCTURA

4.1. Dirección técnica del laboratorio:

Nombre y Apellidos	Titular (1) Sustituto (2)	Cargo	e-mail



--	--	--	--

4.2. Responsable del sistema de gestión de calidad:

Nombre y Apellidos	Titular (1) Sustituto (2)	Cargo	e-mail

4.3. ¿Realiza, ya sea el laboratorio o bien la Organización a la que pertenece, otras actividades además de aquellas para las que solicita la acreditación?

NO SÍ

En caso afirmativo, describa indicando aquellas que realiza el laboratorio y las que realiza la organización a la que pertenece.

--

4.4. Personal temporal y permanente relacionado a las actividades del laboratorio

Total personal 00

administrativo 00

técnico 00

4.5 Adjunto a esta solicitud deberá presentar los siguientes documentos como anexos según el trámite o servicio

Tipo de Solicitud	Anexos a adjuntar ¹																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Acreditación inicial	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ampliación				●		●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●
Renovación	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Cambio de razón social	●	●	●	●								●		●								●
Cambio de domicilio	●	●	●	●			●					●	●	●			●			●		

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1:	Documentación justificativa de la personería jurídica. (Cuando se trate de un organismo extranjero, los documentos deberán estar apostillados). (En caso de laboratorios extranjeros, el SAE procederá únicamente en aquellos casos en donde el laboratorio se encuentre domiciliado en el Ecuador)
-----------------	---

¹ Ver Lista de anexos



Anexo 2:	Manual de la calidad y Lista Maestra de Documentos del Sistema (o sistema equivalente para verificar el estado de revisión vigente)
Anexo 3:	Procedimientos generales (procedimientos de gestión)
Anexo 4:	Procedimientos específicos (métodos de ensayo de referencia y procedimientos internos)
Anexo 5:	Lista de verificación de Cumplimiento con los Criterios de Acreditación del SAE según la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025
Anexo 6:	Listado de equipos utilizados en el ensayo (y muestreo si aplica). Ver ejemplo de Anexos
Anexo 7:	Copia certificados de calibración de los equipos de medida
Anexo 8:	Listado de patrones de calibración interna
Anexo 9:	Listado de materiales de referencia y/o listado de cepas de referencia
Anexo 10:	Listado de intercomparaciones y/o ensayos de aptitud y resultados obtenidos o la inscripción respectiva. Ver ejemplo de Anexos
Anexo 11:	Ejemplo de informe de resultados emitido
Anexo 12:	Organigrama del laboratorio
Anexo 13:	Plano de ubicación en la zona donde se encuentra el laboratorio
Anexo 14:	Listado de personal relacionado con la acreditación, con las autorizaciones establecidas para cada ensayo (incluyendo el personal que ejecuta muestreo, si aplica)
Anexo 15:	Plan y Procedimientos de muestreo (si aplica)
Anexo 16:	Documentación de ensayos "in situ" (si aplica)
Anexo 17:	Locales y condiciones ambientales. Ver ejemplo de Anexos
Anexo 18:	Informe de la última Auditoría Interna
Anexo 19:	Acta de la última Revisión por la Dirección
Anexo 20:	Informes y cálculos sobre confirmación y/o validación de métodos y cálculos de estimación de la incertidumbre (cuando aplique)
Anexo 21:	Hojas de vida del personal clave con los respectivos respaldos
Anexo 22:	Otros

Cada anexo deberá estar debidamente identificado y ordenado en una carpeta digital. Si se considera necesario el SAE podrá solicitar información adicional antes de continuar con el proceso.

INFORMACIÓN DE ANEXOS

La estructura de esta información es referencial, el laboratorio puede presentar sus propios formatos siempre que incluyan los datos aquí solicitados.

El alcance de acreditación NO puede ir en anexo

Anexo 6 Listado de Equipos de Ensayo

EQUIPO (NOMBRE, MODELO, FABRICANTE).	RANGO, CAPACIDAD Y OTRA INFORMACION IMPORTANTE.	FECHA DE PUESTA EN SERVICIO Y ULTIMA CALIBRACION
Añadir las casillas que sean necesarias		Pág. /

Anexo 10 Listado de Intercomparaciones y/o Ensayos de Aptitud

DESCRIPCION DEL ENSAYO/CALIBRACION	No PARTICIPANTES ACREDITADOS(SI/NO)	ORGANIZADO R	FECHAS (PERIODICIDAD)	RESULTADOS Z-SCORE O FECHA TENTATIVA



DESCRIPCION DEL ENSAYO/CALIBRACION	No PARTICIPANTES ACREDITADOS(SI/NO)	ORGANIZADOR	FECHAS (PERIODICIDAD)	RESULTADOS Z-SCORE O FECHA TENTATIVA
Añadir las casillas que sean necesarias		Pág. /

Nota: En caso de no disponer de los resultados, adjuntar los medios de soporte de la inscripción, el pago e indicar la fecha tentativa para la entrega de los mismos, caso contrario se elimina el proceso. (PARA VERIFICACIÓN POR PARTE DEL SAE).

Anexo 12. Organigrama del laboratorio

El Organigrama del laboratorio que se adjunta debe ser detallado (dependencias, cargos y responsables). Cuando corresponda, anexar adicionalmente un organigrama de la entidad jurídica o grupo corporativo mayor al que pertenece (diseño, producción, comercialización, calidad u otras unidades operativas), en el que permita situar al Director Técnico y Director de la Calidad en el conjunto de los niveles de dirección de la misma. Para este último no se requiere de nombres y títulos individuales.

Anexo 14. Listado de personal relacionado con la acreditación

Un listado del personal del laboratorio relacionado con el alcance solicitado:

PERSONAL QUE EJECUTA ACTIVIDADES DE ENSAYO

NOMBRE LABORATORIO	RELACIÓN CONTRACTUAL	UNIDAD TÉCNICA	MÉTODO DE ENSAYO	PERFIL DEL PERSONAL	NOMBRE DEL PERSONAL CALIFICADO PARA CADA ENSAYO O ACTIVIDAD DESCRITA	OBSERVACIONES
RESPONSABLE DE CALIDAD						
RESPONSABLE TÉCNICO						
PERSONAL QUE FIRMA LOS INFORMES						

NOTA: El número de firmantes autorizados los fija el propio laboratorio, de preferencia que haya más de uno, por ejemplo del Director Técnico (o como se lo denomine) y la persona responsable calificada para la ejecución del ensayo.

Anexo 17. Locales y condiciones ambientales / seguridad

Número de ambientes para los ensayos _____

Área total de trabajo _____

Cumplimiento
si no NA



Seguridades en el trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Iluminación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temperatura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Humedad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ventilación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Otros:

5. OBLIGACIONES DEL OEC

El Procedimiento de Acreditación vigente establece las obligaciones aplicables a los organismos acreditados o en proceso de acreditación, y el contenido en la presente Solicitud de Acreditación es referencial al momento en que se suscribe la misma.

- Cumplir en forma continua todas las disposiciones establecidas en los requisitos de acreditación, tales como normas, procedimientos y criterios relacionados, establecidos por el SAE.
- Cumplir con la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y su Reglamento, y adaptarse a los cambios que en ellos se produzcan
- Cumplir con las actualizaciones y requisitos complementarios que pueda establecer el SAE, dentro del ámbito cubierto por el alcance de acreditación otorgado
- Quando se requiera, proporcionar ~~el~~ alimentación, alojamiento, transporte y la cooperación que sea necesaria para permitir el libre acceso a las instalaciones donde se llevan a cabo los servicios prestados por el OEC, a las personas debidamente autorizadas por el SAE, para verificar el cumplimiento de los requisitos de acreditación y las actividades de mantenimiento de la misma.
- Aceptar la realización de evaluaciones extraordinarias y de seguimiento, en las situaciones previstas en los procedimientos del SAE, y de forma general, en situaciones donde sea necesario verificar la continuidad del cumplimiento con los criterios de acreditación, incluso en los casos de suspensión, retiro, reducción o vencimiento de los plazos establecidos en los procesos de evaluación.
- Proporcionar acceso a la información, los documentos y los registros que sean necesarios para la evaluación y el mantenimiento de la acreditación, incluyendo información sobre las actividades realizadas por el OEC bajo acreditaciones con otros organismos de acreditación.
- Proporcionar, cuando sea pertinente, el acceso a aquellos documentos que permitan comprender el nivel de independencia e imparcialidad del OEC respecto a sus organismos relacionados.
- Conservar la documentación relacionada a los informes emitidos en el ámbito de la Acreditación por un período de 5 (cinco) años, salvo que sea requerido un período mayor por disposiciones legales.
- Conservar los registros de quejas que pudiera tener con respecto a la competencia en los servicios cubiertos por el alcance, así como de las acciones relacionadas tomadas;
- Quando el SAE lo requiera, disponer lo necesario para que se puedan testificar los servicios del OEC.
- Declarar que está acreditado únicamente para el alcance para el cual se le ha otorgado la acreditación.
- Entregar al SAE, en tiempo y forma adecuados, la documentación solicitada, para el mantenimiento y verificación del cumplimiento de los requisitos de la acreditación.
- Fomentar la utilización del certificado de acreditación como un medio para incrementar la confianza general y abstenerse de cualquier actividad que dañe la credibilidad y reputación del SAE.
- Mantener en correcto estado de funcionamiento todos los medios que determinaron el otorgamiento de la acreditación, con especial atención a la trazabilidad de sus equipos y patrones de referencia, a la competencia del personal involucrado y al equipo suficiente de personas debidamente calificadas.
- Demstrar que mantiene la competencia técnica para la realización de sus actividades acreditadas.



- p) No permitir que su acreditación se utilice, ya sea en documentos contractuales o publicitarios, para dar a entender que un producto, proceso, sistema o persona está aprobado por el SAE.
- q) Informar a quien lo solicite, el alcance exacto de su acreditación, incluyendo, si fuere el caso, las actividades suspendidas.
- r) Finalizar inmediatamente el uso de toda publicidad que contenga cualquier referencia a la condición de acreditación, cuando se suspenda o retire la misma.
- s) Abonar dentro del plazo notificado oportunamente los costos correspondientes a las actividades de otorgamiento y mantenimiento de la acreditación, emisión del certificado de acreditación y autorización de uso del símbolo de acreditación, así como de evaluaciones extraordinarias y de seguimiento, tal como se hayan establecido por el SAE.
- t) Notificar por escrito al SAE, dentro de 30 días hábiles, sobre los cambios significativos relativos a su acreditación, en cualquier aspecto de su estado o funcionamiento relacionado con:
 - 1. interrupción de la actividad relacionada con el alcance de acreditación,
 - 2. su condición legal, comercial, de propiedad o de organización,
 - 3. renuncia, retiro o cambio del responsable técnico o su sustituto,
 - 4. renuncia, retiro o cambio del responsable del sistema de gestión de calidad,
 - 5. la organización, localizaciones críticas o ubicaciones técnicas, su estructura, sus principales políticas, o sus procedimientos, y otros que afecten el normal desenvolvimiento de las actividades para las que está acreditado,
 - 6. sus recursos e instalaciones,
 - 7. el alcance de su acreditación,
 - 8. traslado o surgimiento de localizaciones,
 - 9. la necesidad de actualizar sus datos de registro en el SAE (dirección, teléfonos de contacto, direcciones de correo electrónico, página web. etc.); y,
 - 10. otros problemas que puedan afectar la capacidad del OEC de cumplir con los requisitos de la acreditación.
- u) En caso de suspensión o retiro de la acreditación, informar a sus clientes sobre dicha situación y sus posibles consecuencias.
- v) Aceptar la participación, en los equipos evaluadores, de evaluadores en entrenamiento u observadores si así lo requiere el SAE.

Para los casos 3 y 4 del literal t), el OEC debe presentar al SAE el nombre del nuevo responsable designado y su correspondiente currículum vitae, para la verificación por parte del SAE de que posee apropiadas condiciones de formación y experiencia.

En caso de un cambio de razón social (persona jurídica), el OEC deberá presentar la solicitud de acreditación inicial, considerando este como un nuevo proceso de acreditación. El SAE podrá basarse en la información recogida en evaluaciones previas realizadas a la entidad que sufrió la modificación para otorgar o no la acreditación. La necesidad del tipo de evaluación a realizarse (documental, in situ completa o parcial) la determinará el SAE en función de la información aportada en la solicitud de acreditación y evidencias disponibles de cumplimiento de los requisitos de acreditación por parte del nuevo OEC.

**6. DATOS PARA FACTURACIÓN Y FORMA DE PAGO**

Este formulario de solicitud de acreditación debe enviarse al SAE junto con el pago correspondiente de apertura de expediente de acreditación (según tasas vigentes). Este pago deberá realizarse en la forma que el documento de tarifas en vigente indica. A su recepción el SAE enviará el correspondiente documento justificativo de este pago.

Indique a continuación, la forma utilizada para el pago de la Apertura de Expediente y los datos para la facturación:

<input type="checkbox"/> Transferencia Bancaria (adjunto copia).
<input type="checkbox"/> Cheque certificado (adjunto): n° Banco:

DATOS PARA FACTURACIÓN (Completar únicamente si es diferente del Solicitante, punto 1):

Nombre o Razón Social: _____
RUC: _____ Ciudad, Provincia: _____
Dirección: _____
Teléfono: _____ e-mail: _____ Casilla: _____



. COMPROMISO DE CUMPLIMIENTO CON LOS REQUISITOS PARA LA ACREDITACIÓN

El solicitante declara conocer los requisitos y se compromete a cumplir con las obligaciones establecidas en las versiones vigentes de los siguientes documentos:

- PA01 Procedimiento de acreditación de Laboratorios
- Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
- CR GA01 Criterios Generales para la Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según Norma NTE INEN ISO/IEC 17025: 2006.
- CR GA04 Criterios generales para la utilización del símbolo de acreditación y referencia a la condición de acreditado
- CR GA10 Criterios para la participación en ensayos de aptitud
- PL01 Política de trazabilidad de las mediciones
- Criterios específicos de acreditación
- Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y Reglamento a la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad
- Tasas acreditación
- Políticas, Guías y/o Criterios específicos emitidos por el SAE

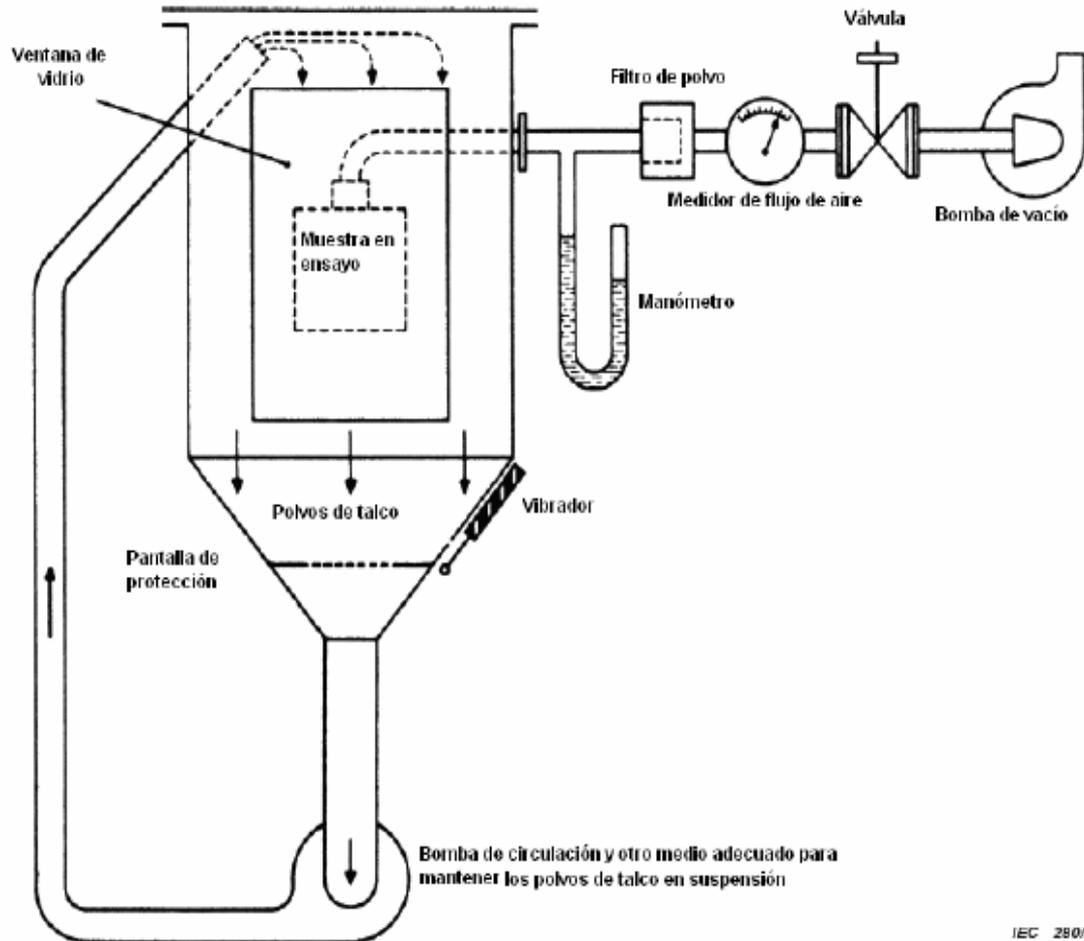
El Laboratorio acuerda adaptarse a los cambios en los requisitos para la acreditación, notificados con antelación por el SAE, y abonar todos los gastos de evaluación y administración que se originen, independientemente del resultado del proceso de acreditación.

Declara, además, que ha revisado la integridad de la información suministrada en el presente documento, incluyendo los anexos pertinentes, y que toda la información referida es verdadera.

<i>Firma y sello</i>	
Nombre:	REPRESENTANTE LEGAL DE LA ORGANIZACIÓN
Fecha:	_____ - _____ - _____

ANEXO 2

2. Dispositivo de ensayo para verificar la protección contra el polvo (cámara de polvo)



IEC 280/01

Fuente: (Norma IEC 60529, 1999)

ANEXO DIGITAL
NORMA INTERNACIONAL IEC60529

NORMA INTERNACIONAL

**IEC
60529**

Edición 2.1

02-2001

Edición 2:1989 consolidada con la enmienda 1:1999

**Grados de protección proporcionados por envolturas
(Código IP)**



Referencia número
CEI/IEC 60529:1989+A1:1999

Numeración de la publicación

A partir del 1 de Enero de 1997 todas las publicaciones IEC son publicadas con una designación en las series 60000. Por ejemplo, IEC 34-1 es referida ahora como IEC 60034-1.

Ediciones consolidadas

La IEC está publicando ahora versiones consolidadas de sus publicaciones. Por ejemplo, las ediciones números 1.0, 1.1 y 1.2 se refieren, respectivamente, a la publicación base, la publicación base incorporando la enmienda 1 y la publicación base incorporando las enmiendas 1 y 2.

Información adicional sobre publicaciones IEC

El contenido técnico de las publicaciones IEC es mantenido bajo constante revisión por la IEC, asegurando así que el contenido refleja tecnología actual. La información relacionada a esta publicación, incluyendo su validez, está disponible en el Catálogo de publicaciones IEC (ver abajo) junto a nuevas ediciones, enmiendas y correcciones. Información sobre las materias bajo consideración y trabajo en progreso emprendidas por el comité técnico el cual ha preparado esta publicación, así como la lista de publicaciones emitidas, está también disponible desde los siguientes:

- **Sitio Web IEC** (www.iec.ch)

- **Catálogo de publicaciones IEC**

El catálogo de publicaciones en línea en el sitio web de la IEC (www.iec.ch/catlg-e.htm) le permite buscar por una variedad de criterios incluyendo búsquedas de texto, comités técnicos y fecha de publicación. La información en línea está también disponible en publicaciones recientemente emitidas, publicaciones retiradas y reemplazadas, así como también correcciones.

- **IEC recién publicadas**

Este resumen de publicaciones recientemente emitidas (www.iec.ch/JP.htm) está también disponible por e-mail. Por favor contacte al Centro de Servicio al Cliente (ver abajo) para información adicional.

- **Centro de Servicio al Cliente**

Si Ud. tiene cualquier consulta relacionada a esta publicación o necesita asistencia adicional, por favor contacte al Centro de Servicio al Cliente:

E-mail: custoserv@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

CONTENIDOS

PREFACIO	5
INTRODUCCIÓN	6
Cláusula	
1. Alcance y objetivo	7
2. Referencias normativas	
3. Definiciones	8
4. Designaciones	10
4.1 Colocación del Código IP	11
4.2 Elementos del Código IP y sus significados	12
4.3 Ejemplos para el uso de letras en el Código IP	
5. Grados de protección contra acceso a partes peligrosas y contra objetos externos sólidos indicados por el primer número característico	12
5.1 Protección contra el acceso a partes peligrosas	12
5.2 Protección contra objetos externos sólidos	13
6. Grados de protección contra el ingreso de agua indicado por el segundo número característico	14
7. Grados de protección contra el acceso a partes peligrosas indicadas por letra adicional	16
8. Letras suplementarias	17
9. Ejemplos de designaciones con el Código IP	17
9.1 Código IP sin el uso de letras opcionales	17
9.2 Código IP usando letras opcionales	18
10. Marcado	18
11. Requisitos generales para los ensayos	19
11.1 Condiciones atmosféricas para ensayos de agua o polvo	19
11.2 Muestras de ensayo	19
11.3 Aplicación de requisitos de ensayos e interpretación de resultados de ensayos	19
11.4 Combinación de condiciones de ensayo para el primer número característico	19
11.5 Envolturas vacíos	
12. Ensayos para la protección contra el acceso a partes peligrosas indicadas por el primer número característico	20
12.1 Calibres de acceso	20
12.2 Condiciones de ensayo	20
12.3 Condiciones de aceptación	23
12.3.1 Para equipos de bajo voltaje (voltaje nominal que no exceda 1000 V a.c. y 1500 V d.c.)	23
12.3.2 Para equipos de alto voltaje (voltaje nominal que exceda 1000 V a.c. y 1500 V d.c.)	23
12.3.3 Para equipos con partes mecánicas peligrosas	23

13. Ensayos para protección contra objetos sólidos externos indicados por el primer número característico	24
13.1 Significado de los ensayos	24
13.2 Condiciones de ensayo para los primeros números característicos 1, 2, 3, 4	24
13.3 Condiciones de aceptación para los primeros números característicos 1, 2, 3, 4	24
13.4 Ensayo de polvo para los primeros números característicos 5 y 6	24
13.5 Condiciones especiales para el primer número característico 5	26
13.5.1 Condiciones de ensayo para el primer número característico 5	26
13.5.2 Condiciones de aceptación para el primer número característico 5	26
13.6 Condiciones especiales para el primer número característico 6	26
13.6.1 Condiciones de ensayo para el primer número característico 6	26
13.6.2 Condiciones de aceptación para el primer número característico 6	26
14. Ensayos para la protección contra el agua indicados por el segundo número característico	26
14.1 Significado de los ensayos	26
14.2 Condiciones de ensayo	27
14.2.1 Ensayo para el segundo número característico 1 con la caja de goteo	28
14.2.2 Ensayo para el segundo número característico 2 con la caja de goteo	28
14.2.3 Ensayo para el segundo número característico 3 con tubo oscilante o inyector de aerosol	28
14.2.4 Ensayo para el segundo número característico 4 con tubo oscilante o inyector de aerosol	29
14.2.5 Ensayo para el segundo número característico 5 con el inyector de 6,3 mm	30
14.2.6 Ensayo para el segundo número característico 6 con el inyector de 12,5 mm	30
14.2.7 Ensayo para el segundo número característico 7: inmersión transitoria entre 0,15 m y 1 m	30
14.2.8 Ensayo para el segundo número característico 8: inmersión continua sujeta a acuerdo	31
14.3 Condiciones de aceptación	31
15. Ensayos para la protección contra el acceso a partes peligrosas indicadas por la letra adicional	31
15.1 Calibres de acceso	31
15.2 Condiciones de ensayo	31
15.3 Condiciones de aceptación	32
Anexo A (informativo) Ejemplos de codificación IP para la verificación de protección de equipos de bajo voltaje contra el acceso a partes peligrosas	39
Anexo B (informativo) Resumen de responsabilidades de comités técnicos relevantes	45
Bibliografía	47

Figura 1 – Dedo de prueba articulado	33
Figura 2 – Dispositivo de ensayo para verificar la protección contra el polvo (cámara de polvo)	34
Figura 3 – Dispositivo de ensayo para verificar la protección contra gotas de agua que caen verticalmente (caja de goteo)	35
Figura 4 – Dispositivo de ensayo para verificar la protección contra el rocío y salpicamiento de agua; segundos números característicos 1 y 3 (tubo oscilante)	36
Figura 5 – Dispositivo manual para verificar la protección contra el rocío y salpicamiento de agua; segundos números característicos 1 y 3 (inyector de rocío)	37
Figura 6 – Dispositivo de ensayo para verificar la protección contra chorros de agua (inyector de manguera)	38

Tabla 1 – Grados de protección contra el acceso a partes peligrosas indicados por el primer número característico

Tabla 2 – Grados de protección contra objetos sólidos externos indicados por el primer número característico

Tabla 3 – Grados de protección contra el agua indicados por el segundo número característico

Tabla 4 - Grados de protección contra el acceso a partes peligrosas indicados por la letra adicional

Tabla 5 – Condiciones de ensayo para grados de protección indicados por el primer número característico

Tabla 6 – Pruebas de acceso para los ensayos para protección de personas contra acceso a partes peligrosas

Tabla 7 – Significado de ensayo para los ensayos para la protección contra objetos sólidos externos

Tabla 8 – Significado de ensayo y condiciones principales de ensayo para los ensayos para protección contra el agua

Tabla 9 – Total flujo de agua nominal q_v bajo condiciones de ensayo IPX3 e IPX4 – Significa flujo nominal por orificio $q_{vI} = 0,07$ l/min

Códigos IP de ejemplos en anexo A

COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL

GRADOS DE PROTECCIÓN PROPORCIONADOS POR ENVOLTURAS

PREFACIO

- 1) La Comisión Internacional Electrotécnica (IEC) es una organización mundial de normalización que comprende todos los comités electrotécnicos nacionales (Comités Nacionales de la IEC). El objetivo de la IEC es promover la cooperación internacional de todas las preguntas concernientes a la normalización en los campos eléctricos y electrónicos. Con este fin y en conjunto con otras actividades, la IEC publica Normas Internacionales. Su preparación es confiada a comités técnicos; cualquier Comité Nacional IEC interesado en el tema tratado puede participar en este trabajo preparatorio. Organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales comunicadas con la IEC también participan en esta preparación. La IEC colabora de cerca con la Organización Internacional de Normalización (ISO) de acuerdo con las condiciones determinadas por el acuerdo entre ambas organizaciones.
- 2) Las decisiones o acuerdos formales de la IEC sobre materias técnicas expresan, lo más cercano posible, un consenso de opinión internacional sobre materias relevantes puesto que cada comité técnico tiene representación de todos los Comités Nacionales IEC, interesados.
- 3) Los documentos producidos tienen el formato de recomendaciones para el uso internacional y son publicados en la forma de normas, especificaciones técnicas, informes técnicos o guías y son aceptados por los Comités Nacionales en ese sentido.
- 4) Para promover la uniformidad internacional, los Comités Nacionales de la IEC tienden a aplicar transparentemente las Publicaciones Internacionales de la IEC en el máximo grado posible en sus normas nacionales y regionales. Cualquier divergencia entre la Norma IEC y la correspondiente norma nacional o regional, será indicada claramente en ésta.
- 5) La IEC no proporciona ningún procedimiento de marcado para indicar su aprobación y no se puede hacer responsable por ningún equipamiento declarado para estar en conformidad con una de estas normas.
- 6) Todos los usuarios deberían asegurarse que ellos tienen la última edición de esta publicación.
- 7) Llama la atención la posibilidad de que alguno de los elementos de esta Norma Internacional pueda ser materia de los derechos de patente. La IEC no será considerada responsable de identificar cualquiera o todos los derechos de patente.

La Norma Internacional IEC 60529 ha sido preparada por el comité técnico 70: Grados de protección por envolturas.

La segunda edición anula y reemplaza la primera edición publicada en 1976 y constituye una revisión técnica.

Esta versión consolidada de la IEC 60529 está basada en la segunda edición (1989) [documentos 70(CO)13 + 70(CO)15 + 70(CO)17], y su enmienda 1 (1999) [documentos 70/01/FDIS y 70/92/RVD].

Ésta lleva la edición número 2.1.

Una línea vertical en el margen muestra donde la publicación base ha sido modificada por la enmienda 1.

Los anexos A y B son sólo para información.

Los contenidos de la corrección de Enero de 2003 han sido incluidos en esta copia.

INTRODUCCIÓN

Esta norma describe un sistema para clasificar los grados de protección proporcionados por el recinto del equipo eléctrico. A pesar que este sistema es adecuado para el uso con la mayoría de los tipos de equipos eléctricos, no debería asumirse que todos los grados de protección listados son aplicables a un tipo particular de equipo. El fabricante del equipo debería ser consultado para determinar los grados de protección disponibles y las partes del equipo a las que se aplica el grado de protección indicado.

La adopción de este sistema de clasificación, dondequiera que sea posible, fomentará uniformemente en métodos de descripción la protección proporcionada por el recinto y en los ensayos para probar los diversos grados de protección. También debería reducir el número de tipos de dispositivos de ensayo necesarios para ensayar una amplia gama de productos.

Esta segunda edición de la IEC 60529 toma cuenta de las experiencias con la primera edición, y clarifica los requisitos. Ésta proporciona para una extensión opcional del Código IP por una letra adicional A, B, C o D si la protección real de la personas contra el acceso a partes peligrosas es superior que ese indicado por le primer número característico.

En general, envolturas con una codificación IP para la primera edición sería elegible para el mismo código de acuerdo a esta edición.

GRADOS DE PROTECCIÓN PROPORCIONADOS POR ENVOLTURAS (Códigos IP)

1. Alcance y objetivo

Esta norma aplica para la clasificación de grados de protección proporcionados por envolturas para equipos eléctricos con un voltaje nominal que no exceda 72,5 kW.

El objetivo de esta norma es entregar:

- a) *Definiciones* para grados de protección proporcionados por envolturas de equipos relacionados con:
 - 1) protección de personas contra acceso a partes peligrosas al interior del recinto;
 - 2) protección del equipo interior del recinto contra el ingreso de objetos sólidos externos;
 - 3) protección del equipo interior del recinto contra efectos perjudiciales debido al ingreso de agua.
- b) *Designaciones* para estos grados de protección.
- c) *Requisitos* para cada designación.
- d) *Ensayos* a ser efectuados para verificar que la envoltura reúne los requisitos de esta norma.

Permanecerá la responsabilidad de comités técnicos individuales para decidir sobre el grado y la manera en que, la clasificación es usada en sus normas y definir "recinto" como su aplicación a estos equipos. Sin embargo, es recomendado que para una clasificación dada los ensayos no difieran de esos especificados en esta norma. Una guía para los detalles a ser especificados en normas de productos relevantes es entregada en anexo B.

Para un tipo particular de equipo, un comité técnico puede especificar requisitos diferentes proporcionados en que al menos es mismo nivel de seguridad en asegurado.

Esta norma trata sólo de envolturas que son en todos los otros sentidos adecuados para sus usos previstos como se especifica en la norma relevante del producto y que desde el punto de vista de materiales y la ejecución se asegura que los grados de protección demandados son mantenidos bajo condiciones de uso normal.

Esta norma es también aplicable a envolturas vacíos proporcionados en que los requisitos de ensayo generales son reunidos y en que el grado de protección seleccionado es adecuado para el tipo de equipo a ser protegido.

Medidas para proteger tanto el recinto y el equipo interior del recinto contra influencias externas o condiciones tales como

- impactos mecánicos
- corrosión
- solventes corrosivos (por ejemplo, líquidos de corte)
- hongos
- bichos
- radiación solar
- glaseado
- humedad (por ejemplo, producida por condensación)
- atmósferas explosivas

y la protección contra el contacto con partes peligrosas en movimiento externas al recinto (tales como ventiladores), son materias para la norma del producto relevante a ser protegidas.

Barreras externas al recinto y no adjuntas a éste y obstáculos que han sido proporcionados solamente para la seguridad de personal no son considerados como una parte del recinto y no son tratados en esta norma.

2 Referencias Normativas

Los siguientes documentos normativos contienen provisiones, que a través de la referencia en este texto, constituye provisiones de esta Norma Internacional. Para las referencias fechadas, enmiendas subsecuentes a, o revisiones de, cualquiera de estas publicaciones no aplica. Sin embargo, las partes de los acuerdos basados en esta Norma Internacional se animan a investigar la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de los documentos normativos indicados abajo. Para referencias no fechadas, aplica la última edición de los documentos normativos referidos. Los miembros de la IEC y la ISO mantienen registros de Normas Internacionales válidas en la actualidad.

IEC 60050-195:1998, Vocabulario Electrotécnico Internacional (IEV) – Parte 195: Tierra y protección contra el choque eléctrico.

IEC 60050(826):1982, Vocabulario Electrotécnico Internacional (IEV) – Capítulo 826: Instalaciones eléctricas de edificios.

IEC 60068-1:1988, Ensayos ambientales – Parte 1: General y orientación.

IEC 60068-2-68:1994, Ensayos ambientales – Parte 2: Ensayos – Ensayo L: Polvo y arena.

IEC 60071-2:1996, Co-ordenación de aislamiento – Parte 2: Guía de aplicación.

3 Definiciones

Para el propósito de esta norma, aplican las siguientes definiciones:

3.1 Recinto

Una parte que proporciona protección del equipo contra ciertas influencias externas y, en cualquier dirección, protección contra el contacto directo [IEV 826-03-12]^{*}.

NOTA Esta definición tomada del Vocabulario Electrotécnico Internacional (IEV) existente, necesita las siguientes explicaciones bajo el alcance de esta norma:

- 1) Los envolturas proporcionan protección de personas o ganaderos contra el acceso a partes peligrosas.
- 2) Las barreras, formas de aberturas o cualquier otros medios – si están adjuntadas al recinto o formadas por el equipo cercado – adecuadas para prevenir o limitar la penetración de las sondas de ensayo especificadas, son consideradas como una parte del recinto, excepto cuando ellas pueden ser removidas sin el uso de una llave o herramienta.

3.2 Contacto directo

Contacto de personas o animales domésticos con partes vivas [IEV 826-03-05]

NOTA Esta definición IEC es entregada para información. En esta norma “contacto directo” es reemplazado por “acceso a partes peligrosas”.

* IEC 60050(826)

3.3 Grado de protección

El grado de protección proporcionado por una envoltura contra el acceso a partes peligrosas, contra el ingreso de objetos sólidos externos y/o contra el ingreso de agua y verificados por métodos de ensayo normalizados.

3.4 Código IP

Un sistema codificado para indicar los grados de protección proporcionados por una envoltura contra el acceso a partes peligrosas, ingreso de objetos sólidos externos, ingreso de agua y entregar información adicional en conexión con tal protección.

3.5 Parte peligrosas

Una parte que es peligrosa para acercarse o tocar.

3.5.1 Parte viva peligrosa

Una parte viva que, bajo ciertas condiciones de influencias externas, puede entregar un choque eléctrico (vea la IEC 60050-195, 195-06-05).

3.5.2 Parte mecánica peligrosa

Una parte móvil, con excepción de un eje de rotación liso, que es peligroso para tocar.

3.6 Protección proporcionada por una envoltura contra el acceso a partes peligrosas

La protección de personas contra el:

- contacto con partes vivas peligrosas de bajo voltaje
- contacto con partes mecánicas peligrosas
- acercamiento a partes vivas peligrosas de alto voltaje bajo separación adecuada al interior de una envoltura.

NOTA Esta protección puede ser proporcionada:

- por medio de la misma envoltura
- por medio de barreras como parte de la envoltura o distancias al interior de la envoltura.

3.7 Distancia adecuada para la protección contra el acceso a partes peligrosas

Una distancia para prevenir el contacto o acercamiento de un calibre de acceso a partes peligrosas.

3.8 Calibre de acceso

Un calibre de ensayo que simula de una manera convencional una parte de una persona o una herramienta, o similar, sostenido por una persona para verificar la separación adecuada de partes peligrosas.

3.9 Calibre-objeto

Un calibre de ensayo que simula un objeto sólido externo para verificar la posibilidad de ingreso al interior de una envoltura.

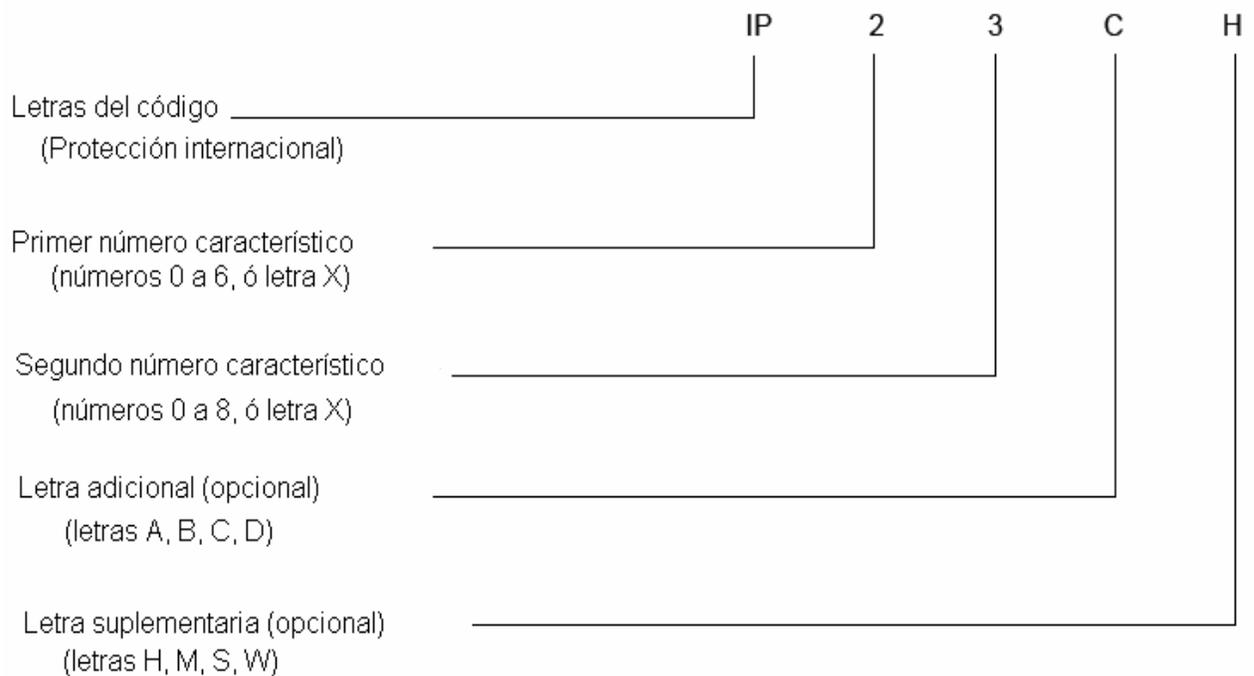
3.10 Abertura

Un espacio o abertura en una envoltura que existe o puede ser formado por la aplicación de un calibre de ensayo a la fuerza especificada.

4. Designaciones

El grado de protección proporcionado por una envoltura está indicado por el Código IP en el siguiente modo:

4.1 Disposición del Código IP



Donde un número característico no es requerido para ser especificado, será reemplazado por la letra "X" ("XX" si ambos números son omitidos).

Las letras adicionales y/o letras suplementarias pueden ser omitidas sin reemplazo.

Donde es usada más de una letra suplementaria, se aplicará la secuencia alfabética.

Si una envoltura proporciona diferentes grados de protección para diferentes disposiciones de montaje previstas, los grados de protección relevantes serán indicados por el fabricante en las instrucciones relacionadas a las disposiciones de montaje.

Los detalles para el marcado de una envoltura son entregados en la cláusula 10.

4.2 Elementos del Código IP y sus significados

Una breve descripción de los elementos del Código IP es entregada en el siguiente cuadro. Todos los detalles son especificados en las cláusulas indicadas en la última columna.

Elemento	Números o letras	Significados para la protección de equipo	Significado para la protección de personas	Ref.
Letras código	IP	-	-	-
Primer número característico	0 1 2 3 4 5 6	Contra el ingreso de objetos sólidos externos (no-protegido) ≥ 50 mm diámetro ≥ 12,5 mm diámetro ≥ 2,5 mm diámetro ≥ 2,0 mm diámetro Polvo-protegido Hermético al polvo	Contra el acceso a partes peligrosas con (no-protegió) Detrás de la mano Dedo Herramienta Cable Cable Cable	Cl. 5
Segundo número característico	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Contra el ingreso de agua con efectos perjudiciales (no-protegido) Goteando verticalmente Goteando (inclinado 15°) Rociando Salpicando Chorreando Chorro de gran alcance Inmersión transitoria Inmersión continua	-	Cl.6
Letra adicional (opcional)	A B C E	-	Contra el acceso a partes peligrosas con: Detrás de la mano Dedo Herramienta Cable	Cl.7
Letra suplementaria (opcional)	H M S W	Información suplementaria específica para: Aparatos de alto voltaje Movimiento durante ensayo de agua Estacionario durante ensayo de agua Condiciones atmosféricas	-	Cl.8

4.3 Ejemplos para el uso de letras en el Código IP

Los siguientes ejemplos son para explicar el uso y disposición de letras en el Código IP.

Para ejemplos de mayor compresión vea la cláusula 9.

IP44	-	sin letras, ni opciones;
IPX5	-	omitiendo el primer número característico;
IP2X	-	omitiendo el segundo número característico;
IP20C	-	usando letra adicional;
IPXXC	-	omitiendo ambos números característicos, usando letra adicional;
IPX1C	-	omitiendo primer número característico, usando letra adicional;
IP3XD	-	omitiendo segundo número característico, usando letra adicional;
IP23S	-	usando letra suplementaria;
IP21CM	-	usando letra adicional y letra suplementaria;
IPX5/IPX7	-	entregado dos grados de protección diferentes, por la envoltura, contra ambos chorros de agua e inmersión transitoria para aplicación "versátil".

5. Grados de protección contra el acceso a partes peligrosas y contra objetos sólidos externos indicados por el primer número característico

La designación con un primer número característico implica que se reúnen las condiciones establecidas en los puntos 5.1 y 5.2.

El primer número característico indica que:

- la envoltura proporciona protección de personas contra el acceso a partes peligrosas, previniendo o limitando el ingreso de una parte del cuerpo humano o un objeto sostenido por una persona;
y simultáneamente
- la envoltura proporciona protección de equipo contra el ingreso de objetos sólidos externos.

Una envoltura sólo será designada con un grado de protección establecido, indicado por el primer número característico si éste también cumple con todos los grados de protección más bajos.

Sin embargo, los ensayos que establecen conformidad con los grados de protección más bajos, no necesitan necesariamente ser realizados a condición que estos ensayos serían obviamente reunidos si fueran aplicados.

5.1 Protección contra el acceso a partes peligrosas

La tabla 1 entrega descripciones y definiciones para los grados de protección contra el acceso a partes peligrosas.

Los grados de protección listados in esta tabla se especificarán sólo por el primer número característico y no por referencia a la breve descripción o definición.

Para cumplir con las condiciones del primer número característico, la separación adecuada se mantendrá entre el calibre de acceso y las partes peligrosas.

Los ensayos son especificados en la cláusula 12.

Tabla 1 – Grados de protección contra el acceso a partes peligrosas indicadas por el primer número característico

Primer número característico	Grado de protección		Condiciones de ensayo, vea
	Breve descripción	Definición	
0	No-protegido	-	-
1	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con la parte posterior de una mano	El calibre de acceso, esfera de 50 mm \varnothing , tendrá una separación adecuada de partes peligrosas	12.2
2	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un dedo	El ensayo de prueba articulado de 12 mm \varnothing , 80 mm longitud, tendrá una separación adecuada de partes peligrosas	12.2
3	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con una herramienta	El calibre de acceso, de 2,5 mm \varnothing , no penetrará	12.2
4	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un cable	El calibre de acceso, de 1,0 mm \varnothing , no penetrará	12.2
5	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un cable	El calibre de acceso, de 1,0 mm \varnothing , no penetrará	12.2
6	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un cable	El calibre de acceso, de 1,0 mm \varnothing , no penetrará	12.2

NOTA En el caso del primer número característico 3, 4, 5 y 6, la protección contra el acceso a partes peligrosa es satisfactoria si se mantiene la separación adecuada. Esta separación sería especificada por el comité de producto relevante de acuerdo con el punto 12.3.
Debido a los requisitos simultáneos especificados en la tabla 2, la definición “no penetrará” es entrega en la tabla 1.

5.2 Protección contra objetos sólidos externos

La tabla 2 entrega breves descripciones y definiciones para los grados de protección contra la penetración de objetos sólidos externos incluyendo polvo.

Los grados de protección listados en esta tabla serán especificados sólo por el primer número característico y no por la referencia a la breve descripción o definición.

La protección contra el ingreso de objetos sólidos externos implica que los calibres objeto hasta el número 2 en la tabla 2 no penetrarán completamente la envoltura. Esto significa que al diámetro total de la esfera no pasará a través de una abertura en la envoltura. Los calibres objeto para los números 3 y 4 no penetrará la envoltura en absoluto.

Envolturas protegidas de polvo para el número 5 permiten la penetración de una limitada cantidad de polvo en ciertas condiciones.

Las envolturas herméticas al polvo para el número 6 no permiten penetración de polvo.

NOTA Las envolturas asignadas al primer número característico del 1 al 4, generalmente excluyen ambos regular e irregularmente formados de objetos sólidos externos a condición que tres de las dimensiones perpendiculares del objeto excedan la figura apropiada en columna 3 de la tabla 2.

Los ensayos están especificados en la cláusula 13.

Tabla 2 – Grados de protección contra objetos sólidos externos indicados por el primer número característico

Primer número característico	Grado de protección		Condiciones de ensayo, vea
	Breve descripción	Definición	
0	No-protegido	-	-
1	Protegido contra objetos sólidos externos de 50 mm Ø y mayor	El calibre de acceso, esfera de 50 mm Ø, no penetrará completamente ¹⁾	13.2
2	Protegido contra objetos sólidos externos de 12,5 mm Ø y mayor con un dedo	El calibre de acceso, esfera de 12,5 mm Ø, no penetrará completamente ¹⁾	13.2
3	Protegido contra objetos sólidos externos de 2,5 mm Ø y mayor	El calibre de acceso, esfera de 2,5 mm Ø, no penetrará completamente ¹⁾	13.2
4	Protegido contra objetos sólidos externos de 1,0 mm Ø y mayor	El calibre de acceso de 1,0 mm Ø, no penetrará en absoluto ¹⁾	13.2
5	Protegido del polvo	El ingreso de polvo no está totalmente prevenido pero el polvo no penetrará en una cantidad que interfiera con la operación satisfactoria del aparato o deteriore la seguridad.	13.4 13.5
6	Hermético al polvo	No ingreso de polvo.	13.4 y 13.6

¹⁾ El diámetro total del calibre de ensayo no pasará a través de ninguna abertura de la envoltura.

6. Grado de protección contra el ingreso de agua indicada por el segundo número característico

El segundo número característico indica el grado de protección proporcionado por envolturas con respecto a efectos perjudiciales en el equipo debido al ingreso de agua.

Los ensayos para el segundo número característico son realizados con agua fresca. La protección real puede no ser satisfactoria si son usadas operaciones de limpieza con alta presión y/o solventes.

La tabla 3 entrega una breve descripción y definiciones de la protección para los grados representados por el segundo número característico.

Los grados de protección listados en esta tabla serán especificados sólo por el segundo número característico y no por referencia a la breve descripción o definición.

Los ensayos están especificados en la cláusula 14.

Hasta e incluyendo el segundo número característico 6, la designación implica también conformidad con los requisitos para todos los números característicos más bajos. Sin embargo, los ensayos que establecen conformidad con los grados de protección más bajos, no necesitan necesariamente ser realizados a condición que estos ensayos serían obviamente reunidos si fueran aplicados.

Una envoltura diseñada con el segundo número característico 7 u 8 sólo es considerado inadecuado para exposición a chorros de agua (diseñado para el número característico 5 ó 6) y no necesita cumplir con los requisitos para los números 5 ó 6 a menos que sea dual cifrado como sigue:

La envoltura para la prueba para: Chorros de agua segundo número característico	Inmersión transitoria/continua Segundo número característico	Designación y marcado	Rango de aplicación
5	7	IPX5/IPX7	Versátil
6	7	IPX6/IPX7	Versátil
5	8	IPX5/IPX8	Versátil
6	8	IPX6/IPX8	Versátil
-	7	IPX7	Restringido
-	8	IPX8	Restringido

Las envolturas para aplicación “versátil” indicadas en la última columna reunirán requisitos para la exposición a ambos chorros de agua e inmersión transitoria o continua.

Las envolturas para aplicación “restringida” indicadas en la última columna son consideradas adecuadas sólo para inmersión transitoria o continua e inadecuada para exposición a chorros de agua.

Tabla 3 – Grados de protección contra el agua indicados por el segundo número característico

Segundo número característico	Grado de protección		Condiciones de ensayo, vea
	Breve descripción	Definición	
0	No-protegido	-	-
1	Protegido contra gotas de agua verticalmente descendentes	Las caídas de gotas verticales, no tendrán efectos perjudiciales	14.2.1
2	Protegido contra gotas de agua verticalmente descendentes cuando la envoltura está inclinada hasta 15°	Las caídas de gotas verticales, no tendrán efectos perjudiciales cuando la envoltura es inclinada a cualquier ángulo hasta 15° de cualquier lado del vertical	14.2.2
3	Protegido contra agua de rocío	El agua rociada a un ángulo hasta 60° de cualquier lado del vertical, no tendrá efectos perjudiciales	14.2.3
4	Protegido contra salpicaduras de agua	El agua salpicada contra la envoltura desde cualquier dirección, no tendrá efectos perjudiciales	14.2.4
5	Protegido contra chorros de agua	El agua proyectada en chorros contra la envoltura desde cualquier dirección, no tendrá efectos perjudiciales	14.2.5
6	Protegido contra chorros de agua de gran alcance	El agua proyectada en chorros de gran alcance contra la envoltura desde cualquier dirección, no tendrá efectos perjudiciales	14.2.6
7	Protegido contra los efectos de inmersión transitoria en agua	El ingreso de agua en cantidades que causen efectos perjudiciales, no será posible cuando la envoltura esté inmersa temporalmente en agua bajo condiciones normalizadas de presión y tiempo	14.2.7
8	Protegido contra los efectos de inmersión continua en agua	El ingreso de agua en cantidades que causen efectos perjudiciales, no será posible cuando la envoltura esté inmersa continuamente en agua bajo condiciones que se acordarán entre el fabricante y el usuario pero que sean más severas que para el número 7	14.2.8

7. Grados de protección contra el acceso a partes peligrosas indicadas por la letra adicional

La letra adicional indica el grado de protección de personas contra el acceso a partes peligrosas.

Las letras adicionales son usadas sólo:

- si la protección actual contra el acceso a partes peligrosas es mayor que el indicado para el primer número característico
- o si sólo la protección contra el acceso a partes peligrosas está indicado, siendo el primer número característico reemplazado por una X.

Por ejemplo, tal protección mayor puede ser proporcionada por barreras, forma adecuada de aberturas o distancias al interior de la envoltura.

La tabla 4 entrega calibres de acceso considerados por convención como representativo de partes del cuerpo humano y objetos sostenidos por una persona, y las definiciones para los grados de protección contra el acceso a partes peligrosas, indicados por las letras adicionales.

Una envoltura será sólo diseñada con un grado de protección establecido indicado por la letra adicional si la envoltura también cumple con todos los grados de protección más bajos. Sin embargo, los ensayos que establecen conformidad con los grados de protección más bajos, no necesitan necesariamente ser realizados a condición que estos ensayos serían obviamente reunidos si fueran aplicados.

Los ensayos son especificados en la cláusula 15.

Vea el anexo A para ejemplos de codificación IP.

Tabla 4 – Grados de protección contra el acceso a partes peligrosas indicadas por la letra adicional

Letra adicional	Grado de protección		Condiciones de ensayo, vea
	Breve descripción	Definición	
A	Protegido contra el acceso con la parte posterior de la mano	El calibre de acceso, esfera de 50 mm Ø, tendrá adecuada separación de partes peligrosas	15.2
B	Protegido contra el acceso con un dedo	El dedo de prueba articulado de 12 mm Ø, tendrá adecuada separación de partes peligrosas	15.2
C	Protegido contra el acceso con una herramienta	El calibre de acceso de 2,5 mm Ø, 100 mm de longitud, tendrá adecuada separación de partes peligrosas	15.2
D	Protegido contra el acceso con un cable	El calibre de acceso de 1,0 mm Ø, 100 mm de longitud, tendrá adecuada separación de partes peligrosas	15.2

8. Letras suplementarias

En la norma de producto relevante, puede ser indicada información suplementaria por una letra suplementaria siguiendo el segundo número característico o la letra adicional.

Tales casos excepcionales cumplirán con los requisitos de esta norma de seguridad básica y la norma de producto establecerá claramente el procedimiento adicional a realizar durante los ensayos para tal clasificación.

Las letras listadas a continuación ya han sido designadas y tienen el significado que se indica:

Letra	Significado
H	Aparatos de alto-voltaje
M	Ensayados para efectos perjudiciales debido al ingreso de agua cuando las partes móviles del equipo (por ejemplo, el rotor de una máquina giratoria) están en movimiento
S	Ensayados para efectos perjudiciales debido al ingreso de agua cuando las partes móviles del equipo (por ejemplo, el rotor de una máquina giratoria) están detenidos
W	Adecuado para el uso bajo condiciones climáticas específicas y proporcionadas con fallas o procesos protectores adicionales

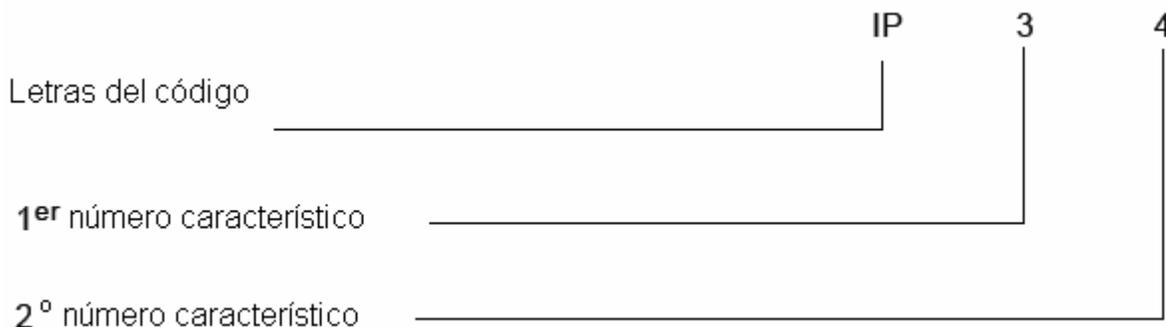
NOTA En la primera edición de la IEC 60529 la letra "W" con el mismo significado fue colocada inmediatamente después del código de letras "IP".

Otras letras pueden ser usadas en normas de producto. *

La ausencia de las letras S y M implica que el grado de protección no depende de si partes del equipo están o no en movimiento. Esto puede necesitar ensayos siendo hechos bajo ambas condiciones. Sin embargo, los ensayos que establecen conformidad con una de estas condiciones, es generalmente suficiente, a condición que estos ensayos en otra condición serían obviamente reunidos si fueran aplicados.

9. Ejemplos de designaciones con el Código IP

9.1 Código IP sin el uso de letras opcionales:

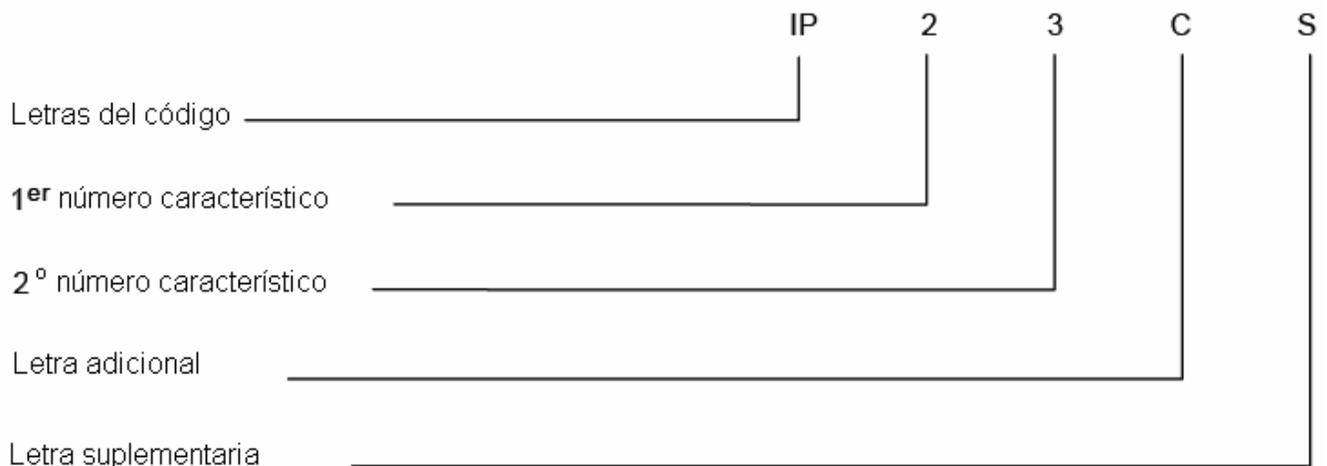


* Sin embargo, para evitar cualquier duplicado o letras suplementarias la Secretaría del comité técnico 70 sería consultada antes que cualquier nueva letra se introdujera por otro comité técnico.

Una envoltura con esta designación (Código IP)

- (3) - protege personas, herramientas manuales teniendo un diámetro de 2,5 mm y superior, contra el acceso a partes peligrosas;
 - protege el equipo al interior de la envoltura contra el ingreso de objetos sólidos externos teniendo un diámetro de 2,5 mm y superior;
- (4) - protege el equipo interior de la envoltura contra efectos perjudiciales debido a salpicadura de agua desde cualquier dirección, contra la envoltura.

9.2 Código IP usando letras opcionales:



Una envoltura con esta designación (Código IP)

- (2) - protege personas contra el acceso a partes peligrosas con dedos;
 - protege el equipo al interior de la envoltura contra el ingreso de objetos sólidos externos teniendo un diámetro de 12,5 mm y superior;
- (3) - protege el equipo al interior de la envoltura contra los efectos perjudiciales debido al agua rociada contra la envoltura;
- (C) - protege personas que manejan herramientas teniendo un diámetro de 2,5 mm y superior y una longitud que no exceda 100 mm contra el acceso a partes peligrosas (la herramienta puede penetrar la envoltura hasta su longitud total);
- (S) - es ensayado por protección contra efectos perjudiciales debido al ingreso de agua cuando todas las partes del equipo son estacionarias.

10. Marcado

Los requisitos de marcado serán especificados en la norma de producto relevante.

Donde sea apropiado, una norma debería especificar también el método de marcado a ser usado cuando:

- una parte de una envoltura tiene un grado de protección diferente a ese de otra parte de la misma envoltura;
- la posición de montaje tiene una influencia sobre el grado de protección;
- la profundidad de inmersión máxima y tiempo, son indicados.

11. Requisitos generales para ensayos

11.1 Condiciones atmosféricas para ensayos de agua o polvo

A menos que se especifique de otra manera en la norma de producto relevante, los ensayos deberían realizarse bajo las condiciones atmosféricas estándar descritas en la IEC 60068-1.

Las condiciones atmosféricas recomendadas durante los ensayos son las siguientes:

Rango de temperatura:	15 °C a 35 °C
Humedad relativa:	25 % a 75 %
Presión del aire:	86 kPa a 106 kPa (860 mbar a 1060 mbar)

11.2 Muestras de ensayo

Los ensayos especificados en esta norma son ensayos de tipo.

A menos que se especifique de otro modo en una norma de producto relevante, las muestras de ensayo para cada ensayo estarán en una condición limpia y nueva, con todas las partes en su lugar y montadas en la manera establecida por el fabricante.

Si es irrealizable ensayar el equipo completo, las partes representativas o un equipo más pequeño que tenga los mismos detalles completos de diseño, será ensayado.

La norma de producto relevante especificará detalles tales como:

- el número de muestras a ser ensayadas;
- condiciones para el montaje, ensamblaje y posicionamiento de las muestras, por ejemplo por el uso de una superficie vertical (techo, piso o pared);

NOTA Esto también aplica a equipo previsto para ser unido con otro equipo relevante, por ejemplo componentes que pueden ser usados ya sea solos o en un ensamble;

- el pre-acondicionamiento, si hay, que es para ser usado;
- si va a ser probado energizado o no;
- si va a ser ensayado con sus partes en movimiento o no.

En ausencia de tal especificación, se aplicarán las instrucciones del fabricante.

11.3 Aplicación de requisitos de ensayo e interpretación de resultados de ensayos

La aplicación de los requisitos generales para ensayos y las condiciones de aceptación para equipos que contengan orificios de drenaje o aberturas de ventilación, es responsabilidad del comité técnico relevante.

En ausencia de tal especificación, se aplicará el requisito de esta norma.

La interpretación del resultado de los ensayos es responsabilidad del comité técnico relevante. En ausencia de una especificación, al menos se aplicarán las condiciones de aceptación de esta norma.

11.4 Combinación de las condiciones de ensayo para el primer número característico

La designación con un primer número característico implica que todas las condiciones de ensayo son reunidas para este numeral.

Table 5 – Condiciones de ensayo para grados de protección indicados por el primer número característico

Primer número característico	Ensayo de protección contra	
	acceso a partes peligrosas	objetos sólidos externos
0	Ensayo no requerido.	Ensayo no requerido.
1	La esfera de 50 mm Ø no penetrará completamente y se mantendrá una separación adecuada.	
2	El ensayo de dedo articulado puede penetrar hasta 80 mm de longitud, pero se mantendrá una adecuada separación.	La esfera de 12,5 mm Ø no penetrará completamente
3	La barra de ensayo de 2,5 mm Ø no penetrará y se mantendrá una adecuada separación.	
4	El cable de ensayo de 1,0 mm Ø no penetrará y se mantendrá una adecuada separación.	
5	El cable de ensayo de 1,0 mm no penetrará y se mantendrá una adecuada separación.	Protector de polvo como el que se especifica en tabla 2.
6	El cable de ensayo de 1,0 mm no penetrará y se mantendrá una adecuada separación.	Protector hermético como el que se especifica en tabla 2.
En el caso que los primeros números característicos 1 y 2 “no penetren completamente”, significa que el diámetro total de la esfera no pasará a través de una abertura del recinto.		

11.5 Envolturas vacíos

Si la envoltura es ensayada sin el equipo adentro, los requisitos detallados serán indicados por el fabricante de la envoltura en sus instrucciones por el arreglo y el espacio de partes peligrosas o partes que pueden ser afectadas por la penetración de objetos externos o agua.

El fabricante del ensamblaje final asegurarán que tras el equipo eléctrico es incluida la envoltura que reúne el grado de protección declarado, del producto final.

12. Ensayos para la protección contra el acceso a partes peligrosas indicadas por el primer número característico

12.1 Calibres de acceso

Los calibres de acceso para ensayar la protección de personas contra el acceso a partes peligrosas son entregados en la tabla 6.

12.2 Condiciones de ensayo

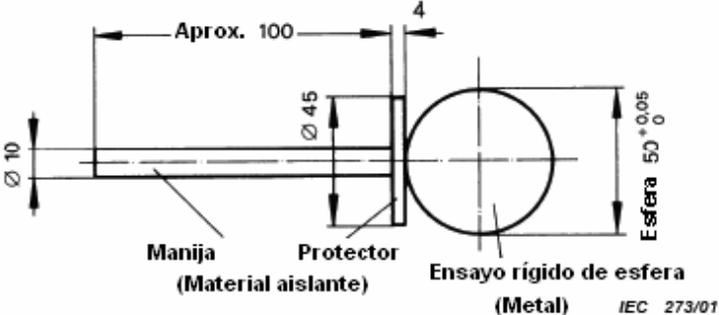
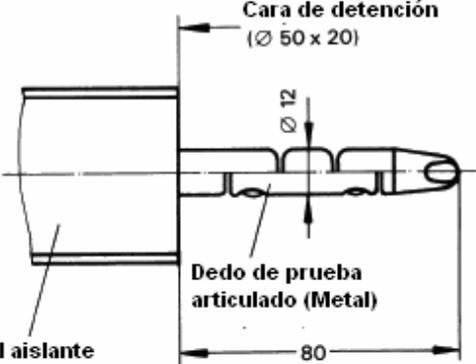
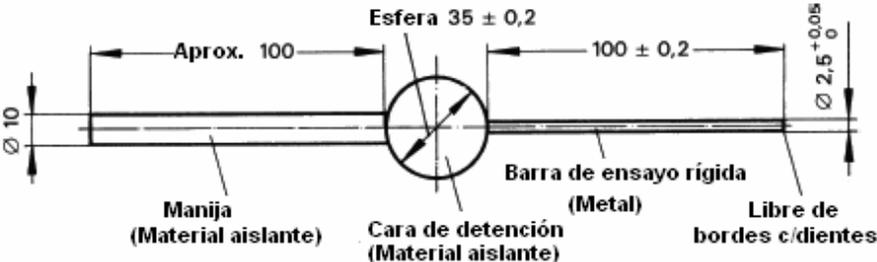
El calibre de acceso es empujado contra o (en caso del ensayo para primer número característico 2) insertado a través de cualquier abertura de la envoltura con la fuerza especificada en la tabla 6.

Para los ensayos de equipos con bajo voltaje, un suministro de bajo voltaje (de no menos de 40 V y no más de 50 V) en series con una lámpara adecuada deberá ser conectado entre el calibre y las partes peligrosas interiores de la envoltura. Las partes vivas peligrosas serán cubiertas sólo con barniz o pintura, o protegido por un proceso de oxidación o similar, son cubiertos por un papel de metal eléctricamente conectado a esas partes que están normalmente vivas en operación.

El método circuito-símbol también será aplicado a las partes peligrosas en movimiento de equipo de alto voltaje.

Las partes internas en movimiento pueden ser operadas lentamente, donde es posible.

**Tabla 6 – Calibres de acceso para los ensayos para la protección de personas
contra el acceso a partes peligrosas**

Primer número	Letra adicional	Calibre de acceso	Fuerza de ensayo
1	A	<p data-bbox="743 296 1062 323">Esfera de 50 mm de diámetro</p> 	50 N ± 10 %
2	B	<p data-bbox="769 688 1078 716">Ensayo de prueba articulado</p> <p data-bbox="461 789 646 867">Vea figura 1 para las dimensiones completas</p> 	10 N ± 10 %
3	C	<p data-bbox="574 1140 1198 1167">Barra de ensayo de 2,5 mm de diámetro, 100 mm de largo</p> 	3 N ± 10 %
4, 5, 6	D	<p data-bbox="607 1539 1230 1566">Cable de ensayo de 1,0 mm de diámetro, 100 mm de largo</p> 	1 N ± 10 %

12.3 Condiciones de aceptación

La protección es satisfactoria y es mantenida una separación adecuada entre el calibre de acceso y las partes peligrosas.

Para el ensayo del primer número característico 1, el calibre de acceso de 50 mm de diámetro, no pasará completamente a través de la abertura.

Para el ensayo del primer número característico 2, el dedo de prueba articulado puede penetrar sus 80 mm de longitud, pero la cara de detención (\varnothing 50 mm x 20 mm) no pasará a través de la abertura. Empezando desde la posición recta, ambas articulaciones del dedo de prueba serán sucesivamente inclinadas a través de un ángulo de hasta 90° con respecto al eje de la sección colindante del dedo y será colocado en cada posición posible.

Vea el anexo A para clarificación adicional.

Medios de separación adecuada.

12.3.1 Para equipos en bajo voltaje (voltajes nominales que no excedan 1000 V.a.c. y 1500 V.d.c.).

El calibre de acceso no tocará partes vivas dañinas.

Si se verifica la separación adecuada por un circuito de señal entre el calibre y las partes peligrosas, la lámpara no encenderá.

NOTA Llama la atención de los comités técnicos relevantes, al hecho que en algunos tipos de equipos eléctricos el voltaje máximo producido internamente (valor r.m.s. o valor d.c. del voltaje de trabajo) es mayor que el voltaje nominal del equipo. Este voltaje máximo debe ser considerado cuando el voltaje de ensayo dieléctrico y la separación adecuada son determinadas.

12.3.2 Para equipos en alto voltaje (voltajes nominales que excedan 1000 V.a.c. y 1500 V.d.c.).

Cuando el calibre de acceso es colocado in la(s) posición(es) más desfavorable(s), el equipo será capaz de resistir los ensayos dieléctricos como se especifica en la norma de producto relevante aplicable al equipo.

La verificación puede ser ya sea por ensayo dieléctrico o por inspección de la dimensión de separación especificada en el aire la que aseguraría que los ensayos deben ser satisfactorios bajo la configuración del campo eléctrico más desfavorable (vea la IEC 60071-2).

En el caso donde una envoltura incluye secciones a diferentes niveles de voltaje, las condiciones de aceptación apropiadas para la separación adecuada, serán aplicadas para cada sección.

NOTA Llama la atención de los comités técnicos relevantes, al hecho que en algunos tipos de equipos eléctricos el voltaje máximo producido internamente (valor r.m.s. o valor d.c. del voltaje de trabajo) es mayor que el voltaje nominal del equipo. Este voltaje máximo debe ser considerado cuando el voltaje de ensayo dieléctrico y la separación adecuada son determinadas.

12.3.3 Para equipo con partes mecánicas peligrosas

El calibre de acceso no tocará partes mecánicas peligrosas.

Si la separación adecuada es verificada por un circuito de señal entre el calibre y las partes peligrosas, la lámpara no se encenderá.

13. Ensayos para la protección contra objetos sólidos externos indicados por el primer número característico

13.1 Medios de ensayo

Los medios de ensayo y las condiciones de ensayo principal son entregados en la tabla 7.

Tabla 7 – Medios de ensayo para los ensayos de protección contra objetos sólidos externos

Primer número característico	Medios de ensayo (calibres objeto y cámara de polvo)	Fuerza de ensayo	Vea, condiciones de ensayo
0	Ensayo no requerido.	-	-
1	Esfera rígida sin asa o protector de 50 de diámetro $+0,05$ 0	50 N \pm 10 %	13.2
2	Esfera rígida sin asa o protector de 12,5 de diámetro $+0,2$ 0	30 N \pm 10 %	13.2
3	Barra de acero rígido de 2,5 $+0,05$ mm de diámetro con bordes libres 0 de dientes	3 N \pm 10 %	13.2
4	Barra de acero rígido de 1,0 $+0,05$ mm de diámetro con bordes libres 0 de dientes	1 N \pm 10 %	13.2
5	Cámara de polvo en figura 2, con o sin bajo-presión.	-	13.4 + 13.5
6	Cámara de polvo en figura 2, con bajo-presión.	-	13.4 + 13.6

13.2 Condiciones de ensayo para los primeros números característicos 1, 2, 3 y 4

El calibre objeto es empujado contra cualquiera de las aberturas de la envoltura con la fuerza especificada en la tabla 7.

13.3 Condiciones de aceptación para los primeros números característicos 1, 2, 3 y 4

La protección es satisfactoria si el diámetro total del calibre especificado en la tabla 7, no pasa a través de cualquier abertura.

NOTA Para los primeros números característicos 3 y 4, los calibres especificados en tabla 7 son previstos para simular objetos externos que pueden ser esféricos. Donde una envoltura tiene una trayectoria de entrada indirecta o tortuosa y hay alguna duda sobre el ingreso de un objeto esférico capaz de moverse, puede ser necesario examinar dibujos o proporcionar acceso especial para el calibre objeto a ser aplicado con la fuerza específica a la(s) abertura(s) donde el ingreso ha sido verificado.

13.4 Ensayo de polvo para los primeros números característicos 5 y 6

El ensayo es realizado usando una cámara de polvo incorporando los principios básicos mostrados en figura 2 a través de los cuales la bomba de circulación de polvo puede ser reemplazada por otro medio adecuado para mantener el polvo de talco en suspensión en una cámara de ensayo cerrada. El talco usado, será capaz de pasar a través de un tamiz cuadrado endientado donde el diámetro del cable nominal es de 50 μ m y el ancho nominal de un espacio entre los cables 75 μ m. La cantidad de polvo a ser usada es de 2 kg por metro cúbico del volumen de la cámara de ensayo. Éste no habrá sido usado para más de 20 ensayos.

NOTA Las reglas de salud y seguridad serán observadas en la selección del tipo de talco y su uso.

Las envolturas son necesarias en una de las dos categorías:

Categoría 1: Envoltura donde el ciclo de trabajo normal del equipo causa reducciones en la presión de aire dentro de la envoltura debajo del aire circundante, por ejemplo, debido a efectos cíclicos térmicos.

Categoría 2: Envoltura donde ninguna diferencia de presión relativa al aire circundante, está presente.

Envolturas Categoría 1:

La envoltura bajo ensayo es apoyada al interior de la cámara de ensayo y la presión al interior de la envoltura es mantenida bajo la presión atmosférica de alrededor por una bomba de vacío. La conexión de succión será hecha a un orificio especialmente proporcionado para este ensayo. Si no se especifica de otro modo en la norma de producto relevante, éste orificio estará en los alrededores de las partes vulnerables.

Si no es posible hacer un orificio especial, la conexión de succión será hecha al orificio de entrada del cable. Si hay otros orificios (por ejemplo, más orificios de entrada de cable u orificios de drenaje) estos serán tratados como previstos para el uso normal o in-situ.

El objeto del ensayo es provocar en la envoltura, por medio de depresión, un volumen de aire 80 veces el volumen de la muestra de la envoltura ensayada sin exceder la extracción nominal de 60 volúmenes por hora. En ningún evento la depresión excederá 2 kPa (20 mbar) en el manómetro que muestra en figura 2.

Si se obtiene una extracción nominal de 40 a 60 volúmenes por hora, la duración del ensayo es de 2 h.

Si, con una depresión máxima de 2 kPa (20 mbar) la extracción nominal es menor a 40 volúmenes por hora, el ensayo es continuado hasta que se han establecido 80 volúmenes, o transcurrido un período de 8 h.

Envolturas Categoría 2:

La envoltura bajo ensayo es apoyada en su posición de operación normal al interior de la cámara de ensayo, pero no está conectada a una bomba de vacío. Cualquier orificio de drenaje normalmente abierto, se abrirá a la izquierda durante el ensayo. El ensayo se continuará por un período de 8 h.

Envolturas categoría 1 y categoría 2:

Si no es factible ensayar la envoltura completa en la cámara de ensayo, uno de los siguientes procedimientos será aplicado:

- ensayo de las secciones de la envoltura adjuntadas individualmente;
- ensayo de partes representativas de la envoltura, que comprenden componentes tales como puertas, aberturas de ventilación, juntas, sellos de ejes, etc., en posición, durante el ensayo;
- ensayo de una envoltura más pequeña que tenga los mismos detalles de diseño de la escala completa.

En los últimos dos casos, el volumen del aire que se pueda extraer a través de la envoltura bajo ensayo, será el mismo que el para la envoltura total en escala completa.

13.5 Condiciones específicas para el primer número característico 5

13.5.1 Condiciones de ensayo para el primer número característico 5

La envoltura será considerada categoría 1 a menos que la norma de producto relevante para el equipo especifique que la envoltura es categoría 2.

13.5.2 Condiciones de aceptación para el primer número característico 5

La protección es satisfactoria si, en la inspección, el polvo de talco no ha acumulado en una cantidad o ubicación tal que, como con cualquier otro tipo de polvo, podría interferir con la operación correcta del equipo o seguridad perjudicial. Excepto en casos especiales a ser claramente especificados en la norma de producto relevante, ningún polvo se depositará donde podría llevar el seguimiento a lo largo de distancias de contorneamiento.

13.6 Condiciones específicas para el primer número característico 6

13.6.1 Condiciones de ensayo para el primer número característico 6

La envoltura será considerada categoría 1, si las reducciones en la presión bajo la presión atmosférica, están presentes o no.

13.6.2 Condiciones de aceptación para el primer número característico 6

La protección es satisfactoria si no se observa depósito de polvo al interior de la envoltura al final del ensayo.

14. Ensayos para la protección contra agua indicados por el segundo número característico

14.1 Medios de ensayo

Los medios de ensayo y las condiciones de ensayo principal son entregados en la tabla 8.

Tabla 8 – Medios de ensayo y condiciones de ensayo principales para los ensayos para protección contra agua

Segundo número característico	Medios de ensayo	Flujo de agua nominal	Duración del ensayo	Vea, condiciones de ensayo
0	Ensayo no requerido.		-	-
1	Caja de goteo Figura 3 Envoltura en giratoria	1+ 0,05 mm/min 0	10 min	14.2.1
2	Caja de goteo Figura 3 Envoltura fijada en 4 posiciones de 15° de inclinación	3+ 0,05 mm/min 0	2,5 min para cada posición de inclinación	14.2.2
3	Tubo de oscilación Figura 4 Rocío a $\pm 60^\circ$ del vertical, Distancia máx. 200 mm O Boquilla de rocío Figura 5 Rocío a $\pm 60^\circ$ del vertical	0,07 l/min $\pm 5\%$ por orificio, multiplicado por número de orificios 10 l/min $\pm 5\%$	10 min 1 min/m ² al menos 5 min	14.2.3 a) 14.2.3.b)
4	Como para el número 3 Rocío a $\pm 180^\circ$ del vertical	Como para el número 3		14.2.4
5	Boquilla de chorro de agua de la manguera Figura 6 Boquilla de 6,3 mm diámetro, distancia de 2,5 m a 3 m	12,5 l/min $\pm 5\%$	1 min/m ² al menos 3 min	14.2.5
6	Boquilla de chorro de agua de la manguera Figura 6 Boquilla de 12,5 mm diámetro, distancia de 2,5 m a 3 m	100 l/min $\pm 5\%$	1 min/m ² al menos 3 min	14.2.6
7	Estanque de inmersión Nivel de agua en la envoltura: 0,15 m sobre la parte superior 1 metro sobre el fondo	-	30 min	14.2.7
8	Estanque de inmersión Nivel de agua: por acuerdo	-	Por acuerdo	14.2.8

14.2 Condiciones de ensayo

Los medios de ensayo y las condiciones de ensayo principales, son entregados en tabal 8. Detalles concernientes al cumplimiento de los grados de protección – en particular para los segundos números característicos 5/6 (chorros de agua) y números 7/8 (inmersión) – son entregados en cláusula 6.

Los ensayos son realizados con agua fresca.

Durante los ensayos para IPX1 a IPX6 la temperatura de agua no debe diferir por más de 5 K de la temperatura de la muestra bajo ensayo. Si la temperatura del agua es mayor a 5 K bajo la temperatura de la muestra, una presión de equilibrio será proporcionada para la envoltura. Para IPX7 serán entregados detalles de la temperatura del agua en punto 14.2.7.

Durante el ensayo, la humedad contenida al interior de la envoltura puede condensar en parte. El rocío que podría así depositarse, no será confundido con un ingreso de agua.

Para el propósito de estos ensayos, el área de la superficie de la envoltura es calderada con una tolerancia de 10%.

Deben tomarse precauciones de seguridad adecuadas cuando se ensaye el equipo en condición energizada.

14.2.1 Ensayo para el segundo número característico 1 con la caja de goteo

El ensayo es hecho con un dispositivo que produce un flujo uniforme de gotas de agua sobre el área total de la envoltura.

Un ejemplo de tal dispositivo, se muestra en la figura 3 a).

El giratorio sobre el cual se coloca la envoltura, tiene una velocidad de rotación de 1 r/min y la excentricidad (distancia entre el eje giratorio y el eje de la muestra) es de aproximadamente 100 mm.

La envoltura bajo ensayo es colocada en la posición de operación normal bajo la caja de goteo, donde la base es más grande que la de la envoltura. Excepto para envolturas diseñadas para paredes o montaje en techo, el soporte para la envoltura bajo ensayo debe ser más pequeño que la base de la envoltura.

Una envoltura normalmente fijada a la pared o al techo es fijada en su posición normal de uso al tablero de madera de iguales dimensiones a esas de la superficie de la envoltura que está en contacto con el muro o techo cuando la envoltura está montada como en uso normal.

La duración del ensayo es de 10 min.

NOTA Cuando la base de la caja de goteo es más pequeña que esas de la envoltura bajo ensayo, la última puede ser dividida en diversas secciones, el área de cada sección siendo suficientemente amplia para ser cubierta por el goteo de agua. El ensayo es continuado hasta que el área total de la envoltura ha sido rociada por el tiempo especificado.

14.2.2 Ensayo para el segundo número característico 2 con la caja de goteo

El dispositivo de goteo es el mismo que especifica el punto 14.2.1, ajustado para proporcionar el flujo de agua nominal especificado en tabla 8.

La mesa en que se coloca la envoltura, no se da vuelta como el caso del ensayo para el segundo número característico 1.

La envoltura es ensayada por 2,5 min en cada una de las posiciones fijas de inclinación.

Estas posiciones son 15° a cualquier lado del vertical en dos planos mutuamente perpendiculares (vea figura 3b)).

La duración total del ensayo es de 10 min.

14.2.3 Ensayo para el segundo número característico 3 con tubo de oscilación o boquilla de rocío

El ensayo es realizado usando uno de los dos dispositivos de ensayo descritos en la figura 4 y en la figura 5 de acuerdo con la norma de producto relevante.

a) Condiciones cuando se usa el dispositivo de ensayo de la figura 4 (tubo de oscilación). El flujo nominal total es ajustado como se especifica en tabla 9 y es medido con un medidor de flujo.

El tubo de oscilación es proporcionado con orificios de rocío sobre un arco de 60° a cualquier lado del punto central. El soporte no es perforado.

La envoltura a ser ensayada es colocada en el punto central del semicírculo. El tubo causa una oscilación a través de un ángulo de 120°, 60° a cualquier lado del vertical, siendo el tiempo para una oscilación completa (2 x 120°) alrededor de 4 s y siendo la duración del ensayo 5 min.

La envoltura es volteada luego, a través de un ángulo horizontal de 90° y el ensayo se continúa por unos 5 min adicionales.

El radio máximo aceptable del tubo de oscilación, es de 1600 mm.

Si para ciertos tipos de aparatos no es posible mojar todas la partes de la envoltura bajo ensayo, el soporte de la envoltura puede ser movido arriba o abajo. El dispositivo de ensayo manual como en la figura 5 (boquilla de rocío), debe ser usado como preferencia en tales casos.

- b) Condiciones cuando se usa el dispositivo de ensayo de la figura 5 (boquilla de rocío). El protector contrapesado está en su lugar para este ensayo. La presión de agua es ajustada para entregar el índice de entrega especificada. La presión para alcanzar esta entrega nominal estará en el rango de 50 kPa a 150 kPa. Ésta debe permanecer constante durante el ensayo. La duración del ensayo es 1 min/m² del área de la superficie calculada de la envoltura (excluyendo cualquier superficie montada), con una duración mínima de 5 min.

14.2.4 Ensayo para el segundo número característico 4 con tubo de oscilación o boquilla de rocío

El ensayo es realizado usando uno de los dos dispositivos de ensayo descritos en la figura 4 y en la figura 5 de acuerdo con la norma de producto relevante.

- a) Condiciones cuando se usa el dispositivo de ensayo de la figura 4 (tubo de oscilación). El tubo de oscilación tiene orificios de rocío sobre el total de 180° del semicírculo. El flujo nominal total es ajustado como el que se especifica la tabla 9 y es medido con un medidor de flujo. El tubo causa una oscilación a través de un ángulo de casi 360°, 180° a cualquier lado del vertical, siendo el tiempo para una oscilación completa (2 x 360°) alrededor de 12 s. La duración del ensayo es de 10 min. Si no se especifica de otro modo en la norma de producto relevante, el soporte para la envoltura bajo ensayo es perforada a fin de evitar que actúe como un separador y la envoltura es rociada desde todas direcciones por oscilación del tubo al límite de su viaje en cada dirección.
- b) Condiciones cuando se usa el dispositivo de ensayo de la figura 5 (boquilla de rocío). El protector contrapesado es removido desde la boquilla de rocío y la envoltura es rociada desde todas las direcciones factibles. El índice del flujo de agua y el tiempo de rocío por área de unidad, son especificados en el punto 14.2.3.

Tabla 9 – Condiciones de ensayo flujo nominal de agua total q_v bajo IPX3 e IPX4 – Significa el flujo nominal por orificio $q_{vi} = 0,07$ l/min

Radio tubo R mm	Grado IPX3		Grado IPX4	
	Número de orificios abiertos N ¹⁾	Flujo total de agua q_v l/min	Número de orificios abiertos N ¹⁾	Flujo total de agua q_v l/min
200	8	0,56	12	0,84
400	16	1,1	25	1,8
600	25	1,8	37	2,6
800	33	2,3	50	3,5
1000	41	2,9	62	4,3
1200	50	3,5	75	5,3
1400	58	4,1	87	6,1
1600	67	4,7	100	7,0

¹⁾ Dependiendo de la colocación real de los centros de los orificios a la distancia especificada, el número de orificios abiertos N puede ser incrementado por 1.

14.2.5 Ensayo para el segundo número característico 5 con la boquilla de 6,3 mm

El ensayo es realizado por rocío de la envoltura desde todas las direcciones factibles con un chorro de agua desde una boquilla de ensayo estándar como muestra la figura 6.

Las condiciones a ser observadas son como sigue:

- diámetro interior de la boquilla: 6,3 mm;
- índice de entrega: 12,5 l/min \pm 5 %;
- presión de agua: a ser ajustada para alcanzar el índice de entrega especificado;
- base del flujo sustancial: círculo de aproximadamente 40 mm de diámetro a 2,5 m de distancia de la boquilla;
- duración de ensayo por metro cuadrado del área de la superficie de la envoltura probable para ser rociada: 1 min;
- duración de ensayo mínima: 3 min;
- distancia de la boquilla a la superficie de la envoltura: entre 2,5 m y 3 m.

14.2.6 Ensayo para el segundo número característico 6 con la boquilla de 12,5 mm

El ensayo es realizado por rocío de la envoltura desde todas las direcciones factibles con un chorro de agua desde una boquilla de ensayo estándar como muestra la figura 6.

Las condiciones a ser observadas son como sigue:

- diámetro interior de la boquilla: 12,5 mm;
- índice de entrega: 100 l/min \pm 5 %;
- presión de agua: a ser ajustada para alcanzar el índice de entrega especificado;
- base del flujo sustancial: círculo de aproximadamente 120 mm de diámetro a 2,5 m de distancia de la boquilla;
- duración de ensayo por metro cuadrado del área de la superficie de la envoltura probable para ser rociada: 1 min;
- duración de ensayo mínima: 3 min;
- distancia de la boquilla a la superficie de la envoltura: entre 2,5 m y 3 m.

14.2.7 Ensayo para el segundo número característico 7: inmersión transitoria entre 0,15 m y 1 m

El ensayo es realizado sumergiendo completamente la envoltura en agua en su posición de servicio como lo especifica el fabricante tal que las siguientes condiciones sean satisfechas:

- a) el punto más bajo de las envolturas con una altura menor a 850 mm es ubicado a 100 mm bajo la superficie del agua;
- b) el punto más alto de las envolturas con una altura igual a o mayor que 850 mm es ubicado a 150 mm bajo la superficie del agua;;
- c) la duración del ensayo es de 30 min;
- d) la temperatura del agua no difiera de esa del equipo por más de 5 K. Sin embargo, un requisito modificado puede ser especificado en la norma de producto relevante si los ensayos son para ser realizados cuando el equipo es energizado y/o sus partes en movimiento.

14.2.8 Ensayo para el segundo número característico 8: inmersión continua sujeta a acuerdo

A menos que haya una norma de producto relevante, las condiciones de ensayo son sometidas a acuerdo entre el fabricante y el usuario, pero ellas serán más severas que esas prescritas en el punto 14.2.7 y se tendrá en cuenta la condición de que la envoltura estará continuamente sumergida en el uso real.

14.3 Condiciones de aceptación

Después del ensayo de acuerdo con los requerimientos apropiados del punto 14.2.1 a 14.2.8, la envoltura será inspeccionada por el ingreso de agua.

Es responsabilidad del comité técnico relevante, especificar la cantidad de agua que puede ser permitida para ingresar a la envoltura y los detalles del ensayo de fuerza dieléctrica, si los hay.

En general, si cualquier agua ha ingresado, no:

- será suficiente para interferir con la operación correcta del equipo o perjudique su seguridad;
- se depositará en partes aislantes, donde podría dar lugar al seguimiento a lo largo de las distancias de contorneamiento;
- alcanzará partes vivas o sinuosas que no están diseñadas para operar mojadas;
- se acumulará cerca del extremo del cable o ingresará al cable si lo hay.

Si la envoltura es proporcionada con orificios de drenaje, será probado por inspección que cualquier agua que ingrese, no se acumule y que drene lejos sin hacer ningún daño al equipo.

Para envolturas sin orificios de drenaje, la norma de producto relevante especificará las condiciones de aceptación si se puede acumular agua para alcanzar partes vivas.

15. Ensayos para la protección contra el acceso a partes peligrosas indicadas por la letra adicional

15.1 Calibres de acceso

Los calibres de acceso para verificar la protección de personas contra el acceso a partes peligrosas son entregados en la tabla 6.

15.2 Condiciones de ensayo

El calibre de acceso es empujado contra cualquier abertura de la envoltura con la fuerza especificada en la tabla 6. Si ésta penetra, total o parcialmente, será colocada en todas las posiciones posibles, pero en ningún caso la cara de detención penetrará completamente a través de la abertura.

Las barreras internas son consideradas parte de la envoltura como se define en el punto 3.1.

Para ensayos en equipos de bajo voltaje, un suministro de bajo voltaje (de no menos de 40 V y no más de 50 V) en series con una lámpara adecuada, debe ser conectado entre el calibre y las partes peligrosas internas de la envoltura. Partes vivas peligrosas cubiertas sólo con barniz o pintura, o protegidas por oxidación o por un proceso similar, serán cubiertas por un papel de metal eléctricamente conectado a esas partes que están normalmente vivas durante la operación.

El método señal-circuito debe también ser aplicado a las partes peligrosas en movimiento, del equipo de alto voltaje.

Las partes internas en movimiento pueden ser operadas lentamente, donde esto es posible.

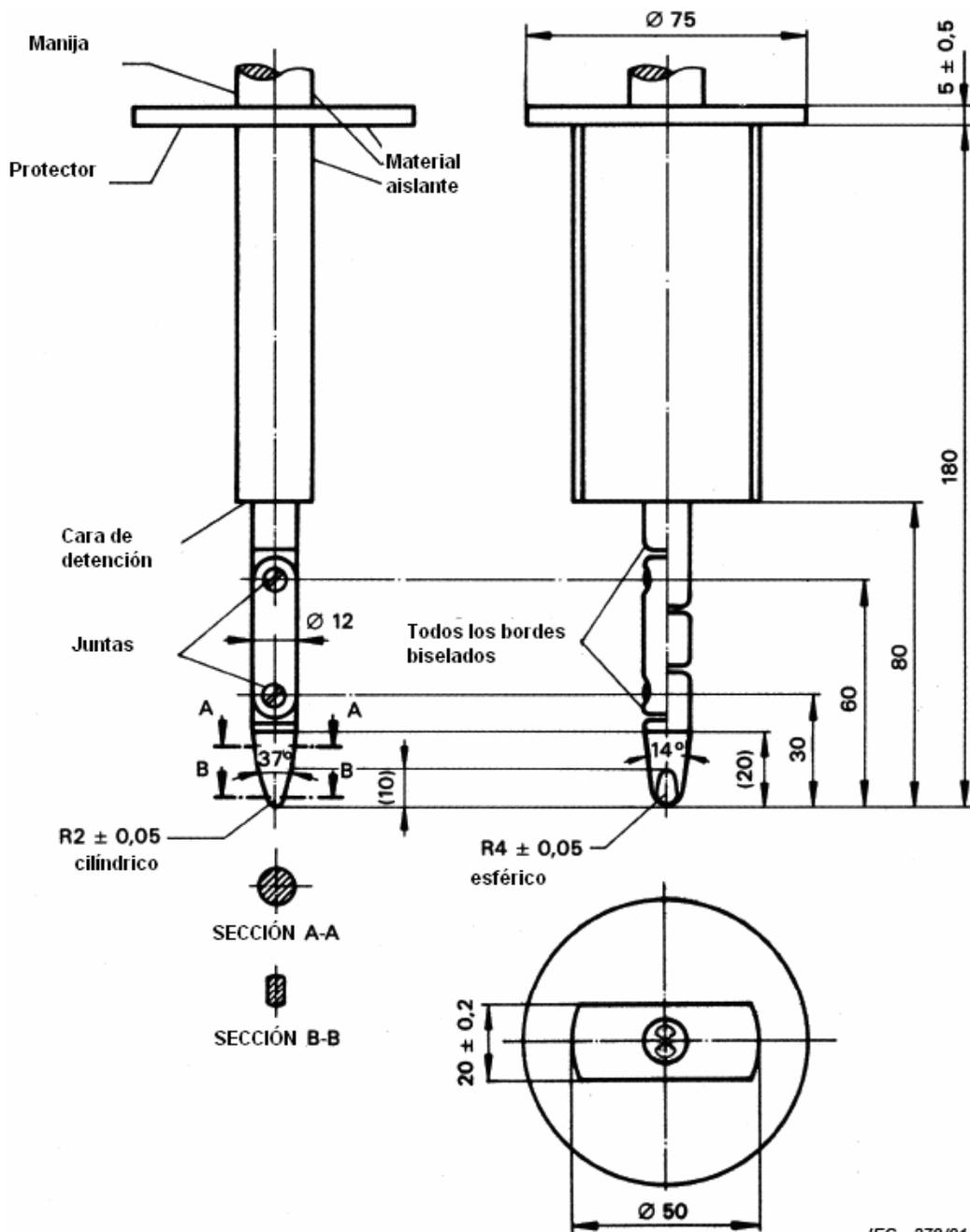
15.3 Condiciones de aceptación

La protección es satisfactoria si se mantiene una separación adecuada entre el calibre de acceso y las partes peligrosas.

En el caso del ensayo para la letra adicional B, el dedo de prueba articulado puede penetrar sus 80 mm de longitud, pero la cara de detención (\varnothing 50 mm x 20 mm) no pasará a través de la abertura. Comenzando desde la posición recta, ambas articulaciones del dedo de prueba serán sucesivamente inclinadas a través de un ángulo de hasta 90° con respecto al eje de la sección adjunta del dedo y serán colocadas en cada posición posible.

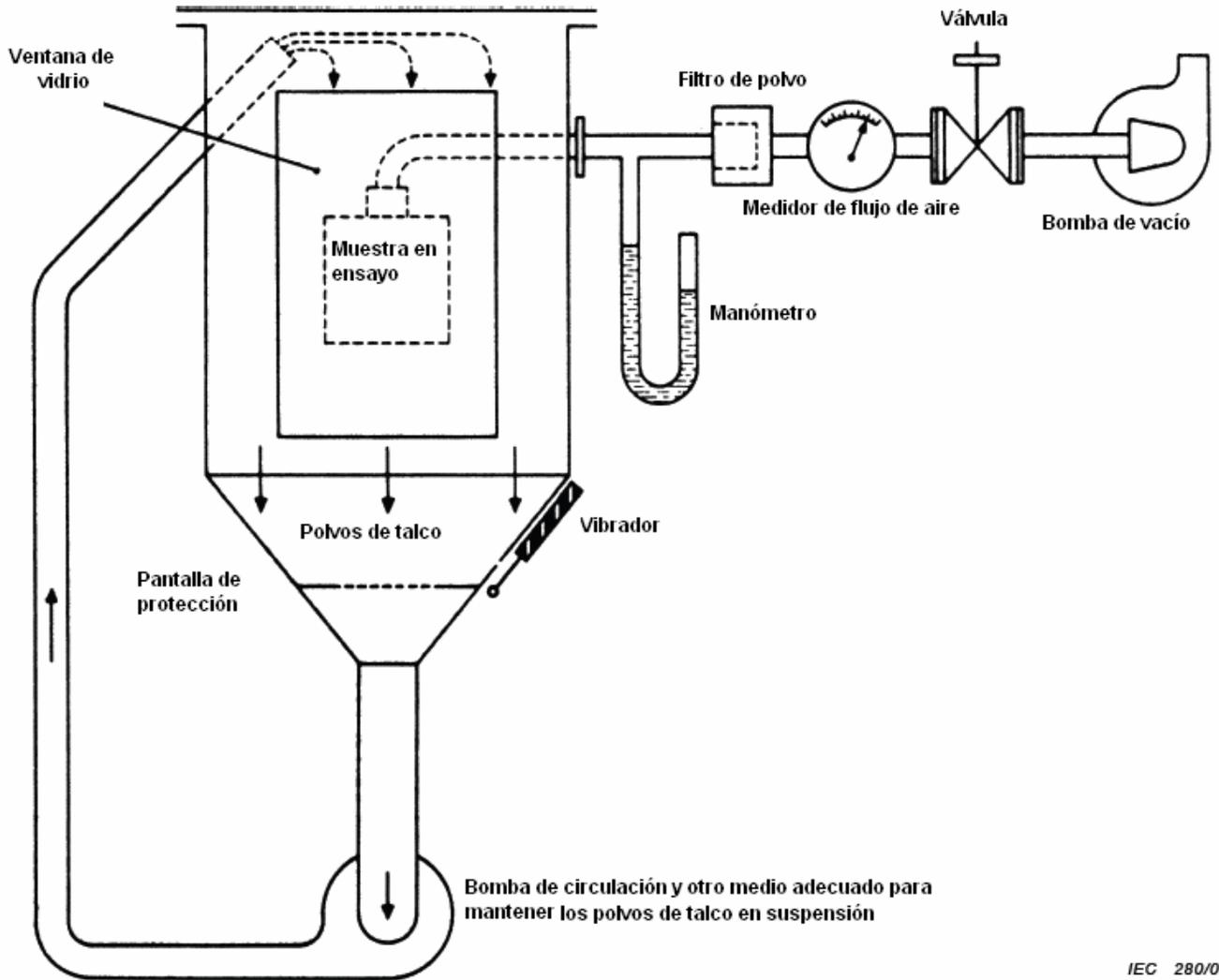
En el caso de los ensayos de las letras C y D, el calibre de acceso puede penetrar su longitud total, pero la cara de detención no penetrará completamente a través de la abertura. Vea el anexo A para mayor clarificación.

Las condiciones para la verificación de una separación adecuada, son idénticas a esas entregadas en los puntos 12.3.1, 12.3.2 y 12.3.3.



Material: metal, excepto donde se especifique de otro modo.
 Dimensiones lineales en milímetros.
 Tolerancias sobre dimensiones sin tolerancia específica:
 En ángulos: 0/-10°
 Sobre dimensiones lineales:
 Hasta 25 mm: 0/-0,05
 Sobre 25 mm: ± 0,2
 Ambas juntas permitirán el movimiento en el mismo plano y la misma dirección a través de un ángulo de 90° con una tolerancia de 0 a +10°.

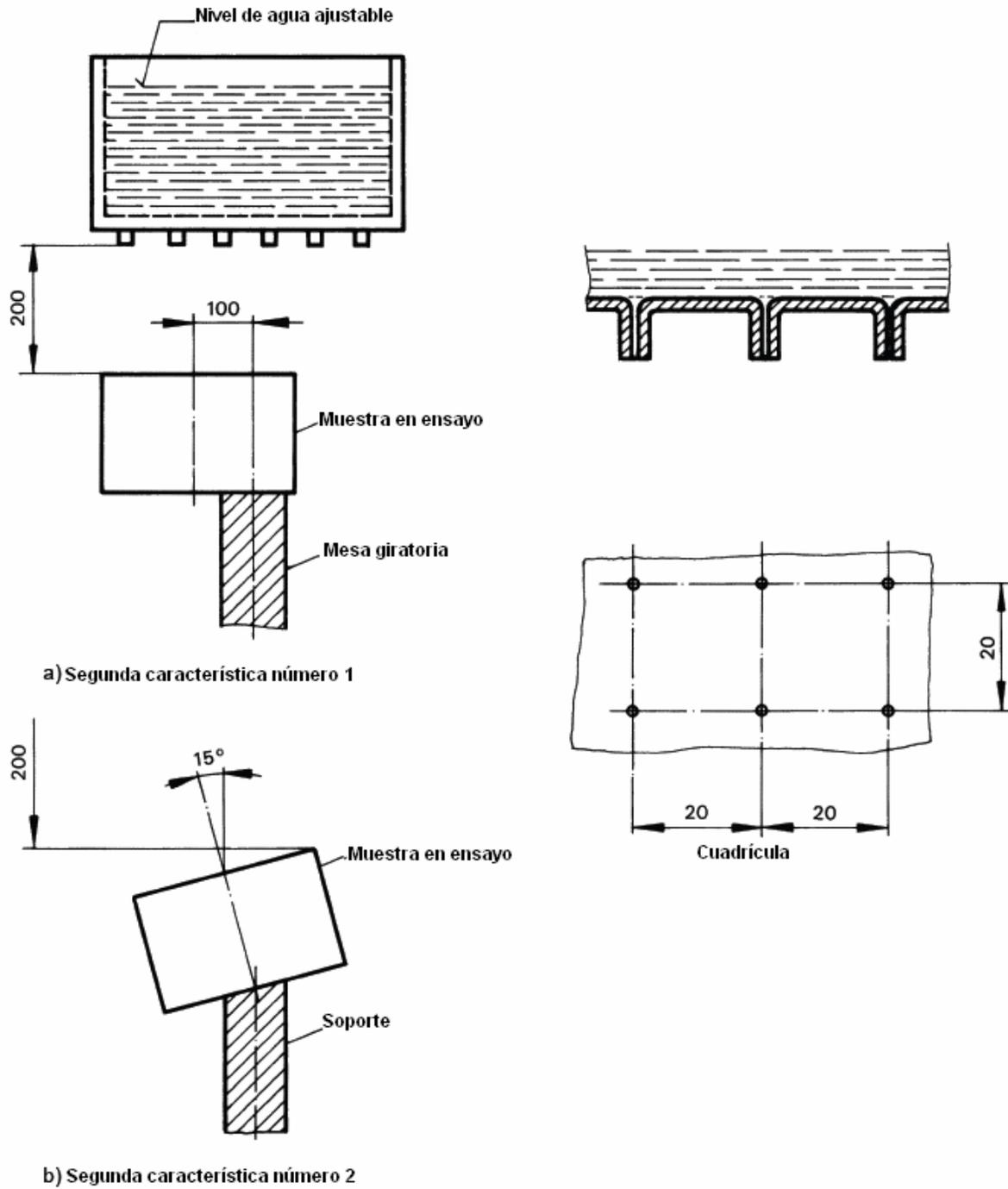
Figura 1 – Dedo de prueba articulado



IEC 280/01

NOTA Vea la IEC 60068-2-68, figura 2 válida sólo para La2.

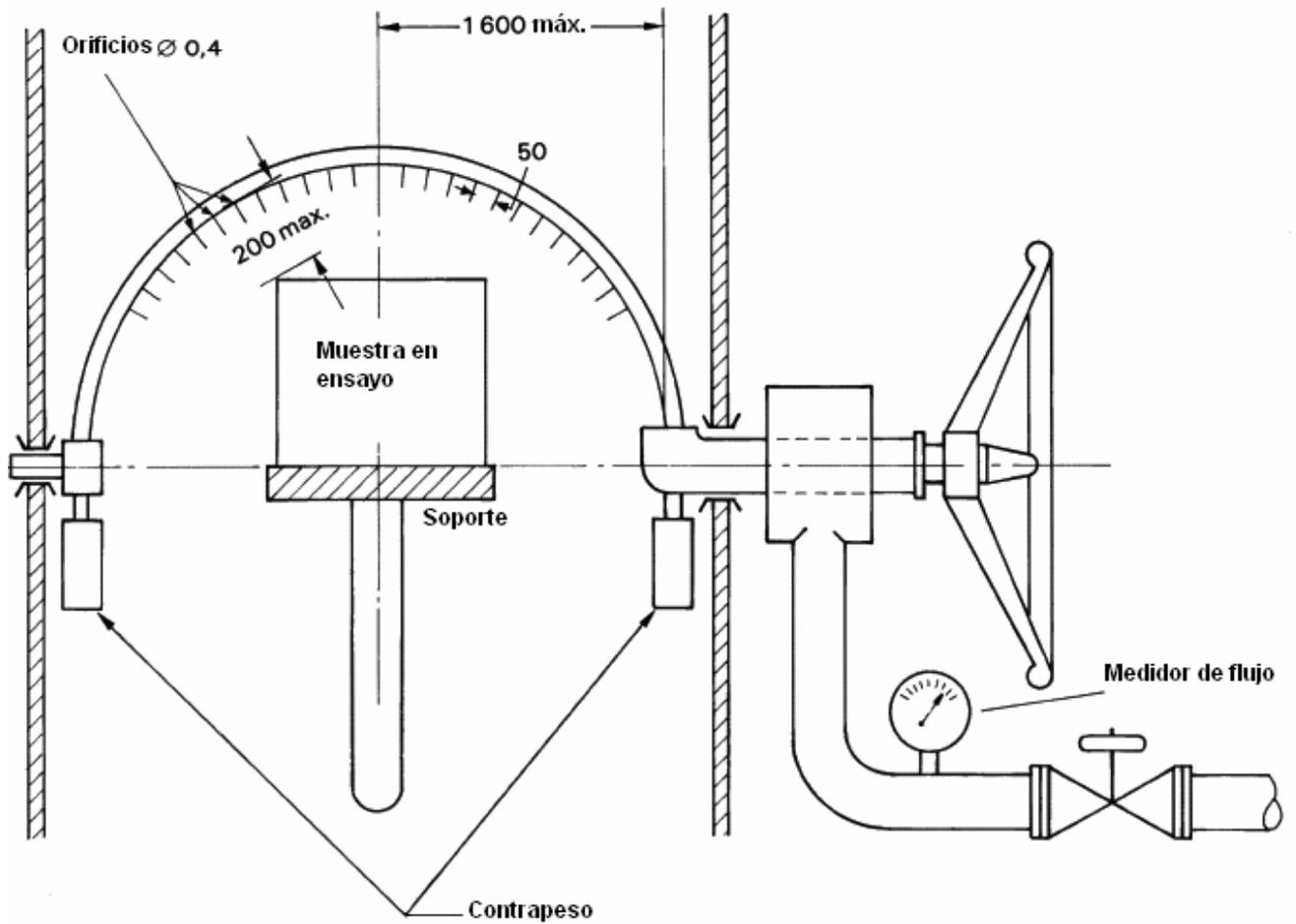
Figura 2 – Dispositivo de ensayo para verificar la protección contra el polvo (cámara de polvo)



IEC 281/01

Dimensiones en milímetros

Figura 3 – Dispositivo de ensayo para verificar la protección contra la caída de gotas de agua verticalmente (caja de goteo)

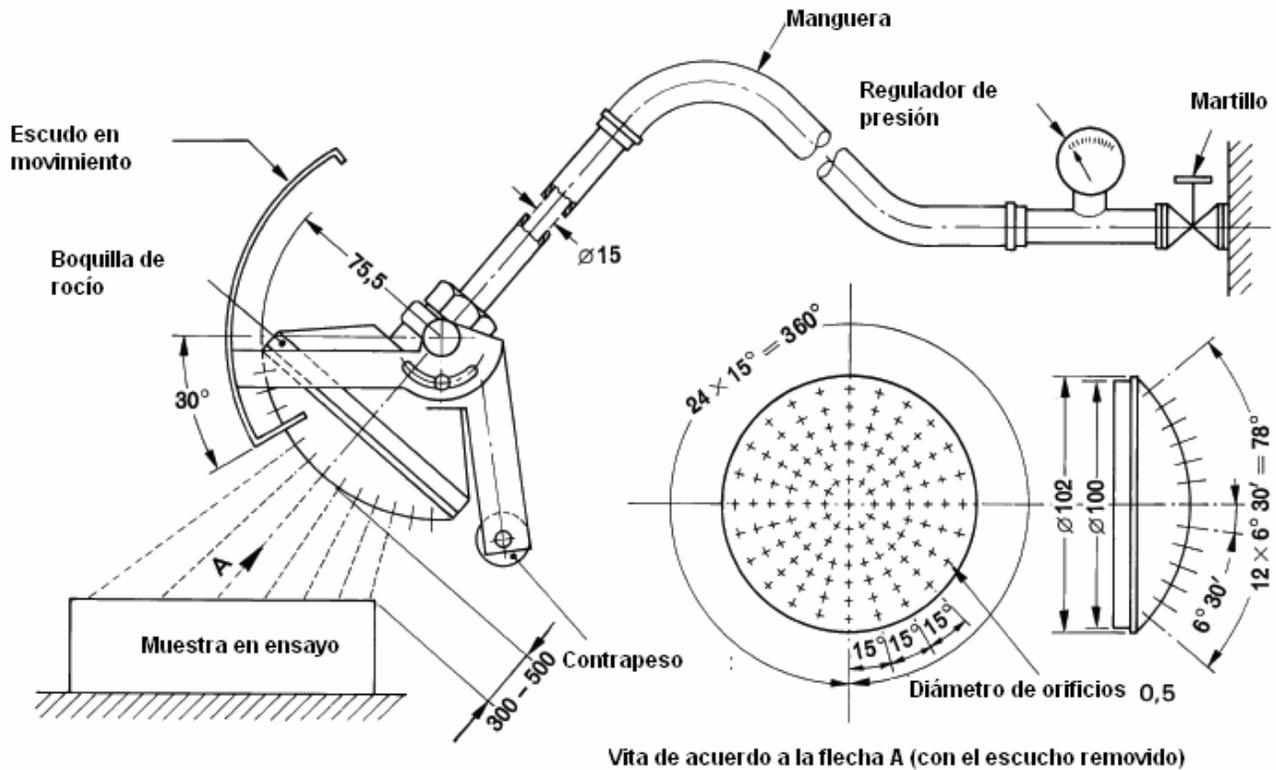


IEC 282/01

Dimensiones en milímetros

NOTA El rango de orificios es mostrado como para el segundo número característico 3 (vea 14.2.3 a)).

Figura 4 – Dispositivo de ensayo para verificar la protección contra el rocío y salpicaduras de agua; segundos números característicos 3 y 4 (tubo de oscilación)

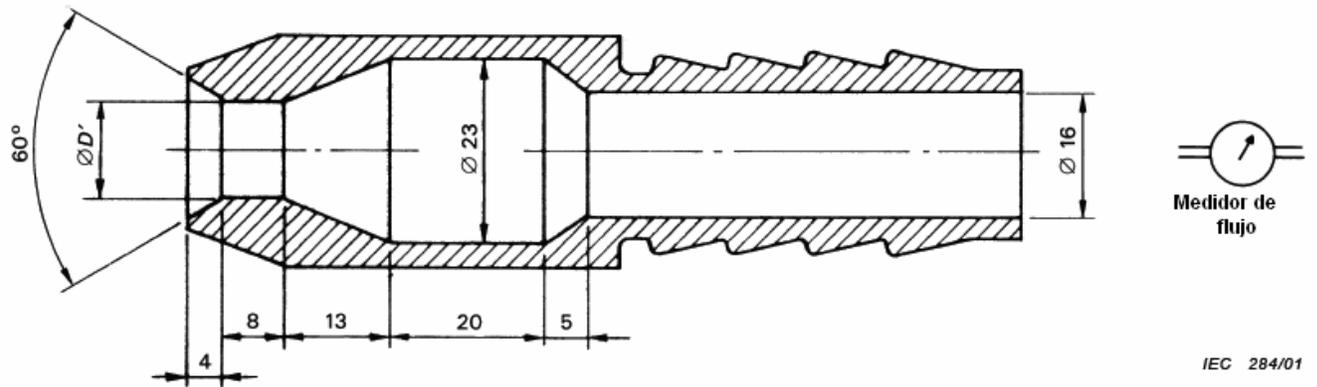


IEC 283/01

Dimensiones en milímetros

- 121 orificios de $\varnothing 0,5$;
- 1 orificio al centro
- 1 círculo interior de 12 orificios a 30° de inclinación
- 4 círculos exteriores de 24 orificios a 15° de inclinación
- Escucho en movimiento – Aluminio
- Boquilla de rocío – Brazo

Figura 5 – Dispositivo manual para verificar la protección contra el rocío y salpicaduras de agua; segundos números característicos 3 y 4 (boquilla de rocío)



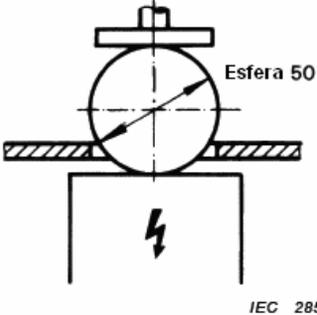
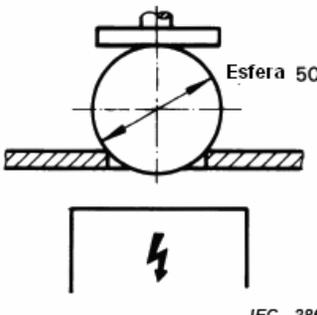
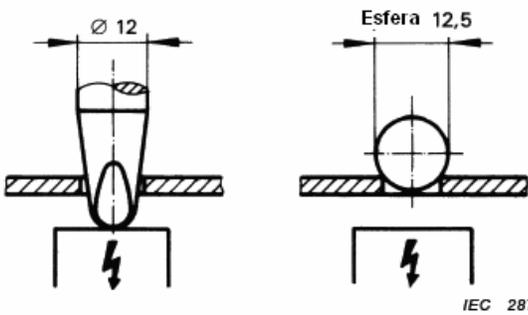
Dimensiones en milímetros

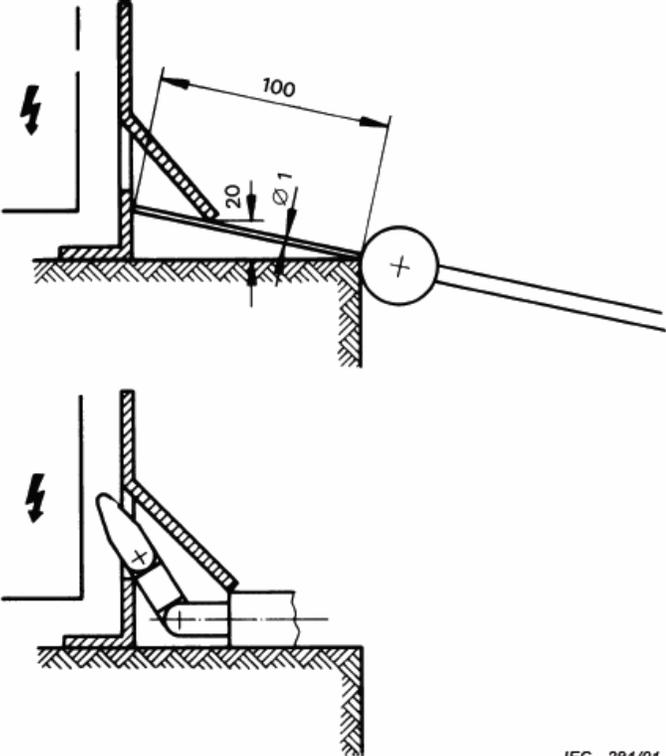
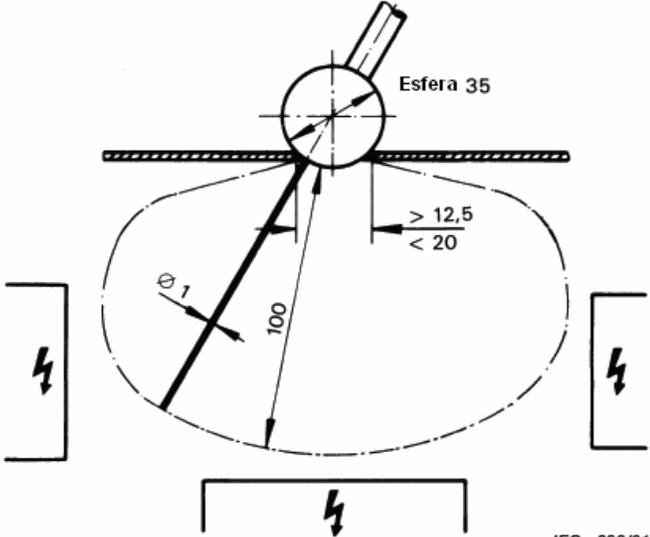
$D' = 6,3$ para el ensayo del punto 14.2.5 (segundo número característico 5)
 $D' = 12,5$ para el ensayo del punto 14.2.6 (segundo número característico 6)

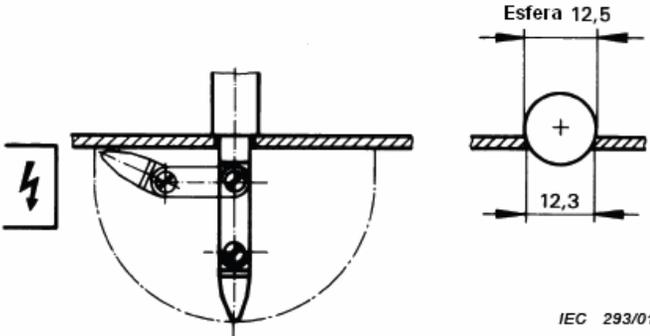
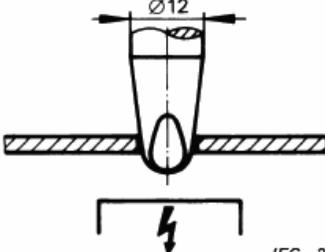
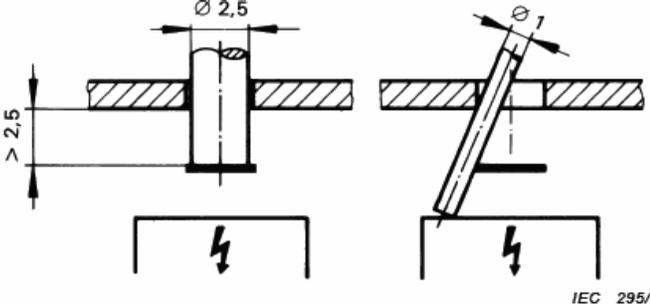
Figura 6 – Dispositivo de ensayo para verificar la protección contra chorros de agua (boquilla manguera)

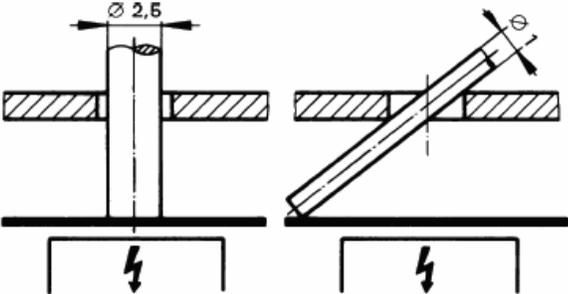
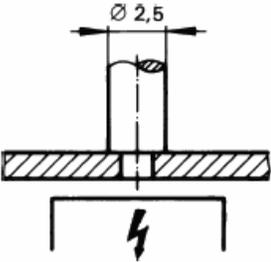
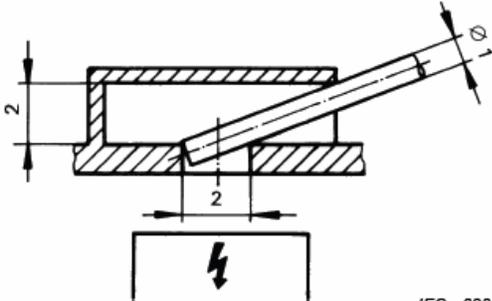
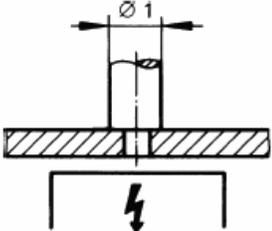
Anexo A
(Informativo)

**Ejemplos del código IP para la verificación de protección de equipo de bajo voltaje
contra el acceso a partes peligrosas**

Ref. No.	Situación	Dos números	Letra adicional	Dos números + letra adicional
1	 <p style="text-align: center;">IEC 285/01</p>	0X	-	0X
2	 <p style="text-align: center;">IEC 286/01</p>	1X	A	1X
3	 <p style="text-align: center;">IEC 287/01</p>	1X	A	1X

Ref. No.	Situación	Dos números	Letra adicional	Dos números + letra adicional
7	 <p style="text-align: right;">IEC 291/01</p>	1X	D	1XD
8	 <p style="text-align: right;">IEC 292/01</p>	1X	D	1XD

Ref. No.	Situación	Dos números	Letra adicional	Dos números + letra adicional
9	 <p style="text-align: right;">IEC 293/01</p>	2X	B	2X
10	 <p style="text-align: right;">IEC 294/01</p>	2X	B	2X
11	 <p style="text-align: right;">IEC 295/01</p>	2X	C	2XC

Ref. No.	Situación	Dos números	Letra adicional	Dos números + letra adicional
12	 <p style="text-align: right; font-size: small;">IEC 296/01</p>	2X	D	2XD
13	 <p style="text-align: right; font-size: small;">IEC 297/01</p>	3X	C	3X
14	 <p style="text-align: right; font-size: small;">IEC 298/01</p>	3X	D	3XD
15	 <p style="text-align: right; font-size: small;">IEC 299/01</p>	4X	D	4X

Código IP de ejemplos en anexo A

Primer número característico	Letra adicional				
	-	A	B	C	D
0	IP0X	-	-	-	-
1	-	IP1X (2, 3, 4)	IP1XB (5, 6)	-	IP1XD (7, 8)
2	-	-	IP2X (9, 10)	IP2XC (11)	IP2XD (12)
3	-	-	-	IP3X (13)	IP3XD (14)
4	-	-	-	-	IP4X (15)

NOTA Los números en paréntesis se refieren a los números de referencia en este anexo.

Anexo B (Informativo)

Resumen de responsabilidades de comités técnicos pertinentes

El Código IP para clasificar los grados de protección proporcionados por envolturas está previsto para ser usado para la mayoría de los tipos de equipo eléctrico.

No debe asumirse que esta norma es adecuada para cubrir todos los detalles específicos de los diversos tipos de equipo.

Es responsabilidad de los comités técnicos pertinentes especificar en sus normas de producto pertinentes, todos los detalles concernientes a la aplicación del Código IP a un tipo particular de equipo.

El marcado con el Código IP indica una reclamación por el cumplimiento con todos los requisitos aplicables de esta norma y también con cualquier requisito complementario especificado en la norma de producto adecuada.

La siguiente lista es entregada como una guía para la información detallada a ser especificada en las normas de producto:

- 1) grado y modo en que el Código IP será usado (vea la cláusula 4);
- 2) definición de “envoltura” como se aplica al tipo particular de equipo (vea la cláusula 2);
- 3) la protección de ambos, la envoltura y el equipo al interior de la envoltura contra influencias o condiciones externas (vea la cláusula 2);
- 4) grado de protección aplicado a partes peligrosas en movimiento (tales como ventiladores) externas a la envoltura (vea la cláusula 2);
- 5) el rango de aplicación si las envolturas son expuestas a inmersión transitoria o continua (vea la cláusula 6);
- 6) la aplicación de “letras adicionales” para la protección contra el acceso a partes peligrosas proporcionadas por barreras internas o distancias, si es necesario (vea la cláusula 7);
- 7) información adicional a ser entregada para “letras suplementarias”, si la hay (vea la cláusula 8);
- 8) la Secretaría de TC 70 será consultada antes de cualquier nueva letra suplementaria sea introducida y el procedimiento de ensayo adicional será indicado (vea la cláusula 8);
- 9) detalles para el marcado (vea la cláusula 10);
- 10) condiciones atmosféricas para ensayo si son diferentes del 11.1;
- 11) estado y condición de las muestras de ensayo si son diferentes de los “requisitos generales para los ensayos” (vea el punto 11.2);
- 12) detalles de las condiciones de ensayo (vea el punto 11.2) tales como:
 - número de muestras
 - montaje, ensamble, posicionamiento
 - pre-acondicionamiento
 - si está energizado o no
 - si tiene partes en movimiento o no;
- 13) aplicación de los requisitos generales para ensayos y las condiciones de aceptación sobre, orificios de drenaje y aberturas de ventilación (vea el punto 11.3);
- 14) orientación para la interpretación de los resultados de los ensayos y para las condiciones de aceptación (vea el punto 11.3);

- 15) el voltaje de trabajo, si aplica (vea los puntos 12.3.1 y 12.3.2);
- 16) la categoría de la envoltura, indicando si una presión de diferencia se presenta o no, debido a efectos en el ciclo térmico (vea el punto 13.4);
- 17) la ubicación de del orificio de succión para el ensayo del polvo si no está en los alrededores de partes vulnerables (vea el punto 13.4);
- 18) la cantidad y ubicación de los depósitos de polvo permitidos sin afectar la operación segura (vea el punto 13.5.2);
- 19) el dispositivo de ensayo para ensayos IPX3 e IPX4 (tubo de oscilación o boquilla de rocío) (vea los puntos 14.2.3 y 14.2.4);
- 20) el tipo de soporte para la envoltura (si no está perforada) durante el ensayo IPX4 (vea el punto 14.2.4);
- 21) la temperatura del agua si el equipo está energizado o en funcionamiento durante el ensayo de inmersión (vea el punto 14.2.7 d));
- 22) condiciones para el ensayo de inmersión continua (vea el punto 14.2.8);
- 23) las condiciones de aceptación siguiendo los ensayos de agua, en particular la cantidad de agua que puede ser permitida ingresar y los detalles de cualquier ensayo de fuerza dieléctrica (vea el punto 14.3);
- 24) las condiciones de aceptación si el agua se puede acumular para alcanzar partes vivas (vea el punto 14.3).

Bibliografía

IEC 61032: Protección de personas y equipos por envolturas – Calibres para verificación.

IEC 61140: Protección contra el choque eléctrico – Aspectos comunes para la instalación y el equipo.