

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA DETERMINAR LA REPRODUCIBILIDAD EN
PRUEBAS DE EXACTITUD DE LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN DE
MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

MARÍA ANGÉLICA COLMENARES ESPINOSA
DIEGO ARMANDO RUEDA GÓMEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE MATEMÁTICAS
BUCARAMANGA

2011

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA DETERMINAR LA REPRODUCIBILIDAD EN
PRUEBAS DE EXACTITUD DE LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN DE
MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

MARÍA ANGÉLICA COLMENARES ESPINOSA
DIEGO ARMANDO RUEDA GÓMEZ

Trabajo de grado como requisito para optar el título de:
Licenciado en Matemáticas

Director:
GERMÁN MORENO ARENAS
Doctor en Estadística

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE MATEMÁTICAS
BUCARAMANGA

2011

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Al finalizar una etapa académica más de nuestras vidas, queremos agradecer y dedicar este logro a Dios y a nuestros padres: Ricardo Colmenares y Ana Espinosa; Jesús Rueda y Sandra Gómez, quienes son el soporte y la guía de nuestras vidas y han sido un apoyo incondicional en cada una de las experiencias vividas hasta hoy.

Agradecer a todos los docentes que han sido los autores de nuestra formación académica: al profesor Germán Moreno por su colaboración en la realización de este trabajo, y al profesor Gabriel Yáñez sus consejos, su amistad y por haber estado siempre dispuesto a compartir con nosotros sus conocimientos.

Agradecer a todo el personal de cColsmi: a los ingenieros Diana y Gerardo Porras por toda su colaboración y a los jefes de los laboratorios participantes en el programa, que muy amablemente estuvieron dispuestos a atender todas nuestras inquietudes.

Finalmente, agradecer a nuestros compañeros de clases por todos los momentos compartidos durante esta etapa.

Angélica y Diego

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. IMPORTANCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA ISO/IEC 17043:2010 EN COLOMBIA	22
2. MANUAL DE CALIDAD PARA LA ACREDITACIÓN DE UN ORGANISMO PROVEEDOR DE ENSAYOS DE APTITUD	26
2.1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	26
2.2 REQUISITOS TÉCNICOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA ISO 17043:2010	28
2.2.1 Personal.	29
2.2.2 Equipos, instalaciones y medio ambiente.	31
2.2.3 Diseño de los programas de ensayos de aptitud.	32
2.2.3.1 Planificación.	32
2.2.3.2 Preparación de los ítems de ensayos de aptitud.	35
2.2.3.3 Homogeneidad y estabilidad.	36
2.2.3.4 Diseño estadístico.	37
2.2.3.5 Valores asignados.	38
2.2.4 Elección del método o procedimiento.	39
2.2.5 Operación de los programas de ensayos de aptitud.	40
2.2.5.1 Instrucciones para los participantes.	40
2.2.5.2 Manipulación y almacenamiento de los ítems de ensayos de aptitud.	41
2.2.5.3 Embalaje, etiquetado y distribución de los ítems de ensayos de aptitud.	42
2.2.6 Análisis de datos y evaluación de los resultados del programa de ensayos de aptitud.	43

2.2.6.1	Análisis de datos y registros.	43
2.2.6.2	Evaluación del desempeño.	44
2.2.7	Informes.	45
2.2.8	Comunicación con los participantes.	47
2.2.9	Confidencialidad.	48
3.	MÉTODOS ESTADÍSTICOS	49
3.1	INCERTIDUMBRE	49
3.1.1	Estimación de la incertidumbre estándar tipo A.	49
3.1.2	Estimación de la incertidumbre estándar tipo B.	50
3.1.3	Estimación de la incertidumbre combinada.	52
3.1.4	Estimación de la incertidumbre expandida.	52
3.2	MÉTODOS PARA DETERMINAR EL VALOR ASIGNADO Y SU INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR	53
3.2.1	Valores de referencia certificados.	53
3.2.1.1	Valor asignado.	53
3.2.1.2	Incertidumbre estándar del valor asignado.	53
3.2.2	Valores por consenso de laboratorios expertos.	54
3.2.2.1	Valor asignado.	54
3.2.2.2	Incertidumbre estándar del valor asignado.	54
3.2.3	Valores por consenso de los participantes.	55
3.2.3.1	Valor asignado.	55
3.2.3.2	Incertidumbre estándar del valor asignado.	56
3.3	ALGORITMO	56
3.4	ESTADÍSTICAS PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS PARTICIPANTES	57
3.4.1	Estimados del sesgo de laboratorio.	57
3.4.2	Puntajes z.	58
3.4.2.1	Interpretación de los puntajes z.	58
3.4.3	Errores normalizados.	59

4. PLANIFICACIÓN: COMPARACIÓN INTERLABORATORIOS DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA	61
4.1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	61
4.2 LABORATORIO LÍDER	63
4.3 LABORATORIOS PARTICIPANTES	63
4.4 ÍTEM DE ENSAYO DE APTITUD	65
4.5 CRONOGRAMA DE PARTICIPACIÓN	66
4.6 MÉTODO DE CALIBRACIÓN EMPLEADO	66
4.7 CONDICIONES DE REFERENCIA	67
4.8 METODOLOGÍA DE PARTICIPACIÓN	67
4.8.1 Programas de participación secuencial.	68
4.8.2 Orden de participación.	69
5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	70
5.1 CÁLCULO DE LOS ERRORES PROMEDIO DE LOS LABORATORIOS PARTICIPANTES	70
5.2 CÁLCULO DEL VALOR ASIGNADO DEL ÍTEM Y LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA LA EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO	72
5.3 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA	82
5.4 CÁLCULO DEL ERROR NORMALIZADO Y LOS PUNTAJES z	85
5.5 GRÁFICAS	90
6. SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	106
6.1 IMPORTAR LOS DATOS	107
6.2 CALCULAR PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR	108
6.3 ALGORITMO	109
6.4 COMPILAR VALORES ASIGNADOS, INCERTIDUMBRES EXPANDIDAS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR PARA LA EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO	109
6.5 CÁLCULO DE LOS ERRORES NORMALIZADOS	110

6.7 COMPILACIÓN DE LOS DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE LAS GRÁFICAS	111
6.8 ELABORACIÓN DE LAS GRÁFICAS	113
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS	117

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Errores promedio de los laboratorios participantes - componente activa	71
Tabla 2. Errores promedio de los laboratorios participantes - componente reactiva	71
Tabla 3. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 1 - componente activa	75
Tabla 4. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 2 - componente activa	75
Tabla 5. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 3 - componente activa	76
Tabla 6. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 4 - componente activa	76
Tabla 7. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 5 - componente activa	77
Tabla 8. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 6 - componente activa	77
Tabla 9. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 7 - componente activa	78

Tabla 10. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 1 - componente reactiva	78
Tabla 11. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 2 - componente reactiva	79
Tabla 12. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 3 - componente reactiva	79
Tabla 13. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 4 - componente reactiva	80
Tabla 14. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 5 - componente reactiva	80
Tabla 15. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 6 - componente reactiva	81
Tabla 16. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 7 - componente reactiva	81
Tabla 17. Errores promedio de los laboratorios participantes y valor asignado del ítem de ensayo - componente activa	83
Tabla 19. Errores promedio de los laboratorios participantes y valor asignado del ítem de ensayo - componente reactiva	84
Tabla 20. Incertidumbres expandidas del valor asignado y de los laboratorios participantes - componente reactiva	84

Tabla 22. Errores normalizados - componente reactiva	87
Tabla 23. Puntajes z - componente activa	88
Tabla 24. Puntajes z - componente reactiva	89

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Orden de participación	69
Figura 2. Punto de carga No. 1 - componente activa	92
Figura 3. Punto de carga No. 2 – componente activa	93
Figura 4. Punto de carga No. 3 - componente activa	94
Figura 5. Punto de carga No. 4 – componente activa	95
Figura 6. Punto de carga No. 5 – componente activa	96
Figura 7. Punto de carga No. 6 – componente activa	97
Figura 8. Punto de carga No. 7 – componente activa	98
Figura 9. Punto de carga No. 1 – componente reactiva	99
Figura 10. Punto de carga No. 2 – componente reactiva	100
Figura 11. Punto de carga No. 3 – componente reactiva	101
Figura 12. Punto de carga No. 4 – componente reactiva	102
Figura 13. Punto de carga No. 5 – componente reactiva	103
Figura 16. Ventana de presentación del software	106
Figura 17. Editor de Visual Basic Applications	107

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Vocabulario Internacional de Metrología	118
A.1. MAGNITUDES Y UNIDADES	118
A.2. MEDICIONES	120
A.4. PROPIEDADES DE LOS DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN	125
A.5. PATRONES DE MEDICIÓN	127
Anexo B. Documentos soportes del manual de calidad	128
B.1. CONTRATACIÓN OPS	128
B.2. PERMISO DE TRABAJO	131
B.3. CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES	133
B.4. EVALUACIÓN DE CAPACITACIÓN	134
B.5. DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE CONDICIONES AMBIENTALES	136
B.6. CONTROL Y ACCESO A ÁREAS DEL ORGANISMO	137
B.7. VERIFICACIÓN DE LA HOMOGENEIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO DE APTITUD	140
B.8. PLAN DE CALIDAD	144
B.9. MANIPULACIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO DE APTITUD	147
B.10. DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR	150
B.11. DETERMINACIÓN DEL VALOR ASIGNADO Y SU INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR	153
B.12. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS PARTICIPANTES	156
B.13. DECLARACIÓN DE NO CONFABULACIÓN Y FALSIFICACIÓN DE RESULTADOS	158
B.14. ENTREGA DE RESULTADOS POR PARTE DE LOS PARTICIPANTES	160
B.15. MÉTODO ESTADÍSTICO ROBUSTO	161

B.16. REGLAS PARA EL REDONDEO DE VALORES NUMÉRICOS	164
B.17. INFORME FINAL DEL PROGRAMA DE ENSAYOS DE APTITUD	167
B.18. INFORMACIÓN PROGRAMA DE ENSAYOS DE APTITUD	169
B.19. QUEJAS Y APELACIONES	172

RESUMEN

TÍTULO

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA DETERMINAR LA REPRODUCIBILIDAD EN PRUEBAS DE EXACTITUD DE LABORATORIOS DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA*

AUTORES

COLMENARES ESPINOSA, María Angélica
RUEDA GÓMEZ, Diego Armando**

PALABRAS CLAVES

Reproducibilidad
Ensayos de Aptitud
Puntajes z
Error normalizado

DESCRIPCIÓN

Se realizó un análisis estadístico de los resultados reportados por los laboratorios participantes en el programa de ensayos de aptitud de calibración de medidores de energía eléctrica, liderado por la Central Hidro-Eléctrica de Caldas S.A. E.S.P. (CHEC), y desarrollado bajo los criterios establecidos en la norma ISO/IEC 17043:2010 “Evaluación de la conformidad – Requisitos generales para los ensayos de aptitud”. Mediante los Puntajes z y el error normalizado se evaluó el desempeño de los participantes con el fin de determinar si sus mediciones son reproducibles y si el estimado de la incertidumbre calculado por cada uno de ellos es consistente con lo establecido en la norma GTC 51:1997 “Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones”. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando tablas y gráficos de datos; por razones de confidencialidad aunque se citan cuales fueron los participantes en el programa, en la evaluación de desempeño cada laboratorio es identificado con un código único el cual es conocido solamente por los autores de este trabajo y los respectivos jefes de los laboratorios.

Con el propósito de facilitar el análisis de los resultados a través de los métodos estadísticos citados, y teniendo en cuenta que programar una macro permite automatizar una tarea y puede ejecutarse de forma muy sencilla cada vez que sea necesario, se programó un software en Excel compuesto por ocho macros utilizando el editor de Visual Basic Applications.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Matemáticas. Director: Dr. Germán Moreno Arenas

SUMMARY

TITLE

STATISTICAL ANALYSIS TO DETERMINE THE REPRODUCIBILITY IN ACCURACY TESTING OF CALIBRATION LABORATORIES OF ELECTRICAL ENERGY METERS*

AUTHORS

COLMENARES ESPINOSA, María Angélica
RUEDA GÓMEZ, Diego Armando**

KEYWORDS

Reproducibility
Proficiency testing
Z scores
 E_n numbers

DESCRIPTION

We performed an statistical analysis of the results reported by participants laboratories in the proficiency testing program of calibration of electrical energy meters, led by the Central Hidro-Eléctrica de Caldas S.A. E.S.P. (CHEC), and developed with the requirements of the standard ISO/IEC 17043:2010 *Conformity assessment -- General requirements for proficiency testing*. Through the z scores and the E_n numbers was evaluated the participants' performance with the aim to determine if their measurements are reproducible and if the estimated uncertainty calculated for each one of them is consistent with the requirements of the standard GTC 51:1997 *Guide to the expression of uncertainty in measurements*. The statistical analysis was performed using dates tables and graphs; for reasons of confidentiality although we say the participants' names, in the performance evaluation each laboratory is identified with a unique code which is known only by the authors of this grade work and the respective heads of laboratories.

With the aim of facilitating the analysis of the results through the statistical methods cited, and considering that program a macro allows automate a task and can executed very easily whenever necessary, was programmed a software in Excel composed of eight macros using the Visual Basic Applications editor.

* Grade work

** Faculty of Science. Department of Mathematics. Dr. German Moreno Arenas

INTRODUCCIÓN

Los ejercicios de intercomparación o ensayos interlaboratorios se definen como una serie de medidas realizadas sobre uno o varios parámetros, desarrolladas independientemente por un cierto número de laboratorios sobre un material dado. Esta es una herramienta muy utilizada hoy en día por los laboratorios como un modo de obtener información acerca del desempeño del propio laboratorio, al permitir comparar sus resultados en un determinado ensayo con el de otros laboratorios de similar ámbito, siendo por tanto, una prueba complementaria con otras técnicas conocidas de aseguramiento de la calidad.

El objetivo principal de los ensayos de intercomparación, del cual deriva su creciente utilidad y relevancia, es el de ayudar a los laboratorios a demostrar la calidad, competencia y reproducibilidad en los servicios de calibración y ensayos que prestan a diario, permitiendo evaluar la capacidad de los métodos que utilizan, tanto por comparación frente a otros laboratorios similares, como por la evolución temporal de su participación en estas intercomparaciones.

Además de esto, los ensayos de intercomparación presentan otra utilidad importante, como es el hecho de que los organismos de acreditación empiezan a valorar positivamente y a exigir la participación de los laboratorios en ejercicios de intercomparación apropiados a sus ensayos como una manera de dar tranquilidad al cliente, garantizando la confiabilidad de los resultados de las mediciones, sin importar el laboratorio en el que sean tomados. Debido a esto, los participantes en ensayos de intercomparación, requieren un desempeño satisfactorio y un procedimiento establecido para determinar aquellos errores cometidos, en caso de que los hubiera. En general, los laboratorios están empezando a utilizar los resultados de su participación en los ensayos de intercomparación como un modo de demostrar competencia técnica y reproducibilidad a la hora de la ejecución de su trabajo.

Existen distintos tipos de ensayos de intercomparación, entre los cuales están los ensayos de aptitud, definidos en la norma ISO/IEC 17043:2010 como los que permiten *“la evaluación del desempeño de los participantes con respecto a criterios previamente establecidos mediante comparaciones interlaboratorios”*; dicho de otra manera, este tipo particular de ensayos son una poderosa herramienta externa de control de la calidad que permite a los laboratorios comparar su desempeño con otros laboratorios, detectar tendencias, y por lo tanto, tomar cualquier acción correctiva que sea necesaria para facilitar su mejora continua.

En concordancia con lo mencionado anteriormente, estamos interesados en dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Los laboratorios de calibración de medidores de energía eléctrica son reproducibles en sus mediciones para entregar al cliente resultados que generen confianza?.

Este trabajo expone en siete capítulos la implementación de la norma ISO/IEC 17043:2010 para la acreditación de un organismo proveedor de ensayos de aptitud. Para esto, es necesario el estudio y la aplicación de los modelos estadísticos exigidos internacionalmente, que buscan analizar los programas de ensayos de aptitud, expuestos en la norma ISO 13528:2005.

En el primer capítulo se expone la importancia de la implementación de la norma ISO/IEC 17043:2010 en Colombia, y cuáles son los beneficios que obtienen los participantes en programas de ensayos de aptitud planificados y desarrollados bajo los criterios establecidos en esta norma.

En el segundo capítulo, se presenta el manual de calidad aplicado, de acuerdo a los requisitos técnicos de la norma ISO/IEC 17043:2010, para la acreditación de un organismo de ensayos de aptitud.

En el tercer capítulo, se describe el procedimiento llevado a cabo por los laboratorios participantes para el cálculo de la incertidumbre de sus mediciones, y se citan dos de los modelos estadísticos exigidos internacionalmente para el análisis de programas de ensayos de aptitud, los cuales fueron utilizados para evaluar el desempeño de los participantes.

El cuarto capítulo contiene los aspectos claves que se tuvieron en cuenta para la planificación de la comparación interlaboratorios de calibración de medidores de energía eléctrica.

En el quinto capítulo se presenta el análisis estadístico de los resultados reportados por los laboratorios participantes.

En el sexto capítulo se describe la elaboración de un software programado con el objetivo de facilitar el análisis de los resultados.

En el séptimo capítulo se encuentran las conclusiones generales a las que llegamos luego de analizar los resultados informados por los laboratorios.

Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas que se tuvieron en cuenta para la elaboración de este trabajo, y los anexos que lo soportan.

1. IMPORTANCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA ISO/IEC 17043:2010 EN COLOMBIA

Actualmente los países industrializados cuentan con un gran número de normas y reglamentos técnicos los cuales regulan sus actividades relacionadas con el comercio. Si los países en vía de desarrollo, como Colombia, buscan ingresar al mercado globalizado, estos deben contar con recursos tales como: acceso a normas, reglamentos y guías técnicas, metrología, servicios de ensayos, evaluación de calidad, certificación y acreditación.

Por tal razón, para que los países en desarrollo puedan atraer inversión extranjera, deben contar con una infraestructura nacional de la calidad –IC-, que asegure el acceso a normas y reglamentos técnicos internacionales, garantice mediciones confiables, y establezca un sistema que permita la acreditación de sus entidades de ensayos y de certificación de tal forma que los resultados de esas entidades sean aceptados internacionalmente. Una IC también es un elemento de apoyo a los empresarios locales y a los consumidores.

En la mayoría de los casos, los países deben cumplir con normas y reglamentos técnicos que se ajusten a requisitos internacionales. Por ejemplo, al exportar productos agrícolas o alimenticios es necesario mostrar como mínimo el cumplimiento con las normas internacionales sanitarias, fitosanitarias y de seguridad. Además, puede ser necesario cumplir con otras especificaciones relacionadas, por ejemplo, con empaques y etiquetado.

Cabe mencionar, que para que sean confiables las mediciones y los ensayos en actividades relacionadas con producción, calidad y certificación, las mediciones deben ser trazables a patrones internacionales. Esto requiere de laboratorios que cuenten con patrones de medición física, y con materiales certificados de referencia en el campo de la química. Debido a que enviar muestras a otros

países es muy costoso, es preferible que los productos y procesos sean analizados localmente, de acuerdo a métodos internacionalmente reconocidos y en laboratorios que cumplan los criterios internacionales de evaluación.

Teniendo en cuenta lo anterior, la acreditación de organismos nacionales que cumplan con los requisitos establecidos en la norma ISO/IEC 17043:2010 es de vital importancia, puesto que a nivel mundial su implementación es un requisito para que laboratorios que laboran en las áreas de calibración y ensayo puedan demostrar su idoneidad técnica, la reproducibilidad en sus mediciones. Además, los laboratorios que participan en programas de ensayos de aptitud planificados y desarrollados bajo los criterios de esta norma, pueden obtener los siguientes beneficios:

- **Confirmar un desempeño competente.** El propósito básico de los ensayos de aptitud es evaluar el desempeño de los laboratorios sobre la forma en que llevan a cabo sus ensayos, mediciones o calibraciones. Muchos laboratorios trabajan de manera aislada y no tienen la oportunidad de comparar sus datos con los de otros laboratorios. Sin tales oportunidades existe el riesgo de que los datos del laboratorio tengan errores o diferencias significativas comparados con laboratorios similares.

Los ensayos de aptitud proporcionan una oportunidad de realizar dichas comparaciones y tener una valoración independiente de los datos del laboratorio comparados con valores de referencia (u otros criterios de desempeño) o con el desempeño de laboratorios similares. Los resultados de dicha participación proveen a los laboratorios la confirmación de que su desempeño es satisfactorio, o una alerta de que se requiere una investigación de problemas potenciales dentro del mismo.

- **Identificar problemas de ensayo y de medición.** Si los resultados de un laboratorio en un programa de ensayos de aptitud indican que sus datos no son reproducibles con valores de referencia u otros criterios de desempeño, se debe iniciar un proceso de investigación de posibles fuentes de error. Sin la participación en programas de ensayos de aptitud, dichas fuentes de error podrían permanecer sin ser detectadas y el laboratorio no podría llevar a cabo las acciones correctivas apropiadas. Esto, a su vez, podría ocasionar que el laboratorio continuara dando resultados poco confiables a sus clientes, lo que podría generar la pérdida de reputación del laboratorio ante estos y organismos reguladores. Por lo tanto, el uso de ensayos de aptitud puede ser considerado como una herramienta de administración de riesgos y mejoramiento de la calidad.
- **Comparar los métodos y procedimientos.** Para algunos laboratorios, su participación puede ser utilizada para probar su desempeño al realizar ensayos o mediciones nuevas o que se llevan a cabo con poca regularidad. En otros casos, la participación puede proveer una oportunidad para comparar los resultados alcanzados por el laboratorio utilizando métodos diferentes a aquellos utilizados normalmente.

El programa en sí puede, en algunos casos, proveer resúmenes y comparaciones de todos los métodos del laboratorio. Para actividades nuevas o poco usuales, estos datos podrían ser muy valiosos, pues ayudan en la selección futura de la metodología apropiada del laboratorio o indican la necesidad de investigación adicional previa a la adopción de nuevos métodos.

- **Mejorar el desempeño de operación.** Cuando un laboratorio no está satisfecho con sus propios resultados en un programa de ensayos de aptitud, esto le proporciona una oportunidad para investigar áreas en las que los ensayos futuros pudieran mejorar. Esto podría, por ejemplo, incluir

entrenamiento adicional para los operadores, adopción de métodos nuevos o modificados, mejorar el control de calidad interno de los datos, modificación, calibración o reemplazo de equipos, entre otras.

- **Inculcar confianza en el personal y los usuarios externos de los servicios del laboratorio.** Un desempeño exitoso en un ensayo de aptitud puede proporcionarle confianza adicional al personal del laboratorio. Además, los usuarios externos de los servicios del laboratorio, incluyendo sus clientes y sus partes afectadas por los resultados de sus ensayos, pueden también tener confianza al enterarse de que el laboratorio está dispuesto a que sus ensayos sean evaluados regularmente a través de ensayos de aptitud.
- **Comparar las aptitudes de los operadores.** Cuando hay suficiente material de ensayo (o se tiene acceso a artefactos de medición) para cada operador en un laboratorio participante, el laboratorio tiene el beneficio adicional de poder comparar los resultados de sus operadores con materiales de ensayo que también están siendo probados o medidos por otros laboratorios externos.
- **Satisfacer organismos reguladores y de acreditación.** Finalmente, el desempeño exitoso de un laboratorio en un ensayo de aptitud (o su corrección efectiva de problemas en los ensayos tras un desempeño poco exitoso) puede ofrecer a los organismos reguladores y de acreditación la confianza en los datos de los laboratorios que reconocen. El beneficio claro para los laboratorios es continuar en su posición de organizaciones competentes. Sin embargo, los beneficios internos para los laboratorios deben ser de sumo valor si ven sus ensayos de aptitud como una herramienta vital para un continuo mejoramiento, independientemente de si el laboratorio necesita o no participar para propósitos de acreditación.

2. MANUAL DE CALIDAD PARA LA ACREDITACIÓN DE UN ORGANISMO PROVEEDOR DE ENSAYOS DE APTITUD

Este manual de calidad, contiene un marco de condiciones para la gestión de un organismo proveedor de ensayos de aptitud; basado y estructurado de acuerdo a lo establecido en la norma ISO/IEC 17043:2010 “*Evaluación de la conformidad — Requisitos generales para los ensayos de aptitud*”.

La aplicación de un manual de calidad, garantiza que las actividades administrativas y técnicas sean planeadas, organizadas, supervisadas, desarrolladas e interpretadas. Debido a lo anterior, se hace referencia a otros documentos de orden inferior, como los procedimientos, guías, formatos y escritos de otro tipo que garantizan la competencia de un organismo proveedor de ensayos de aptitud.

2.1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para el propósito y entendimiento de este manual, se aplican términos y definiciones, indicados en la norma ISO/IEC 17043:2010, como los siguientes:

Valor asignado. Valor atribuido a una propiedad particular de un ítem de ensayo de aptitud.

Coordinador. Una o más personas responsables de organizar y gestionar todas las actividades incluidas en la operación de un programa de ensayos de aptitud.

Cliente. Organización o persona a la que se proporciona un programa de ensayos de aptitud a través de un acuerdo contractual.

Comparación interlaboratorios. Organización, realización y evaluación de mediciones o ensayos sobre el mismo ítem o ítems similares por dos o más laboratorios de acuerdo con condiciones predeterminadas.

Valor atípico. Observación en un conjunto de datos que parece no concordar con los restantes datos de dicho conjunto.

NOTA Un valor atípico puede originarse a partir de una población diferente o ser el resultado de un registro incorrecto o de otro error de gran magnitud.

Participante. Laboratorio, organización o persona que recibe los ítems de ensayo de aptitud y entrega los resultados para su revisión por el proveedor de ensayos de aptitud.

Ensayo de aptitud. Evaluación del desempeño de los participantes con respecto a criterios previamente establecidos mediante comparaciones interlaboratorios.

Ítem de ensayo de aptitud. Muestra, producto, artefacto, material de referencia, parte de un equipo, patrón de medida, conjunto de datos u otra información utilizada en un ensayo de aptitud.

Proveedor del ensayo de aptitud. Organización responsable de todas las tareas relacionadas con el desarrollo y la operación de un programa de ensayos de aptitud.

Ronda de ensayo de aptitud. Secuencia completa única de distribución de ítems de ensayo de aptitud, evaluación y comunicación de los resultados a los participantes.

Programa de ensayos de aptitud. Ensayos de aptitud diseñados y operados en una o más rondas para un área específica de ensayo, medida, calibración o inspección.

Método estadístico robusto. Método estadístico insensible a pequeñas desviaciones de las hipótesis de partida de un modelo probabilístico implícito.

Desviación estándar para la evaluación de la aptitud. Medida de la dispersión utilizada en la evaluación de los resultados de un ensayo de aptitud, basada en la información disponible.

Subcontratista. Organización o persona contratada por el proveedor de ensayos de aptitud para realizar actividades que afectan a la calidad de un programa de ensayos de aptitud.

Trazabilidad metrológica. Propiedad del resultado de una medida por la cual el resultado puede relacionarse a una referencia a través de una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida.

2.2 REQUISITOS TÉCNICOS ESTABLECIDOS EN LA NORMA ISO 17043:2010

El organismo proveedor de ensayos de aptitud, debe declarar que el desarrollo y operación de los programas de ensayos de aptitud estará a cargo de profesionales competentes para llevar a cabo comparaciones interlaboratorios, y que cuentan con el conocimiento y la experiencia correspondientes al tipo particular de ítems de ensayo de aptitud.

Para demostrar la competencia del laboratorio del organismo proveedor de ensayos de aptitud, o del laboratorio subcontratado para realizar ensayos o

mediciones relacionadas con los programas de ensayo de aptitud se pueden utilizar la norma ISO/IEC 17025:2005.

2.2.1 Personal.

- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe tener personal directivo y técnico con la autoridad necesaria, los recursos y la competencia técnica requerida para desempeñar sus funciones, lo cual se debe establecer en un manual de responsabilidades.
- La dirección del organismo proveedor de ensayos de aptitud debe establecer los niveles mínimos de cualificación y experiencia, necesarios para las posiciones claves dentro de la organización teniendo como base lo establecido en el manual de responsabilidades.
- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe utilizar personal competente de carácter interno y bajo contrato, el cual estará en permanente supervisión y realizará sus actividades de acuerdo con un sistema de gestión, especificado en un procedimiento de *Contratación OPS* (Ver Anexo B.1.).
- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe autorizar a personal específico diligenciando un formato de *Permiso de trabajo* (Ver Anexo B.2.), para cumplir con:
 - Seleccionar ítems de ensayo de aptitud apropiados;
 - planificar programas de ensayos de aptitud;
 - realizar tipos particulares de toma de muestras;
 - utilizar equipos específicos;

- realizar mediciones para determinar la estabilidad y homogeneidad, así como los valores asignados y las incertidumbres asociadas a los mensurandos del ítem de ensayo de aptitud;
 - preparar, manipular y distribuir los ítems de ensayo de aptitud;
 - utilizar el sistema de procesamiento de datos;
 - llevar a cabo el análisis estadístico;
 - evaluar el desempeño de los participantes en ensayos de aptitud;
 - proporcionar opiniones e interpretaciones; y
 - autorizar la emisión de informes de ensayos de aptitud.
-
- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe mantener registros actualizados de la competencia, cualificación académica y profesional, formación, habilidades y experiencia de todo el personal técnico, incluyendo el personal contratado. Esta información debe estar disponible y archivada en las hojas de vida, con las respectivas fechas en las que se ha evaluado y confirmado la competencia para desempeñar las tareas asignadas.

 - El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe tener proyectadas, según un formato de *Cronograma de capacitaciones* (Ver Anexo B.3.), las fechas de capacitaciones para el personal interno; con el fin de favorecer la formación para cada miembro que participa en la operación del programa de ensayos de aptitud. La formación que se brinda al personal debe ser periódica, de manera que se pueda tener acceso a los cambios y mejoras tecnológicas, garantizando que continuamente puedan demostrar competencia y aspirar a la mejora continua de las habilidades.

 - El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe asegurar, por medio de las capacitaciones establecidas en el formato de *Cronograma de capacitaciones* (Ver Anexo B.3.), que el personal recibe la formación necesaria para garantizar que la realización de mediciones, la operación de equipos y

cualquier otra actividad que afecte la calidad del programa de ensayos de aptitud, se lleva a cabo de manera competente; asegurándose de evaluar la eficacia y competencia de las actividades de formación, utilizando medidas objetivas, como por ejemplo, evaluar las capacitaciones realizadas utilizando un formato de *Evaluación de capacitación* (Ver Anexo B.4.).

2.2.2 Equipos, instalaciones y medio ambiente.

- Se debe asegurar de que existe la infraestructura necesaria para operar el programa de ensayos de aptitud.
- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe asegurarse de que las condiciones ambientales no comprometen el programa de ensayos de aptitud o la calidad requerida de las operaciones, para ello los laboratorios participantes deben firmar un documento de *Declaración de cumplimiento de condiciones ambientales* (Ver Anexo B.5.).
- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe controlar el uso y el acceso a las áreas que afecten la calidad de los programas de ensayos de aptitud, basándose en un procedimiento de *Control y acceso a áreas del organismo* (Ver Anexo B.6.).
- Se deben identificar, por medio del documento *Declaración de cumplimiento de condiciones ambientales* (Ver Anexo B.5.), las características y especificaciones relevantes, que puedan influir significativamente en la calidad de los ítems de ensayos de aptitud y en cualquier ensayo y/o calibración realizada. Estas condiciones pueden incluir, por ejemplo, esterilidad biológica, polvo, interferencias electromagnéticas, radiación, humedad, suministro de electricidad, temperatura y niveles de ruido y vibraciones, según corresponda a las actividades técnicas en cuestión.

- Debe existir una separación efectiva entre áreas vecinas y el área de medición, con el fin de prevenir la contaminación cruzada.
- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe asegurarse que las características de desempeño de los métodos de laboratorio y de los equipos utilizados para confirmar el contenido, homogeneidad y estabilidad de los ítems de ensayos de aptitud se validan y mantienen adecuadamente, por lo cual se aplica un procedimiento de *Verificación de la homogeneidad y estabilidad de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.7.).

2.2.3 Diseño de los programas de ensayos de aptitud.

2.2.3.1 Planificación.

- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe identificar y planificar los procesos que afecten directamente la calidad del programa de ensayos de aptitud y asegurarse de que se lleven a cabo de acuerdo con procedimientos descritos.
- El organismo proveedor de ensayos de aptitud no debe subcontratar la planificación del programa de ensayos de aptitud. En determinado caso puede utilizar asesoramiento o ayuda de asesores, expertos o un grupo de dirección.
- Mediante el documento *Plan de calidad* (Ver Anexo B.8.), el organismo establecerá los objetivos, el propósito y el diseño básico del programa de ensayos de aptitud incluyendo la siguiente información y, cuando corresponda, los motivos para su selección o exclusión:
 - El nombre y la dirección del proveedor de ensayos de aptitud;

- el nombre, la dirección y tipo de vínculo del coordinador y de cualquier otro miembro del personal que participe en el diseño y operación del programa de ensayos de aptitud;
- las actividades a subcontratar y los nombres y direcciones de los subcontratistas que participan en la operación del programa de ensayos de aptitud;
- los criterios que se deben satisfacer para la participación;
- el número y tipo de participantes previstos en el programa de ensayos de aptitud;
- la selección del(los) mensurando(s) o la(s) característica(s) de interés, incluyendo información sobre qué tienen que identificar, medir o ensayar los participantes en la ronda específica de ensayos de aptitud;
- los requisitos para la producción, el control de la calidad, el almacenamiento y la distribución de los ítems de ensayo de aptitud;
- precauciones razonables para prevenir la confabulación entre los participantes o la falsificación de resultados y procedimientos a emplear si se sospecha de falsificación de resultados;
- una descripción de la información que se suministrará a los participantes y el cronograma correspondiente a las diversas fases del programa de ensayos de aptitud;
- cualquier información sobre métodos o procedimientos que los participantes necesiten utilizar para preparar el material de ensayo y realizar los ensayos o las mediciones;
- la preparación de cualquier formato de informe normalizado que utilizarán los participantes;
- la descripción detallada del análisis estadístico a utilizar;
- el origen, la trazabilidad metrológica y la incertidumbre de medida de los valores asignados;
- los criterios para la evaluación del desempeño de los participantes;

- la descripción de los datos, informes provisionales o información a devolver a los participantes; y
 - la descripción del grado en que se harán públicos los resultados de los participantes, y las conclusiones basadas en los resultados del programa de ensayos de aptitud.
- El organismo deber tener acceso a la experiencia y conocimientos técnicos necesarios en el campo pertinente de ensayos, calibración, muestreo o inspección, así como en estadística.
 - La experiencia técnica debe utilizarse, según corresponda, para definir temas tales como los siguientes:
 - Planificar los requisitos de acuerdo al documento *Plan de calidad* (Ver Anexo B.8.);
 - identificar y resolver toda dificultad prevista en la preparación y mantenimiento de ítems de ensayo de aptitud homogéneos o en la determinación de un valor estable asignado a un ítem de ensayo de aptitud; de acuerdo a los procedimientos establecidos por el organismo proveedor de ensayos de aptitud, relacionados a lo largo de este manual.
 - preparar instrucciones detalladas para los participantes;
 - hacer comentarios sobre cualquier dificultad técnica u otras observaciones presentadas por los participantes en rondas previas de ensayos de aptitud;
 - asesorar en la evaluación del desempeño de los participantes;
 - hacer comentarios sobre los resultados y el desempeño de los participantes en su conjunto y, cuando corresponda, sobre grupos de participantes o participantes individuales;
 - asesorar a los participantes (dentro de los límites de la confidencialidad), ya sea individualmente o dentro del informe; y
 - planificar o participar en reuniones técnicas con los participantes.

2.2.3.2 Preparación de los ítems de ensayos de aptitud.

- Mediante un procedimiento de *Manipulación de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.9.) se debe establecer e implementar las características a tener en cuenta para asegurarse de que los ítems de ensayos de aptitud se preparan de acuerdo con el plan descrito en 2.2.3.1.
- El organismo proveedor de ensayos de aptitud, mediante el procedimiento de *Manipulación de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.9.), debe establecer e implementar, las condiciones necesarias para asegurarse de la adecuada adquisición, recolección, preparación, manipulación, almacenamiento, y cuando sea requerido, la disposición final de todos los ítems de ensayos de aptitud.
- Es conveniente que los ítems de ensayo de aptitud coincidan, en términos de mensurandos y concentraciones, tanto como sea viable, con el tipo de ítems o materiales de los ensayos de rutina o calibración, para lo cual se debe establecer el procedimiento *de Manipulación de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.9.).
- En los programas de ensayos de aptitud en los cuales se decida que los participantes prepararen y/o manipulen el ítem de ensayos de aptitud para entregarlo al organismo proveedor de ensayos de aptitud, los participantes deben realizar estas actividades de acuerdo con lo descrito en el procedimiento *de Manipulación de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.9.), documento en el cual se describen los pasos necesarios para la preparación, el embalaje y el transporte del ítem de ensayos de aptitud.

2.2.3.3 Homogeneidad y estabilidad.

- En el procedimiento de *Verificación de la homogeneidad y estabilidad de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.7.) se deben establecer los criterios de homogeneidad y estabilidad apropiados, basándose en el efecto que tendría la ausencia de éstas sobre los resultados y la evaluación del desempeño de los participantes.
- Se debe implementar el procedimiento de *Verificación de la homogeneidad y estabilidad de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.7.) para la evaluación de la homogeneidad y estabilidad. Cuando sea posible, se utilizará una selección estadísticamente aleatoria de un número representativo de ítems de ensayos de aptitud de todo el lote del material de ensayo para evaluar la homogeneidad del material.
- La evaluación de la homogeneidad se debe realizar según el procedimiento de *Verificación de la homogeneidad y estabilidad de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.7.), después de que los ítems de ensayos de aptitud hayan sido embalados en su forma final y antes de su distribución a los participantes
- A través del procedimiento de *Verificación de la homogeneidad y estabilidad de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.7.) se debe demostrar que los ítems de ensayos de aptitud son suficientemente estables para asegurarse de que no sufrirán cambios significativos a lo largo de la realización del ensayo de aptitud, incluyendo las condiciones de almacenamiento y transporte.
- Cuando se retienen para su posterior uso los ítems de ensayo de aptitud de rondas anteriores, el organismo proveedor de ensayos de aptitud debe

confirmar, antes de la distribución, los valores de la propiedad a determinar en el programa de ensayos de aptitud.

- En los casos en que la determinación de la homogeneidad y estabilidad no sea factible, se debe garantizar que la aplicación del procedimiento de *Manipulación de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.9) es suficiente para el propósito de los ensayos de aptitud.

2.2.3.4 Diseño estadístico.

- Para cumplir los objetivos del programa se deben utilizar diseños estadísticos basados en la naturaleza de los datos, las hipótesis estadísticas, la naturaleza de los errores y el número esperado de resultados. El diseño estadístico abarca el proceso de planificar, recopilar, analizar y comunicar los datos del programa de ensayos de aptitud. Además, estos deben basarse en los objetivos establecidos para el programa de ensayos de aptitud, tales como, la detección de ciertos tipos de errores o la determinación de valores asignados con una incertidumbre de la medida especificada.
- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe documentar el diseño estadístico y los métodos de análisis de datos que se utilizarán para identificar el valor asignado y evaluar los resultados de los participantes mediante los siguientes procedimientos: *Determinación de la desviación estándar* (Ver Anexo B.10.), *Determinación del valor asignado y su incertidumbre estándar* (Ver Anexo B.11) y *Evaluación del desempeño de los participantes* (Ver Anexo B.12).
- En el diseño de un análisis estadístico se debe prestar especial cuidado en lo siguiente:

- La exactitud (veracidad y precisión) así como a la incertidumbre de medida requerida o esperada para cada mensurando o característica en el ensayo de aptitud;
- los procedimientos utilizados para establecer la desviación estándar para la evaluación de la aptitud u otros criterios de evaluación;
- los procedimientos que se utilizarán para identificar o tratar los valores atípicos, o ambos; y
- cuando sea pertinente, los procedimientos para la evaluación de los valores excluidos del análisis estadístico.

2.2.3.5 Valores asignados.

- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe documentar el procedimiento para determinar los valores asignados para los mensurandos o las características en un programa particular de ensayos de aptitud. Este procedimiento debe tener en cuenta la trazabilidad metrológica y la incertidumbre de la medida requeridas para demostrar que el programa de ensayos de aptitud es apto para el fin previsto. Por esta razón, se debe establecer el procedimiento de *Determinación del valor asignado y su incertidumbre estándar* (Ver Anexo B.11.).
- Los programas de ensayos de aptitud en el área de calibración deben tener valores asignados con trazabilidad metrológica, incluyendo la incertidumbre de la medida.
- Para los programas de ensayos de aptitud en áreas distintas de la de calibración, se debe determinar por parte del experto técnico asignado la relevancia, necesidad y viabilidad de la trazabilidad metrológica y la incertidumbre de medida asociada del valor asignado. La cadena de trazabilidad metrológica requerida dependerá del tipo de ítem de ensayos de

aptitud, del mensurando o característica, y de la disponibilidad de calibraciones trazables y materiales de referencia.

- Cuando se utilice un valor consensuado como valor asignado, el organismo proveedor de ensayos de aptitud debe estimar la incertidumbre del valor asignado como se describe en el procedimiento de *Determinación del valor asignado y su incertidumbre estándar* (Ver Anexo B.11.).
- Antes de dar inicio a las rondas de ensayo de aptitud los participantes deben conocer, entender y firmar el documento *Declaración de no confabulación y falsificación de resultados* (Ver Anexo B.13.), en el cual se encuentra consignada la política relativa a la divulgación de los valores asignados, quedando como constancia que los participantes no pueden beneficiarse haciendo divulgaciones anticipadas.

2.2.4 Elección del método o procedimiento.

- Normalmente se espera que los participantes utilicen el método de ensayo, procedimiento de calibración o de medida de su elección, el cual debe ser coherente con sus procedimientos de rutina. Es posible que en alguna oportunidad el organismo proveedor de ensayos de aptitud, exija que los participantes utilicen un método especificado de acuerdo con el diseño del programa de ensayos de aptitud.
- Cuando se permita a los participantes utilizar el método de su elección, el organismo proveedor de ensayos de aptitud debe:
 - Tener una política y seguir un procedimiento para la comparación de resultados obtenidos por diferentes métodos de ensayo o medida; y

- saber, para cualquier mensurando, qué métodos de ensayo o medida son técnicamente equivalentes, y tomar las medidas para evaluar los resultados de los participantes utilizando estos métodos como corresponde.

2.2.5 Operación de los programas de ensayos de aptitud.

2.2.5.1 Instrucciones para los participantes.

- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe notificar a los participantes con suficiente anticipación antes de enviar los ítems de ensayos de aptitud, la fecha probable de llegada de los ítems y la fecha en la que deben retornar al organismo proveedor de ensayos de aptitud; salvo que debido al diseño del programa de ensayos de aptitud resulte inapropiado proceder de esta manera.
- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe proporcionar instrucciones detalladas y documentadas a todos los participantes; las cuales deben incluir:
 - La necesidad de tratar a los ítems de ensayos de aptitud de la misma manera que la mayoría de las muestras ensayadas rutinariamente (salvo que los requisitos particulares del programa de ensayos de aptitud requieran apartarse de este principio);
 - el procedimiento detallado para preparar y/o acondicionar los ítems de ensayo de aptitud antes de realizar los ensayos o las calibraciones (Ver Anexo B.9.);
 - toda instrucción apropiada para la manipulación de los ítems de ensayo de aptitud, incluyendo los requisitos de seguridad (Ver Anexo B.9.);
 - las condiciones ambientales específicas en las que el participante debe realizar los ensayos y/o las calibraciones y, si corresponde, los requisitos para que los participantes informen de las condiciones ambientales pertinentes durante la medida (Ver Anexo B.5.);

- instrucciones específicas y detalladas sobre la manera de registrar e informar los resultados de ensayo o medición y las incertidumbres asociadas, por lo cual el organismo debe establecer un formato de *Entrega de resultados por parte de los participantes* (Ver Anexo B.14.);
- la fecha límite para que el proveedor reciba los resultados de los ensayos o mediciones de aptitud para su análisis;
- la información sobre los detalles de contacto del organismo proveedor de ensayos de aptitud para realizar consultas; y
- las instrucciones sobre la devolución de ítems de ensayos de aptitud, cuando corresponda.

2.2.5.2 Manipulación y almacenamiento de los ítems de ensayos de aptitud.

- Con el procedimiento de *Manipulación de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.9.), el organismo proveedor de ensayos de aptitud debe asegurarse de que los ítems están identificados y segregados apropiadamente y no puedan contaminarse o degradarse, desde su preparación hasta su distribución a los participantes.
- El organismo proveedor de ensayos de aptitud, por medio del procedimiento de *Manipulación de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.9.), debe prevenir el daño o deterioro de cualquier ítem de ensayo de aptitud entre su preparación y su distribución.
- Cuando corresponda, se debe evaluar el estado de todos los ítems de ensayos de aptitud, productos químicos y materiales almacenados a intervalos especificados durante su período de almacenamiento para detectar posibles deterioros.

- Se debe garantizar que las instalaciones a disposición del organismo proveedor de ensayos de aptitud para la manipulación, descontaminación y disposición final de los ítems de ensayos de aptitud, productos químicos y materiales potencialmente peligrosos son seguras.

2.2.5.3 Embalaje, etiquetado y distribución de los ítems de ensayos de aptitud.

- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe controlar los procesos de embalaje y etiquetado en la medida que sea necesario para asegurar la conformidad con los requisitos de seguridad y transporte pertinentes nacionales, regionales o internacionales.
- En la *Declaración de cumplimiento de condiciones ambientales* (Ver Anexo B.5.) se deben especificar las condiciones ambientales pertinentes para el transporte de los ítems de ensayos de aptitud. Cuando sea necesario se debe realizar un seguimiento de las condiciones ambientales del ítem de ensayos de aptitud durante el transporte y se evaluará el impacto de las influencias ambientales sobre el mismo.
- En los programas de ensayos de aptitud en los que los participantes deben transportar los ítems de ensayo de aptitud, el organismo debe proporcionar instrucciones documentadas para este transporte.
- El organismo proveedor de ensayos de aptitud, debe asegurarse de que las etiquetas están fijadas de forma segura al embalaje de los ítems de ensayos de aptitud individuales y estén diseñadas para permanecer legibles e intactas a lo largo de la ronda de ensayos de aptitud.

- El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe llevar un seguimiento en el cual los participantes informarán al organismo, si los ítems de ensayos de aptitud se recibieron y se encuentran conforme a la planificación de fechas proporcionadas.

2.2.6 Análisis de datos y evaluación de los resultados del programa de ensayos de aptitud.

2.2.6.1 Análisis de datos y registros.

- Todo equipo de procesamiento de datos y el software deben ser validados de acuerdo con procedimientos antes de su puesta en servicio. El mantenimiento del sistema informático debe incluir un proceso de copia de seguridad y un plan de recuperación del sistema. Se deben registrar los resultados de tal mantenimiento y de las verificaciones operativas.
- Los resultados entregados por parte de los participantes se deben registrar en un formato de *Entrega de resultados por parte de los participantes* (Ver Anexo B.14.) y estos deben ser analizados mediante métodos estadísticos apropiados de acuerdo a lo descrito en el procedimiento de *Evaluación del desempeño de los participantes* (Ver Anexo B.12.); lo anterior con el objetivo de verificar la validez de la entrada de datos, el análisis estadístico y la presentación de informes.
- El análisis de datos que llevará a cabo el organismo proveedor de ensayos de aptitud, debe generar un resumen estadístico, estadísticas de desempeño e información coherente con el diseño estadístico del programa de ensayos de aptitud.

- El organismo proveedor de ensayos de aptitud, debe minimizar la influencia de los valores atípicos en el resumen estadístico; para ello puede implementar una guía de *Método estadístico robusto* (Ver Anexo B.15.).
- Con la guía establecida en el numeral anterior e implementando otra que contenga las *Reglas para el redondeo de valores numéricos* (Ver Anexo B.16.), el organismo proveedor de ensayos contará con criterios para tratar los resultados de ensayo que pueden ser inadecuados para la evaluación estadística, por ejemplo, errores de cálculo, transposiciones y otros errores de gran magnitud.

2.2.6.2 Evaluación del desempeño.

- En el procedimiento de *Evaluación del desempeño de los participantes* (Ver Anexo B.12.), se debe definir los métodos de evaluación válidos que satisfacen el propósito del programa de ensayos de aptitud. Los métodos descritos en el procedimiento anteriormente relacionado deben incluir una descripción de las bases para la evaluación.
- Cuando corresponda para el propósito del programa de ensayos de aptitud, el organismo debe proporcionar comentarios de un experto sobre el desempeño de los participantes con respecto a:
 - El desempeño global en comparación con las expectativas previas teniendo en cuenta las incertidumbres de medida;
 - la variación interparticipantes, y las comparaciones con otras rondas previas de ensayos de aptitud, programas similares de ensayos de aptitud, o datos publicados de precisión;
 - la variación entre métodos o procedimientos;

- las posibles fuentes de error (con referencia a los valores atípicos) y sugerencias para mejorar el desempeño;
- el asesoramiento y la retroalimentación a los participantes con fines educativos como parte de los procedimientos de mejora continua de los participantes;
- las situaciones en las que factores inusuales hacen imposible la evaluación de los resultados y los comentarios sobre el desempeño;
- otras sugerencias, recomendaciones o comentarios generales; y
- las conclusiones.

Lo anterior se debe quedar por escrito en el *Informe final del programa de ensayos de aptitud* (Ver Anexo B.17.).

2.2.7 Informes.

- Los informes emitidos por el organismo proveedor de ensayos de aptitud, deben ser claros y exhaustivos e incluir información sobre los resultados de todos los participantes, junto con una indicación del desempeño de los participantes individuales. La autorización y emisión de estos informes no debe subcontratarse. Cuando no se pueda informar a los participantes de toda la información original, se debe proporcionar un resumen de los resultados, por ejemplo, en formato gráfico o tabulado.
- El *Informe final del programa de ensayos de aptitud* (Ver Anexo B.17.), emitido por el organismo proveedor de ensayos de aptitud debe incluir como mínimo los siguientes elementos, salvo que no corresponda o que se tenga razones válidas para no hacerlo así:
 - Nombre y datos de contacto del proveedor de ensayos de aptitud;
 - nombre y datos de contacto del coordinador;

- nombre(s), función(es), y firma(s) o identificación equivalente de la(s) persona(s) que autoriza(n) el informe;
 - indicación de las actividades subcontratadas por el proveedor de ensayos de aptitud;
 - fecha de emisión y estado del informe (por ejemplo, preliminar, provisional o final);
 - número de páginas y una indicación clara del final del informe;
 - declaración del alcance de la confidencialidad de los resultados;
 - número del informe e identificación clara del programa de ensayos de aptitud;
 - descripción clara de los ítems de ensayo de aptitud utilizados incluyendo los detalles necesarios de la preparación del ítem de ensayo de aptitud y de la evaluación de la homogeneidad y estabilidad;
 - resultados de los participantes;
 - datos y resúmenes estadísticos, incluyendo valores asignados y rango de resultados aceptables y representaciones gráficas;
 - procedimientos utilizados para establecer cualquier valor asignado;
 - detalles de la incertidumbre de medida de todo valor asignado;
 - procedimientos utilizados para establecer la desviación estándar para la evaluación de la aptitud, u otros criterios de evaluación;
 - comentarios del proveedor de ensayos de aptitud y asesores técnicos sobre el desempeño de los participantes;
 - información sobre el diseño y la implementación del programa de ensayos de aptitud;
 - procedimientos utilizados para el análisis estadístico de los datos;
 - asesoramiento sobre la interpretación del análisis estadístico; y
 - comentarios o recomendaciones, basados en los resultados de la ronda de ensayos de aptitud.
- Los informes se deben poner a disposición de los participantes dentro de los plazos establecidos. En los casos de los programas secuenciales de ensayos

de aptitud, por ejemplo, en los que el período de devolución puede ser muy extenso, y en los programas que involucran materiales perecederos, se proporcionarán resultados preliminares o anticipados antes de divulgar los resultados finales. Esto permite la investigación temprana de posibles errores.

- El organismo proveedor de ensayos de aptitud mediante la *Declaración de no confabulación y falsificación de resultados* (Ver Anexo B.13.), debe establecer la política para el uso de informes por parte de las personas y las organizaciones.
- Cuando sea necesario emitir un informe nuevo o modificado para un programa de ensayos de aptitud, este debe incluir: una identificación única; una referencia al informe original al que reemplaza o modifica y una declaración sobre la razón para la modificación o una nueva emisión.

2.2.8 Comunicación con los participantes.

- El organismo proveedor de ensayos de aptitud, por medio del documento *Información programa de ensayos de aptitud* (Ver Anexo B.18.), debe poner a disposición de los participantes información detallada relacionada con:
 - Los detalles relevantes del alcance del programa de ensayos de aptitud;
 - las tarifas de participación;
 - los criterios documentados de elegibilidad para la participación;
 - los acuerdos de confidencialidad; y
 - los detalles sobre cómo presentar la solicitud.
- El organismo debe notificar sin demora a los participantes todo cambio en el diseño u operación del programa de ensayos de aptitud.
- En un procedimiento de *Quejas y apelaciones* (Ver Anexo B.19.), se deben describir los pasos a seguir en el momento que los participantes requieran

presentar un apelación contra la evaluación de su desempeño en un programa de ensayos de aptitud. Se debe comunicar la disponibilidad de este proceso a los participantes.

- Los registros pertinentes de las comunicaciones con los participantes se deben mantener y conservar según corresponda.
- Si el proveedor de ensayos de aptitud emite declaraciones sobre la participación o el desempeño, éstas deben contener suficiente información para evitar que sean malinterpretadas.

2.2.9 Confidencialidad.

- La identidad de los participantes en el programa de ensayos de aptitud debe ser confidencial y conocida sólo por las personas que participan en la operación del programa de ensayos de aptitud, salvo que el participante renuncie a la confidencialidad.
- Toda información proporcionada por un participante al organismo proveedor de ensayos de aptitud debe tratarse como información confidencial.
- Cuando una parte interesada requiera que los resultados de los ensayos de aptitud sean proporcionados directamente por el organismo proveedor de ensayos de aptitud, se debe advertir a los participantes previamente a su participación.
- En circunstancias excepcionales, cuando una autoridad reglamentaria requiera que los resultados de los ensayos de aptitud sean proporcionados directamente a la autoridad por el organismo proveedor de ensayos de aptitud, se debe notificar por escrito a los participantes afectados.

3. MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Para la realización del informe final de un programa de ensayos de aptitud, se deben tener en cuenta tanto la incertidumbre de medición como los métodos estadísticos, los cuales se utilizan para calcular el valor asignado y evaluar los resultados reportados por los participantes. Por esta razón, aunque la incertidumbre de medición es reportada por los laboratorios, se consideró necesario exponer las principales fuentes de incertidumbre que influyen en la calibración o ensayo de cualquier ítem de ensayo de aptitud (para este caso, un medidor de energía eléctrica). Además, se citan los dos métodos más utilizados por los organismos proveedores para la evaluación de desempeño de los participantes, junto con las diferentes maneras como se puede calcular el valor asignado del ítem de ensayo de aptitud y su respectiva incertidumbre estándar.

3.1 INCERTIDUMBRE

La definición formal del término “Incertidumbre de medición” que se cita en la Norma GTC 51:1997 “Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones” es la siguiente: “Parámetro asociado con el resultado de una medición que determina un rango de valores, que en forma razonable se le podrían atribuir a una magnitud por medir”.

La incertidumbre del resultado de una medida refleja la falta de conocimiento exacto del valor verdadero del mensurando. En la práctica existen muchas fuentes posibles de incertidumbre, las cuales se clasifican en dos categorías: incertidumbre estándar tipo A e incertidumbre estándar tipo B.

3.1.1 Estimación de la incertidumbre estándar tipo A. La incertidumbre estándar tipo A es la debida a la variación de n mediciones independientes, repetidas bajo las mismas condiciones de medición. Esta incertidumbre, también conocida como incertidumbre por repetibilidad, se calcula como:

$$u_A = u_{rep} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

s : Desviación estándar de las n mediciones, obtenida como:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}}$$

\bar{x} : Media aritmética de las n observaciones.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

3.1.2 Estimación de la incertidumbre estándar tipo B. La incertidumbre estándar tipo B es la que no se obtiene por medio del análisis estadístico de una serie de mediciones repetidas, sino que es evaluada mediante criterios basados en toda la información disponible sobre los factores que intervienen en la variabilidad del valor verdadero de un mensurando, tales como:

- Las características del equipo de prueba para medidores (EPM) utilizado para realizar las mediciones, dentro de las cuales encontramos:
 - *Deriva*: Depende de los cambios metrológicos que ha sufrido el EPM en las diferentes calibraciones, siempre y cuando se mantenga el mismo equipo de referencia. Esta componente de incertidumbre tipo B se calcula como:

$$u_D = \frac{D_{m\acute{a}x}}{\sqrt{3}}$$

$D_{m\acute{a}x}$: Máxima deriva histórica entre dos certificados de calibración consecutivos.

- *Resolución*: Depende de la mínima diferencia de las indicaciones que pueden visualizarse en un EPM. Esta componente de incertidumbre se obtiene así:

$$u_R = \frac{\text{Resolución}}{\sqrt{12}}$$

- *Certificado de calibración*: En este tipo de certificado, el resultado de la calibración se expresa acompañado de su incertidumbre expandida (Ver numeral 3.1.4.). Teniendo en cuenta lo anterior, esta componente de incertidumbre tipo B se calcula como:

$$u_{Cer} = \frac{U_{exp}}{k}$$

U_{exp} : Incertidumbre expandida del resultado de la calibración.

k : Factor de cobertura.

- Magnitudes de influencia (temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, vibraciones, campos magnéticos externos, entre otros). Esta componente, sólo debe ser considerada cuando las calibraciones se realicen bajo condiciones que se encuentren por fuera de los valores establecidos en la respectiva norma técnica del medidor objeto de prueba. Como en este programa de ensayos de aptitud se establecieron documentos y procedimientos para controlar las condiciones ambientales de los laboratorios en el momento de la calibración del medidor de energía (Ver Anexo B.5.), teniendo en cuenta la norma NTC 4856:2006, esta componente de incertidumbre tipo B no debe ser considerada.

- El observador. Para este programa, esta componente de incertidumbre no debe ser considerada pues la determinación del error se realiza a través de medios digitales.

Finalmente, la incertidumbre tipo B se calcula como:

$$u_B = \sqrt{\sum_{i=1}^N [u(x_i)]^2}$$

$u(x_i)$: Valor de cada componente de incertidumbre tipo B.

N : Número de componentes de incertidumbre tipo B.

Para este programa de ensayos de aptitud, esta ecuación se reduce a:

$$u_B = \sqrt{(u_D)^2 + (u_R)^2 + (u_{Cer})^2}$$

u_D : Incertidumbre por deriva del EPM.

u_R : Incertidumbre por resolución del EPM.

u_{Cer} : Incertidumbre obtenida del certificado de calibración del EPM.

3.1.3 Estimación de la incertidumbre combinada. La incertidumbre combinada (U_c) viene dada como:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

u_A : Incertidumbre estándar tipo A.

u_B : Incertidumbre estándar tipo B.

3.1.4 Estimación de la incertidumbre expandida. La medida adicional de la incertidumbre que define un intervalo alrededor del resultado de la medición que se espera que incluya una fracción grande de valores que razonablemente pueden ser atribuidos al mensurando, se denomina incertidumbre expandida (U_{exp}) y se

obtiene al multiplicar la incertidumbre estándar combinada (U_c) por un factor de cobertura k , así:

$$U_{exp} = k * U_c$$

El valor del factor de cobertura k se elige con base al nivel de confianza requerido para el intervalo definido por la incertidumbre expandida, y se tomará de acuerdo a la tabla de la distribución normal. Por ejemplo, si se desea que el nivel de confianza del intervalo sea del 95,45% se debe tomar $k = 2$ (Ver Anexo C.).

3.2 MÉTODOS PARA DETERMINAR EL VALOR ASIGNADO Y SU INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR

3.2.1 Valores de referencia certificados. Un material de referencia certificado (MRC) se define como un producto de origen natural caracterizado mediante un procedimiento metrológicamente válido para una o más propiedades específicas, acompañado por un certificado que indica los valores de la propiedad especificada, su incertidumbre asociada y una definición de su trazabilidad metrológica.

3.2.1.1 Valor asignado. Cuando el material utilizado en un ensayo de aptitud es un material de referencia certificado (MRC), su valor de referencia certificado se utiliza como el valor asignado del ítem de ensayo de aptitud.

3.2.1.2 Incertidumbre estándar del valor asignado. Cuando se utiliza un material de referencia certificado como material de ensayo, la incertidumbre estándar del valor asignado se deriva de la información sobre la incertidumbre suministrada en el certificado.

La limitación de este enfoque es que puede ser costoso proporcionar a cada participante en el ensayo de aptitud una muestra de material de referencia certificado.

3.2.2. Valores por consenso de laboratorios expertos. Un laboratorio experto es aquel que participa y demuestra reproducibilidad en programas de ensayos de aptitud planificados internacionalmente. En el caso de Colombia, dentro de los laboratorios expertos podemos encontrar los laboratorios de la superintendencia de Industria y Comercio (SIC).

3.2.2.1 Valor asignado. Para este enfoque, el valor asignado del ítem de ensayo de aptitud se calcula como el promedio robusto de los resultados reportados por el grupo de laboratorios expertos, calculado utilizando el algoritmo citado en el numeral 3.3.

3.2.2.2 Incertidumbre estándar del valor asignado. Cuando cada uno de los laboratorios expertos p reportan una medición x_i en el material de ensayo, junto con un estimado $u(x_i)$ de la incertidumbre estándar de la medición, y el valor asignado del ítem se calcula como un promedio robusto utilizando el algoritmo del numeral 3.3., la incertidumbre estándar del valor asignado se estima como:

$$u_x = \frac{1,25}{p} * \sqrt{\sum_{i=1}^p u(x_i)^2}$$

El factor de 1,25 representa la relación entre la desviación estándar de la mediana y la desviación estándar de la media aritmética, para muestras a partir de una distribución normal. Para datos con distribución normal, la desviación estándar de un promedio robusto calculado utilizando el algoritmo del numeral 3.3. no se

conoce, pero estará en algún sitio entre la desviación estándar de la media aritmética y la desviación estándar de la mediana, de modo tal que la fórmula proporciona un estimado conservador de la incertidumbre estándar u_x

Demostración. Supongamos que tenemos una muestra aleatoria de tamaño $n = 2p + 1$ (esto con el fin de facilitar el cálculo de la mediana). Entonces, la varianza de la media aritmética $Var(\bar{x})$ y la varianza de la mediana $Var(\tilde{x})$ vienen dadas por:

$$Var(\bar{x}) = \frac{\sigma^2}{2p + 1} \quad y \quad Var(\tilde{x}) = \frac{\pi\sigma^2}{4p}$$

Por lo tanto, la desviación estándar de la media aritmética $s(\bar{x})$ y la desviación estándar de la mediana $s(\tilde{x})$ son:

$$s(\bar{x}) = \frac{\sigma}{\sqrt{2p + 1}} \quad y \quad s(\tilde{x}) = \frac{\sigma\sqrt{\pi}}{2\sqrt{p}}$$

Entonces para calcular la relación entre $s(\bar{x})$ y $s(\tilde{x})$ hallamos:

$$\lim_{p \rightarrow \infty} \frac{\frac{\sigma\sqrt{\pi}}{2\sqrt{p}}}{\frac{\sigma}{\sqrt{2p+1}}} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \lim_{p \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{2p + 1}{p}} = \frac{\sqrt{2\pi}}{2} \approx 1,25$$

3.2.3 Valores por consenso de los participantes. Según la norma ISO/IEC 17043:2010 un participante es aquel “laboratorio, organización o persona que recibe los ítems de ensayo de aptitud y entrega los resultados para su revisión por el proveedor de ensayos de aptitud”.

3.2.3.1 Valor asignado. Para este enfoque, el valor asignado para el ítem de ensayo utilizado en un programa de ensayo de aptitud, es el promedio robusto de

los resultados reportados por todos los participantes en la ronda, calculados utilizando el algoritmo del numeral 3.3.

3.2.3.2 Incertidumbre estándar del valor asignado. Cuando el valor asignado se deriva como promedio robusto calculado utilizando el algoritmo, la incertidumbre estándar del valor asignado se calcula como:

$$u_x = 1,25 \times \frac{s^*}{\sqrt{p}}$$

En donde s^* es la desviación estándar robusta de los resultados calculados utilizando el algoritmo (aquí un "resultado" para un participante es el promedio de todas sus mediciones en el material de ensayo).

3.3 ALGORITMO

Cuando el valor asignado del ítem de ensayo de aptitud se obtiene por consenso de laboratorios, este valor asignado debe ser el promedio robusto x^* , y la desviación estándar $\hat{\sigma}$ utilizada para la evaluación de desempeño debe ser la desviación estándar robusta s^* , calculados usando el siguiente algoritmo:

- Indique los errores promedio reportados por cada uno de los laboratorios participantes y clasifíquelos en orden creciente:

$$x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_p$$

- Calcule los valores iniciales para el promedio robusto x^* y la desviación estándar robusta s^* , así:

$$x^* = \text{mediana de } x_i (i = 1, 2, \dots, p)$$

$$s^* = 1,483 \text{ mediana de } |x_i - x^*| (i = 1, 2, \dots, p)$$

- Para cada x_i donde $i = 1, 2, \dots, p$, calcule:

$$x_i^* = \begin{cases} x^* - 1,5 * s^* & \text{si } x_i < x^* - 1,5 * s^* \\ x^* + 1,5 * s^* & \text{si } x_i > x^* + 1,5 * s^* \\ x_i, & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

- Calcule los nuevos valores de x^* y s^* , así:

$$x^* = \sum x_i^* / p$$

$$s^* = 1,134 \sqrt{\sum (x_i^* - x^*)^2 / (p - 1)}$$

Las estimativas robustas x^* y s^* se pueden derivar mediante un cálculo iterativo, es decir, actualizando los valores de x^* y s^* hasta que el algoritmo converja. Se puede asumir la convergencia cuando no hay cambio de una iteración a la siguiente en la tercera cifra decimal del promedio robusto y la desviación estándar robusta.

3.4 ESTADÍSTICAS PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS PARTICIPANTES

3.4.1 Estimados del sesgo de laboratorio. Supongamos que x representa el resultado (o el promedio de los resultados) reportado por un participante para la medición de un característica del ítem de ensayo en un programa de ensayos de aptitud.

Entonces un estimado del sesgo D del laboratorio, cuando se mide esta característica, se puede calcular así:

$$D = x - X$$

En donde X es el valor asignado del ítem de ensayo de aptitud.

No se recomienda usar las estadísticas de desempeño que involucran el valor absoluto $|D|$ del sesgo del laboratorio o D^2 porque ellas cancelan el signo del sesgo.

3.4.2 Puntajes z. Con la misma anotación del numeral 3.4.1, el puntaje z se calcula así:

$$z = \frac{x - X}{\hat{\sigma}}$$

$\hat{\sigma}$: desviación estándar para la evaluación de desempeño.

3.4.2.1 Interpretación de los puntajes z. Los criterios para la interpretación de los puntajes z son los siguientes:

- Cuando un participante reporta un resultado que da origen a un puntaje z tal que $|z| \leq 2$, esto indica que su desempeño es satisfactorio y no genera ninguna señal.
- Cuando un participante reporta un resultado que da origen a un puntaje z tal que $2 < |z| \leq 3$, esto indica que su desempeño es cuestionable y genera una señal de atención.

- Cuando un participante reporta un resultado que da origen a un puntaje z tal que $|z| > 3$, esto indica que su desempeño es insatisfactorio y genera una señal de acción.

La justificación para el uso de los multiplicadores de 2,0 y 3,0 es la siguiente: Si \bar{X} y $\hat{\sigma}$ son buenos estimados de la media y de la desviación estándar de la población de la cual se derivaron los valores x y la distribución subyacente es aproximadamente normal, entonces los puntajes z estarán distribuidos de forma aproximadamente normal con media 0 y desviación estándar $\hat{\sigma}$. En estas circunstancias, sólo se esperaría que aproximadamente el 0,3% de los puntajes z estén fuera del rango de $-3,0 < \text{puntajes } z < 3,0$, y aproximadamente el 5% estarían fuera del rango de $-2,0 < \text{puntajes } z < 2,0$. Debido a que estas probabilidades son muy bajas, es muy poco probable que las señales de acción se presenten por casualidad cuando no existe un problema real, por lo tanto cuando una señal de acción se da, se genera una oportunidad para investigar e identificar la razón de esta anomalía.

3.4.3 Errores normalizados. Con la misma anotación del numeral 3.4.1, esta estadística de desempeño se calcula así:

$$E_n = \frac{x - \bar{X}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

U_{ref} : incertidumbre expandida del valor asignado;

U_{lab} : incertidumbre expandida del resultado x de un participante.

En contraste con los valores críticos de 2,0 y 3,0 utilizados con los puntajes z , es común utilizar un valor crítico de 1,0 con los números E_n . Esto se debe a que estos números se calculan utilizando las incertidumbres expandidas en el denominador en lugar de las desviaciones estándar.

Cuando las incertidumbres expandidas se calculan utilizando un factor de cobertura de 2,0, un valor crítico de 1,0 para un número En es equivalente al valor crítico de 2,0 utilizado con los puntajes z . Por lo tanto, los criterios para la interpretación de los errores normalizados son los siguientes:

- Cuando un participante reporta un resultado que da origen a un error normalizado tal que $|E_n| \leq 1$, esto indica que su desempeño es satisfactorio.
- Cuando un participante reporta un resultado que da origen a un error normalizado tal que $|E_n| > 1$, esto indica que su desempeño es insatisfactorio.

Observaciones:

- Los números En se deberían utilizar con precaución cuando existe la posibilidad de que los participantes tengan un conocimiento deficiente de su incertidumbre y no la pueden reportar de manera uniforme. Sin embargo, la incorporación de información sobre la incertidumbre en la interpretación de los resultados de los ensayos de aptitud puede jugar un papel importante en la mejora de su comprensión de este tema difícil.
- Un valor de $|En| < 1$ suministra evidencia objetiva de que el estimado de la incertidumbre es consistente con la definición de incertidumbre expandida que se da en la guía GTC 51:1997.

4. PLANIFICACIÓN: COMPARACIÓN INTERLABORATORIOS DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En este capítulo se presenta información acerca de: el objeto de prueba utilizado, los laboratorios participantes, el cronograma de participación y el laboratorio líder de la intercomparación. Además, se describen algunos aspectos claves que se tuvieron en cuenta antes del inicio de la misma, tales como: el método de calibración que debían emplear los laboratorios participantes, la metodología de participación y las condiciones ambientales que debían satisfacer cada uno de los laboratorios durante el desarrollo del ensayo.

4.1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para el propósito y entendimiento de este capítulo, se aplican términos y definiciones, algunos de los cuales se encuentran indicados en las normas NTC 4856:2000 “Verificación inicial y periódica de medidores de energía” y NTC 4856:2006 “Verificación inicial y posterior de medidores de energía eléctrica”. Los términos son los siguientes:

Corriente básica (I_b). Valor de la corriente de acuerdo con el cual se fija el desempeño de un medidor de conexión directa.

Corriente nominal (I_n). Valor de la corriente de acuerdo con el cual se fija el desempeño correspondiente de un medidor operado con transformador.

Corriente máxima ($I_{m\acute{a}x}$). Máximo valor de la corriente que admite el medidor.

Tensión nominal o de referencia (U_n). Valor de la tensión en función del cual se fija el desempeño óptimo del medidor.

Frecuencia nominal o de referencia. Valor de la tensión en función del cual se fija el desempeño óptimo del medidor.

Índice de clase. Número que expresa el límite del error porcentual admisible para todos los valores del rango de medición, con factor de potencia unitario (y en caso de medidores polifásicos, con cargas balanceadas) cuando el medidor se ensaya bajo condiciones de referencia (incluyendo las tolerancias permitidas en los valores de referencia).

Circuito de corriente. Conexiones internas del medidor y parte del elemento de medida a través del cual fluye la corriente del circuito al que se conecta el medidor.

Circuito de tensión. Conexiones internas del medidor, parte del elemento de medida y fuente de potencia del mismo (si el medidor no es alimentado por una fuente externa de potencia) alimentado con la tensión del circuito al que se conecta el medidor.

Calibración. Conjunto de operaciones que establece, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de las magnitudes que indique un medidor bajo prueba y los valores correspondientes determinados por medio de un equipo para prueba de medidores (EPM).

Equipo para prueba de medidores (EPM). Conjunto de aparatos que suministran energía a los medidores bajo prueba y que mide esta energía.

Potencia aparente (S). La potencia compleja de un circuito eléctrico de corriente alterna (cuya magnitud se conoce como potencia aparente), es la suma (vectorial) de la potencia activa y la potencia reactiva.

Potencia activa (P). Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en calor o trabajo. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. La potencia activa se mide en vatios [W].

Potencia reactiva (Q). Referencia con la cual se cuantifican los efectos que no es posible traducir en uso efectivo de la energía eléctrica. No es posible considerar este parámetro como una potencia aunque para efectos didácticos se considera una energía que es usada para efectos de magnetización atribuyéndole además características debidas a fallas en la calidad con que se suministra la energía eléctrica a frecuencia fundamental.

4.2 LABORATORIO LÍDER

Por consenso entre todos los laboratorios participantes, se determinó que el laboratorio líder de la intercomparación sería el Laboratorio de calibración de medidores de energía de la Central Hidro-Eléctrica de Caldas. Por esta razón, este laboratorio tendría la misión de realizar dos mediciones, una al inicio de la intercomparación y otra al final de la misma. Esto con el fin de garantizar que se mantuvo la integridad del objeto de prueba (es decir, se mantuvieron estables las propiedades metrológicas del medidor) durante toda la intercomparación.

4.3 LABORATORIOS PARTICIPANTES

A continuación se presenta información de cada uno de los laboratorios participantes, en la cual se incluyen los nombres del jefe y del calibrador de cada uno de ellos:

- Laboratorio de calibración de medidores de energía eléctrica de la **Central Hidro-Eléctrica de Caldas S.A. E.S.P.**

Dirección : Estación Uribe, km 2 vía Chinchiná
Ciudad : Manizales, Caldas
Teléfono : 8899000 ext. 1281
Jefe del laboratorio : Ramón Ossa Hernández
Calibrador : Luis Fernando Patiño Aguirre

- Laboratorio de calibración de medidores de energía eléctrica de la **Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P.**

Dirección : Edificio Administrativo Carrera 10 N° 15-87
Ciudad : Tunja, Boyacá
Teléfono : 7405000
Jefe del laboratorio : Luis Hernando Pinzón Acero
Calibrador : Daniel Álvaro Rodríguez Layton

- Laboratorio de calibración de medidores de energía eléctrica de la **Industria Eléctrica del Cauca S.A. E.S.P.**

Dirección : Calle 16 No 21-21
Ciudad : Popayán, Cauca
Teléfono : 8283326
Jefe de laboratorio : Oscar Muñoz Yara
Calibrador : Leonel Tenorio Tovar

- Laboratorio de calibración de medidores de energía eléctrica de las **Centrales Eléctricas del Cauca S.A. E.S.P.**

Dirección : Carrera 7 No. 1N - 28 Pisos 3 y 4
Ciudad : Popayán, Cauca
Teléfono : 8235975
Jefe de laboratorio : María del Rosario Grisales
Calibrador : Javier Palta

- Laboratorio de calibración de medidores de energía eléctrica de la **Electrificadora del Caquetá S.A. E.S.P.**

Dirección : Calle 20 No. 9 – 54
Ciudad : Florencia, Caquetá
Teléfono : 4354125
Jefe de laboratorio : Guillermo Vaca Alvarado
Calibrador : Luis Sogamoso Torres

4.4 ÍTEM DE ENSAYO DE APTITUD

En la norma ISO/IEC 17043:2010, un ítem de ensayo de aptitud se define como “muestra, producto, artefacto, material de referencia, parte de un equipo, patrón de medida, conjunto de datos u otra información usada en un ensayo de aptitud”. Para esta intercomparación, el ítem fue un medidor de energía eléctrica con las siguientes características:

- **Marca** : ELGAMA
- **Número de serie** : 738457
- **Clase** : 1
- **Constante (k)** : 500 imp/kWh/kvarh
- **Número de fases** : 3
- **Frecuencia** : 60 Hz
- **Corriente básica (I_b)** : 10 A
- **Corriente máxima (I_{máx})** : 100 A
- **Tensión nominal (U_n)** : $3 \times 63,5 \text{ V a } 254/440 \text{ V}$

4.5 CRONOGRAMA DE PARTICIPACIÓN

En el numeral 2.2.5.1. del presente trabajo se establece que se debe notificar a los participantes con suficiente anticipación la fecha probable de llegada de los ítems y la fecha en que deben retornar al organismo; por esta razón, al inicio de la intercomparación se programó el siguiente cronograma de participación:

- **Fecha de coordinación** : 9 de marzo de 2011
- **Fecha de calibración CHEC** : 14 de marzo de 2011
- **Fecha de calibración EBSA** : 17 de marzo de 2011
- **Fecha de calibración INELCA** : 21 de marzo de 2011
- **Fecha de calibración CEDELCA** : 24 de marzo de 2011
- **Fecha de calibración ELECTROCAQUETA** : 29 de marzo de 2011
- **Fecha de calibración CHEC** : 4 de abril de 2011

Teniendo en cuenta que la duración del ensayo de exactitud no excede las 8 horas, cada laboratorio participante debía devolver el medidor de energía (ítem de ensayo de aptitud) en la misma fecha de calibración que le fue asignada.

4.6 MÉTODO DE CALIBRACIÓN EMPLEADO

El ensayo empleado por los participantes en la intercomparación fue el de exactitud; el cual consistió en realizar la calibración del medidor, tanto en componente activa como en reactiva, en los siguientes puntos de prueba (escogidos con el asesoramiento de un ingeniero electrónico y basándonos en lo exigido por la Norma Técnica Colombiana NTC 4856:2006):

- Punto de carga No. 1 [5% In, F.P. 1, Fases RST]
- Punto de carga No. 2 [100% In, F.P. 1, Fases RST]
- Punto de carga No. 3 [100% In, F.P. 0,5i, Fases RST]

- Punto de carga No. 4 [100% In, F.P. 1, Fase R]
- Punto de carga No. 5 [100% In, F.P. 1, Fase S]
- Punto de carga No. 6 [100% In, F.P. 1, Fase T]
- Punto de carga No. 7 [Imáx%, F.P. 1, Fases RST]

El resultado de la calibración en cada uno de los puntos de prueba escogidos se expresa como un error relativo en porcentaje (error porcentual) por la comparación entre el medidor (objeto de prueba) utilizado y el equipo de prueba para medidores (EPM). Es importante resaltar que la calibración solo debe realizarse bajo las condiciones de referencia indicadas en el numeral 4.7.

4.7 CONDICIONES DE REFERENCIA

Según lo establecido en la norma NTC 4856:2006; el ensayo de exactitud debe realizarse bajo las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura ambiente : 21 °C a 25 °C
- Tensión de referencia : 118,8 V a 121,2 V
- Frecuencia de referencia : 59,82 Hz a 60,18 Hz
- Humedad relativa : 45% a 75%
- Presión atmosférica : 86kPa a 106kPa (860mbar a 1 060 mbar)

Además, antes de efectuar el ensayo de exactitud, los circuitos de tensión del medidor bajo prueba deben estar conectados a la tensión de referencia por lo menos por 1 hora.

4.8 METODOLOGÍA DE PARTICIPACIÓN

La intercomparación se llevó a cabo usando la metodología de “Participación secuencial”, descrita en la norma ISO/IEC 17043:2010.

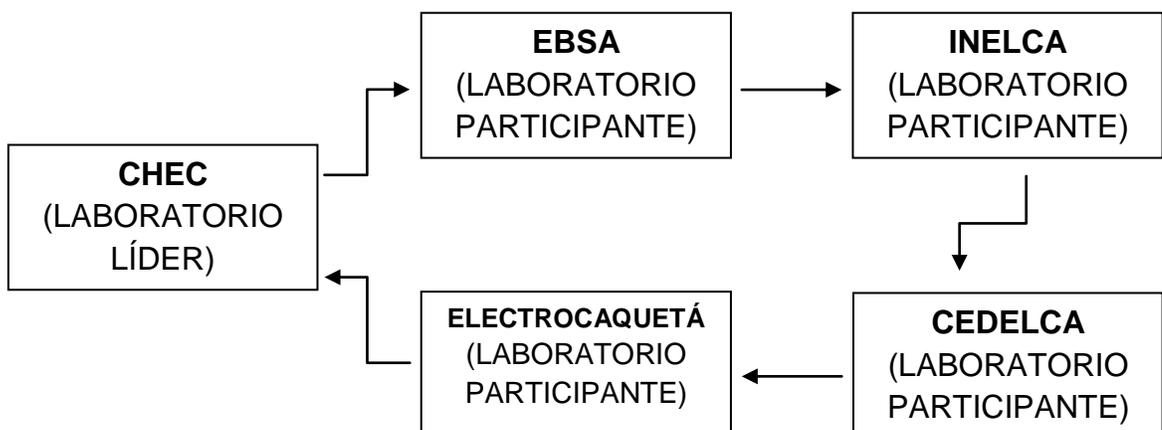
4.8.1 Programas de participación secuencial. Los programas de participación secuencial (a veces conocidos como programas de comparación de mediciones) consisten en distribuir el ítem de ensayo de aptitud (medidor objeto de prueba) sucesivamente de un participante al siguiente o devolverlo ocasionalmente al laboratorio líder de la intercomparación para una nueva verificación. Las principales características de los programas de participación secuencial, se describen a continuación:

- Se utiliza un laboratorio líder para verificar el ítem de ensayo de aptitud (en este caso, es un medidor de energía eléctrica) en etapas específicas durante la realización de la intercomparación, para asegurarse de que no haya cambios significativos en las propiedades metrológicas del ítem.
- El valor asignado del ítem de ensayo es proporcionado en la gran mayoría de veces por un laboratorio de referencia elegido al inicio de la intercomparación. Sin embargo, en algunas ocasiones el valor asignado del ítem se puede determinar por consenso, una vez que todos los participantes (o en algunos casos, un subgrupo de participantes) hayan completado la medida del ítem de comparación.
- Los resultados de las mediciones individuales de cada laboratorio se comparan con el valor asignado.
- Los programas en los que la participación es secuencial requieren tiempo (en algunos casos años) en completarse. Esto causa una serie de dificultades, tales como:
 - Asegurar la estabilidad del ítem.

- El seguimiento estricto de la distribución y el tiempo permitido para la medida por parte de los participantes individuales.
- La necesidad de proporcionar retroalimentación sobre el desempeño individual durante la implementación del programa, en lugar de esperar hasta que éste termine.

4.8.2 Orden de participación. Luego de coordinar la intercomparación con los laboratorios participantes e informar a cada uno de ellos las fechas de calibración correspondientes; se dio inicio al programa, comenzando con la primera medición del laboratorio líder, continuando con el laboratorio de la EBSA. Seguidamente, realizaron las mediciones los laboratorios de la zona del Cauca (INELCA y CEDELCA, respectivamente). Posteriormente, la quinta medición fue llevada a cabo por el laboratorio de ELECTROCAQUETÁ. Finalmente el ítem de ensayo vuelve al laboratorio líder para que este realice su segunda medición y pueda verificarse que no hubo cambio en las propiedades metrológicas del ítem durante todo el desarrollo de la intercomparación. El orden de participación citado anteriormente se puede visualizar en la Figura 1.

Figura 1. Orden de participación



Fuente. Los Autores

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Este capítulo tiene como objetivo exponer el análisis estadístico de los resultados reportados por los laboratorios participantes en el programa de ensayos de aptitud de calibración de medidores de energía eléctrica, liderado por la Central Hidro-Eléctrica de Caldas S.A E.S.P. (CHEC), y desarrollado bajo los criterios establecidos en la norma ISO/IEC 17043:2010.

Cabe resaltar que la identidad de los laboratorios participantes en el programa es mantenida bajo confidencialidad. Para esto, cada participante ha sido identificado con un código único, el cual fue asignado al comienzo del programa y conocido solamente por el jefe del laboratorio correspondiente y por las personas que elaboramos este trabajo. La codificación presentada en este informe para cada uno de los laboratorios no corresponde al orden de realización de los ensayos citado en el numeral 4.8.2.

5.1 CÁLCULO DE LOS ERRORES PROMEDIO DE LOS LABORATORIOS PARTICIPANTES

El resultado de cada laboratorio participante correspondiente a cada uno de los puntos de prueba, tanto para la componente activa (Ver Tabla 1) como para la componente reactiva (Ver Tabla 2), fue calculado como:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{10} x_i}{10}$$

Donde x representa el resultado del laboratorio participante para la evaluación de desempeño, y x_i cada uno de los diez resultados obtenidos por el laboratorio en cada punto de prueba.

Tabla 1. Errores promedio de los laboratorios participantes - componente activa

PUNTO DE PRUEBA				LAB. 1	LAB. 2	LAB. 3	LAB. 4	LAB. 5	LAB. 6
No.	In (%)	Cos φ	Fase						
1	5%	1	RST	0,01	-0,04	-0,03	-0,08	-0,06	-0,04
2	100%	1	RST	0,00	-0,06	-0,02	-0,04	-0,07	-0,01
3	100%	0,5 i	RST	0,02	0,01	-0,05	-0,12	-0,03	-0,22
4	100%	1	R	0,02	-0,03	-0,01	-0,04	-0,06	0,00
5	100%	1	S	0,01	-0,01	0,00	-0,04	-0,04	0,00
6	100%	1	T	-0,03	-0,07	-0,05	-0,07	-0,05	-0,07
7	Imáx%	1	RST	0,02	-0,04	-0,02	-0,03	-0,02	-0,01

Fuente. Los Autores

Tabla 2. Errores promedio de los laboratorios participantes - componente reactiva

PUNTO DE PRUEBA				LAB. 1	LAB. 2	LAB. 3	LAB. 4	LAB. 5	LAB. 6
No.	In (%)	Sen φ	Fase						
1	5%	1	RST	1,05	1,08	1,02	1,12	1,07	1,08
2	100%	1	RST	0,06	0,08	0,10	0,10	0,06	0,06
3	100%	0,5 i	RST	-0,02	0,04	0,22	0,16	0,01	-0,06
4	100%	1	R	-0,35	0,09	0,10	0,08	0,06	0,12
5	100%	1	S	-0,14	0,03	0,10	0,10	-0,01	0,01
6	100%	1	T	1,29	0,06	0,05	0,14	0,09	0,01
7	Imáx%	1	RST	0,05	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05

Fuente. Los Autores

5.2 CÁLCULO DEL VALOR ASIGNADO DEL ÍTEM Y LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA LA EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

Dado que el valor asignado del ítem para cada uno de los puntos de prueba y la desviación estándar para la evaluación de desempeño fueron calculados después de haber finalizado el programa de ensayos de aptitud y por consenso de los laboratorios participantes, su cálculo se llevó a cabo utilizando el algoritmo citado en el numeral 3.3.

Por ejemplo, para el punto de carga 1 de la componente activa, el valor asignado y la desviación estándar se calculan así:

- Se ordenan los errores promedio reportados por cada uno de los participantes de menor a mayor:

$$x_1 = -0,08; x_2 = -0,06; x_3 = -0,04; x_4 = -0,04; x_5 = -0,03; x_6 = 0,01$$

- Se calculan los valores iniciales para el promedio robusto x^* y la desviación estándar robusta s^* , así:

$$x^* = \text{mediana de } x_i = -0,04$$

$$s^* = 1,483 \text{ mediana de } |x_i - x^*| = 1,483 * 0,015 = 0,02224$$

- Calculamos:

$$x^* - 1,5 * s^* = -0,07337$$

$$x^* + 1,5 * s^* = -0,00663$$

Como $-0,08 < -0,07337$ entonces $x_1^* = -0,07337$

Como $-0,07337 < -0,06 < -0,00663$ entonces $x_2^* = -0,06$

Como $-0,07337 < -0,04 < -0,00663$ entonces $x_3^* = -0,04$

Como $-0,07337 < -0,04 < -0,00663$ entonces $x_4^* = -0,04$

Como $-0,07337 < -0,03 < -0,00663$ entonces $x_5^* = -0,03$

Como $-0,07337 < 0,01 < -0,00663$ entonces $x_6^* = -0,00663$

- Calculamos los nuevos valores de x^* y s^* , así:

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^6 x_i^*}{6} = -0,04167$$

$$s^* = 1,134 \sqrt{\frac{\sum (x_i^* - x^*)^2}{(p-1)}} = 1,134 * 0,02328 = 0,02640$$

Como aun no se cumple el criterio de convergencia, es necesario realizar una nueva iteración:

- Calculamos:

$$x^* - 1,5 * s^* = -0,08127$$

$$x^* + 1,5 * s^* = -0,00206$$

Como $-0,08127 < -0,07337 < -0,00206$ entonces $x_1^* = -0,07337$

Como $-0,08127 < -0,06 < -0,00206$ entonces $x_2^* = -0,06$

Como $-0,08127 < -0,04 < -0,00206$ entonces $x_3^* = -0,04$

Como $-0,08127 < -0,04 < -0,00206$ entonces $x_4^* = -0,04$

Como $-0,08127 < -0,03 < -0,00206$ entonces $x_5^* = -0,03$

Como $-0,08127 < -0,00663 < -0,00206$ entonces $x_6^* = -0,00663$

- Calculamos los nuevos valores de x^* y s^* , así:

$$x^* = \frac{\sum_{i=1}^6 x_i^*}{6} = -0,04167$$

$$s^* = 1,134 \sqrt{\frac{\sum (x_i^* - x^*)^2}{(p-1)}} = 1,134 * 0,02328 = 0,02640$$

Dado que el criterio de convergencia se cumple, es decir, no hay cambio de una iteración a la siguiente en la tercera cifra decimal de la desviación estándar robusta y de la cifra equivalente del promedio robusto, entonces tenemos que el valor asignado X y la desviación estándar $\hat{\sigma}$ para la evaluación de desempeño son:

$$X = x^* = -0,04167$$

$$\hat{\sigma} = s^* = 0,02640$$

De la misma manera, se realiza el cálculo del valor asignado y la desviación estándar para los otros 13 puntos de carga. A continuación se citan los resultados:

- Componente activa

- Punto de carga 1 $X = x^* = -0,04$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,02640$ (Ver Tabla 3)
- Punto de carga 2 $X = x^* = -0,03$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,03180$ (Ver Tabla 4)
- Punto de carga 3 $X = x^* = -0,06$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,08216$ (Ver Tabla 5)
- Punto de carga 4 $X = x^* = -0,02$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,03287$ (Ver Tabla 6)
- Punto de carga 5 $X = x^* = -0,01$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,01749$ (Ver Tabla 7)
- Punto de carga 6 $X = x^* = -0,06$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,01579$ (Ver Tabla 8)
- Punto de carga 7 $X = x^* = -0,02$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,01677$ (Ver Tabla 9)

- Componente reactiva

- Punto de carga 1 $X = x^* = 1,07$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,02712$ (Ver Tabla 10)
- Punto de carga 2 $X = x^* = 0,07$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,01821$ (Ver Tabla 11)
- Punto de carga 3 $X = x^* = 0,05$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,10770$ (Ver Tabla 12)
- Punto de carga 4 $X = x^* = 0,08$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,03224$ (Ver Tabla 13)
- Punto de carga 5 $X = x^* = 0,02$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,08615$ (Ver Tabla 14)
- Punto de carga 6 $X = x^* = 0,09$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,06917$ (Ver Tabla 15)
- Punto de carga 7 $X = x^* = 0,05$ y $\hat{\sigma} = s^* = 0,00790$ (Ver Tabla 16)

Tabla 3. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 1 - componente activa

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,03337	0,03960
$x^* - \delta$	-----	-0,07337	-0,08127
$x^* + \delta$	-----	-0,00663	-0,00206
LAB. No. 1	0,01	-0,00663	-0,00663
LAB. No. 2	-0,04	-0,04	-0,04
LAB. No. 3	-0,03	-0,03	-0,03
LAB. No. 4	-0,08	-0,07337	-0,07337
LAB. No. 5	-0,06	-0,06	-0,06
LAB. No. 6	-0,04	-0,04	-0,04
PROMEDIO	-0,04	-0,04167	-0,04167
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0.03033	0,02328	0,02328
NUEVO x^*	-0,04	-0,04167	-0,04167
NUEVA s^*	0.02224	0,02640	0,02640

Fuente. Los Autores

Tabla 4. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 2 - componente activa

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,05561	0,04771
$x^* - \delta$	-----	-0,08561	-0,08104
$x^* + \delta$	-----	0,02561	0,01438
LAB. No. 1	0,00	0,00	0,00
LAB. No. 2	-0,06	-0,06	-0,06
LAB. No. 3	-0,02	-0,02	-0,02
LAB. No. 4	-0,04	-0,04	-0,04
LAB. No. 5	-0,07	-0,07	-0,07
LAB. No. 6	-0,01	-0,01	-0,01
PROMEDIO	-0,03333	-0,03333	-0,03333
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,02805	0,02805	0,02805
NUEVO x^*	-0,03	-0,03333	-0,03333
NUEVA s^*	0,03708	0,03180	0,03180

Fuente. Los Autores

Tabla 5. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 3 - componente activa

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,12235	0,12324
$x^* - \delta$	-----	-0,16235	-0,17863
$x^* + \delta$	-----	0,08235	0,06785
LAB. No. 1	0,02	0,02	0,02
LAB. No. 2	0,01	0,01	0,01
LAB. No. 3	-0,05	-0,05	-0,05
LAB. No. 4	-0,12	-0,12	-0,12
LAB. No. 5	-0,03	-0,03	-0,03
LAB. No. 6	-0,22	-0,16235	-0,16235
PROMEDIO	-0,065	-0,05539	-0,05539
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,09094	0,07245	0,07245
NUEVO x^*	-0,04	-0,05539	-0,05539
NUEVA s^*	0,08156	0,08216	0,08216

Fuente. Los Autores

Tabla 6. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 4 - componente activa

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,04449	0,04930
$x^* - \delta$	-----	-0,06449	-0,06930
$x^* + \delta$	-----	0,02449	0,02930
LAB. No. 1	0,02	0,02	0,02
LAB. No. 2	-0,03	-0,03	-0,03
LAB. No. 3	-0,01	-0,01	-0,01
LAB. No. 4	-0,04	-0,04	-0,04
LAB. No. 5	-0,06	-0,06	-0,06
LAB. No. 6	0,00	0,00	0,00
PROMEDIO	-0,02	-0,02	-0,02
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,02898	0,02898	0,02898
NUEVO x^*	-0,02	-0,02	-0,02
NUEVA s^*	0,02966	0,03287	0,03287

Fuente. Los Autores

Tabla 7. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 5 - componente activa

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,02224	0,02624
$x^* - \delta$	-----	-0,02724	-0,00908
$x^* + \delta$	-----	0,01724	-0,03532
LAB. No. 1	0,01	0,01	0,01
LAB. No. 2	-0,01	-0,01	-0,01
LAB. No. 3	0,00	0,00	0,00
LAB. No. 4	-0,04	-0,02724	-0,02724
LAB. No. 5	-0,04	-0,02724	-0,02724
LAB. No. 6	0,00	0,00	0,00
PROMEDIO	-0,01333	-0,00908	-0,00908
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,02160	0,01542	0,01542
NUEVO x^*	-0,005	-0,00908	-0,00908
NUEVA s^*	0,01483	0,01749	0,01749

Fuente. Los Autores

Tabla 8. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 6 - componente activa

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,02224	0,02369
$x^* - \delta$	-----	-0,08224	-0,08165
$x^* + \delta$	-----	-0,03776	-0,03427
LAB. No. 1	-0,03	-0,03776	-0,03776
LAB. No. 2	-0,07	-0,07	-0,07
LAB. No. 3	-0,05	-0,05	-0,05
LAB. No. 4	-0,07	-0,07	-0,07
LAB. No. 5	-0,05	-0,05	-0,05
LAB. No. 6	-0,07	-0,07	-0,07
PROMEDIO	-0,05667	-0,05796	-0,05796
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,01633	0,01393	0,01393
NUEVO x^*	-0,06	-0,05796	-0,05796
NUEVA s^*	0,01483	0,01579	0,01579

Fuente. Los Autores

Tabla 9. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 7 - componente activa

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,02224	0,02516
$x^* - \delta$	-----	-0,04224	-0,04479
$x^* + \delta$	-----	0,00224	0,00554
LAB. No. 1	0,02	0,00224	0,00224
LAB. No. 2	-0,04	-0,04	-0,04
LAB. No. 3	-0,02	-0,02	-0,02
LAB. No. 4	-0,03	-0,03	-0,03
LAB. No. 5	-0,02	-0,02	-0,02
LAB. No. 6	-0,01	-0,01	-0,01
PROMEDIO	-0,01667	-0,01962	-0,01962
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,02066	0,01479	0,01479
NUEVO x^*	-0,02	-0,01962	-0,01962
NUEVA s^*	0,01483	0,01677	0,01677

Fuente. Los Autores

Tabla 10. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 1 - componente reactiva

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,03337	0,04068
$x^* - \delta$	-----	1,04163	1,03098
$x^* + \delta$	-----	1,10837	1,11235
LAB. No. 1	1,05	1,05	1,05
LAB. No. 2	1,08	1,08	1,08
LAB. No. 3	1,02	1,04163	1,04163
LAB. No. 4	1,12	1,10837	1,10837
LAB. No. 5	1,07	1,07	1,07
LAB. No. 6	1,08	1,08	1,08
PROMEDIO	1,07	1,07167	1,07167
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,03347	0,02392	0,02392
NUEVO x^*	1,075	1,07167	1,07167
NUEVA s^*	0,02224	0,02712	0,02712

Fuente. Los Autores

Tabla 11. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 2 - componente reactiva

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,02224	0,02732
$x^* - \delta$	-----	0,04776	0,04676
$x^* + \delta$	-----	0,09224	0,10140
LAB. No. 1	0,06	0,06	0,06
LAB. No. 2	0,08	0,08	0,08
LAB. No. 3	0,10	0,09224	0,09224
LAB. No. 4	0,10	0,09224	0,09224
LAB. No. 5	0,06	0,06	0,06
LAB. No. 6	0,06	0,06	0,06
PROMEDIO	0,07667	0,07408	0,07408
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,01966	0,01606	0,01606
NUEVO x^*	0,07	0,07408	0,07408
NUEVA s^*	0,01483	0,01821	0,01821

Fuente. Los Autores

Tabla 12. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 3 - componente reactiva

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,14459	0,16155
$x^* - \delta$	-----	-0,11959	-0,11162
$x^* + \delta$	-----	0,16959	0,21149
LAB. No. 1	-0,02	-0,02	-0,02
LAB. No. 2	0,04	0,04	0,04
LAB. No. 3	0,22	0,16959	0,16959
LAB. No. 4	0,16	0,16	0,16
LAB. No. 5	0,01	0,01	0,01
LAB. No. 6	-0,06	-0,06	-0,06
PROMEDIO	0,05833	0,04993	0,04993
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,10889	0,09498	0,09498
NUEVO x^*	0,025	0,04993	0,04993
NUEVA s^*	0,09640	0,10770	0,10770

Fuente. Los Autores

Tabla 13. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 4 - componente reactiva

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,04449	0,04836
$x^* - \delta$	-----	0,04051	0,03339
$x^* + \delta$	-----	0,12949	0,13011
LAB. No. 1	-0,35	0,04051	0,04051
LAB. No. 2	0,09	0,09	0,09
LAB. No. 3	0,10	0,10	0,10
LAB. No. 4	0,08	0,08	0,08
LAB. No. 5	0,06	0,06	0,06
LAB. No. 6	0,12	0,12	0,12
PROMEDIO	0,01667	0,08175	0,08175
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,18074	0,02843	0,02843
NUEVO x^*	0,085	0,08175	0,08175
NUEVA s^*	0,02966	0,03224	0,03224

Fuente. Los Autores

Tabla 14. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 5 - componente reactiva

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,12235	0,12923
$x^* - \delta$	-----	-0,10235	-0,10795
$x^* + \delta$	-----	0,14235	0,15050
LAB. No. 1	-0,14	-0,10235	-0,10235
LAB. No. 2	0,03	0,03	0,03
LAB. No. 3	0,10	0,10	0,10
LAB. No. 4	0,10	0,10	0,10
LAB. No. 5	-0,01	-0,01	-0,01
LAB. No. 6	0,01	0,01	0,01
PROMEDIO	0,015	0,02128	0,02128
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,08871	0,07597	0,07597
NUEVO x^*	0,02	0,02128	0,02128
NUEVA s^*	0,08156	0,08615	0,08615

Fuente. Los Autores

Tabla 15. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 6 - componente reactiva

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,10010	0,10376
$x^* - \delta$	-----	-0,02510	-0,01624
$x^* + \delta$	-----	0,17510	0,19128
LAB. No. 1	1,29	0,17510	0,17510
LAB. No. 2	0,06	0,06	0,06
LAB. No. 3	0,05	0,05	0,05
LAB. No. 4	0,14	0,14	0,14
LAB. No. 5	0,09	0,09	0,09
LAB. No. 6	0,01	0,01	0,01
PROMEDIO	0,27333	0,08752	0,08752
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,49995	0,06100	0,06100
NUEVO x^*	0,075	0,08752	0,08752
NUEVA s^*	0,06674	0,06917	0,06917

Fuente. Los Autores

Tabla 16. Cálculo del promedio robusto y la desviación estándar robusta para el punto de prueba No. 7 - componente reactiva

ITERACIÓN	0	1	2
$\delta = 1,5 s^*$	-----	0,01112	0,01184
$x^* - \delta$	-----	0,04388	0,04213
$x^* + \delta$	-----	0,06612	0,06582
LAB. No. 1	0,05	0,05	0,05
LAB. No. 2	0,06	0,06	0,06
LAB. No. 3	0,04	0,04388	0,04388
LAB. No. 4	0,06	0,06	0,06
LAB. No. 5	0,06	0,06	0,06
LAB. No. 6	0,05	0,05	0,05
PROMEDIO	0,53333	0,05398	0,05398
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	0,00816	0,00696	0,00696
NUEVO x^*	0,055	0,05398	0,05398
NUEVA s^*	0,00742	0,00790	0,00790

Fuente. Los Autores

5.3 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

Para la evaluación de desempeño de los participantes usando el método de error normalizado, es necesario calcular la incertidumbre expandida del valor asignado del ítem de ensayo de aptitud para cada uno de los puntos de carga. Para esto, primero se calcula la incertidumbre estándar combinada (Ver numeral 3.2.3.2.), y luego, la incertidumbre expandida (Ver numeral 3.1.4.). Cabe mencionar que al inicio del programa se estipuló que para el cálculo de las incertidumbres expandidas, el factor de cobertura a utilizar sería de $k = 2$, con el objetivo de tener un nivel de confianza aproximadamente del 95,45%.

Por ejemplo, para el punto de carga 1 de la componente activa, la incertidumbre expandida se calcula así:

- Calculamos la incertidumbre estándar combinada: $u_x = 1,25 \times \frac{s^*}{\sqrt{p}}$

Como $s^* = 0,02640$ para el punto 1 y el número de laboratorios es $p = 6$, entonces tenemos:

$$U_c = 1,25 \times \frac{s^*}{\sqrt{p}} = 1,25 \times \frac{0,02640}{\sqrt{6}} = 1,25 \times 0,01077 = 0,01347$$

- Calculamos la incertidumbre expandida: $U_{exp} = k * U_c$

$$U_{exp} = k * U_c = 2 * 0,01347 = 0,02694$$

De la misma manera, se realiza el cálculo de la incertidumbre expandida para los otros 13 puntos de carga (Ver Tablas 18 y 20).

Tabla 17. Errores promedio de los laboratorios participantes y valor asignado del ítem de ensayo - componente activa

PUNTO DE PRUEBA				VALOR ASIGNADO	LAB. 1	LAB. 2	LAB. 3	LAB. 4	LAB. 5	LAB. 6
No.	In (%)	Cos φ	Fase							
1	5%	1	RST	-0,04	0,01	-0,04	-0,03	-0,08	-0,06	-0,04
2	100%	1	RST	-0,03	0,00	-0,06	-0,02	-0,04	-0,07	-0,01
3	100%	0,5 i	RST	-0,06	0,02	0,01	-0,05	-0,12	-0,03	-0,22
4	100%	1	R	-0,02	0,02	-0,03	-0,01	-0,04	-0,06	0,00
5	100%	1	S	-0,01	0,01	-0,01	0,00	-0,04	-0,04	0,00
6	100%	1	T	-0,06	-0,03	-0,07	-0,05	-0,07	-0,05	-0,07
7	Imáx%	1	RST	-0,02	0,02	-0,04	-0,02	-0,03	-0,02	-0,01

Fuente. Los Autores

Tabla 18. Incertidumbres expandidas del valor asignado y de los laboratorios participantes - componente activa

PUNTO DE PRUEBA				VALOR ASIGNADO	LAB. 1	LAB. 2	LAB. 3	LAB. 4	LAB. 5	LAB. 6
No.	In (%)	Cos φ	Fase							
1	5%	1	RST	0,027	0,082	0,174	0,076	0,154	0,174	0,160
2	100%	1	RST	0,032	0,082	0,174	0,076	0,154	0,176	0,160
3	100%	0,5 i	RST	0,084	0,082	0,200	0,078	0,200	0,201	0,540
4	100%	1	R	0,034	0,082	0,174	0,076	0,154	0,181	0,160
5	100%	1	S	0,018	0,082	0,174	0,076	0,154	0,177	0,160
6	100%	1	T	0,016	0,082	0,174	0,076	0,154	0,176	0,160
7	Imáx%	1	RST	0,017	0,082	0,174	0,077	0,154	0,201	0,160

Fuente. Los Autores

Tabla 19. Errores promedio de los laboratorios participantes y valor asignado del ítem de ensayo - componente reactiva

PUNTO DE PRUEBA				VALOR ASIGNADO	LAB. 1	LAB. 2	LAB. 3	LAB. 4	LAB. 5	LAB. 6
No.	In (%)	Cos φ	Fase							
1	5%	1	RST	1,07	1,05	1,08	1,02	1,12	1,07	1,08
2	100%	1	RST	0,07	0,06	0,08	0,10	0,10	0,06	0,06
3	100%	0,5 i	RST	0,05	-0,02	0,04	0,22	0,16	0,01	-0,06
4	100%	1	R	0,08	-0,35	0,09	0,10	0,08	0,06	0,12
5	100%	1	S	0,02	-0,14	0,03	0,10	0,10	-0,01	0,01
6	100%	1	T	0,09	1,29	0,06	0,05	0,14	0,09	0,01
7	Imáx%	1	RST	0,05	0,05	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05

Fuente. Los Autores

Tabla 20. Incertidumbres expandidas del valor asignado y de los laboratorios participantes - componente reactiva

PUNTO DE PRUEBA				VALOR ASIGNADO	LAB. 1	LAB. 2	LAB. 3	LAB. 4	LAB. 5	LAB. 6
No.	In (%)	Cos φ	Fase							
1	5%	1	RST	0,028	0,160	0,409	0,048	0,294	0,409	0,160
2	100%	1	RST	0,018	0,160	0,408	0,048	0,294	0,410	0,160
3	100%	0,5 i	RST	0,110	0,160	0,336	0,055	0,406	0,338	0,200
4	100%	1	R	0,033	0,160	0,998	0,048	0,294	0,419	0,160
5	100%	1	S	0,088	0,160	0,410	0,052	0,294	0,412	0,160
6	100%	1	T	0,071	0,160	0,598	0,050	0,294	0,412	0,160
7	Imáx%	1	RST	0,008	0,160	0,412	0,048	0,296	0,558	0,160

Fuente. Los Autores

5.4 CÁLCULO DEL ERROR NORMALIZADO Y LOS PUNTAJES z

Para evaluar el desempeño de los participantes, se utilizaron dos de las metodologías propuestas en la norma ISO/IEC 17043:2010 correspondientes a los puntajes z y al error normalizado E_n , los cuales se encuentran descritos en los numerales 3.4.2 y 3.4.3. respectivamente.

Por ejemplo, para el punto de carga 1 de la componente activa (del laboratorio 1), el error normalizado y el puntaje z se calculan así:

- Error normalizado:

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

Como $x = 0,01$; $X = -0,04$; $U_{lab}^2 = 0,082$; $U_{ref}^2 = 0,027$; entonces tenemos que:

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} = \frac{0,01 - (-0,04)}{\sqrt{0,082^2 + 0,027^2}} = 0,579$$

- Puntaje z:

$$z = \frac{x - X}{\hat{\sigma}}$$

Como $x = 0,01$; $X = -0,04$; $\hat{\sigma} = 0,02640$; entonces tenemos que:

$$z = \frac{x - X}{\hat{\sigma}} = \frac{0,01 - (-0,04)}{0,02640} = 1,923$$

De la misma manera, se realiza el cálculo del error normalizado y el puntaje z del punto 1 para los otros 5 participantes, y para los otros 13 puntos de carga (Ver Tablas 21 – 24)

Tabla 21. Errores normalizados - componente activa

PUNTO DE PRUEBA No.	LAB. 1	LAB. 2	LAB. 3	LAB. 4	LAB. 5	LAB. 6
1	0,579	0,000	0,124	-0,256	-0,114	0,000
2	0,341	-0,170	0,121	-0,064	-0,224	0,122
3	0,681	0,323	0,087	-0,276	0,138	-0,293
4	0,451	-0,056	0,120	-0,127	-0,217	0,122
5	0,238	0,000	0,128	-0,193	-0,169	0,062
6	0,359	-0,057	0,129	-0,064	0,056	-0,062
7	0,478	-0,114	0,000	-0,064	0,000	0,062
No. de puntos de prueba cuyo $E_n > 1$	0	0	0	0	0	0
% de puntos de prueba cuyo $E_n \leq 1$	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente. Los Autores

Tabla 22. Errores normalizados - componente reactiva

PUNTO DE PRUEBA No.	LAB. 1	LAB. 2	LAB. 3	LAB. 4	LAB. 5	LAB. 6
1	-0,123	0,024	-0,900	0,169	0,000	0,062
2	-0,062	0,024	0,585	0,102	-0,024	-0,062
3	-0,360	-0,028	1,382	0,262	-0,112	-0,482
4	-2,632	0,010	0,343	0,000	-0,048	0,245
5	-0,876	0,024	0,783	0,261	-0,071	-0,055
6	6,855	-0,050	-0,461	0,165	0,000	-0,457
7	0,000	0,024	-0,205	0,034	0,018	0,000
No. de puntos de prueba cuyo $ E_n > 1$	2	0	1	0	0	0
% de puntos de prueba cuyo $ E_n \leq 1$	71,43%	100%	85,71%	100%	100%	100%

Fuente. Los Autores

Tabla 23. Puntajes z - componente activa

PUNTO DE PRUEBA No.	LAB. 1	LAB. 2	LAB. 3	LAB. 4	LAB. 5	LAB. 6
1	1,923	0,000	0,385	-1,538	-0,769	0,000
2	0,938	-0,938	0,312	-0,312	-1,250	0,625
3	0,976	0,854	0,122	-0,732	0,366	-1,951
4	1,212	-0,303	0,303	-0,606	-1,212	0,606
5	1,176	0,000	0,588	-1,765	-1,765	0,588
6	1,875	-0,625	0,625	-0,625	0,625	-0,625
7	2,353	-1,176	0,000	-0,588	0,000	0,588
No. de puntos de prueba cuyo $2 < Z \leq 3$	1	0	0	0	0	0
No. de puntos de prueba cuyo $ Z > 3$	0	0	0	0	0	0
% de puntos de prueba cuyo $ Z \leq 2$	85,71%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente. Los Autores

Tabla 24. Puntajes z - componente reactiva

PUNTO DE PRUEBA No.	LAB. 1	LAB. 2	LAB. 3	LAB. 4	LAB. 5	LAB. 6
1	-0,741	0,370	-1,852	1,852	0,000	0,370
2	-0,556	0,556	1,667	1,667	-0,556	-0,556
3	-0,648	-0,092	1,574	1,018	-0,370	-1,018
4	-13,431	0,312	0,625	0,000	-0,625	1,250
5	-1,860	0,116	0,930	0,930	-0,349	-0,116
6	17,390	-0,435	-0,580	0,725	0,000	-1,159
7	0,000	1,250	-1,250	1,250	1,250	0,000
No. de puntos de prueba cuyo $2 < Z \leq 3$	0	0	0	0	0	0
No. de puntos de prueba cuyo $ Z > 3$	2	0	0	0	0	0
% de puntos de prueba cuyo $ Z \leq 2$	71,43%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente. Los Autores

5.5 GRÁFICAS

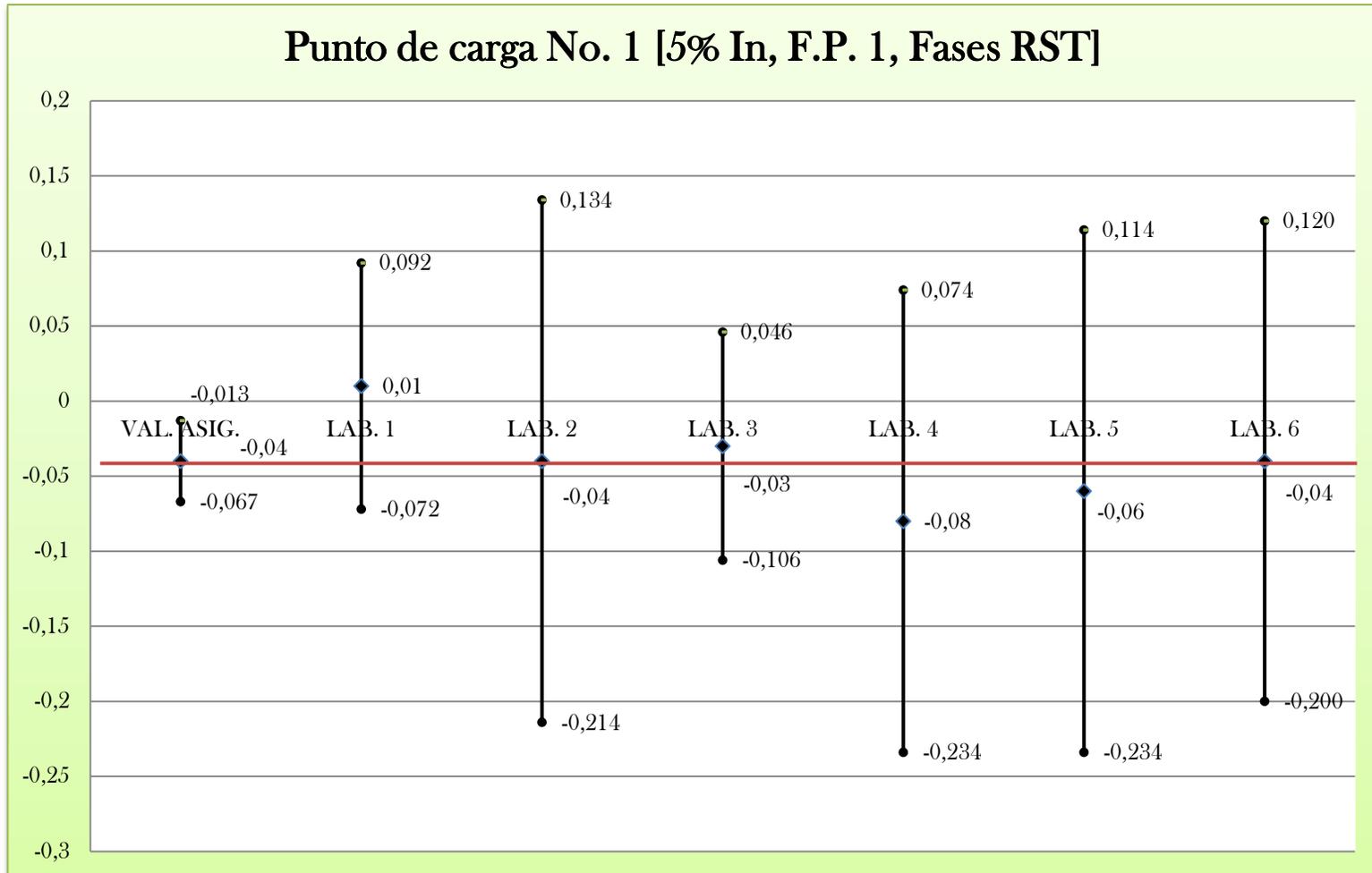
Se dice que un participante tiene un buen desempeño en un programa de ensayos de aptitud, cuando demuestra que sus mediciones son reproducibles (Ver Anexo A.) con las de los demás participantes. Una buena herramienta para visualizar lo anterior, son las “*gráficas de cotizaciones*” (Ver Figura 2), pues a diferencia de las tablas de errores normalizados y puntajes z (Ver Tablas 21 – 24) en las que solo se puede observar el desempeño de cada laboratorio con respecto al valor asignado del ítem, en estas gráficas se puede comparar su desempeño con el de los demás laboratorios. Algunas de las conclusiones que se pueden extraer del análisis de las gráficas son las siguientes:

En primer lugar, en las Figuras 3 y 15 se puede observar claramente que el intervalo determinado por el valor asignado del ítem y su respectiva incertidumbre expandida está totalmente contenido en los intervalos de todos los laboratorios participantes, y por lo tanto podemos concluir que sus mediciones son reproducibles cuando se realizan bajo las condiciones de los respectivos puntos de carga. Teniendo en cuenta lo anterior, es de esperarse que el error normalizado de todos los participantes no solo indique que su desempeño es satisfactorio, sino que además, su valor esté cercano a cero.

En segundo lugar, en la Figuras 4 y 13 se puede visualizar que una parte del intervalo determinado por el valor asignado del ítem y su incertidumbre expandida no está incluida en el intervalo determinado por el laboratorio 1, y por lo tanto podemos concluir que aunque el desempeño del laboratorio es satisfactorio, sus mediciones no son completamente reproducibles con las de los demás participantes, hecho que debe reflejarse en el valor del error normalizado, estando el valor absoluto de este cercano a 1.

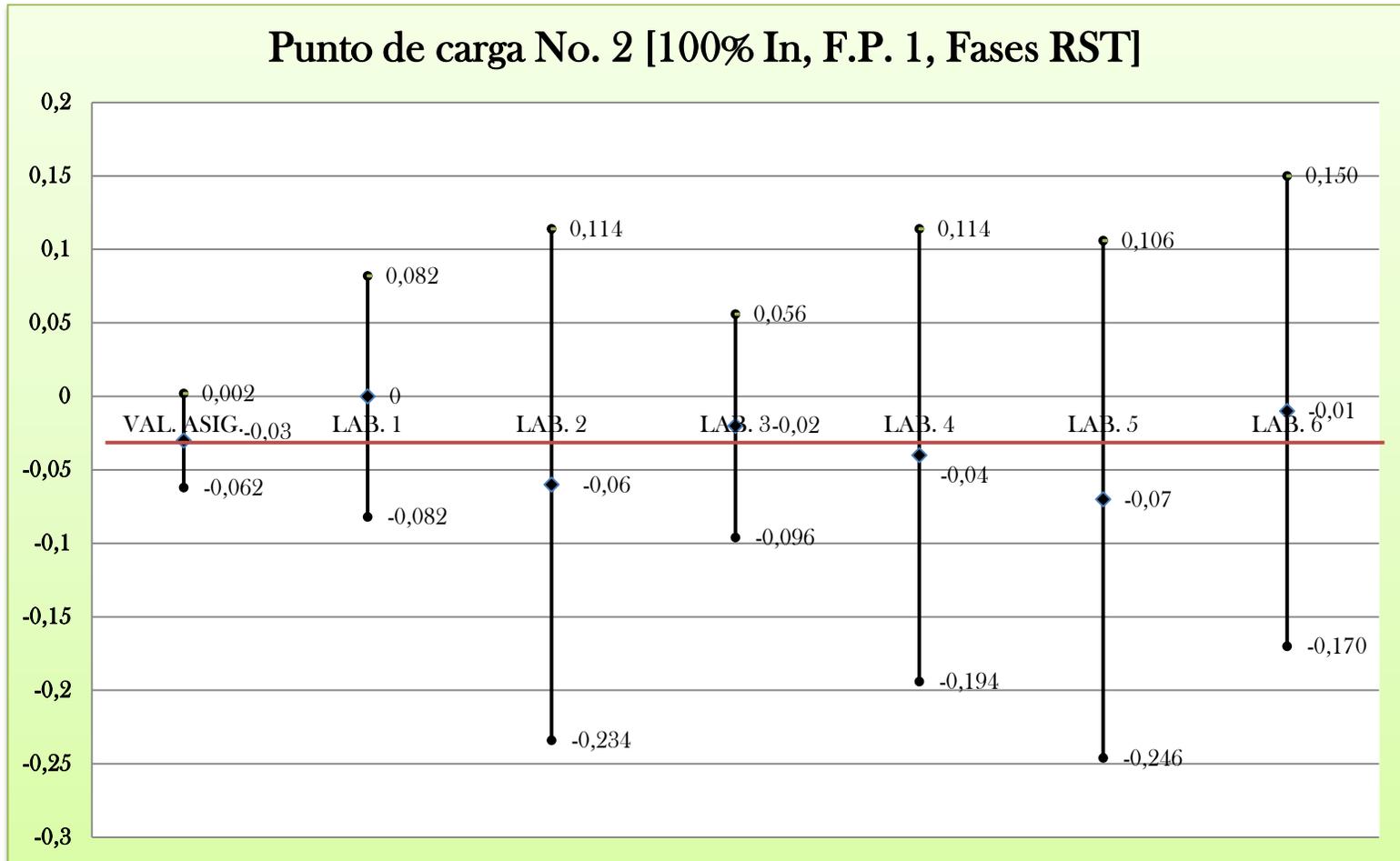
Finalmente, en las Figuras 12 y 14 se puede ver claramente que el intervalo dado por el valor asignado del ítem y su incertidumbre expandida, y el intervalo determinado las mediciones del laboratorio 1 son disyuntos, es decir, no tienen elementos en común, y por lo tanto podemos concluir que las mediciones de este laboratorio no son reproducibles cuando se realizan bajo las condiciones de los respectivos puntos de carga. Teniendo en cuenta lo anterior, es de esperarse que el error normalizado de este participante indique que su desempeño es insatisfactorio.

Figura 2. Punto de carga No. 1 - componente activa



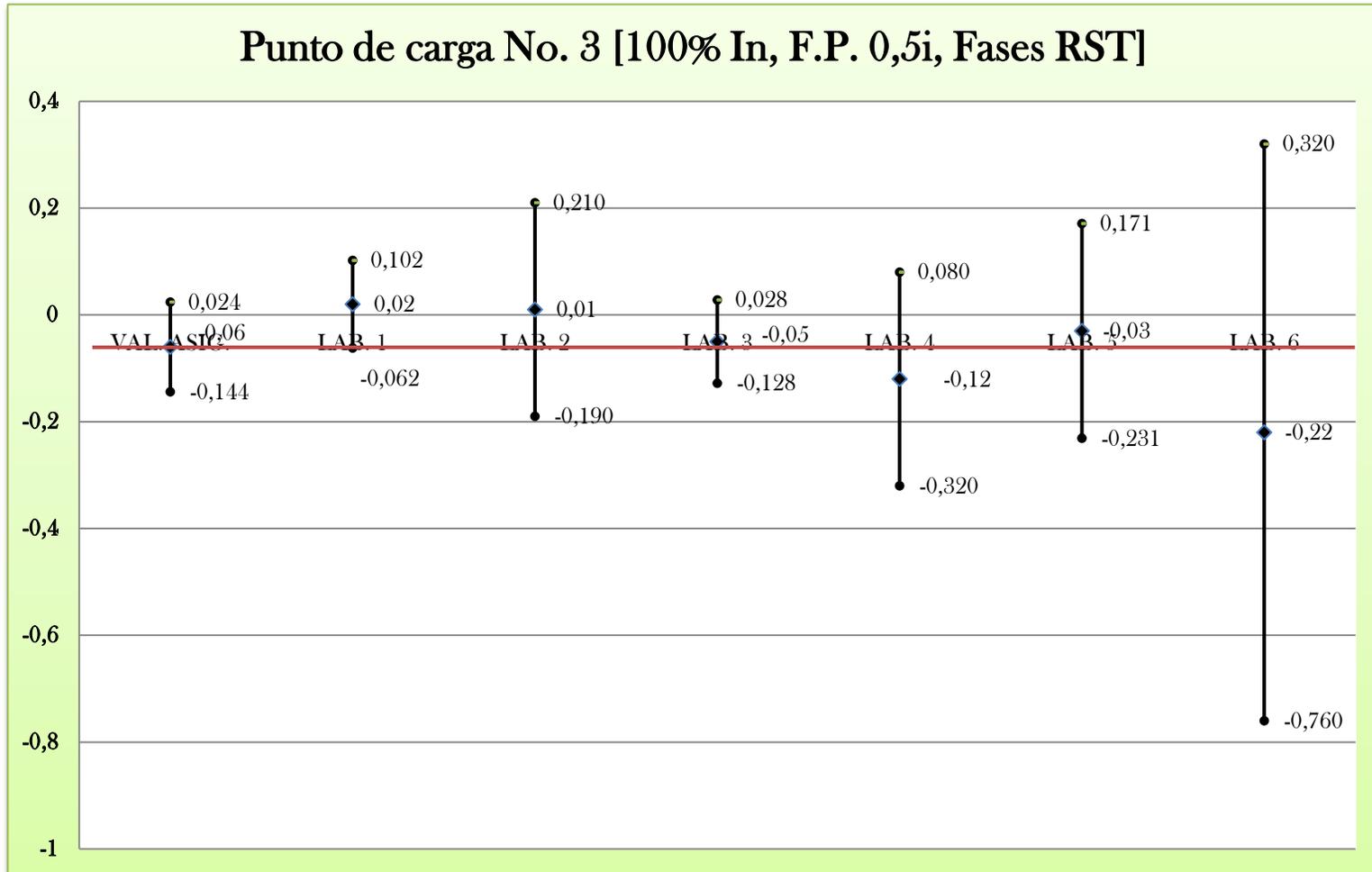
Fuente. Los Autores

Figura 3. Punto de carga No. 2 – componente activa



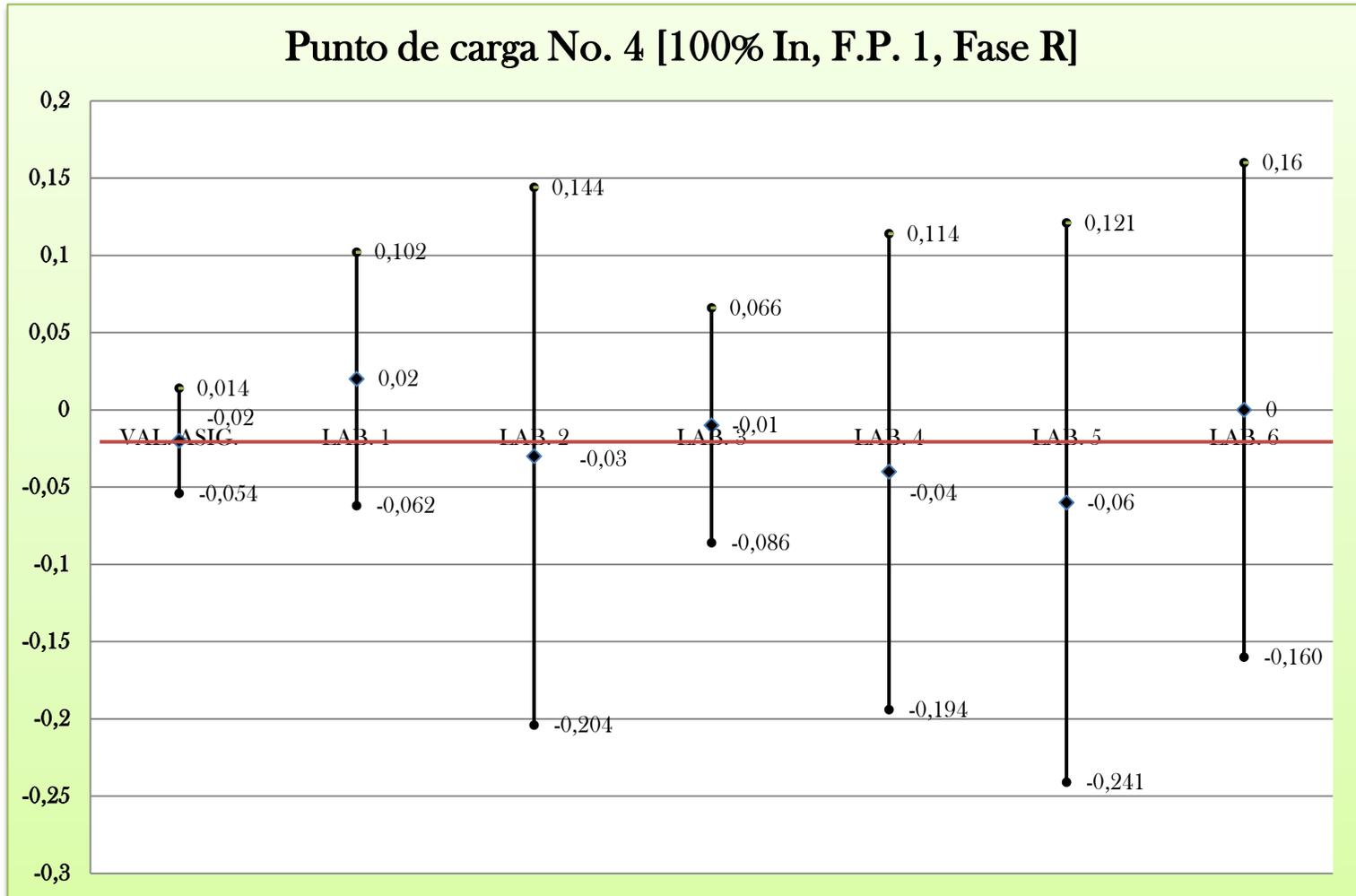
Fuente. Los Autores

Figura 4. Punto de carga No. 3 - componente activa



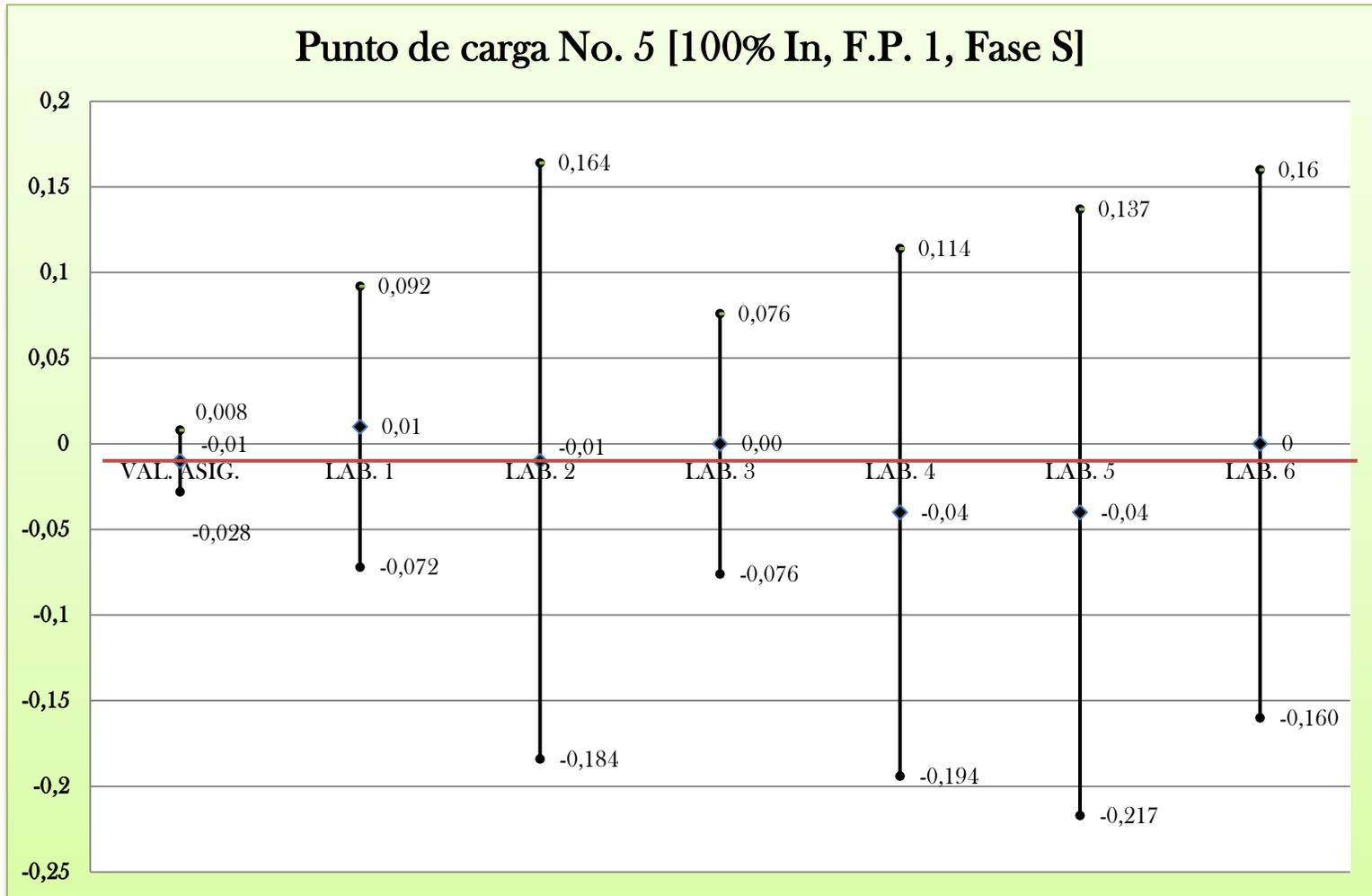
Fuente. Los Autores

Figura 5. Punto de carga No. 4 – componente activa



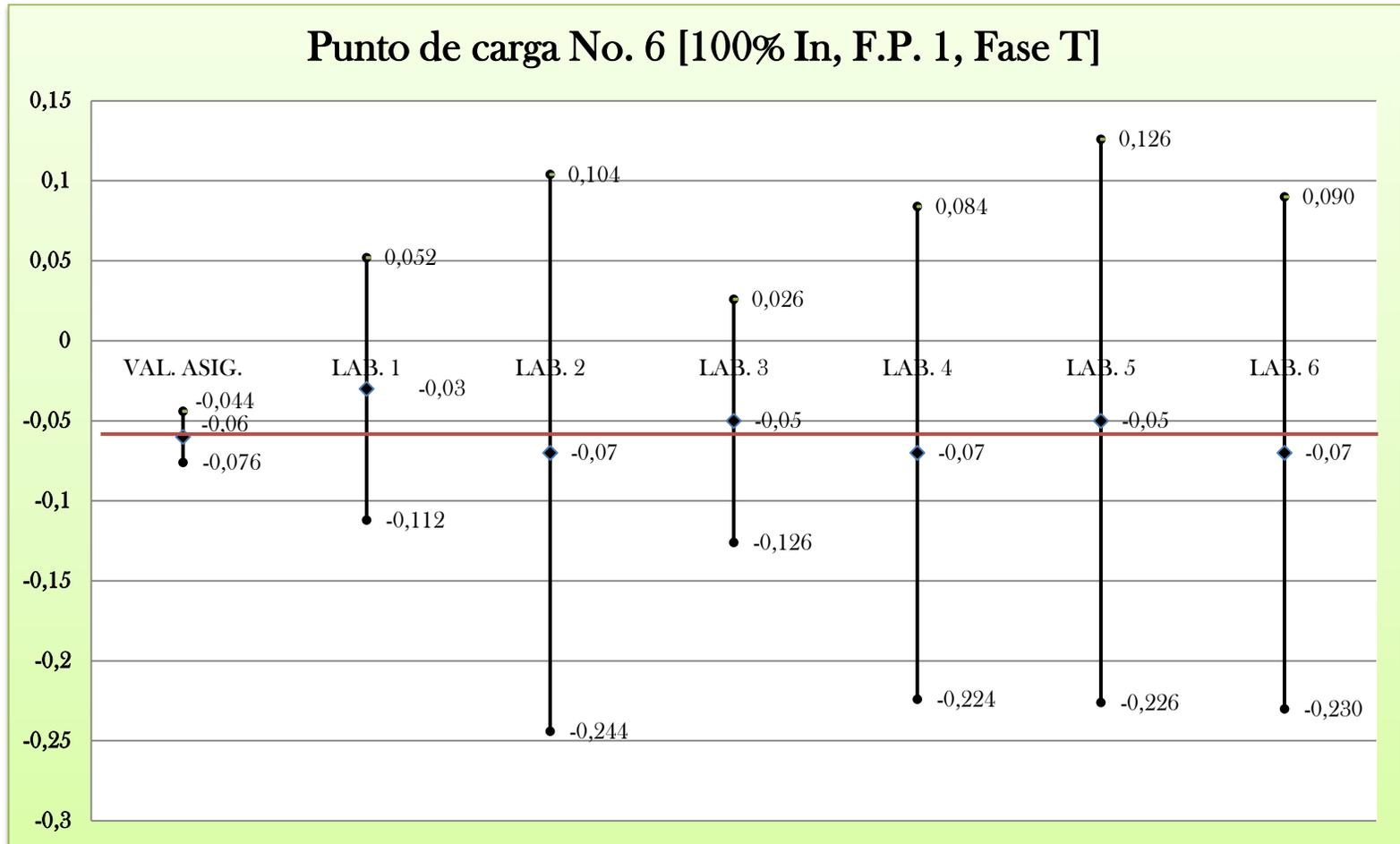
Fuente. Los Autores

Figura 6. Punto de carga No. 5 – componente activa



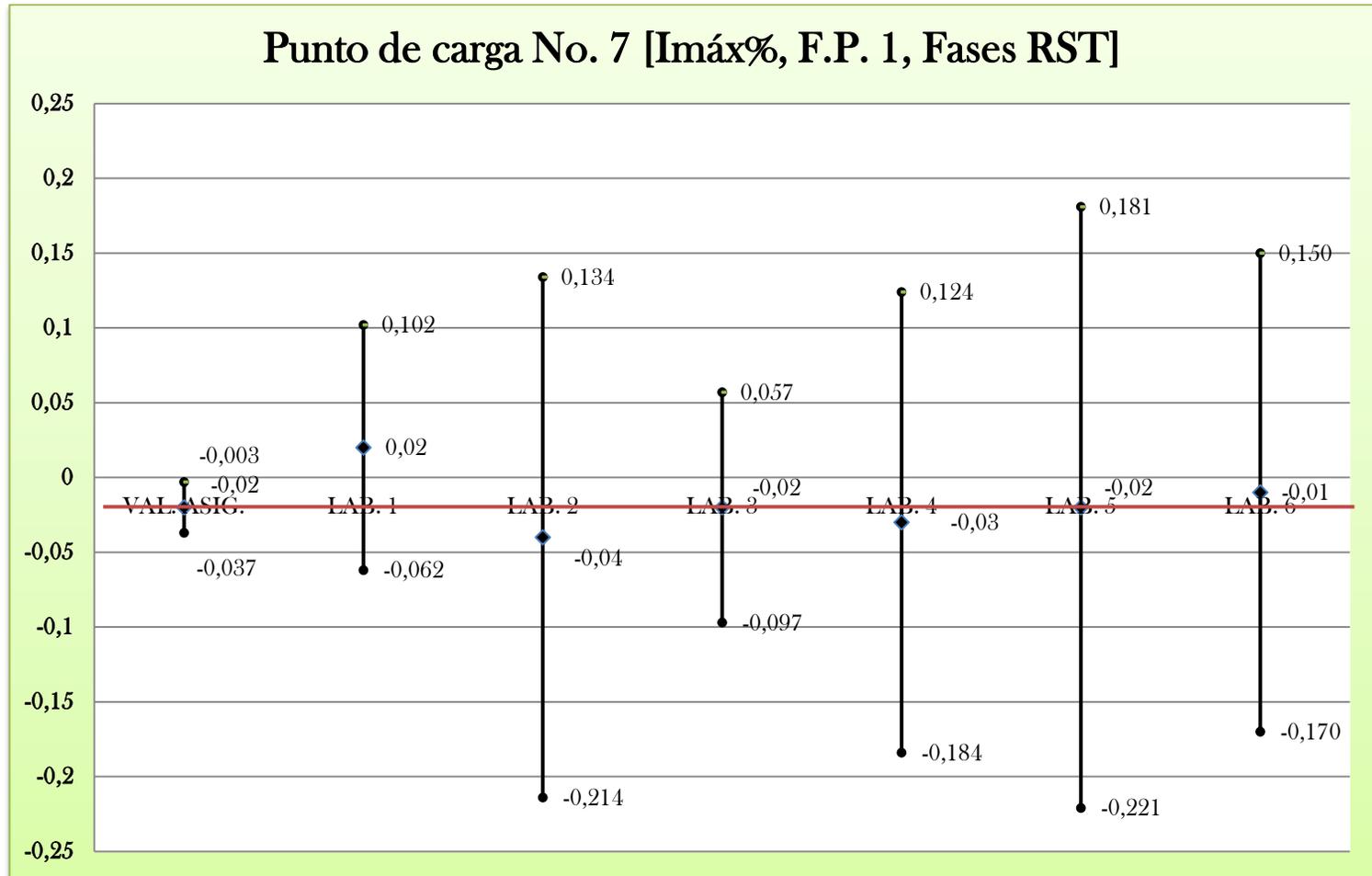
Fuente. Los Autores

Figura 7. Punto de carga No. 6 – componente activa



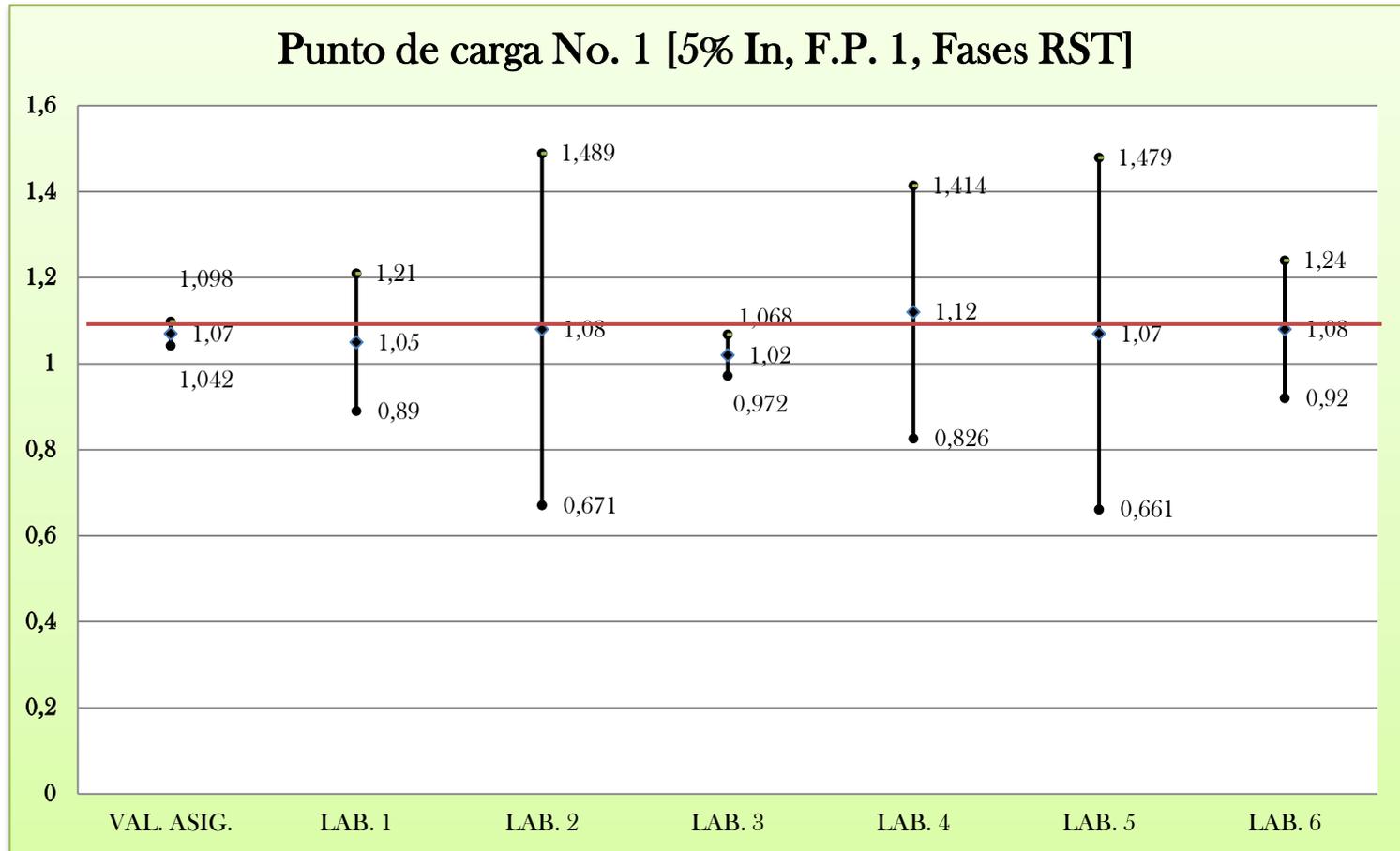
Fuente. Los Autores

Figura 8. Punto de carga No. 7 – componente activa



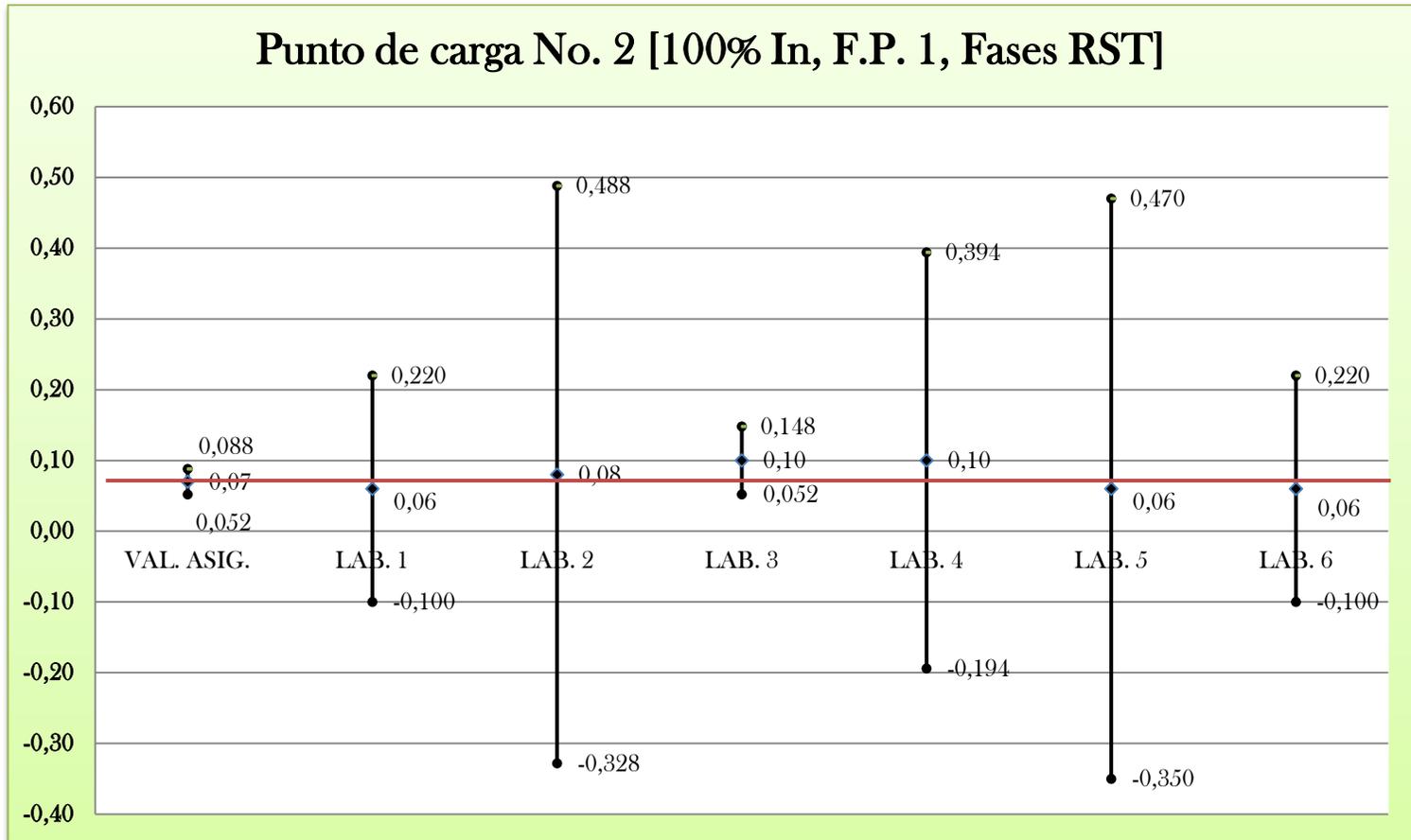
Fuente. Los Autores

Figura 9. Punto de carga No. 1 – componente reactiva



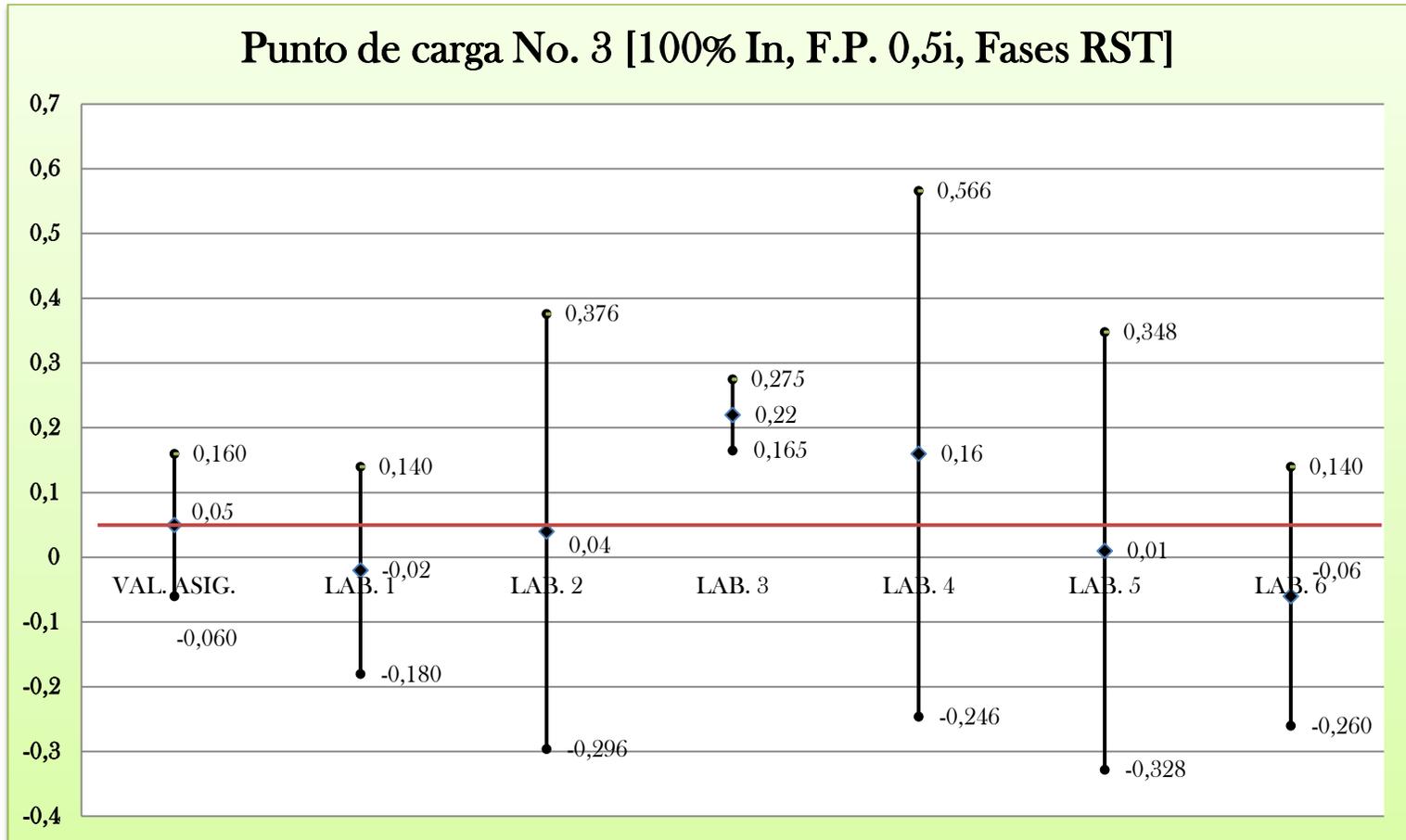
Fuente. Los Autores

Figura 10. Punto de carga No. 2 – componente reactiva



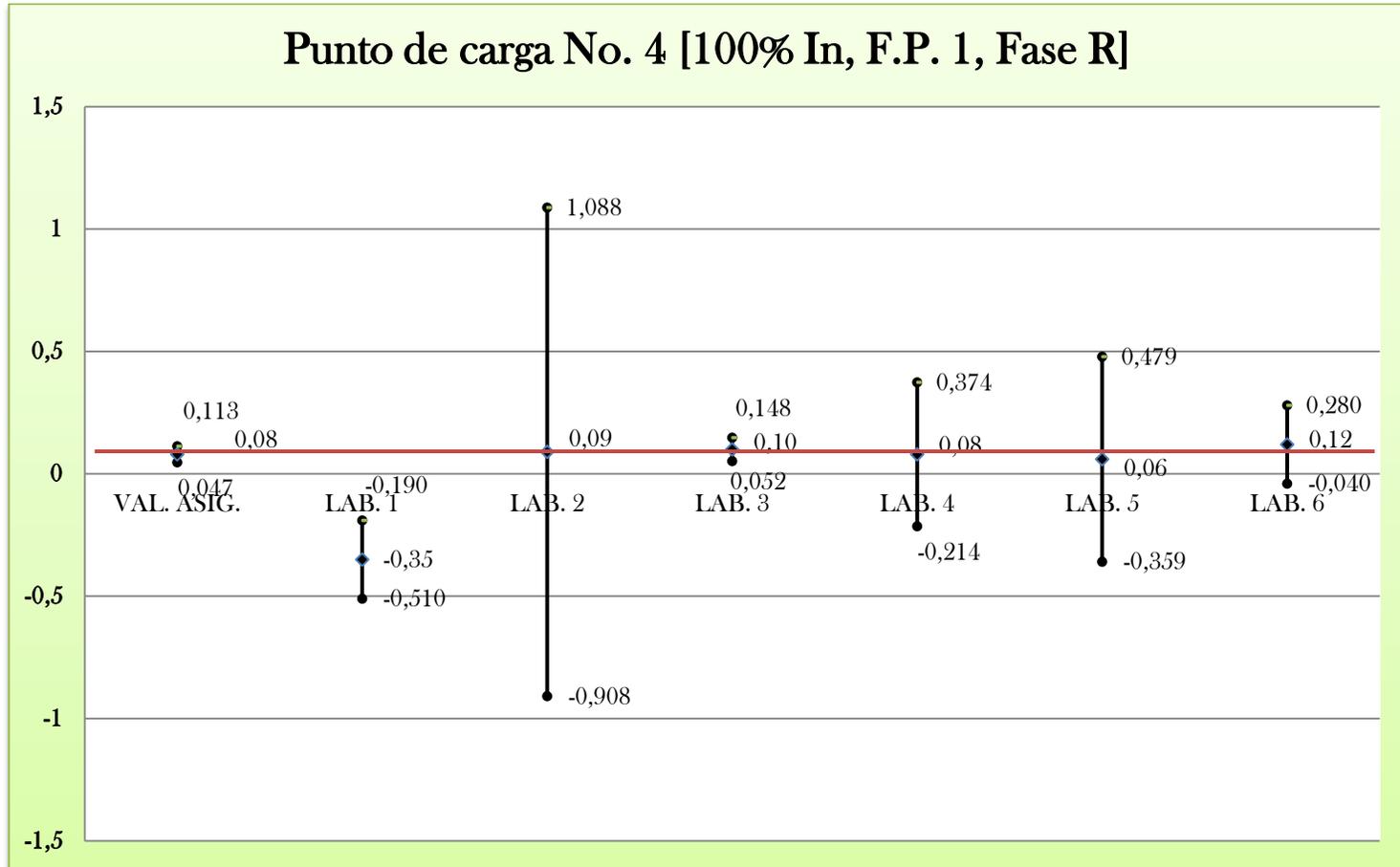
Fuente. Los Autores

Figura 11. Punto de carga No. 3 – componente reactiva



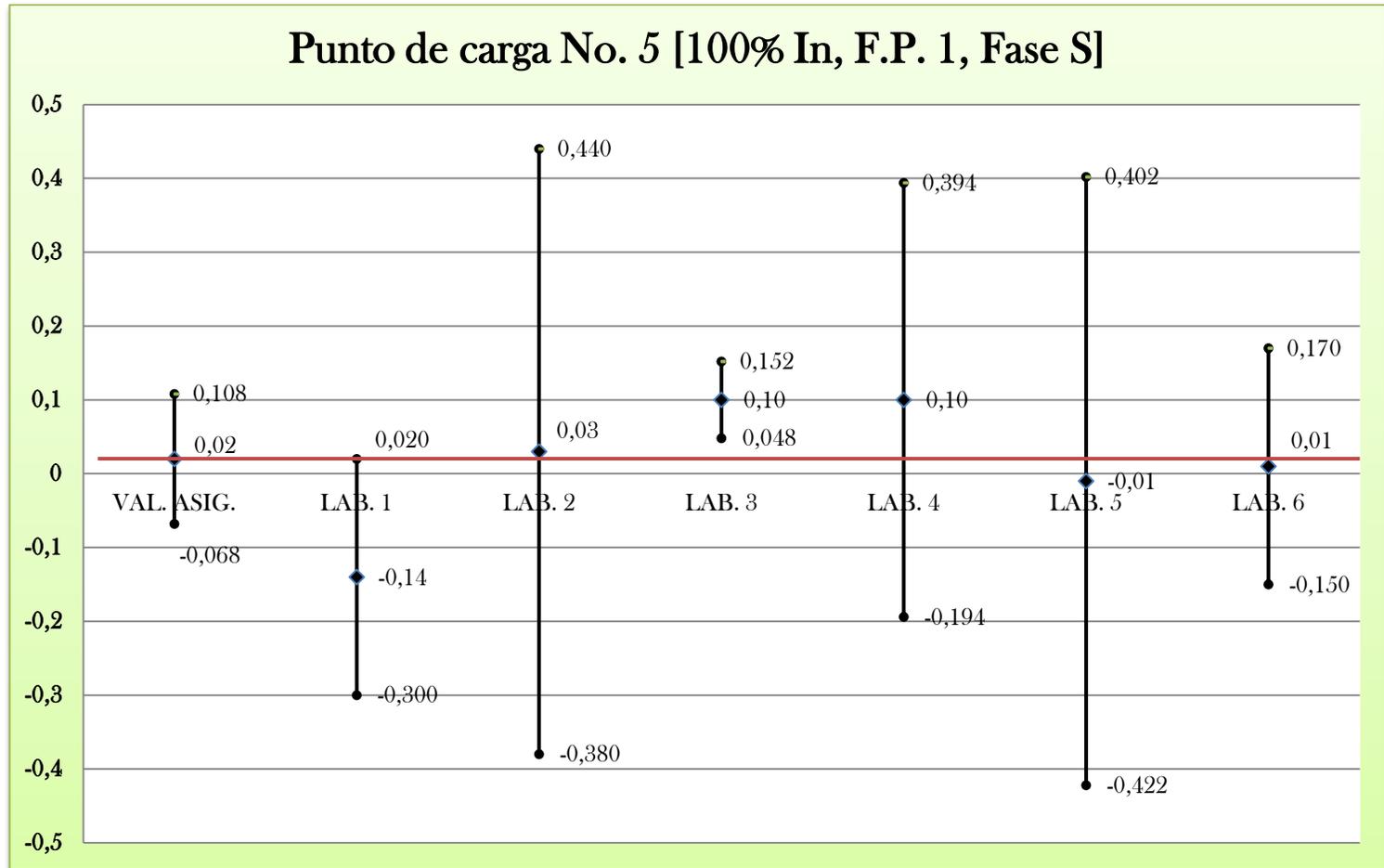
Fuente. Los Autores

Figura 12. Punto de carga No. 4 – componente reactiva



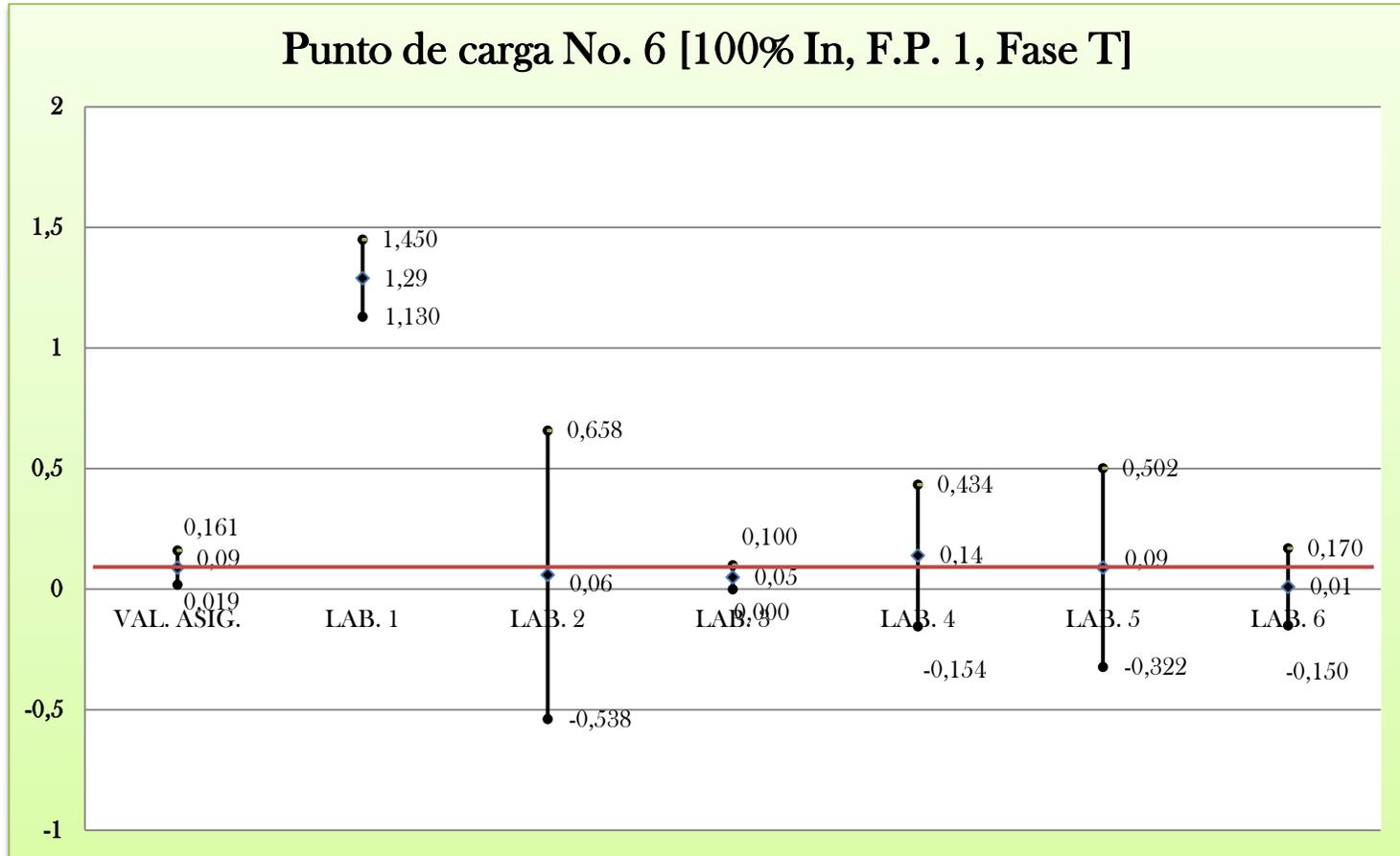
Fuente. Los Autores

Figura 13. Punto de carga No. 5 – componente reactiva



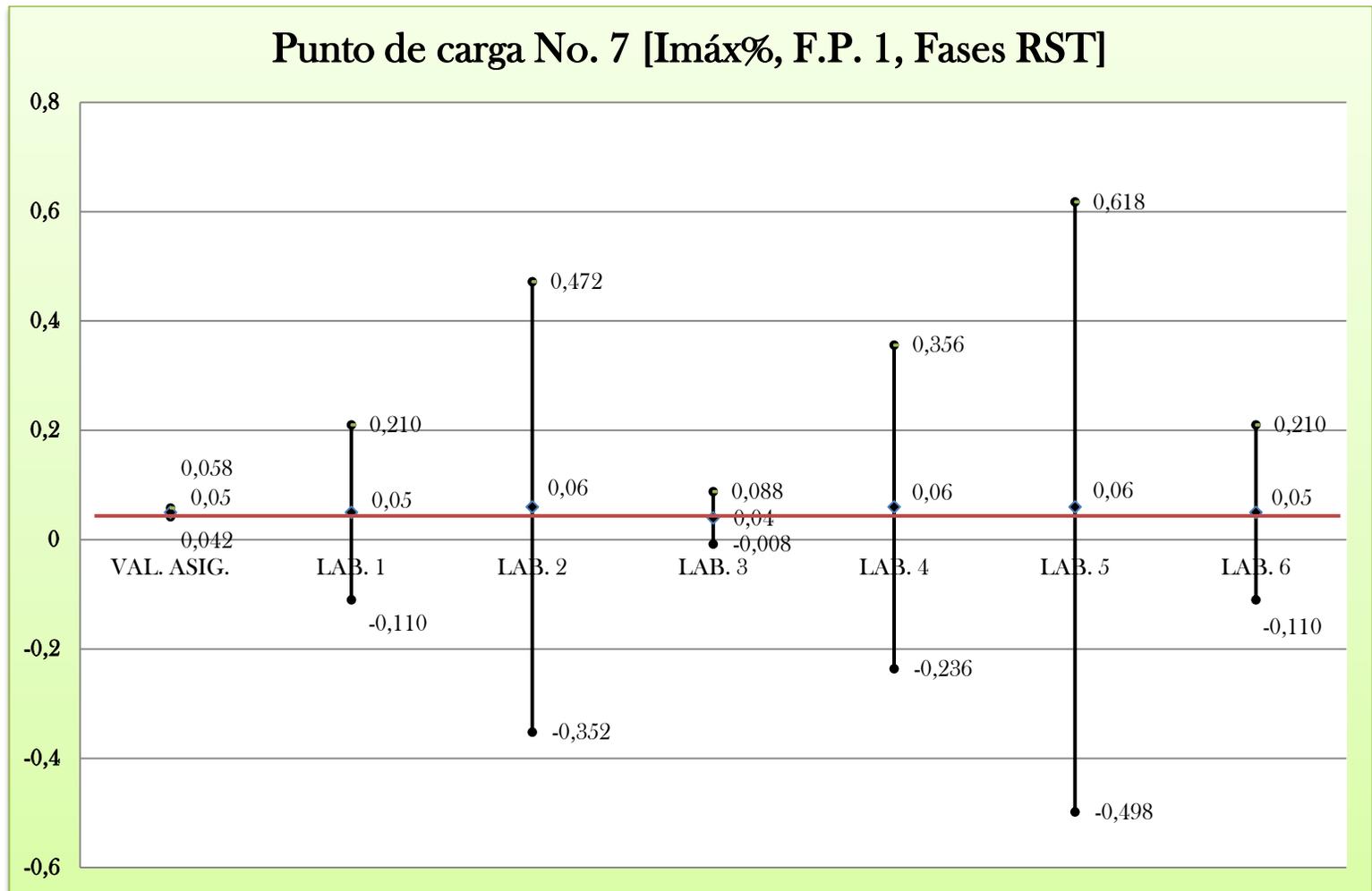
Fuente. Los Autores

Figura 14. Punto de carga No. 6 – componente reactiva



Fuente. Los Autores

Figura 15. Punto de carga No. 7 – componente reactiva

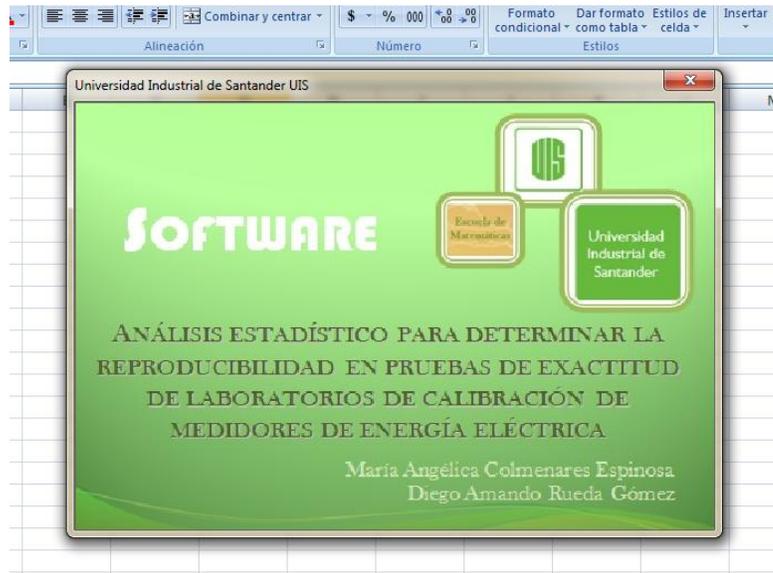


Fuente. Los Autores

6. SOFTWARE PARA EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para el análisis de los resultados entregados por los laboratorios participantes en la intercomparación a través de los métodos estadísticos citados en el capítulo 3, y con el propósito de facilitar la presentación del informe final expuesto en el capítulo 5 se programó un software compuesto por ocho macros, que serán descritas a continuación. Inicialmente, mostramos la ventana de presentación del software (Ver Figura 16).

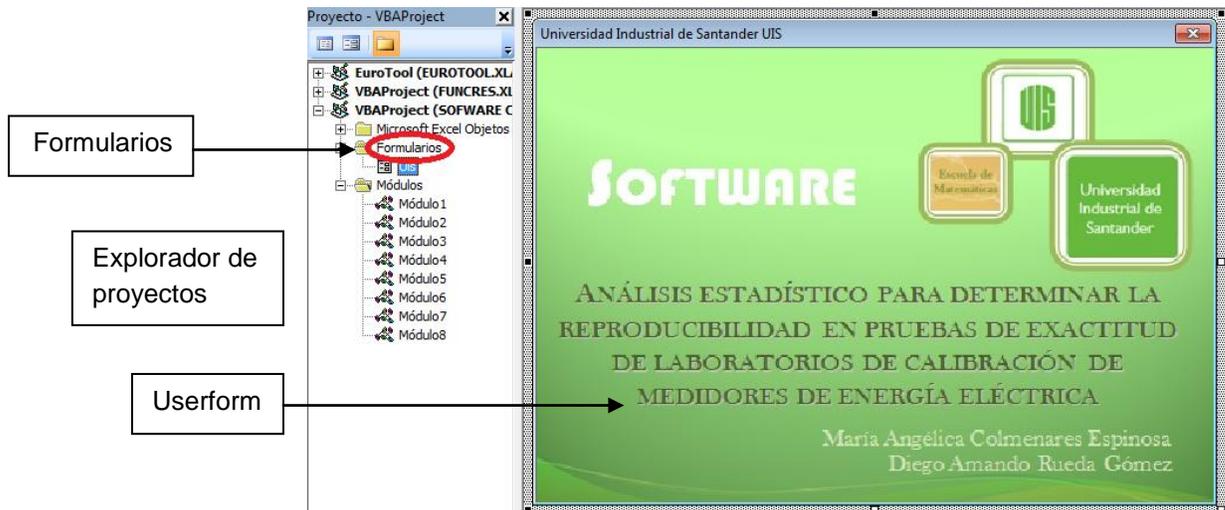
Figura 16. Ventana de presentación del software



Fuente. Los Autores

Además cabe mencionar que la ventana de presentación queda almacenada en una carpeta que crea Excel llamada “formularios”, la cual guarda el Userform que será ejecutado automáticamente cada vez que se inicie el Software (Ver Figura 17).

Figura 17. Editor de Visual Basic Applications



Fuente. Los Autores

6.1 IMPORTAR LOS DATOS

La primera macro tiene por título FASE1_IMPORTAR_MEDICIONES, y como su mismo nombre lo indica fue creada para importar los datos que se recibieron por parte de cada uno de los laboratorios participantes en el programa de ensayos de aptitud. Esta macro cada vez que se ejecuta realiza el siguiente proceso:

- Excel abre una ventana en la cual el que está ejecutando la macro puede escoger el archivo de donde desea que se copien los datos.
- Excel copia la primera hoja del libro que se ha seleccionado en el paso anterior y enseguida aparece una caja de texto en la cual se le pide que digite el nombre que desea colocar a la hoja.
- Excel pega la hoja en el libro en el que se está trabajando y le asigna el nombre que se a digitado en paso anterior.
- Finalmente, se cierra el archivo desde el cual se importaron los datos.

6.2 CALCULAR PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

La segunda macro se titula FASE2_PROMEDIO_Y_DESVIACIÓN, y fue creada con el fin de hacer los cálculos de promedios y desviaciones estándar de los datos reportados por cada uno de los participantes, en cada uno de los siete puntos de carga. Teniendo en cuenta que los promedios son tomados con dos cifras decimales, y el redondeo de estos debe llevarse a cabo bajo los criterios establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 3711: 1995 “Reglas para el redondeo de valores numéricos”, los cuales se citan a continuación.

Suponiendo que se desea redondear el número a n cifras decimales:

- Si el dígito que está inmediatamente después del dígito n-ésimo es menor que 5, el dígito n-ésimo queda igual.
- Si el dígito que está inmediatamente después del dígito n-ésimo es mayor que 5, el dígito n-ésimo aumenta en 1.
- Si el dígito que está inmediatamente después del dígito n-ésimo es igual a 5 y el dígito n-ésimo es un número par, el dígito n-ésimo queda igual.
- Si el dígito que está inmediatamente después del dígito n-ésimo es igual a 5 y el dígito n-ésimo es un número impar, el dígito n-ésimo aumenta en 1.

Esta macro cada vez que se ejecuta realiza el siguiente proceso:

- Como el formato que se les envía a los participantes para que registren sus resultados tiene solo unas pocas celdas desprotegidas, y tiene otras celdas ocultas, esta macro desprotege toda la hoja y muestra todas las celdas que están ocultas.
- Se halla el promedio y la desviación estándar de los datos reportados por los laboratorios para las fases activa y reactiva.
- Finalmente, se realiza el redondeo del promedio para ambas fases.

6.3 ALGORITMO

La tercera macro tiene por título FASE3_ALGORITMO, y contiene básicamente, la programación del algoritmo citado en el numeral 3.3. Esta macro fue creada con el fin de realizar todos los cálculos que involucra este algoritmo de una manera rápida, y así poder calcular el valor asignado y la incertidumbre expandida para cualquier punto de carga que se desee (sin importar si es de la componente activa o de la componente reactiva). Además, realiza el redondeo del valor asignado (a dos cifras decimales) y de la incertidumbre expandida (a tres decimales).

Cabe mencionar que para que la ejecución de la macro sea exitosa, antes de ejecutarse debe crearse la hoja de cálculo en la cual van a quedar ubicadas las tablas resultantes del algoritmo, y debe seleccionarse la celda en la que se desea que inicie la elaboración de la tabla.

6.4 COMPILAR VALORES ASIGNADOS, INCERTIDUMBRES EXPANDIDAS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR PARA LA EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO

La cuarta macro se titula FASE4_VALOR_ASIGNADO, y fue creada para compilar en dos tablas (una para la fase activa y la otra para la fase reactiva) el valor asignado, la incertidumbre expandida y la desviación estándar (robusta) para la evaluación de desempeño de los participantes para cada uno de los puntos de prueba, los cuales van a ser usados como punto de referencia para evaluar el desempeño de cada uno de los laboratorios participantes. Esta macro cada vez que se ejecuta realiza el siguiente proceso:

- Elabora la tabla de la fase activa, compilando en ella el valor asignado, la incertidumbre expandida y la desviación estándar de cada uno de los puntos de carga para esta fase.

- Elabora la tabla de la fase reactiva y compila en ella el valor asignado, la incertidumbre expandida y la desviación estándar de cada uno de los puntos de carga para esta fase.
- Finalmente, realiza el redondeo de la desviación estándar (a tres cifras decimales) para ambas fases.

6.5 CÁLCULO DE LOS ERRORES NORMALIZADOS

La quinta macro tiene por título FASE5_ERRORES_NORMALIZADOS, y como su mismo nombre lo indica fue creada para calcular el error normalizado (Ver Capítulo 3) de cada laboratorio (en cada uno de los puntos de carga) con respecto al valor asignado del ítem. Esta macro cada vez que se ejecuta realiza el siguiente proceso:

- Se abre una ventana en la cual se debe digitar el nombre de la hoja de cálculo en donde se encuentran el valor asignado y la incertidumbre expandida de cada uno de los puntos de carga.
- Se abre otra ventana de texto en la cual se debe digitar el nombre del laboratorio al que se desea hallar el error normalizado.
- Se calcula el error normalizado (para cada punto de carga) del laboratorio escogido en el paso anterior, tanto para la fase activa como para la fase reactiva, y se somborean de color rojo todas aquellas celdas en las cuales el valor absoluto del error normalizado es mayor que 1 ($|E_n| > 1$).
- Se redondean los errores normalizados calculados en el paso anterior (se redondean a tres cifras decimales).
- Aparece nuevamente la ventana de texto mencionada en el paso 2 y se repiten nuevamente los pasos 3 y 4.
- La macro termina cuando se digita la tecla 0 (cero) en el paso 2.

6.6 CÁLCULO DE LOS PUNTAJES Z

La sexta macro se titula FASE6_PUNTAJES_Z, y fue creada para calcular el puntaje z (Ver Capítulo 3) de cada laboratorio (en cada uno de los puntos de carga) con respecto al valor asignado del ítem. Esta macro cada vez que se ejecuta realiza el siguiente proceso:

- Se abre una ventana en la cual se debe digitar el nombre de la hoja de cálculo en donde se encuentra el valor asignado y la desviación estándar (robusta) de cada uno de los puntos de carga.
- Se abre otra ventana de texto en la que debe digitarse el nombre del laboratorio al que se desea hallar el puntaje z
- Se calcula el puntaje z (para cada punto de carga) del laboratorio escogido en el paso anterior, tanto para la fase activa como para la fase reactiva.
- Se somborean de color rojo todas aquellas celdas en las cuales el valor absoluto del puntaje z es mayor que 2 y menor o igual que 3 ($2 < |z| \leq 3$); y se somborean de color amarillo todas aquellas celdas en las cuales el valor absoluto del puntaje z es mayor que 3 ($|z| > 3$).
- Se redondean los puntajes z calculados en el paso anterior (se redondean a tres cifras decimales).
- Aparece nuevamente la ventana de texto mencionada en el paso 2 y se repiten nuevamente los pasos 3, 4 y 5.
- La macro termina cuando se digita la tecla 0 (cero) en el paso 2.

6.7 COMPILACIÓN DE LOS DATOS PARA LA ELABORACIÓN DE LAS GRÁFICAS

La séptima macro tiene por título FASE7_TABLAS_PARA_GRÁFICOS, y fue creada con el objetivo de compilar en tablas las incertidumbres y los datos promedio reportados por los laboratorios participantes en cada uno de los puntos

de prueba, junto con el valor asignado del ítem de ensayo de aptitud y su respectiva incertidumbre. De esta fase depende que pueda ejecutarse la fase 8, puesto que para poder elaborar las gráficas de datos (Ver capítulo 5), los resultados deben estar agrupados en tablas. Esta macro cada vez que se ejecuta realiza el siguiente proceso:

- Se abre una ventana en la que se debe digitar el nombre que se desea colocar a la tabla donde van a ser compilados los datos.
- Aparece otra ventana en la que se pide escribir el nombre de la hoja de cálculo donde se encuentran registrados los datos del valor asignado y su incertidumbre expandida.
- Se abre una tercera ventana de texto para digitar el nombre de la hoja de cálculo de la cual se desean copiar los datos.
- Aparece una cuarta ventana en la que se debe escribir el nombre de la celda que desea seleccionar para copiarlos.
- Se copian los datos y se pegan en la hoja de cálculo en la que se van a realizar las tablas, y se calculan los resultados de (Error – Incertidumbre) y (Error + Incertidumbre).
- Aparece nuevamente la ventana de texto mencionada en el paso 3 y se repiten nuevamente los pasos 4 y 5.
- Finalmente, cuando se digita la tecla 0 (cero) en el paso 3, se elabora el marco de la tabla y se centran los datos.

Cabe mencionar que para que la ejecución de la macro sea exitosa, antes de ejecutarse debe crearse la hoja de cálculo en la cual van a quedar ubicadas las tablas de datos, y debe seleccionarse la celda en la que se desea que inicie la elaboración de la tabla.

6.8 ELABORACIÓN DE LAS GRÁFICAS

La octava y última macro se titula FASE8_GRÁFICAS, y como su mismo nombre lo indica fue creada para realizar la elaboración de las gráficas de datos. La necesidad de crear esta macro surgió al ver que se debía realizar una gráfica distinta para cada uno de los puntos de prueba. Además, cada vez que se insertaba una gráfica nueva, a esta debían hacerse modificaciones tales como el color de fondo, el grosor de las líneas, mostrar las etiquetas de los datos, entre otras cosas; modificaciones que eran las mismas para todas las gráficas. Teniendo en cuenta esto, se programó una macro que elaborara “*gráficas de cotizaciones*” (tipo de gráfico de Excel) y le hiciera las modificaciones necesarias. Por lo tanto, lo que antes se debía hacer paso por paso para cada uno de los puntos de prueba, esta macro permite realizarlo con dar solamente un clic.

7. CONCLUSIONES

En este capítulo se encuentran las conclusiones a las que llegamos después de analizar los resultados reportados por los participantes en la comparación interlaboratorios de calibración de medidores de energía eléctrica.

- Los datos observados en la tabla de error normalizado y las graficas correspondientes a los siete puntos de carga de la componente activa (Ver Tabla 21, Figuras 2-8), proporcionan una evidencia objetiva de que el estimado de la incertidumbre de estas mediciones, por parte de los laboratorios, es consistente con la definición de incertidumbre expandida que se da en la guía GTC 51:1997. Lo anterior se puede concluir debido a que: en la tabla, el error normalizado para todos los laboratorios es menor que 1 ($|En| < 1$); y en las graficas, todo o parte del intervalo definido por el valor asignado del ítem y su incertidumbre expandida está contenido en los intervalos definidos para los demás participantes.
- Al observar los datos de la tabla de puntajes z correspondiente a los seis primeros puntos de carga de la componente activa (Ver Tabla 23), se puede concluir que las mediciones de los laboratorios son reproducibles en estos puntos, pues su desempeño fue satisfactorio durante el programa, es decir todos obtuvieron puntaje z inferiores o iguales a 2 ($|z| \leq 2$).
- Dado que la dispersión de los resultados de los laboratorios alrededor del valor asignado para el séptimo punto de carga de la componente activa es baja, y el valor promedio reportado por el Laboratorio 1 está un poco distante (comparado con los demás promedios) del valor asignado para este punto (Ver Figura 8), se puede esperar que se presente una señal de atención (Ver numeral 3.4.2.1.) para este laboratorio (hecho que se evidencia en la Tabla 23). Por lo tanto, se recomienda a este laboratorio que investigue las posibles causas que generaron esta señal y tome acciones correctivas si es necesario.

- Los datos observados en la tabla de error normalizado y las graficas correspondientes a los puntos de carga 1, 2 ,5 y 7 de la componente reactiva (Ver Tabla 22, Figuras 9, 10, 13 y 15), proporcionan una evidencia objetiva de que el estimado de la incertidumbre de estas mediciones, por parte de los laboratorios, es consistente con la definición de incertidumbre expandida que se da en la guía GTC 51:1997. Lo anterior se concluye debido a que: en la tabla, el error normalizado para todos los laboratorios es menor que 1 ($|En| < 1$); y en las graficas, todo o parte del intervalo definido por el valor asignado del ítem y su incertidumbre expandida está contenido en los intervalos definidos para los demás participantes.
- Al observar los datos de la Tabla 22 para los puntos de carga 3, 4 y 6 se concluye que los laboratorios 1 y 3 pueden tener errores en la estimación de la incertidumbre de sus mediciones, ya sea tomando en cuenta componentes de incertidumbre innecesarias, o dejando de incluir alguna componente significativa.
- Los valores del puntaje z obtenidos por el Laboratorio 1 para los puntos de carga 4 y 6 (Ver Tabla 24), evidencian un pésimo desempeño del laboratorio para estos puntos puesto que sus resultados fueron de -13,431 y 17,390, respectivamente. Este hecho se debe a que este laboratorio no está acreditado para realizar mediciones en componente reactiva.
- Finalmente, luego de realizado el programa de ensayos de aptitud, hemos podido concluir que entre más grande sea la incertidumbre reportada por los laboratorios participantes, estos van a demostrar mayor reproducibilidad en sus mediciones. Este hecho no es del todo favorable dado que entre más grande sea la incertidumbre de medición, menor es la confiabilidad que genera estos resultados a sus clientes.

BIBLIOGRAFÍA

Guía Técnica Colombiana GTC 51. Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones. 1997-11-26. Primera edición.

Guía Técnica Colombiana GTC-ISO/IEC 99. Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales, generales y términos asociados (VIM). 2009-12-16. Primera edición.

LÓPEZ, Carlos Augusto. *Excel avanzado y macros (2011)*. Bucaramanga, Colombia.

Norma Internacional ISO 13528. *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison*. 2005-09-01. Primera edición.

Norma Internacional ISO/IEC 17043. Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para los ensayos de aptitud. 2010-02-01. Primera edición.

Norma Técnica Colombiana NTC 3711. Reglas para el redondeo de valores numéricos. 1995-05-10. Primera edición.

Norma Técnica Colombiana NTC 4856. Verificación inicial y periódica de medidores de energía eléctrica. 2000-08-30. Primera edición.

Norma Técnica Colombiana NTC 4856. Verificación inicial y posterior de medidores de energía eléctrica. 2006-11-30. Segunda edición.

ANEXOS

Anexo A. Vocabulario Internacional de Metrología

Las definiciones que se citan en este anexo fueron tomadas de las normas GTC 51:1997 “Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones”, y GTC-ISO/IEC 99:2009 “Vocabulario internacional de metrología. Conceptos fundamentales, generales y términos asociados (VIM)”.

A.1. MAGNITUDES Y UNIDADES

- **Magnitud:** Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede ser diferenciado cualitativamente y determinado cuantitativamente.
- **Naturaleza de una magnitud:** Aspecto común a magnitudes mutuamente comparables. Por ejemplo, Las magnitudes diámetro, circunferencia y longitud de onda se consideran generalmente magnitudes de la misma naturaleza denominada longitud.
- **Sistema de magnitudes:** Conjunto de magnitudes relacionadas entre sí mediante ecuaciones no contradictorias.
- **Magnitud de base:** Magnitud de un subconjunto elegido por convenio, dentro de un sistema de magnitudes dado, de tal manera que ninguna magnitud del subconjunto pueda ser expresada en función de las otras.
- **Magnitud derivada:** Magnitud, dentro de un sistema de magnitudes, definida en función de las magnitudes de base de ese sistema. Por ejemplo, en un sistema de magnitudes que tenga como unidades básicas la longitud y la masa, la densidad de masa es una magnitud derivada definida como el cociente entre una masa y un volumen.

- **Sistema Internacional de Magnitudes (ISQ):** Sistema de magnitudes basado en las siete magnitudes básicas: longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura termodinámica, cantidad de sustancia e intensidad luminosa.
- **Unidad de medida:** Magnitud escalar real, definida y adoptada por convenio, con la que se puede comparar cualquier otra magnitud de la misma naturaleza para expresar la relación entre ambas mediante un número.
- **Sistema de unidades:** Conjunto de unidades de base y unidades derivadas, sus múltiplo y submúltiplos, definidos conforme a reglas dadas, para un sistema de magnitudes dado.
- **Valor verdadero de una magnitud:** Valor consistente con la definición de una magnitud particular determinada.
- **Múltiplo de una unidad:** Unidad de medida obtenida multiplicando una unidad de medida dada por un número entero mayor que uno. Por ejemplo, el kilómetro es un múltiplo decimal del metro.
- **Submúltiplo de una unidad:** Unidad de medida obtenida al dividir una unidad de medida dada por un número entero mayor que uno. Por ejemplo, el milímetro es un submúltiplo decimal del metro.
- **Sistema Internacional de unidades (SI):** Sistema de unidades basado en el Sistema Internacional de Magnitudes, con nombres y símbolos de las unidades, y con una serie de prefijos con sus nombres y símbolos, así como reglas para su utilización, adoptado por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM).

A.2. MEDICIONES

- **Medición:** Proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud.
- **Metrología:** Ciencia de las mediciones y sus aplicaciones. La metrología incluye todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, cualesquiera que sean su incertidumbre de medición y su campo de aplicación.
- **Mensurando:** Magnitud que se desea medir.
- **Principio de medición:** Fenómeno que sirve como base de una medición.
- **Método de medición:** Descripción genérica de la secuencia lógica de operaciones utilizadas en una medición.
- **Procedimiento de medición:** Descripción detallada de una medición conforme a uno o más principios de medición y a un método de medición dado, basado en un modelo de medición y que incluye los cálculos necesarios para obtener un resultado de medición.
- **Valor verdadero de una magnitud:** Valor de una magnitud compatible con la definición de la magnitud.
- **Exactitud de medición:** Proximidad del acuerdo entre un valor medido y un valor verdadero de un mensurando.
- **Precisión de medición:** Proximidad del acuerdo entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones especificadas.

- **Error de medición:** Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.
- **Condición de repetibilidad de una medición:** Condición de medición, dentro de un conjunto de condiciones que incluye el mismo procedimiento de medición, los mismos operadores, el mismo sistema de medición, las mismas condiciones de operación y el mismo lugar, así como mediciones repetidas del mismo objeto o de un objeto similar en un periodo corto de tiempo.
- **Repetibilidad de medición:** Cercanía de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando que se han llevado a cabo bajo condiciones de repetibilidad.
- **Condición de reproducibilidad de una medición:** Condición de medición, dentro de un conjunto de condiciones que incluye diferentes lugares, operadores, sistemas de medición y mediciones repetidas de los mismos objetos u objetos similares.
- **Reproducibilidad de medición:** Cercanía de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando que se han llevado a cabo bajo condiciones de reproducibilidad.
- **Magnitud de entrada en un modelo de medición:** Magnitud que debe ser medida (o cuyo valor puede obtenerse de otra manera) para calcular un valor medido de un mensurando.
- **Incertidumbre de medición:** Parámetro asociado con el resultado de una medición que determina un rango de valores, que en forma razonable se le podrían atribuir a una magnitud por medir.

- **Incertidumbre estándar tipo A:** Componente de la incertidumbre de medida debida a la variación de n mediciones independientes, repetidas bajo condiciones de repetibilidad.
- **Incertidumbre estándar tipo B:** Componente de la incertidumbre de medida que no se obtiene por medio del análisis estadístico de una serie de mediciones repetidas, sino que es evaluada mediante criterios basados en toda la información disponible sobre los factores que intervienen en la variabilidad del valor verdadero de un mensurando.
- **Incertidumbre estándar de medición:** Incertidumbre de medición expresada como una desviación estándar.
- **Incertidumbre estándar combinada de medición:** Incertidumbre estándar obtenida a partir de las incertidumbres estándar individuales asociadas a las magnitudes de entrada de un modelo de medición.
- **Incertidumbre expandida de medición:** Incertidumbre de medida que se obtiene de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por un factor de cobertura.
- **Factor de cobertura:** Número mayor que uno por el que se multiplica una incertidumbre estándar combinada para obtener una incertidumbre expandida.
- **Intervalo de cobertura:** Intervalo que contiene el conjunto de valores verdaderos de un mensurando con una probabilidad determinada.
- **Probabilidad de cobertura:** Probabilidad de que el conjunto de los valores verdaderos de un mensurando esté contenido en un intervalo de cobertura especificado.

- **Calibración:** Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medición asociadas obtenidas a partir de los patrones de medición, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medición a partir de una indicación.
- **Trazabilidad metrológica:** Propiedad de un resultado de medición por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medición.
- **Magnitud de influencia:** Magnitud que, en una medición directa, no afecta a la magnitud que realmente se está midiendo, pero sí afecta a la relación entre la indicación y el resultado de medida.

A.3. DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN

- **Instrumento de medición:** Dispositivo utilizado para realizar mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos suplementarios.
- **Instrumento de medición con dispositivo indicador:** Instrumento de medición que produce una señal de salida con información sobre el valor de la magnitud medida.
- **Instrumento de medición con dispositivo visualizador:** Instrumento indicador en el que la señal de salida se presenta en forma visual.
- **Escala de un instrumento de medición con dispositivo visualizador:** Parte de un instrumento visualizador, que consiste en un conjunto ordenado de marcas, eventualmente acompañadas de números o valores de la magnitud.

A.4. PROPIEDADES DE LOS DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN

- **Indicación:** Valor proporcionado por un instrumento de medición.
- **Valor nominal:** Valor redondeado o aproximado de una magnitud característica de un instrumento o sistema de medición, que sirve de guía para su utilización apropiada.
- **Intervalo de medición:** Conjunto de los valores de magnitudes de una misma naturaleza que un instrumento o sistema de medición dado puede medir con una incertidumbre instrumental especificada, en unas condiciones determinadas.
- **Condición nominal de funcionamiento:** Condición de funcionamiento que debe satisfacerse durante una medición para que un instrumento o un sistema de medición funcione conforme a su diseño.
- **Condición límite de funcionamiento:** Condición extrema que un instrumento o sistema de medición debe poder soportar sin que se dañen o degraden sus características metrológicas especificadas, cuando posteriormente se utilice en sus condiciones nominales de funcionamiento.
- **Estabilidad de un instrumento de medición:** Aptitud de un instrumento de medición para conservar constantes sus características metrológicas a lo largo del tiempo.
- **Sesgo instrumental:** Sesgo, diferencia entre la media de las indicaciones repetidas y un valor de referencia.

- **Deriva instrumental:** Variación continua o incremental de una indicación a lo largo del tiempo, debida a variaciones de las características metrológicas de un instrumento de medición.
- **Clase de exactitud:** Clase de instrumentos o sistemas de medición que satisfacen requisitos metrológicos determinados destinados a mantener los errores de medición o las incertidumbres instrumentales dentro de límites especificados, bajo condiciones de funcionamiento dadas. Una clase de exactitud habitualmente se indica mediante un número o un símbolo adoptado por convenio.
- **Error máximo permitido:** Valor extremo del error de medición, con respecto a un valor de referencia conocido, permitido por especificaciones o reglamentaciones, para una medición, instrumento o sistema de medición dado.
- **Resolución de un dispositivo visualizador:** Mínima diferencia entre indicaciones visualizadas, que puede percibirse de forma significativa.
- **Resolución:** Mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente.

A.5. PATRONES DE MEDICIÓN

- **Patrón de medición:** Realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medición asociada, tomada como referencia.
- **Patrón internacional de medición:** Patrón de medición reconocido por los firmantes de un acuerdo internacional con la intención de ser utilizado mundialmente.
- **Patrón nacional de medición:** Patrón reconocido por una autoridad nacional para servir, en un estado o economía, como base para la asignación de valores a otros patrones de magnitudes de la misma naturaleza.
- **Patrón primario de medición:** Patrón establecido mediante un procedimiento de medición primario o creado como un objeto elegido por convenio.
- **Patrón secundario de medición:** Patrón establecido por medio de una calibración respecto a un patrón primario de una magnitud de la misma naturaleza.
- **Material de referencia certificado (MRC):** Material de referencia acompañado por la documentación emitida por un organismo autorizado, que proporciona uno o varios valores de propiedades especificadas, con incertidumbres y trazabilidades asociadas, empleando procedimientos válidos.

Anexo B. Documentos soportes del manual de calidad

B.1. CONTRATACIÓN OPS

Objetivo

Contratar al personal seleccionado para cubrir las vacantes que se presenten, en cada una de las áreas del organismo proveedor de ensayos de aptitud. Para esto, se define una metodología estandarizada de selección y contratación de personal, para asegurarse de que los profesionales contratados tienen las competencias y perfil requeridos.

Alcance

Este procedimiento aplica al proceso de contratación de personal del organismo proveedor de manera que se cumpla con el perfil definido para cada uno de los cargos, cumpliéndose así con los sistemas de gestión de calidad bajo los requisitos establecidos en la norma ISO/IEC 17043:2010.

Definiciones

- **S.G.C.:** Sistema de Gestión de Calidad.
- **OPS:** Orden de prestación de servicios.
- **Personal de nómina:** Personal bajo contrato de trabajo.
- **Contratista:** Personal contratado por OPS.
- **Contratante y/o Empleador:** El organismo proveedor de ensayos de aptitud.

- **Competencia:** Habilidad demostrada para aplicar conocimientos y aptitudes.
- **Contrato de trabajo:** Es una convención por la cual el empleador y el trabajador se obligan recíprocamente. El trabajador a prestar servicios personales bajo dependencia y subordinación del empleador, y el empleador a pagar por estos servicios una remuneración determinada.

Desarrollo.

El organismo proveedor debe utilizar personal interno o contratado, asegurándose de que dicho personal sea supervisado y competente. Para esto puede tomar en cuenta el siguiente procedimiento:

1. Se identifica la necesidad de contratación de personal.
2. Se publica la oferta de trabajo en el medio seleccionado para llevar a cabo la convocatoria según el perfil requerido.
3. Se lleva a cabo la depuración de las hojas de vida que se recibieron para seleccionar las que cumplan con el perfil requerido.
4. El(los) candidato(s) seleccionados en la depuración se citan a la entrevista.
5. Se lleva a cabo la verificación de los datos referenciados por el aspirante en la hoja de vida.
6. El aspirante con mayor experiencia para el cargo será contratado.

7. Se elabora el contrato dependiendo de la forma de contratación que requiera el organismo proveedor de ensayos de aptitud y se procede a su firma.
8. Se realiza la inducción al cargo, en cuanto a las funciones que debe realizar y a las respectivas normas que le aplican para llevar a cabo esta tarea. Si es necesario se lleva a cabo la formación en el tema correspondiente.

Documentos de referencia

- Norma Internacional ISO/IEC 17043. Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para los ensayos de aptitud. Primera edición, 2010-02-01.

B.2. PERMISO DE TRABAJO

1. DATOS BÁSICOS		
Departamento:	Ciudad:	Código del programa
Fecha: AAAA/MM/DD		Hora: HH/MM
<p>Como responsable del organismo proveedor de ensayos de aptitud, autorizo a: nombre completo trabajador, identificado(a) con cédula de ciudadanía N: número de cédula del trabajador, expedida en: Ciudad de expedición, para operar los siguientes equipos:(1) y realizar las siguientes actividades:(2):</p>		
Equipos(1):	Actividades(2):	
Validez hasta: AAAA/MM/DD		
Descripción de las actividades:		
2. CIERRE DE PERMISO		
El trabajo ha sido terminado <input type="checkbox"/>	El sitio y el equipo quedan en condiciones seguras <input type="checkbox"/>	El área se entregó limpia y libre de desechos y materiales. <input type="checkbox"/>
Fecha: AAAA/MM/DD		Hora: HH/MM

Entrega: Nombre del trabajador	Recibe: Nombre del responsable
Firma: _____	Firma: _____
3. OBSERVACIONES	
4. IMPORTANTE	
<ol style="list-style-type: none">1. Este permiso debe ser diligenciado antes de dar inicio a un programa de ensayos de aptitud y firmado por el personal responsable de la planificación y ejecución técnica del mismo.2. Este documento debe ser diligenciado sin ningún borrón, tachón o enmendadura.	

B.4. EVALUACIÓN DE CAPACITACIÓN

Nombre de quien evalúa:	Fecha de aplicación de la encuesta:	Ciudad:			
Nombre de la capacitación:		Nombre del facilitador:			
<p>El organismo proveedor de ensayos de aptitud les agradece anticipadamente su participación en el proceso de mejora continua. Por lo cual solicitamos conteste las siguientes preguntas referentes a la prestación del servicio.</p>					
EVALUACIÓN DEL SERVICIO					
<p>Cada pregunta se evaluará en 5 escalas las cuales son:</p> <p>EXCELENTE (E): El servicio ha superado sus expectativas.</p> <p>MUY BUENO (MB): El servicio cumplió sus expectativas.</p> <p>BUENO (B): El servicio cumplió con algunas de las expectativas esperadas por ustedes.</p> <p>REGULAR (R): El servicio se llevó a cabo pero no cumplió con sus expectativas.</p> <p>DEFICIENTE (D): El servicio no lo dejó satisfecho.</p>					
ASPECTOS RELACIONADOS CON EL FACILITADOR	E	MB	B	R	D
1. Domina los principios teórico-prácticos de su campo.					
2. Muestra claridad en la exposición de los temas.					
3. Da respuestas claras y comprensibles a las preguntas.					

4. Grado de motivación.					
5. Muestra respeto y cordialidad.					
6. Manejo del tiempo.					
ASPECTOS RELACIONADOS CON EL CONTENIDO DE LA CAPACITACIÓN	E	MB	B	R	D
1. Temas actualizados que corresponden con los objetivos de la capacitación.					
2. Promueve el uso de otras fuentes de información.					
3. Aplicabilidad de los conceptos.					
4. Orden y coherencia de los temas.					
ASPECTOS RELACIONADOS CON LA LOGÍSTICA	E	MB	B	R	D
1. Las ayudas audiovisuales.					
2. El material de estudio dejado como soporte(cuadernillo, CD, etc) fue:					

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES

B.5. DECLARACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE CONDICIONES AMBIENTALES

Ciudad, AAAA/MM/DD

Yo **Nombre del jefe del laboratorio participante**, como jefe del laboratorio **Nombre del laboratorio**, y como representante del mismo en el programa **código del programa** planificado por el organismo proveedor de ensayos de aptitud; me comprometo a que durante el desarrollo del programa en las instalaciones del laboratorio se cumplirán las condiciones ambientales, exigidas en la norma NTC 4856:2006 “Verificación inicial y posterior de medidores de energía eléctrica”.

Por lo tanto, el ensayo de exactitud se debe realizar bajo las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura ambiente: 21 °C a 25 °C
- Tensión de referencia: 118,8 V a 121,2 V
- Frecuencia de referencia: 59,82 Hz a 60,18 Hz
- Humedad relativa: 45% a 75%
- Presión atmosférica: 86kPa a 106kPa (860mbar a 1 060 mbar)

Si llegado el caso se incumple con alguna de las condiciones indicadas anteriormente, el organismo proveedor asumirá como nula la participación del laboratorio en el programa de ensayos de aptitud **código del programa**.

Nombre del coordinador del programa
Coordinador del programa

Nombre del jefe de laboratorio
Jefe de laboratorio

B.6. CONTROL Y ACCESO A ÁREAS DEL ORGANISMO

Objetivo

Establecer los requisitos y pasos que permitan controlar el acceso a las instalaciones, equipos e información del organismo proveedor de ensayos de aptitud, para garantizar el desarrollo adecuado de los programas.

Alcance

Este procedimiento se aplica a todo el personal que desee ingresar a las instalaciones del organismo proveedor de ensayos de aptitud. De igual manera, controlar el acceso del personal diferente al establecido para la ejecución de programas de ensayos de aptitud con el fin de garantizar la confidencialidad e imparcialidad de los resultados.

Definiciones

- **Ensayos de aptitud:** Evaluación del desempeño de los participantes con respecto a criterios previamente establecidos mediante comparaciones inter-laboratorios.
- **Participante:** Laboratorio, organización o persona que recibe los ítems de ensayo de aptitud y entrega los resultados para su revisión por el proveedor de ensayos de aptitud.
- **Coordinador:** Una o más personas responsables de organizar y gestionar todas las actividades incluidas en la operación de un programa de ensayos de aptitud.
- **Responsable del organismo:** Persona encargada de la dirección del organismo proveedor de ensayos de aptitud.

Desarrollo

El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe controlar el acceso y la utilización de las áreas que afectan la calidad de los programas de ensayos de aptitud. Para esto debe tener en cuenta que:

1. Toda persona que desee ingresar al organismo proveedor de ensayos de aptitud debe ser autorizada antes de su ingreso por el responsable del organismo. Para el caso de solicitudes de visitas de clientes, u otras partes que soliciten visitar áreas del organismo, deben realizar una carta solicitando el ingreso al organismo proveedor, explicando los motivos o las causas por las cuales necesitan ingresar, indicando la fecha y el tiempo propuesto para la visita, número de acompañantes y la entidad o persona responsable.
2. El responsable del organismo proveedor de ensayos de aptitud analiza las solicitudes, dando respuesta mediante una carta. De esta manera se comunica que para el ingreso al organismo se debe presentar un documento de identificación y la carta de aprobación de la solicitud. Además se informa que está prohibido ingerir alimentos y fumar dentro de las instalaciones y que la indumentaria debe ser adecuada.

Se informa al personal establecido para la ejecución del programa de ensayo de aptitud y se recuerda la confidencialidad de los resultados de las pruebas.

3. Para la entrada al organismo proveedor de ensayos de aptitud, se debe recordar al visitante y al personal interno del organismo las siguientes condiciones de ingreso y demás recomendaciones que se consideren necesarias:
 - No ingresar alimentos al interior del organismo.

- Se prohíbe tomar fotos o grabar videos de los procesos y las instalaciones internas.
 - Se prohíbe la manipulación de los equipos de almacenamiento de datos y de los ítems de ensayo de aptitud, salvo cuando sea autorizado y supervisado por la persona encargada de la visita.
4. Se debe registrar la fecha, el nombre de la persona que ingresa, la empresa, la firma, la actividad a realizar y la hora de entrada; verificando que el registro haya sido debidamente diligenciado. Una vez cumplido el diligenciamiento se permite el acceso al organismo.
 5. Tienen acceso permanente sin requerimiento alguno al organismo proveedor de ensayos de aptitud, el personal encargado de la planificación y elaboración del programa que se esté llevando a cabo en ese momento.
 6. Para la salida del organismo se registrar la hora de salida de la(s) persona(s); llegado el caso de que se presente algún inconveniente durante la visita, las observaciones deben ser anotadas por el responsable de la supervisión en ese momento.

Documentos de referencia

- Norma Internacional ISO/IEC 17043. Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para los ensayos de aptitud. Primera edición, 2010-02-01.

B.7. VERIFICACIÓN DE LA HOMOGENEIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO DE APTITUD

Objetivo

Establecer un procedimiento a seguir para comprobar que las muestras que se utilizan en una ronda de ensayo de aptitud son adecuadamente homogéneas y estables.

Alcance

Este procedimiento se aplica para los programas de participación simultánea y para los programas de ensayos de muestra compartida.

Definiciones

- **Homogeneidad:** Uniformidad en la composición y la estructura de una sustancia o una mezcla.
- **Estabilidad:** Es la aptitud de un instrumento de medida para conservar constantes sus características metrológicas a lo largo del tiempo.
- **Ítem de ensayo de aptitud:** Muestra, producto, artefacto, material de referencia, parte de un equipo, patrón de medida, conjunto de datos u otra información utilizada en un ensayo de aptitud.
- **Ensayos de aptitud:** Evaluación del desempeño de los participantes con respecto a criterios previamente establecidos mediante comparaciones interlaboratorios.
- **Participante:** Laboratorio, organización o persona que recibe los ítems de ensayo de aptitud y entrega los resultados para su revisión por el proveedor de ensayos de aptitud.

- **Proveedor del ensayo de aptitud:** Organización que es responsable de todas las tareas relacionadas con el desarrollo y la operación de un programa de ensayos de aptitud.
- **Programas de participación secuencial:** Consisten en distribuir el ítem de ensayo de aptitud sucesivamente de un participante al siguiente o devolverlo ocasionalmente al proveedor de ensayos de aptitud para una nueva verificación.
- **Programas de ensayos de muestra compartida:** Son aquellos que implican comparar los datos producidos por pequeños grupos de participantes. En estos programas de ensayos de aptitud, se divide una muestra de un producto o material en dos o más partes y cada participante ensaya una parte de la muestra.

Desarrollo

- **Procedimiento para comprobar la homogeneidad**

1. Elija un laboratorio para llevar a cabo la verificación de la homogeneidad. Cuando se decida no llevar a cabo la verificación de la homogeneidad en cada mensurando, se debe elegir un método de medición a utilizar en la verificación de la homogeneidad, y el material de ensayo típico de medida, que sea sensible a la heterogeneidad entre las muestras. Así, con un material granular, elija características totalmente liberadas, ya que cuando la medición es de una parte, de una característica que es una pequeña proporción puede ser más difícil de homogeneizar y así es más revelador en la prueba de homogeneidad. (Una característica totalmente liberada es una de tal manera que las partículas individuales presentan los valores extremos de la característica. Una

característica no está totalmente liberada si las partículas individuales poseen la característica de mayor o menor grado).

2. Prepare y empaque las muestras para la ronda de programas de ensayos de aptitud, garantizando que haya suficientes muestras para los participantes en la prueba para la verificación de la homogeneidad.
3. Elija un número g de muestras al azar una vez estén envasadas definitivamente, donde $g \geq 10$. El número de muestras incluidas en la verificación de homogeneidad se puede reducir si se dispone de datos adecuados de los anteriores controles de homogeneidad en muestras similares preparadas con los mismos procedimientos.
4. Prepare dos porciones de prueba de cada muestra utilizando las técnicas apropiadas para reducir al mínimo las diferencias entre las diferentes porciones de ensayo.
5. Tome las porciones de prueba $2g$ en un orden aleatorio, para obtener un resultado de medición en cada una, completando toda la serie de mediciones bajo condiciones de repetibilidad.
6. Finalmente calcule el promedio general, y la desviación estándar entre las muestras.

▪ **Procedimiento para el control de la estabilidad**

1. Utilice el mismo laboratorio y el mismo método de medición, de la prueba de homogeneidad para la verificación de la estabilidad, para medir la característica de prueba del mismo material.

2. Espere un tiempo entre la prueba de homogeneidad y la prueba de estabilidad, tiempo similar al que se debe esperar a que las muestras sean analizadas por los participantes en la prueba de aptitud.
3. Elija un número de g de las muestras al azar, donde $g \geq 3$.
4. Prepare dos porciones de ensayo de cada muestra utilizando las mismas técnicas que para la verificación de la homogeneidad.
5. Tomando porciones de ensayo $2g$ en un orden aleatorio, obtenga el resultado de la medición, en cada una, completando la serie de mediciones en condiciones de repetibilidad.
6. Calcule el promedio general de las mediciones obtenidas en la prueba de estabilidad.

Documentos de referencia

- Norma Internacional ISO 13528. *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison*. Primera Edición, 2005-09-01.

B.8. PLAN DE CALIDAD

Objetivo

Establecer un procedimiento a seguir para llevar a cabo y documentar un plan antes del inicio del programa de ensayos de aptitud, que trate los objetivos, el propósito y el diseño básico del programa de ensayos de aptitud.

Alcance

Este procedimiento se aplica para todos los programas de ensayos de aptitud, independientemente del ítem y tipo de ensayo a utilizar, y de la magnitud a determinar.

Definiciones

- **Ensayos de aptitud:** Evaluación del desempeño de los participantes con respecto a criterios previamente establecidos mediante comparaciones inter-laboratorios.
- **Programa de ensayos de aptitud:** Ensayos de aptitud diseñados y operados en una o más rondas para un área específica de ensayo, medida, calibración o inspección.
- **Ítem de ensayo de aptitud:** Muestra, producto, artefacto, material de referencia, parte de un equipo, patrón de medida, conjunto de datos u otra información utilizada en un ensayo de aptitud.
- **Proveedor del ensayo de aptitud:** Organización responsable de todas las tareas relacionadas con el desarrollo y la operación de un programa de ensayos de aptitud.

- **Participante:** Laboratorio, organización o persona que recibe los ítems de ensayo de aptitud y entrega los resultados para su revisión por el proveedor de ensayos de aptitud.
- **Coordinador:** Una o más personas responsables de organizar y gestionar todas las actividades incluidas en la operación de un programa de ensayos de aptitud.

Desarrollo

Antes de iniciar un programa de ensayos de aptitud, el organismo proveedor debe identificar y planificar aquellos procesos que afectan directamente la calidad del programa. De acuerdo con lo anterior, se debe documentar un plan antes del inicio del programa que incluya:

- El nombre de la intercomparación: Este debe incluir el tipo de ensayo que llevarán a cabo los participantes con la respectiva magnitud.
- Los datos del proveedor del ensayo de aptitud: Estos deben incluir Nit, dirección, ciudad, teléfono, celular y e-mail del organismo proveedor del programa.
- Los datos del coordinador del programa: Estos deben incluir el nombre, la dirección y tipo de vínculo del coordinador y de cualquier otro miembro del personal que participe en el diseño y operación del programa de ensayos de aptitud.
- Las actividades a subcontratar: Aquí se deben incluir los nombres y direcciones de los subcontratistas que participan en la operación del programa.

- Los criterios que los participantes deben satisfacer para la participación; además del número y tipo de participantes previstos en el programa de ensayos de aptitud.
- El ítem de ensayo de aptitud: Aquí se establece como será llevada a cabo la selección del(los) mensurando(s) o la(s) característica(s) de interés, incluyendo información sobre qué tienen que identificar, medir o ensayar los participantes en la ronda específica de ensayos de aptitud.
- Los requisitos para la producción, el control de la calidad, el almacenamiento y la distribución de los ítems de ensayo de aptitud.
- Las precauciones razonables para prevenir la confabulación entre los participantes o la falsificación de resultados.
- El cronograma correspondiente a las diversas fases del programa de ensayos de aptitud; al igual que la información sobre métodos o procedimientos que los participantes necesiten utilizar para preparar el material de ensayo y realizar los ensayos o las mediciones.
- Finalmente, se debe dar una descripción detallada del análisis estadístico a utilizar, así como los criterios para la evaluación del desempeño de los participantes.

Documentos de referencia

- Norma Internacional ISO/IEC 17043. Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para los ensayos de aptitud. Primera edición, 2010-02-01.

B.9. MANIPULACIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO DE APTITUD

Objetivo

Establecer las actividades y requisitos que se deben tener en cuenta para la recepción, transporte, manipulación, almacenamiento, y entrega de los ítems de ensayos de aptitud.

Alcance

El procedimiento aplica tanto para el organismo proveedor como para cada uno de los laboratorios participantes, y para todos los ítems usados en un programa de ensayos de aptitud.

Definiciones

- **Ensayos de aptitud:** Evaluación del desempeño de los participantes con respecto a criterios previamente establecidos mediante comparaciones inter-laboratorios.
- **Programa de ensayos de aptitud:** Ensayos de aptitud diseñados y operados en una o más rondas para un área específica de ensayo, medida, calibración o inspección.
- **Ítem de ensayo de aptitud:** Muestra, producto, artefacto, material de referencia, parte de un equipo, patrón de medida, conjunto de datos u otra información utilizada en un ensayo de aptitud.
- **Proveedor del ensayo de aptitud:** Organización responsable de todas las tareas relacionadas con el desarrollo y la operación de un programa de ensayos de aptitud.

- **Participante:** Laboratorio, organización o persona que recibe los ítems de ensayo de aptitud y entrega los resultados para su revisión por el proveedor de ensayos de aptitud.

Desarrollo

El organismo proveedor debe establecer e implementar, las condiciones necesarias para asegurarse de la adecuada adquisición, recolección, preparación, manipulación, almacenamiento, y cuando sea requerido, la disposición final de todos los ítems de ensayos de aptitud. Para esto, tanto el organismo proveedor como los laboratorios participantes deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Los ítems de ensayos de aptitud son entregados directamente al jefe del laboratorio participante, o en su defecto se entregaran a quien éste autorice por medio escrito.
- Los ítems se retornan o regresan al organismo proveedor en las mismas condiciones con que fueron entregados al laboratorio participante, junto con los resultados obtenidos de la prueba realizada.
- El tiempo de devolución del ítem dependerá de lo estipulado en la notificación de inicio, que será entregada a cada participante al comienzo del programa.
- Los ítems deben ser entregados preferiblemente en cajas. Cada caja debe estar convenientemente identificada en su parte exterior con las precauciones que se deben tener en el transporte y manipulación del ítem de ensayo.
- En el momento de la prueba, se deben tener en cuenta las condiciones ambientales en las que debe encontrarse el laboratorio (Ver Anexo B.6).

- Cuando por alguna circunstancia el ítem aparente haber sufrido algún daño, debe informarse al organismo proveedor de manera inmediata, y se debe diligenciar un formato de revisión, en el que se consignan las observaciones que se detecte.

Documentos de referencia

- Norma Internacional ISO/IEC 17043. Evaluación de la conformidad -Requisitos generales para los ensayos de aptitud. Primera edición, 2010-02-01.

B.10. DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Objetivo

Establecer un procedimiento a seguir para llevar a cabo la determinación de la desviación estándar para la evaluación del desempeño de los participantes en un programa de ensayos de aptitud.

Alcance

Este procedimiento se aplica para todos los programas de ensayos de aptitud, independientemente del ítem y tipo de ensayo a utilizar, y de la magnitud a determinar.

Definiciones

- **Ensayos de aptitud:** Evaluación del desempeño de los participantes con respecto a criterios previamente establecidos mediante comparaciones interlaboratorios.
- **Ronda de ensayo de aptitud:** Secuencia completa única de distribución de ítems de ensayo de aptitud, y evaluación y comunicación de los resultados a los participantes
- **Participante:** Laboratorio, organización o persona que recibe los ítems de ensayo de aptitud y entrega los resultados para su revisión por el proveedor de ensayos de aptitud.
- **Coordinador:** Una o más personas responsables de organizar y gestionar todas las actividades incluidas en la operación de un programa de ensayos de aptitud.

- **Desviación estándar para la evaluación de la aptitud:** Medida de la dispersión utilizada en la evaluación de los resultados de un ensayo de aptitud, basada en la información disponible.

Desarrollo

Debido a que el organismo proveedor de ensayos de aptitud debe documentar los métodos de análisis de datos que se utilizarán para determinar la desviación estándar para la evaluación de desempeño de los participantes, se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

- Seleccionar el método que se va a usar para determinar la desviación estándar para la evaluación del desempeño de los participantes, teniendo en cuenta en qué momento del ensayo se va a determinar dicho valor. Si el valor de la desviación estándar se va a determinar antes del inicio del programa, se debe usar alguno de los siguientes métodos: por valor prescrito, por la precepción, o a partir de los resultados de un experimento de precisión; mientras que si este valor va a ser determinado después de finalizado el programa, debe calcularse a partir de los datos obtenidos por los participantes en el programa de ensayos de aptitud.
- Determinar la desviación estándar, mediante la ejecución del método escogido en el paso anterior. El proceso de aplicación de cada uno de los métodos citados en el paso 1, se encuentran descritos en norma ISO 13528:2005.
- Elaborar un informe dando detalles de cómo fue obtenida la desviación estándar para la evaluación de desempeño. Este informe debe ser presentado como un documento adjunto en el informe final del programa de ensayos de aptitud.

Documentos de referencia

- Norma Internacional ISO 13528. *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison*. Primera edición, 2005-09-01.
- Norma Internacional ISO/IEC 17043. Evaluación de la conformidad -Requisitos generales para los ensayos de aptitud. Primera edición, 2010-02-01.

B.11. DETERMINACIÓN DEL VALOR ASIGNADO Y SU INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR

Objetivo

Establecer un procedimiento a seguir para llevar a cabo la determinación del valor asignado de cualquier ítem de ensayo de aptitud, junto con su respectiva incertidumbre estándar.

Alcance

Este procedimiento se aplica para todos los programas de ensayos de aptitud, independientemente del ítem y tipo de ensayo a utilizar, y de la magnitud a determinar.

Definiciones

- **Valor asignado:** Valor atribuido a una propiedad particular de un ítem de ensayo de aptitud.
- **Ítem de ensayo de aptitud:** Muestra, producto, artefacto, material de referencia, parte de un equipo, patrón de medida, conjunto de datos u otra información utilizada en un ensayo de aptitud.
- **Ensayos de aptitud:** Evaluación del desempeño de los participantes con respecto a criterios previamente establecidos mediante comparaciones interlaboratorios.
- **Participante:** Laboratorio, organización o persona que recibe los ítems de ensayo de aptitud y entrega los resultados para su revisión por el proveedor de ensayos de aptitud.

- **Coordinador:** Una o más personas responsables de organizar y gestionar todas las actividades incluidas en la operación de un programa de ensayos de aptitud.
- **Trazabilidad metrológica:** Propiedad del resultado de una medida por la cual el resultado puede relacionarse a una referencia a través de una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida.
- **Incertidumbre de medida:** Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, basado en la información utilizada.
- **Incertidumbre estándar:** Incertidumbre del resultado de una medición expresada como una desviación estándar.

Desarrollo

El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe documentar un procedimiento para determinar el valor asignado del ítem en un programa de ensayos de aptitud, el cual tenga en cuenta la trazabilidad metrológica y la incertidumbre de medición requeridas para demostrar que el programa es apto para el fin provisto. Por esta razón, se aconseja seguir el siguiente procedimiento:

- Seleccionar el método que se va a usar para determinar el valor asignado del ítem de ensayo de aptitud, teniendo en cuenta en qué momento del ensayo se va a determinar dicho valor. Si el valor asignado y su incertidumbre se van a determinar antes del inicio programa, se debe usar alguno de los siguientes métodos: formulación, valores de referencia certificados o valores de referencia; mientras que si estos valores van a ser determinados después de

terminado el programa, debe usarse alguno de los siguientes métodos: consenso de laboratorios expertos o consenso de los participantes.

- Determinar el valor asignado del ítem y su respectiva incertidumbre, mediante la ejecución del método escogido en el paso anterior. El proceso de aplicación de cada uno de los métodos citados en el paso 1, se encuentran descritos en la norma ISO 13528:2005.
- Elaborar un informe dando detalles de cómo fueron obtenidos el valor asignado del ítem de ensayo y su respectiva incertidumbre estándar. Este informe se debe presentar como documento adjunto en el informe final del programa.

Documentos de referencia

- Norma Internacional ISO 13528. *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison*. Primera edición, 2005-09-01.
- Norma Internacional ISO/IEC 17043. Evaluación de la conformidad -Requisitos generales para los ensayos de aptitud. Primera edición, 2010-02-01.

B.12. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LOS PARTICIPANTES

Objetivo

Establecer un procedimiento a seguir para llevar a cabo la evaluación del desempeño de los participantes durante una y/o varias rondas de un programa de ensayos de aptitud.

Alcance

Este procedimiento se aplica para todos los programas de ensayos de aptitud, independientemente del ítem y tipo de ensayo a utilizar, y de la magnitud a determinar.

Definiciones

- **Ensayos de aptitud:** Evaluación del desempeño de los participantes con respecto a criterios previamente establecidos mediante comparaciones interlaboratorios.
- **Programa de ensayos de aptitud:** Ensayos de aptitud diseñados y operados en una o más rondas para un área específica de ensayo, medida, calibración o inspección.
- **Participante:** Laboratorio, organización o persona que recibe los ítems de ensayo de aptitud y entrega los resultados para su revisión por el proveedor de ensayos de aptitud.
- **Coordinador:** Una o más personas responsables de organizar y gestionar todas las actividades incluidas en la operación de un programa de ensayos de aptitud.

Desarrollo

El organismo proveedor de ensayos de aptitud, debe documentar métodos de evaluación validos que satisfagan el propósito del programa de ensayos de aptitud. Para cumplir con este requisito, se puede tener en cuenta el siguiente procedimiento:

- El coordinador del programa debe determinar el método estadístico que va a utilizar para la evaluación del desempeño de los participantes durante todo el programa de ensayos de aptitud. Los métodos que se pueden utilizar son los siguientes: sesgo del laboratorio, diferencias porcentuales, puntajes z o errores normalizados.
- Se da paso al análisis estadístico de los resultados reportados por los laboratorios participantes, usando el método escogido anteriormente. El procedimiento de aplicación de cada uno de los métodos citados en el paso 1, se encuentran descritos en la norma ISO 13528:2005.
- Finalmente, se elabora el informe final del programa de ensayos de aptitud, dando detalles del método estadístico usado para la evaluación de desempeño de los participantes. Este informe se presentará teniendo en cuenta el formato *informe final del programa de ensayos de aptitud* (Ver Anexo B.17.).

Documentos de referencia

- Norma Internacional ISO 13528. *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison*. Primera edición, 2005-09-01.
- Norma Internacional ISO/IEC 17043. Evaluación de la conformidad -Requisitos generales para los ensayos de aptitud. Primera edición, 2010-02-01.
- Informe final del programa de ensayos de aptitud (Ver Anexo B.17.)

B.13. DECLARACIÓN DE NO CONFABULACIÓN Y FALSIFICACIÓN DE RESULTADOS

Ciudad, AAAA/MM/DD

Yo **Nombre del jefe del laboratorio**, en representación de **Nombre del laboratorio que representa**, identificado con Nit N° **número de Nit**, en calidad de laboratorio participante en el programa de ensayos de aptitud, me comprometo con el organismo proveedor, a seguir lo establecido a continuación, lo cual contribuye al funcionamiento y la organización del programa, mediante los requisitos normativos de la norma ISO/IEC 17043:2010.

1. Los valores obtenidos en cada ensayo, serán suministrados mediante el formato *Entrega de resultados por parte de los participantes* (Ver Anexo B.14.), para garantizar la confiabilidad y confidencialidad del proceso. No divulgaré mi código de identificación y este será de uso exclusivo de nuestro laboratorio para la interpretación y el análisis de los resultados, por lo tanto no compartiremos nuestro código y/o resultado con otro laboratorio.
2. Los valores se registrarán de forma inmediata y se presentaran en el formato con los resultados verídicos y teniendo en cuenta los lineamientos establecidos por el organismo proveedor de ensayos de aptitud.
3. Se mantendrá total reserva con la información frente a los demás laboratorios participantes del programa de ensayos de aptitud; de tal forma que no se comparta información que pueda ocasionar la falsificación de los resultados.
4. En el momento en el que el laboratorio realice el ensayo, solo estará presente el personal del laboratorio involucrado en la prueba; no se

mantendrán llamadas, video llamadas, chats o ningún otro medio por el cual se puedan dar a conocer los resultados a un tercero.

5. Si llegado el caso nuestro laboratorio incumple con alguno de los numerales aquí descritos, u obra de mala fe; el organismo proveedor de ensayos de aptitud, podrá dar como nula la participación del laboratorio en el programa, y asumiremos las consecuencias que esto genere.

Nombre completo del Jefe del laboratorio
Nombre del laboratorio participante

B.14. ENTREGA DE RESULTADOS POR PARTE DE LOS PARTICIPANTES

Nombre del laboratorio participante

COMPONENTE ACTIVA													
PUNTOS DE CARGA			MEDICIONES										U_{exp}
In(%)	Cos φ	Fase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5%	1	RST											
100%	1	RST											
100%	0,5 i	RST											
100%	1	R											
100%	1	S											
100%	1	T											
Imáx%	1	RST											
COMPONENTE REACTIVA													
PUNTOS DE CARGA			MEDICIONES										U_{exp}
In(%)	Cos φ	Fase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
5%	1	RST											
100%	1	RST											
100%	0,5 i	RST											
100%	1	R											
100%	1	S											
100%	1	T											
Imáx%	1	RST											

B.15. MÉTODO ESTADÍSTICO ROBUSTO

Objetivo

Exponer un algoritmo robusto para hallar la media y la desviación estándar robustas, a partir de los resultados reportados, ya sea por laboratorios expertos, o por los laboratorios participantes en un programa de ensayos de aptitud.

Alcance

El algoritmo expuesto en esta guía, se aplica para todos aquellos programas de ensayos de aptitud en los cuales el valor asignado del ítem se determina por consenso de laboratorios.

Definiciones

- **Ensayos de aptitud:** Evaluación del desempeño de los participantes con respecto a criterios previamente establecidos mediante comparaciones interlaboratorios.
- **Algoritmo:** Es un conjunto preescrito de instrucciones o reglas bien definidas, ordenadas y finitas, que permite realizar una actividad mediante pasos sucesivos que no generen dudas a quien deba realizar dicha actividad.
- **Método estadístico robusto:** Método estadístico insensible a pequeñas desviaciones de las hipótesis de partida de un modelo probabilístico implícito.
- **Media:** La suma de los valores dividida por el número de valores.
- **Desviación estándar:** Es la raíz cuadrada positiva de la varianza.

- **Varianza:** Una medida de la dispersión, la cual es la suma de los cuadrados de las desviaciones de los datos con respecto a la media, dividida por una cantidad igual al número de las observaciones menos uno.
- **Media robusta:** Debe entenderse en esta guía como la estimación de la media de la población calculado utilizando un algoritmo robusto.
- **Desviación estándar robusta:** Debe entenderse en esta guía como la estimación de la desviación estándar de la población calculada utilizando un algoritmo robusto.

Desarrollo

Cuando el valor asignado del ítem de ensayo de aptitud se obtiene por consenso de laboratorios, este valor asignado debe ser el promedio robusto x^* , y la desviación estándar $\hat{\sigma}$ utilizada para la evaluación de desempeño debe ser la desviación estándar robusta s^* , calculados usando el siguiente algoritmo:

1. Indique los errores promedio reportados por cada uno de los laboratorios y clasifíquelos en orden creciente:

$$x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_p$$

2. Calcule los valores iniciales para el promedio robusto x^* y la desviación estándar robusta s^* , así:

$$x^* = \text{mediana de } x_i (i = 1, 2, \dots, p)$$

$$s^* = 1,483 \text{ mediana de } |x_i - x^*| (i = 1, 2, \dots, p)$$

3. Para cada x_i donde $i = 1, 2, \dots, p$, calcule:

$$x_i^* = \begin{cases} x^* - 1,5 * s^* & \text{si } x_i < x^* - 1,5 * s^* \\ x^* + 1,5 * s^* & \text{si } x_i > x^* + 1,5 * s^* \\ x_i, & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

4. Calcule los nuevos valores de x^* y s^* , así:

$$x^* = \sum x_i^* / p$$

$$s^* = 1,134 \sqrt{\sum (x_i^* - x^*)^2 / (p - 1)}$$

Los estimados robustos x^* y s^* se pueden derivar mediante un cálculo repetitivo, es decir, actualizando los valores de x^* y s^* varias veces utilizando los datos modificados hasta que el proceso converja. Se puede asumir la convergencia cuando no hay cambio de una iteración a la siguiente en la tercera cifra decimal de la desviación estándar robusta y de la cifra equivalente del promedio robusto.

Documentos de referencia

- Norma Internacional ISO 13528. *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison*. Primera edición, 2005-09-01.
- Norma Internacional ISO/IEC 17043. *Evaluación de la conformidad -Requisitos generales para los ensayos de aptitud*. Primera edición, 2010-02-01.

B.16. REGLAS PARA EL REDONDEO DE VALORES NUMÉRICOS

Objetivo

Exponer las reglas utilizadas en la industria para el redondeo de valores numéricos.

Alcance

Esta guía se aplica para todos los casos en los cuales se requiera el redondeo de valores numéricos, así como para la entrega de resultados por parte de los participantes en los programas de ensayos de aptitud.

Definiciones

- **Valor numérico (de una magnitud):** Número que multiplica a la unidad de medida en la expresión del valor de una magnitud.
- **Redondeo:** Determinación de un número aproximado que tiene menos dígitos diferentes de cero, de manera que sea más fácil usarlo para cálculos de estimados posteriores.
- **Cifras significativas:** Las cifras significativas de un número son aquellas que tienen un significado real y, por tanto, aportan alguna información.

Desarrollo

A continuación, en los numerales B.16.4.1. al B.16.4.4., se describen las reglas para el redondeo de valores numéricos para la determinación de un valor aproximado, de manera que sea fácil usarlo para cálculos posteriores.

Cuando se redondea un valor numérico a n cifras significativas¹ o a n lugares decimales, las cifras que están más allá del dígito n -ésimo se consideran así:

NOTA¹ El número de cifras significativas se contará desde el lugar de la primera cifra diferente de cero.

Regla 1

Si el dígito que está inmediatamente después del dígito n-ésimo es menor que 5, el dígito n-ésimo queda igual.

Ejemplos

- Si 1,23 se redondea a dos cifras significativas resulta 1,2.
- Si 1,2344 se redondea a tres cifras significativas resulta 1,23.
- Si 1,2344 se redondea a tres lugares decimales resulta 1,234.

Regla 2

Si el dígito que está inmediatamente después del dígito n-ésimo es mayor que 5, el dígito n-ésimo aumenta en 1.

Ejemplos

- Si 1,26 se redondea a dos cifras significativas resulta 1,3.
- Si 1,3067 se redondea a tres cifras significativas resulta 1,31.
- Si 1,2967 se redondea a tres lugares decimales resulta 1,297.

Regla 3

Si el dígito que está inmediatamente después del dígito n-ésimo es igual a 5, se deberá seguir lo establecido en a) o b).

- a)** Si el dígito n-ésimo es un número par, este queda igual.
- b)** Si el dígito n-ésimo es un número impar, este aumenta en 1.

Ejemplos

- Si 0,105 se redondea a dos cifras significativas, siguiendo el numeral a) resulta 0,10.
- Si 0,0955 se redondea a dos cifras significativas, siguiendo el numeral b) resulta 0,096.
- Si 1,450 se redondea a dos cifras significativas, siguiendo el numeral a) resulta 1,4.
- Si 1,350 se redondea a dos cifras significativas, siguiendo el numeral b) resulta 1,4.
- Si 1,25 se redondea a dos cifras significativas, siguiendo el numeral a) resulta 1,2.
- Si 1,15 se redondea a dos cifras significativas, siguiendo el numeral b) resulta 1,2.
- Si 0,0625 se redondea a tres lugares decimales, siguiendo el numeral a) resulta 0,062.
- Si 0,095 se redondea a dos lugares decimales, siguiendo el numeral b) resulta 0,10.

Regla 4

El procedimiento de redondeo se debe hacer en un paso. Por ejemplo, si 5,346 se redondea a dos cifras significativas, se convierte en 5,3. NO se debe realizar en dos pasos como se muestra en seguida:

	Primer paso	Segundo paso
5,346	5,35	5,4

Documentos de referencia

- Norma Técnica Colombiana NTC 3711. Reglas para el redondeo de valores numéricos. 1995-05-10.

B.17. INFORME FINAL DEL PROGRAMA DE ENSAYOS DE APTITUD

Nombre del programa de ensayos de aptitud

Informe:	Fecha de emisión:	No. páginas:
Objetivo:		
Laboratorio líder:		
1. DATOS DEL PROVEEDOR DEL ENSAYO DE APTITUD		
Nombre:		
Nit:		
Dirección:		
Cuidad:		
Teléfono:		
Celular:		
e-mail:		
2. DATOS DEL COORDINADOR DEL PROGRAMA DE ENSAYOS DE APTITUD		
Nombre:		
Cargo:		
Firma:		
e-mail:		
3. DATOS DEL COORDINADOR DEL PROGRAMA DE ENSAYOS DE APTITUD		
Nombre:		
Profesión:		
Actividades subcontratadas:		
Firma:		

4. CONFIDENCIALIDAD	
5. ÍTEM DE ENSAYO DE APTITUD	
6. LABORATORIOS PARTICIPANTES	
7. METODOLOGÍA	
8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
9. CONCLUSIONES	
10. RECOMENDACIONES	
11. ANEXOS	
FIN DEL INFORME	
Elaborado por	Revisado por

B.18. INFORMACIÓN PROGRAMA DE ENSAYOS DE APTITUD

Ciudad, AAAA/MM/DD
Profesión
Nombre completo del destinatario
Cargo
Nombre de la empresa
Ciudad de destino, departamento

Estimado(a) **Profesión Apellido (sexo masculino) o Nombre (sexo femenino):**

Reciba un cordial saludo del organismo proveedor de ensayos de aptitud. Le invitamos a formar parte en el **número romano** programa de ensayos de aptitud de laboratorios de calibración de medidores de energía eléctrica, para lo cual contamos con personal técnico idóneo e independiente para cumplir con la prestación de este servicio.

Para garantizar la adecuada logística del programa de ensayos de aptitud, y teniendo en cuenta que una manipulación indebida de los ítems de ensayo puede afectar los resultados de las mediciones de los laboratorios, el organismo proveedor cuenta con procedimientos citados en su manual de calidad bajo la norma ISO/IEC 17043:2010 y establecidos de acuerdo a los lineamientos exigidos en la norma NTC 4856:2006. La logística requerida es responsabilidad total de nuestra organización.

El programa de ensayos de aptitud tiene un costo de \$ **costo del programa**, el cual incluye la logística, el personal, los costos empresariales y el montaje mismo del programa.

En caso de contar con su participación en esta ronda, los pasos a seguir serían:

1. Diligenciar un documento manifestando su interés en participar en el programa de ensayos de aptitud.
2. Consignar el valor correspondiente a la participación en el programa, en la cuenta corriente N° número de cuenta corriente a favor de nuestro organismo proveedor.
3. El organismo enviará a ustedes los siguientes documentos:
 - *Plan de calidad* (Ver Anexo B.8.), en el cual se encuentra entre otros aspectos: los datos del coordinador del programa de ensayos de aptitud, el ítem de ensayo, las principales fuentes de error y los métodos estadísticos para el análisis de los resultados.
 - *Declaración de cumplimiento de condiciones ambientales* (Ver Anexo B.5.), en el cual ustedes como laboratorio participante declaran que cumplen con los requisitos técnicos de infraestructura y controlan las condiciones ambientales de manera que no afecten el programa de ensayos de aptitud.
 - *Declaración de no confabulación y falsificación de resultados* (Ver Anexo B.13.), que contiene las precauciones razonables para prevenir la confabulación entre los participantes o la falsificación de resultados y procedimientos a emplear si se sospecha de confabulación o falsificación de resultados.
 - *Manipulación de los ítems de ensayo de aptitud* (Ver Anexo B.9.), documento en el cual los laboratorios participantes se comprometen a que la manipulación de los ítems se realizarán de acuerdo con los lineamientos establecidos por organismo dependiendo del programa de ensayo de aptitud.

4. Lectura, firma y reenvió de los documentos: *Declaración de cumplimiento de condiciones ambientales, Declaración de no confabulación y falsificación de resultados y Manipulación de los ítems de ensayo de aptitud.*
5. El organismo envía la notificación del inicio del ensayo de aptitud junto con el formato *Entrega de los resultados por parte de los laboratorios participantes* (Ver Anexo B.14.).
6. Desarrollo del programa de ensayos de aptitud de acuerdo a las fechas especificadas para cada laboratorio participante la notificación del inicio del programa.
7. Finalmente, el organismo enviará el *informe final del programa de ensayos de aptitud* (Ver Anexo B.17.), junto con los documentos soportes de determinación de la desviación estándar y determinación del valor asignado y su incertidumbre estándar.

Esperamos contar con su participación. Quedaremos atentos para cualquier aclaración que considere necesaria.

Cordialmente,

Nombre completo del responsable
Cargo
Organismo proveedor de ensayos de aptitud

B.19. QUEJAS Y APELACIONES

Objetivo

Establecer la metodología para la recepción, registro y tratamiento de quejas recibidas de los clientes del organismo proveedor de ensayos de aptitud.

Alcance

Este procedimiento aplica en organismo ensayos de aptitud para la recepción, registro, tratamiento, revisión y documentación de quejas recibidas de los clientes.

Definiciones

- **Queja:** Inconformidad o insatisfacción con el servicio prestado por el organismo proveedor de ensayos de aptitud.
- **Apelación:** Recurrir a alguien o algo en cuya autoridad, criterio o predisposición se confía para resolver o favorecer una cuestión.
- **Cliente:** Laboratorio, organización o persona que participa en un programa de ensayos de aptitud planificado por el organismo proveedor.

Desarrollo

El organismo proveedor de ensayos de aptitud debe contar con procedimientos documentados para facilitar a los participantes la apelación contra la evaluación de su desempeño en un programa de ensayos de aptitud. Para esto, se sugiere llevar a cabo el siguiente procedimiento:

1. El responsable del organismo proveedor recibe las quejas relacionadas con el programa de ensayos de aptitud que se está llevando a cabo en ese

momento. Las quejas pueden ser presentadas por cualquiera de los siguientes medios: escrito, verbal, telefónico, correo electrónico o página Web.

2. El responsable de atender las apelaciones, lee el motivo de la queja y realiza el respectivo análisis e investigación de causas.
3. Seguidamente, se da tratamiento a la queja, evidenciando el tipo de trámite a seguir en un documento de control de quejas y apelaciones, y tomando acciones correctivas y/o preventivas, si se requieren.
4. Se realiza el control del trámite evidenciado en el paso anterior, hasta dar solución a la queja.
5. Finalmente se da solución y cierre a la queja, registrándolo en el documento de control de quejas y apelaciones.

Documentos de referencia

- Norma Internacional ISO/IEC 17043. Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para los ensayos de aptitud. Primera edición, 2010-02-01.