

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

"IMPLEMENTACIÓN DE LOS REQUISITOS TÉCNICOS QUE ESTABLECE LA NORMA NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 DE INTERLABORATORIO PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE APTITUD DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN"

AUTOR: Cristopher Edmundo Caiza Caisa

Ariel Alejandro Peñaloza Castro

TUTOR: Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg.

AMBATO - ECUADOR

Febrero - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **"IMPLEMENTACIÓN DE LOS REQUISITOS TÉCNICOS QUE ESTABLECE LA NORMA NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 DE INTERLABORATORIO PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE APTITUD DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN"**, elaborado por los Sres. Cristopher Edmundo Caiza Caisa, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1805748702 y Ariel Alejandro Peñaloza Castro, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1850572478, estudiantes de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Proyecto Técnico es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, febrero 2025



Ing. Christian Byron Castro Miniguano, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Cristopher Edmundo Caiza Caisa, con C.I. 1805748702 y Ariel Alejandro Peñaloza Castro, con C.I. 1850572478, declaramos que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente proyecto técnico con el tema: **"IMPLEMENTACIÓN DE LOS REQUISITOS TÉCNICOS QUE ESTABLECE LA NORMA NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 DE INTERLABORATORIO PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE APTITUD DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN"**, así como también los análisis estadísticos, tablas, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2025

Cristopher Edmundo Caiza Caisa	Ariel Alejandro Peñaloza Castro
C.I. 1805748702	C.I. 1850572478
AUTOR	**AUTOR**

DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los Derechos en línea patrimoniales de nuestro Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, febrero 2025



Cristopher Edmundo Caiza Caisa

C.I. 1805748702

AUTOR



Ariel Alejandro Peñaloza Castro

C.I. 1850572478

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por los estudiantes Cristopher Edmundo Caiza Caisa y Ariel Alejandro Peñaloza Castro, de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **"IMPLEMENTACIÓN DE LOS REQUISITOS TÉCNICOS QUE ESTABLECE LA NORMA NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 DE INTERLABORATORIO PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE APTITUD DE INFLAMABILIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN"**.

Ambato, febrero 2025

Para constancia firman:

----------	----------
Ing. Víctor Rodrigo Espín Guerrero, Mg.	Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR	**MIEMBRO CALIFICADOR**

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y mi protector, por todo lo que ha permitido alcanzar, por todas las bendiciones que ha permitido que lleguen a mi vida.

Para mi mamá Blanca Caisa, que fue la primera en creer en mí, sin ti este proyecto no sería posible, por ser mi luz en mi vida, no hay palabras suficientes para expresar mi gratitud, gracias por todo el apoyo que me has brindado, eres mi pilar fundamental, eres mi inspiración y mi mayor apoyo en cada paso que doy, sin tus sacrificios, dedicación, esfuerzo, nada de esto sería posible, este logro también es tuyo.

A mis abuelos por su apoyo y por siempre creer en mí. A mis hermanos, Cristian, Ingrid y Walter, a quienes espero servirles como ejemplo en su vida estudiantil y luchen por cumplir todos sus sueños y metas sin importar los obstáculos de la vida.

Y finalmente, a mis amigos y a todas las personas que de una u otra manera fueron parte de esta etapa universitaria.

Con todo mi amor y admiración.

Cristopher Caiza

DEDICATORIA

A mis padres, pilares inquebrantables de mi vida, cuya guía, sacrificio y amor incondicional han sido la luz que ha iluminado mi camino. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la importancia de la humildad y la grandeza de los pequeños logros. Cada paso que doy es reflejo de su entrega y dedicación.

A mis amigos, compañeros de este viaje académico, por su compañía, empatía y las incontables horas de estudio y risas compartidas. Gracias por convertir cada desafío en una oportunidad de crecimiento y cada triunfo en una celebración compartida.

A todos aquellos que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización de este trabajo. A los que creyeron en mí, incluso cuando las dudas asomaban en mi interior. Su confianza ha sido el impulso necesario para continuar avanzando.

Y, finalmente, a mí mismo, por cada esfuerzo, por las largas noches y los días de persistencia. Por no rendirme ante los obstáculos y por mantener viva la llama de mis sueños. Que este logró sea un recordatorio de lo que puedo alcanzar con determinación y pasión.

Con profundo agradecimiento y respeto, dedico esta tesis a cada persona que ha formado parte de este viaje.

Ariel Peñaloza

AGRADECIMIENTO

El principal agradecimiento es a Dios, quien me ha guiado y me ha dado fortaleza, sabiduría, paciencia y salud para seguir adelante en mis estudios, y poder culminarlos de manera satisfactoria.

Con profunda gratitud y amor, agradezco este logro a mi mamá gracias por su compresión, amor y estímulo constante, además de su apoyo incondicional para culminar mis estudios y hacer que llegará hasta aquí, gracias por ser padre y madre, para mí y mis hermanos. Gracias por tu esfuerzo, sacrificio y amor incondicional.

A mí, que a pesar de todos los obstáculos que se presentaron nunca me he rendido, todas esas madrugadas de estudio, todos esos sacrificios se encuentran reflejado en este logró, no fue nada fácil, pero al final lo logramos.

Quiero agradecer a mis abuelos, en especial a Segundo Caisa que es como mi padre, gracias por su apoyo. A mi tío Diego Caisa que fue como un segundo padre, que desde el cielo se debe sentir muy orgulloso, gracias por haberme apoyado y ayudado en mis primeros semestres, este logró también es tuyo.

También quiero agradecer al Ing. Christian Castro, por hacer compartido sus ideas, conocimientos y experiencias para la realización del presente proyecto.

Agradezco a mis maestros y amigos por ayudarme a culminar mis estudios gracias a su motivación constante y ayudarme a lograr mi meta final de mis estudios.

Cristopher Caiza

AGRADECIMIENTO

Con profundo respeto y gratitud, deseo expresar mi reconocimiento a todas aquellas personas que, de una u otra forma, han sido parte esencial en la realización de este trabajo y en mi crecimiento personal y académico.

En primer lugar, agradezco a mis padres, cuyo apoyo incondicional y amor infinito han sido la base sobre la que he construido cada uno de mis logros. Gracias por ser fuente inagotable de inspiración y ejemplo de perseverancia. Sus palabras de aliento y sus sacrificios silenciosos han sido fundamentales para que hoy culmine esta etapa.

A mis amigos y compañeros de camino, cómplices de noches interminables de estudio y aliados en los momentos de mayor desafío. Gracias por las conversaciones profundas, las risas que aliviaron el cansancio y por ser esa red de apoyo inquebrantable que hizo de este trayecto una experiencia compartida y enriquecedora.

Un agradecimiento especial al Ing. Christian Castro, por su orientación constante, su paciencia y su confianza en mis capacidades. Su guía ha sido fundamental para el desarrollo de esta investigación y ha enriquecido enormemente mi visión académica y profesional.

Finalmente, agradezco a cada persona que, con un gesto, una palabra o una acción, aportó de alguna manera a este proyecto. Y a mí mismo, por la dedicación, el esfuerzo y la perseverancia que me han llevado a cruzar esta meta, recordándome que cada desafío es una oportunidad para crecer y superarse.

Este logro no es solo mío, sino el reflejo del apoyo colectivo y el cariño recibido a lo largo del camino. A todos ustedes, gracias de corazón.

Ariel Peñaloza

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO viii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS x
ÍNDICE DE TABLAS xv
ÍNDICE DE FIGURAS xvii
RESUMEN EJECUTIVO xx
ABSTRACT xxi
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO 1
1.1 Antecedentes investigativos 1
1.1.1 Antecedentes 1
1.1.2 Justificación 3
1.1.3 Marco teórico 4
1.1.3.1 Inflamabilidad 4
1.1.3.2 Límites de inflamabilidad 5
1.1.3.3 Rango de inflamabilidad 5
1.1.3.4 Ignición 6
1.1.3.5 Combustión 6
1.1.3.6 Tiempo de ignición 6
1.1.3.7 Focos de ignición 7
1.1.3.8 Incendio 7
1.1.3.9 Materiales de construcción 9

1.1.3.10 Normativa 11
1.1.3.11 Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025 12
1.1.3.12 Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043 13
1.1.3.13 Norma ISO 11925-2 14
1.1.3.14 Ensayo de aptitud 15
1.1.3.15 Proceso de acreditación ISO 16
1.2 Objetivos 18
1.2.1 Objetivo general 18
1.2.2 Objetivos específicos 18
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA 19
2.1 Materiales y equipos 19
2.1.1 Descripción de materiales 19
2.1.2 Descripción de equipos e instrumentos 21
2.2 Métodos 23
2.2.1 Descripción de la aplicación de la metodología 23
2.2.1.1 De campo 23
2.2.1.2 Bibliografía documental 23
2.2.1.3 Experimental 23
2.2.2 Nivel o tipo de investigación 24
2.2.2.1 Exploratorio 24
2.2.2.2 Descriptivo 24
2.3 Metodología 24
2.3.1 Procedimiento para la realización de ensayos conforme a la norma NTE INEN-ISO 11925-2 24
2.3.2 Flujogramas de procedimiento para ensayos de aptitud 27
2.3.2.1 Flujograma de procedimiento requerido por la norma NTE INEN-ISO/IEC 17043 28

2.3.2.2 Flujograma de los requisitos generales de la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025 31

2.3.2.3 Flujograma del procedimiento requerido por la norma NTE INEN-ISO 11925-2 32

2.3.2.4 Flujograma del procedimiento para realizar el ensayo de aptitud inter-laboratorio 34

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 36

3.1 Análisis y discusión de los resultados 36

3.1.1 Selección de proveedor para ensayo de aptitud 36

3.2 Ensayo de aptitud, desarrollado en el Laboratorio de Investigación Mecánica (LIM-UTA) 37

3.2.1 Parámetros de ensayo de inflamabilidad 37

3.2.1.1 Características de las muestras de ensayo 37

3.2.1.2 Condiciones para el ensayo de inflamabilidad 40

3.2.1.3 Instrucciones para la realización de ensayos de inflamabilidad 42

3.2.2 Resultados de ensayos de inflamabilidad 46

3.2.3 Validación de los ensayos de aptitud de inflamabilidad de materiales de construcción 63

3.2.3.1 Criterios de verificación – validación del sistema de medición tiempo (s) 63

3.2.3.2 Criterios de verificación – validación del sistema de medición propagación vertical (FS) mm 64

3.2.4 Procedimiento del Estudio Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) del sistema de medición – ANOVA anidado 64

3.2.5 Estudio Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) del sistema de medición – ANOVA anidado 70

3.2.5.1 Estudio R&R del sistema de medición (anidado) para medición-tiempo (s) 71

3.2.5.1.1 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde - transversal 15 segundos (PC15BT) 71

3.2.5.1.2 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde - longitudinal 15 segundos (PC15BL) 74

3.2.5.1.3 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde – transversal 30 segundos (PC30BT) 77

3.2.5.1.4 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde – longitudinal 30 segundos (PC30BL) 80

3.2.5.1.5 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie - transversal 15 segundos (PC15ST) 83

3.2.5.1.6 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie - longitudinal 15 segundos (PC15SL) 86

3.2.5.1.7 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie – transversal 30 segundos (PC30ST) 89

3.2.5.1.8 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie – longitudinal 30 segundos (PC30SL) 92

3.2.5.1.9 Exactitud 95

3.2.5.1.10 Declaración de la verificación y validación del método – tiempo (s) 95

3.2.5.2 Estudio R&R del sistema de medición (anidado) - Propagación vertical FS (mm) 97

3.2.5.2.1 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde - transversal 15 segundos (PC15BT) 97

3.2.5.2.2 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde – longitudinal 15 segundos (PC15BL) 100

3.2.5.2.3 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde – transversal 30 segundos (PC30BT) 103

3.2.5.2.4 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde – longitudinal 30 segundos (PC30BL) 107

3.2.5.2.5 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie – transversal 15 segundos (PC15ST) 110

3.2.5.2.6 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie – longitudinal 15 segundos (PC15SL) 113

3.2.5.2.7 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie – transversal 30 segundos (PC30ST) 117

3.2.5.2.8 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie – longitudinal 30 segundos (PC30SL) 120

3.2.5.2.9 Exactitud 123

3.2.5.2.10 Declaración de la verificación y validación del método – Propagación vertical FS (mm) 124

3.2.6 Clasificación de los materiales de construcción 126

3.3 Ensayo de aptitud interlaboratorio internacional 128

3.3.1 Análisis de los ensayos de inflamabilidad en el Interlaboratory Test (ILT) de Argentina 128

3.4 Discusión 131

3.5 Cuadros de costos 132

3.6 Elaboración del informe de acuerdo con la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 para la comparación de resultados en el desempeño del ensayo de inflamabilidad de los materiales de construcción 133

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 140

4.1 Conclusiones 140

4.2 Recomendaciones 141

Referencias bibliográficas 143

Anexos 147

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I MATERIAL PARA EL DESARROLLO DE ENSAYO INTERLABORATORIO 19
TABLA II MATERIALES UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO..... 19
TABLA III EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO..... 21
TABLA IV DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO..... 37
TABLA V DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO 37
TABLA VI LISTA DE MATERIALES PARA EL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD 39
TABLA VII DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A BORDE-TRANSVERSAL 15 SEGUNDOS..... 47
TABLA VIII DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A BORDE-LONGITUDINAL 15 SEGUNDOS 48
TABLA IX DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A BORDE-TRANSVERSAL 30 SEGUNDOS..... 49
TABLA X DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A BORDE-LONGITUDINAL 30 SEGUNDOS 50
TABLA XI DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A SUPERFICIE-TRANSVERSAL 15 SEGUNDOS..... 51
TABLA XII DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A SUPERFICIE–LONGITUDINAL 15 SEGUNDOS..... 52
TABLA XIII DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A SUPERFICIE–TRANSVERSAL 30 SEGUNDOS 53
TABLA XIV DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A SUPERFICIE–LONGITUDINAL 30 SEGUNDOS..... 54
TABLA XV DATOS DE INFLAMABILIDAD CIELO RASO ENSAYO A BORDE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS..... 55
TABLA XVI DATOS DE INFLAMABILIDAD CIELO RASO ENSAYO A SUPERFICIE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS 56
TABLA XVII DATOS DE INFLAMABILIDAD CORTINA ENSAYO A BORDE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS..... 57

TABLA XVIII DATOS DE INFLAMABILIDAD CORTINA ENSAYO A SUPERFICIE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS 58
TABLA XIX DATOS DE INFLAMABILIDAD ALFOMBRA ENSAYO A BORDE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS 59
TABLA XX DATOS DE INFLAMABILIDAD ALFOMBRA ENSAYO A SUPERFICIE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS 60
TABLA XXI DATOS DE INFLAMABILIDAD MADERA ENSAYO A BORDE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS 61
TABLA XXII DATOS DE INFLAMABILIDAD MADERA ENSAYO A SUPERFICIE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS 62
TABLA XXIII VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MÉTODO - TIEMPO DE IGNICIÓN (S)..... 96
TABLA XXIV VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MÉTODO - PROPAGACIÓN VERTICAL (FS) mm 125
TABLA XXV EURO CLASIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN 126
TABLA XXVI CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ACORDE A SU REACCIÓN AL FUEGO 127
TABLA XXVII CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN EN 13501-1. 127
TABLA XXVIII RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS - INTERLABORATORY TEST 129
TABLA XXIX RESULTADOS DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD PARA EL CUMPLIMIENTO DEL ENSAYO DE APTITUD SEGÚN ISO 17043 130
TABLA XXX LISTA DE MATERIALES Y COSTOS 132
TABLA XXXI COSTOS INDIRECTOS..... 132
TABLA XXXII COSTOS TOTALES 132
TABLA XXXIII RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD 135
TABLA XXXIV DOCUMENTOS DE REFERENCIA 136
TABLA XXXV RESULTADOS SEGÚN LA NORMA ISO/IEC 17043..... 138

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1. Límites de inflamabilidad del gas: límite inferior y límite superior [13]. 5
Fig 2. Flujograma de procedimiento para ensayos de aptitud (ISO 17043). 28
Fig 3. Flujograma de los requisitos generales para ensayos de aptitud (ISO 17025) [3]. 31
Fig 4. Flujograma de procedimiento ensayo de inflamabilidad (ISO 11925-2). 32
Fig 5. Flujograma del procedimiento de comparación inter-laboratorio. 34
Fig 6. Plano de las dimensiones de las muestras. 38
Fig 7. Dimensiones de la cámara de combustión vertical. 41
Fig 8. Dimensiones del porta muestras. 41
Fig 9. Equipos para el acondicionamiento y pesaje de muestras. 42
Fig 10. Anemómetro utilizado para la medición de la velocidad del aire. 42
Fig 11. Colocar la muestra de ensayo en el porta muestras. 43
Fig 12. Verificar las distancias entre el quemador y la muestra. 43
Fig 13. Colocar el papel filtro y la bandeja. 44
Fig 14. Presión del gas y medir la altura de la llama. 45
Fig 15. Contacto de la llama con la muestra de ensayo. 45
Fig 16. Finalización del ensayo de inflamabilidad. 46
Fig 17. Columna C1 OPERADOR. 65
Fig 18. Columna C2 INTENTO. 65
Fig 19. Columna C3 PARTE/DÍA. 65
Fig 20. Columna C4 MEDICIÓN. 66
Fig 21. Tabla de datos con los resultados de las 16 probetas. 66
Fig 22. Cálculo del estudio R&R del sistema de medición (anidado). 67
Fig 23. Resultados del Estudio R&R del sistema de medición – ANOVA anidado. 67
Fig 24. Precisión. 67
Fig 25. Incertidumbre Tipo A. 68
Fig 26. Cálculo del Valor p. 70
Fig 27. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15BT. 71
Fig 28. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC15BT. 71
Fig 29. Valor de p obtenido en el software independiente PC15BT. 73
Fig 30. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15BL. 74

Fig 31. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC15BL. 74
Fig 32. Valor de p obtenido en el software independiente PC15BL. 76
Fig 33. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30BT. 77
Fig 34. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC30BT. 77
Fig 35. Valor de p obtenido en el software independiente PC30BT. 79
Fig 36. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30BL. 80
Fig 37. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC30BL. 80
Fig 38. Valor de p obtenido en el software independiente PC30BL. 82
Fig 39. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15ST. 83
Fig 40. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC15ST. 83
Fig 41. Valor de p obtenido en el software independiente PC15ST. 85
Fig 42. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15SL. 86
Fig 43. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC15SL. 86
Fig 44. Valor de p obtenido en el software independiente PC15SL. 88
Fig 45. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30ST. 89
Fig 46. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC30ST. 89
Fig 47. Valor de p obtenido en el software independiente PC30ST. 91
Fig 48. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30SL. 92
Fig 49. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC30SL. 92
Fig 50. Valor de p obtenido en el software independiente PC30SL. 94
Fig 51. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15BT. 97
Fig 52. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC15BT. 97
Fig 53. Valor de p obtenido en el Software independiente PC15BT. 100
Fig 54. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15BL. 100
Fig 55. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC15BL. 101
Fig 56. Valor de p obtenido en el Software independiente PC15BL. 103
Fig 57. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30BT. 104
Fig 58. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC30BT. 104
Fig 59. Valor de p obtenido en el Software independiente PC30BT. 106
Fig 60. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30BL. 107
Fig 61. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC30BL. 107
Fig 62. Valor de p obtenido en el Software independiente PC30BL. 110
Fig 63. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15ST. 110

Fig 64. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC15ST. 111
Fig 65. Valor de p obtenido en el Software independiente PC15ST. 113
Fig 66. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15SL. 114
Fig 67. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC15SL. 114
Fig 68. Valor de p obtenido en el Software independiente PC15SL. 116
Fig 69. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30ST. 117
Fig 70. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC30ST. 117
Fig 71. Valor de p obtenido en el Software independiente PC30ST. 120
Fig 72. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30SL. 120
Fig 73. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC30SL. 121
Fig 74. Valor de p obtenido en el Software independiente PC30SL. 123

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto técnico presenta la importancia de implementar los requisitos técnicos establecidos en la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025. Se propone realizar ensayos de aptitud interlaboratorio, conforme a la norma NTE INEN-ISO 11925-2, garantizando la confiabilidad de los ensayos según lo estipulado en la norma NTE INEN-ISO/IEC 17043.

El ensayo de aptitud interlaboratorio consistió en analizar el desempeño del Laboratorio de Investigación Mecánica (LIM-UTA) en realización de pruebas, conforme a los requisitos técnicos de la norma NTE INEN-ISO/IEC 17043 para ensayos interlaboratorio. El objetivo principal fue evaluar la competencia y confiabilidad de los ensayos de inflamabilidad de materiales de construcción, siguiendo las directrices de la norma NTE INEN-ISO 11925-2. La evaluación del desempeño del LIM-UTA se llevó a cabo de acuerdo con las especificaciones normativas, y los resultados esperados incluyeron la validación del método de ensayo.

El laboratorio eligió el policarbonato como material de referencia para realizar los ensayos de inflamabilidad. Al finalizar el estudio, se desarrolla la verificación y validación del método utilizado. Se empleó un software especializado para analizar el Gage R&R total, así como aspectos de precisión, incertidumbre, valor de p y exactitud, cumpliendo con los criterios establecidos y obteniendo resultados satisfactorios. Finalmente, se redactó un informe de acuerdo a la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043 para la comparación de resultados al desempeño del ensayo de inflamabilidad de materiales de construcción.

Palabras clave: Materiales de construcción, Cámara de combustión vertical, Ensayo de aptitud, Inflamabilidad, NTE INEN-ISO 11925-2.

ABSTRACT

This technical project highlights the importance of implementing the technical requirements established in the NTE INEN-ISO/IEC 17025 standard. It proposes conducting interlaboratory proficiency tests in accordance with the NTE INEN-ISO 11925-2 standard, ensuring the reliability of the tests as stipulated in the NTE INEN-ISO/IEC 17043 standard.

The interlaboratory proficiency test involved analyzing the performance of the Mechanical Research Laboratory (LIM-UTA) in conducting tests, in compliance with the technical requirements of the NTE INEN-ISO/IEC 17043 standard for interlaboratory testing. The main objective was to evaluate the competence and reliability of flammability tests for construction materials, following the guidelines of the NTE INEN-ISO 11925-2 standard. The performance evaluation of LIM-UTA was carried out in accordance with the normative specifications, and the expected results included the validation of the test methodologies.

The laboratory selected polycarbonate as the reference material for conducting flammability tests. Upon completion of the study, the verification and validation of the method used were carried out. Specialized software was employed to analyze the total Gage R&R, as well as aspects of precision, uncertainty, p-value, and accuracy, meeting the established criteria and achieving satisfactory results. Finally, a report was prepared in accordance with the NTE INEN-ISO/IEC 17043 standard to compare the performance results of the flammability test for construction materials.

Keywords: Construction materials, Vertical combustion chamber, Proficiency testing, Flammability, NTE INEN-ISO 11925-2.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

1.1.1 Antecedentes

A nivel global, se ha identificado una creciente necesidad de establecer un estándar especializado que garantice la confiabilidad y calidad de los diversos métodos empleados en las pruebas de competencia. Esto implica la realización de comparaciones entre laboratorios para evaluar su desempeño, determinar la eficacia y comparabilidad de los métodos de prueba. La primera edición de la norma ISO/IEC 17043 anula y reemplaza a las Guías ISO/IEC 43-1:1997 e ISO/IEC 43-2:1997, las cuáles han sido técnicamente revisadas.

Las comparaciones interlaboratorios se utilizan de manera extensiva para diferentes propósitos y su aplicación está en constante aumento a nivel internacional. Por lo tanto, esta norma identifica posibles problemas en los laboratorios y fomentar acciones de mejora, que pueden estar relacionadas con procedimientos de prueba inadecuados. A través de los comentarios y opiniones recibidos de los proveedores, se busca mejorar la eficacia del estándar, garantizar su relevancia y utilidad [1], [2].

La normativa se fundamentó en los principios de la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025, que establece el estándar para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración. Esta norma promueve la cooperación entre laboratorios y otros organismos, favoreciendo el intercambio de información y experiencia, así como la armonización de normas y procedimientos [3].

En el ámbito industrial, los países industrializados han adoptado la norma ISO 17043. Esta norma internacional se ha diseñado para establecer una base coherente que permita a todas las partes interesadas evaluar la competencia de las organizaciones que realizan pruebas de competencia. Gracias a la colaboración de diversos países en la realización de estas pruebas, la selección y aplicación de métodos de evaluación por parte de organismos de acreditación, la norma ofrece también descripciones útiles para los tipos comunes de pruebas de competencia.

Además, la norma ISO 17043 ha preservado y actualizado los principios fundamentales para la ejecución de ensayos de aptitud, proporcionando directrices

sobre métodos estadísticos adecuados, así como la selección y uso de pruebas de aptitud por parte de laboratorios, organismo de acreditación, reguladores y otros actores pertinentes [1], [4].

De acuerdo a [5], en su trabajo final titulado "Desarrollo de un ensayo de aptitud internacional por comparación interlaboratorios de métodos de ensayo físicos y químicos de acuerdo a los alineamientos de la ISO/IEC 17043", destaca que actualmente varios laboratorios están explorando nuevos mecanismos para garantizar la calidad de servicios ofrecidos por terceros. El objetivo de estas iniciativas es proporcionar mayor confianza a los usuarios, asegurando transparencia, objetividad, y cumpliendo con los estándares del sistema internacional. Además, buscan demostrar un alto grado de precisión mediante la trazabilidad, contribuyendo así a la mejora de los estándares establecidos.

A nivel mundial, se ha identificado la necesidad de establecer normativas debido a las crecientes preocupaciones de los usuarios sobre la seguridad de los materiales de construcción en situaciones de incendio. En respuesta a esto, la Organización Internacional de Normalización (ISO) publicó la norma ISO 11925-2. Dicha norma fue desarrollada para definir la reacción de los productos al fuego y ha sido objeto de revisiones constantes con el fin de asegurar que los materiales de construcción utilizados en obras civiles sean seguros y no contribuyan a la propagación del fuego [6], [7].

Cristian G. [8], hace referencia a los "Requerimientos reglamentarios sobre el comportamiento al fuego de materiales usados en edificaciones de Reunión de Personas", menciona los requisitos de reacción al incendio para los elementos que componen el contenido de un edificio, tales como materiales de revestimiento y elementos de mobiliario. Concluye que utilizaron como base la normativa europea y americana, debido a su amplia experiencia y a la existencia de ensayos que cuantifican los resultados. Se llevó a cabo una caracterización de los materiales y elementos, con el fin de seleccionar las mejores alternativas disponibles, lo que se espera contribuya a la minimización de riesgos en caso de incendio en edificaciones donde se reúnan personas.

Como menciona el estudio [9], hace referencia al informe de "Recopilación de información sobre comportamiento al fuego de elementos de construcción de

viviendas", señala que su estudio está enfocado en la construcción, tanto en elementos no estructurales como estructurales, así como también en materiales de revestimiento. Entre los materiales analizados se incluyen losas, alfombras, puertas y techumbres.

En Ecuador como lo demuestra Karina G. [10], en su trabajo de titulación titulado "Aplicación de materiales anti-inflamables en los elementos constituidos del diseño interior", señala que los materiales disponibles en el mercado nacional para acabados de construcción presentan una alta combustibilidad. Esto implica que los espacios habitables construidos con dichos materiales podrían ser potencialmente peligrosos. En este contexto, propone la utilización de alternativas ignifugas, como la piedra pómez, lo que permitiría aplicaciones en el revestimiento de paredes, así como la incorporación de elementos complementarios como mobiliario, contribuyendo así a la seguridad en residencias y otros espacios.

En la Provincia de Tungurahua como lo demuestra Ronnie V. [11], en su informe hace referencia al "Diseño y construcción de una cámara de inflamabilidad para productos de construcción para el laboratorio de investigación de Ingeniería Mecánica LIM-UTA", destaca que el Laboratorio de Investigación Mecánica, cuenta con la certificación adecuada para realizar ensayos de inflamabilidad. En este sentido, se propone la implementación de una cámara de inflamabilidad para materiales de construcción, en cumplimiento con los requisitos establecidos por la norma NTE INEN ISO 11925-2. Este desarrollo es fundamental para atender las necesidades del sector de la construcción, tanto a nivel local como nacional, ya que, tras las pruebas correspondientes, los materiales serán clasificados en una escala que indique su nivel de inflamabilidad, lo que permite evaluar su comportamiento ante el fuego.

1.1.2 Justificación

En los últimos años, se ha observado importantes avances tecnológicos en el ámbito de las pruebas de laboratorio. Un ejemplo notable son los ensayos de inflamabilidad para materiales de construcción, los cuáles deben cumplir con requisitos esenciales antes de su comercialización. Estos procedimientos garantizan el cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales y permiten identificar posibles deficiencias en los productos evaluados.

La Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 establece los requisitos que los laboratorios deben cumplir en el desarrollo y operación de programas de ensayos de aptitud. Esta norma asegura la calidad y comparabilidad de los ensayos a nivel mundial, favoreciendo la mejora continua y la reducción de los problemas asociados al rendimiento de los laboratorios. Además, aborda diversos aspectos relacionados con el diseño e implementación de los ensayos garantizando una adecuada gestión de la confidencialidad e imparcialidad a lo largo de todo el proceso [1], [2].

La protección de la vida humana es un aspecto primordial, dado que los incendios pueden ocasionar pérdidas significativas y devastadoras. Por esta razón, es esencial comprender la velocidad a la que se propaga el fuego, la cual esta intrínsecamente relacionada con la inflamabilidad de los materiales de construcción. La realización de ensayos de inflamabilidad permite identificar productos con menor capacidad de ignición lo que a su vez proporciona un mayor tiempo de evacuación para las personas.

El Laboratorio de Investigación Mecánica LIM-UTA de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica realiza ensayos a materiales de construcción conforme a la Norma NTE INEN-ISO 11925-2. Esta norma establece los métodos y requisitos necesarios para evaluar la inflamabilidad de los materiales de construcción mediante la aplicación de una llama directa, simulando así las condiciones de un incendio real. Este proceso asegura que los materiales de construcción cumplan con los estándares de seguridad requeridos para minimizar los riesgos asociados con la propagación del fuego en obras civiles [6], [7].

1.1.3 Marco teórico

1.1.3.1 Inflamabilidad

La inflamabilidad se refiere a la combustibilidad de un material y al riesgo asociado a su potencial de incendio. Sin embargo, esta definición puede resultar ambigua, ya que la combustibilidad se considera un indicador de peligro de incendio que está influenciado por diversos factores, entre los cuales se encuentran el tipo de material, sus características inherentes y las condiciones ambientales. Por esta razón, es más eficaz definir la inflamabilidad a partir de características medibles a través de ensayos de laboratorio, lo que permite clasificar los materiales según la información obtenida.

La inflamabilidad de un material se define como su capacidad para incendiarse, la cantidad de calor que libera al arder, su propensión a propagación del fuego y la velocidad con la que genera humo y sustancias tóxicas durante la combustión [12].

1.1.3.2 Límites de inflamabilidad

Cuando se produce la inflamación de un gas, el calor incrementa la velocidad de movimiento de sus moléculas, lo que a su vez eleva su nivel de energía y provoca colisiones entre ellas. Con el tiempo, estas colisiones pueden llevar a la desintegración de las moléculas. Sin embargo, si hay suficiente oxígeno presente en el entorno, este reacciona con el combustible activado, dando lugar al proceso de inflamación. Así, la inclusión de oxígeno al combustible genera una reacción que desprende calor, debido a la energía resultante de la interacción molecular. Por lo tanto, la inflamabilidad de un gas se origina en la interacción mecánica que utiliza el calor como fuente de energía [13].

Existen dos tipos de límites de inflamabilidad, el límite inferior de inflamabilidad (LFL), que corresponde a la mínima concentración de una sustancia en el aire que puede encenderse y sostener la combustión, y el límite superior de inflamabilidad (UFL), que se refiere a la máxima concentración de una sustancia en el aire que puede encenderse y mantener la combustión, el intervalo que se encuentra entre el LFL y el UFL (Fig. 1), se denomina rango inflamable [14].

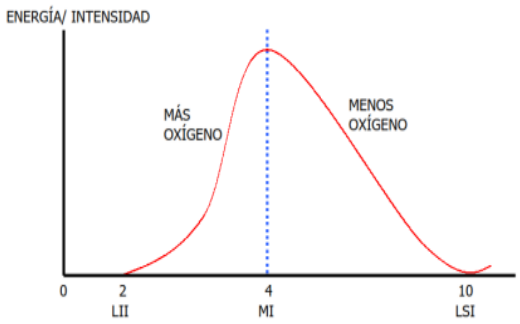


Fig 1. Límites de inflamabilidad del gas: límite inferior y límite superior [13].

1.1.3.3 Rango de inflamabilidad

El rango de inflamabilidad se define como el intervalo de concentraciones de gases que se encuentra entre el límite inferior y el límite superior de inflamabilidad, dentro del cual, en presencia de oxígeno, el gas es inflamable. La mezcla óptima se presenta

en una concentración que permite una reacción completa con el oxígeno, logrando un rendimiento del 100%. En este punto, la intensidad de ignición es máxima. Sin embargo, es importante señalar que, aunque la combinación arde de manera eficiente en la mezcla ideal, la ignición en los límites establecidos presenta una mayor complejidad [13].

1.1.3.4 Ignición

La ignición requiere la combinación de aire con vapores combustibles. Este proceso puede iniciarse debido a la presencia de una fuente de calor externa, con una chispa, una llama o una superficie caliente, así como por la acumulación de calor dentro del material en sí. Una vez que se produce la combustión, la propagación del fuego depende únicamente de la presencia de oxígeno y combustible.

1.1.3.5 Combustión

La combustión ocurre como resultado de la oxidación de materiales combustibles y puede producir gases, cenizas y vapores que son perjudiciales para la salud. La energía generada durante este proceso se manifiesta en forma de luz, sonido y calor, siendo este último el que representa un mayor riesgo. Es importante señalar que, según la naturaleza de la sustancia, se requiere una cantidad específica de energía térmica para iniciar la ignición. Esto permite clasificar los combustibles en dos categorías: los gaseosos, que necesitan una baja energía de ignición, y los sólidos, que requieren un mayor precalentamiento para iniciar el proceso de combustión. Para que el fuego sea sostenido en el tiempo, es esencial la presencia de varios factores: un material combustible, oxígeno y un medio de activación.

1.1.3.6 Tiempo de ignición

El tiempo de ignición se determina por la cantidad de calor a la que un material está expuesto y su espesor. En el caso de los materiales poliméricos, la resistencia a la ignición se define como el tiempo que trascurre hasta que el material se enciende al ser expuesto a una fuente de calor [15].

1.1.3.7 Focos de ignición

Los focos de ignición son agentes que contribuyen al inicio de reacciones que pueden derivar en incendios. Estos pueden clasificarse en diferentes categorías, tales como mecánicos, eléctricos o químicos. Ejemplos de focos de ignición incluyen, rayos solares, actividades de soldadura, equipos o motores de combustión e instalaciones eléctricas.

Para mitigar los riesgos de inicio de incendios, es fundamental adoptar las siguientes consideraciones: realizar revisiones periódicas de todos los equipos con el objetivo de mantener un entorno seguro durante el mayor tiempo posible. Y capacitar adecuadamente al personal encargado de ejecutar diversas operaciones, asegurando que cada actividad se realice de manera correcta.

En caso de que un incendio se inicie, existe el potencial de propagación, lo que puede resultar en pérdidas materiales, económicas y daños a las personas involucradas. Para evaluar las consecuencias de un incendio, se deben implementar tanto medidas de protección pasiva como activas.

- **Medidas de protección pasiva:** Estas son estrategias que previenen la propagación del fuego y, en ciertos casos, pueden facilitar la evacuación de los ocupantes, a través de señalización adecuada y la presencia de sistemas de iluminación.
- **Medidas de protección activa:** Estas medidas están diseñadas para combatir incendios, e incluyen el uso de extintores, vías de evacuación, capacitación del personal y el desarrollo de un plan de emergencia [16].

1.1.3.8 Incendio

Un incendio se define como un evento descontrolado de combustión que representa un riesgo significativo para la vida, los bienes materiales y el medio ambiente. En el campo de la ingeniería, este fenómeno se analiza mediante curvas de temperatura.

Desarrollo de un incendio

Un incendio típicamente se presenta en cuatro fases: ignición, crecimiento, flashover y decaimiento.

- **Fase de ignición:** Esta etapa se caracteriza por el inicio de calor de los materiales presentes, que puede ser provocado por una fuente de ignición, con o sin la presencia de llamas. Durante este proceso, las temperaturas son inestables y, si se encuentra oxígeno, el fuego puede propagarse, generando gases que tienden a acumularse en la parte superior del espacio.
- **Fase de crecimiento:** En esta fase, la temperatura y la velocidad de propagación del fuego aumentan de manera considerable.
- **Flashover:** Este término describe la transición de un incendio focalizado a un incendio generalizado dentro de un espacio compartimentado. Este fenómeno puede resultar extremadamente peligroso y su duración depende de la cantidad de material combustible presente y de la ventilación del área.
- **Fase de decaimiento:** Esta es la etapa final del incendio. En esta fase, el combustible disponible comienza a agotarse significativamente, lo que provoca una disminución de la temperatura y de la velocidad de combustión, eventualmente llevando a la extinción del fuego.

Evaluación del riesgo de incendio

La evaluación del riesgo de incendio implica analizar tanto los daños potenciales que puede causar un incendio, como la probabilidad de que este se produzca. En este contexto, el Nivel de Riesgo de Incendio (NRI) toma en consideración la probabilidad de ignición y el impacto que podría generar un incendio.

La peligrosidad de un combustible varía según su estado físico (sólido, líquido o gaseoso), así como por sus propiedades físico-químicas y su grado de división. Para la adecuada gestión de los combustibles, es fundamental considerar las siguientes recomendaciones:

- Implementar señalización clara en recipientes que contengan sustancias inflamables.
- Garantizar una ventilación apropiada en áreas donde se puedan generar combustiones.
- Mantener el orden y la limpieza en los espacios de trabajo.
- Almacenar los combustibles en recipientes que estén debidamente sellados y sin fugas.

1.1.3.9 Materiales de construcción

Los materiales de construcción han acompañado al ser humano desde sus inicios, adaptándose a sus necesidades en diversos entornos. A lo largo del tiempo, estos materiales han sido esenciales para la creación de edificaciones, desempeñando un papel crucial en la seguridad, durabilidad y estética tanto del exterior como del interior de las estructuras. La selección del material adecuado se basa en una variedad de factores, incluyendo características químicas, físicas, estéticas, mecánicas y económicas, los cuales son determinantes para el progreso de la sociedad.

En la actualidad, los materiales de construcción se clasifican en naturales y artificiales, abarcando componentes como materiales compuestos, acero estructural, hormigón y elementos de aislamiento, todos ellos fundamentales para garantizar la sostenibilidad y eficiencia en la construcción. Asimismo, es imperativo considerar el impacto ambiental de estos materiales, explorando opciones ecológicas y energéticamente que contribuyan a la mitigación del deterioro ambiental [17], [18].

Clasificación de los materiales de construcción

En la construcción de casas, edificios o cualquier tipo de estructura, los materiales de construcción son fundamentales tanto para la estabilidad de las mismas como para la estética de sus acabados. La clasificación de estos materiales se realiza en función de sus propiedades y características específicas, lo cual permite proyectar de manera adecuada los insumos y elementos necesarios para optimizar el proceso constructivo. Los materiales de construcción se clasifican en cuatro categorías según su composición:

- **Pétreos:** Son materiales que, al ser expuestos a altas temperaturas, pueden cambiar su forma. Se caracterizan por su porosidad y son utilizados en la fabricación de placas, tabiques y en el recubrimiento de paredes.
- **Materiales metálicos:** Estos se clasifican en dos grupos según sus propiedades; materiales ferrosos y no ferrosos. Los materiales no ferrosos, se encuentran en los tubos estructurales y marcos de aluminio, mientras que los ferrosos, principalmente el acero, son comunes en la fabricación de varillas.

- **Vidrios y cerámicas:** Estos materiales, que se derivan de la arena y la arcilla, se convierten en elementos resistentes para la construcción y el acabado de edificaciones al ser sometidos a calor.
- **Aglutinantes:** Este tipo de materiales contribuye a la creación de estructuras más resistentes, mejorando la eficiencia en la construcción gracias a su capacidad para unir elementos férreos con pétreos [19].

Policarbonato: Es un material ampliamente utilizado en el sector de la construcción debido a su notable versatilidad y durabilidad a lo largo del tiempo. Este material ofrece diversos beneficios, como la capacidad de permitir el peso de luz solar, lo que contribuye al ahorro de energía eléctrica. Su amplia gama de colores también proporciona diferentes atmósferas en los espacios.

Además, el policarbonato es resistente a condiciones climáticas extremas, como tormentas e intensos días soleados, lo que lo convierte en una opción ideal para diversas aplicaciones industriales, comerciales de construcción [20].

Madera: Es un material natural que destaca por su flexibilidad y resistencia, lo que la convierte en un recurso valioso para diversas aplicaciones humanas. Además de ser un material combustible, su uso en la construcción es fundamental en las industrias [21].

Alfombra: Es un elemento que se utiliza para embellecer el entorno, proporcionando una mejora estética significativa. Además, ofrece propiedades de aislamiento térmico y acústico. En general, las alfombras son consideradas superficies seguras, económicas y duraderas.

Cielo raso: Es un componente constructivo empleado en la remodelación de viviendas y locales, situado a cierta distancia del techo. También se le conoce como falso techo o placas de techo. Estas piezas son prefabricadas y pueden estar elaboradas con diversos materiales, siendo el aluminio, PVC y acero los más comunes. Su instalación generalmente implica fijaciones metálicas y su uso ha crecido notablemente en el sector de la construcción debido a su ligereza, economía y seguridad [22].

Cortina: Son elementos diseñados para cubrir ventanas y regular la entrada de luz solar, contribuyendo así tanto a la decoración como la privacidad de hogares, apartamentos y oficinas. Además del color, existen otros factores a considerar en la elección de cortinas, tales como el estilo y la textura [23].

1.1.3.10 Normativa

La acreditación regulatoria implica el proceso mediante el cual un organismo regulador otorga el reconocimiento formal a una organización o instalación, confirmando que ésta cumple con los estándares y requisitos establecidos en una normativa específica. La acreditación reglamentaria es fundamental para garantizar la calidad y es indispensable para aquellas organizaciones que ofrecen servicios o productos que afectan directamente la salud y seguridad de la población [14], [17].

Acreditación y tipo de normativa

Existen diversos tipos de acreditaciones reglamentarias, cada una con un conjunto específico de normas y requisitos. Entre las normativas regulatorias más comunes para la acreditación de laboratorios se destaca la siguiente:

Normativa ISO/IEC 17025: Esta acreditación representa un estándar de reconocimiento internacional que establece los requisitos generales para garantizar la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Su importancia radica en facilitar la comparación entre laboratorios, asegurando la organización, ejecución y evaluación de mediciones o ensayos sobre un mismo ítem o ítems similares, bajo condiciones previamente definidas.

Normativa ISO/IEC 17043: Esta acreditación es un estándar de reconocimiento mundial que establece los requisitos necesarios para la competencia e imparcialidad de los laboratorios. Resulta esencial para aquellos que ofrecen servicios de ensayo y calibración.

Entre las normativas regulatorias más relevantes para la ejecución de ensayos de inflamabilidad, se destacan las siguientes:

ISO 11925-2: Establece los procedimientos para evaluar el comportamiento al fuego de los materiales de construcción cuando están expuestos a la acción directa de la llama.

EN 13501-1: Esta norma se refiere a los materiales de construcción y se utiliza para clasificar su comportamiento en términos de inflamabilidad.

ASTM E84: Aplicable a materiales de construcción, esta norma se utiliza para medir la inflamabilidad a través de una prueba de propagación de llama vertical.

UL 94: Esta regulación se centra en plásticos, evaluando la capacidad de un material para autoextinguirse tras ser incendiado.

ISO 3795: Esta norma establece los requisitos para evaluar el comportamiento de combustión de los materiales utilizados en el interior de vehículos de carretera antes de su operación.

EN 13238: Ensayos de reacción al fuego para materiales de construcción. Procedimiento de acondicionamiento y reglas generales para la selección de sustratos.

ISO 13943: Seguridad contra incendio. Vocabulario.

ISO 14697: Ensayos de fuego. Guía sobre la elección de sustratos para productos de construcción.

1.1.3.11 Norma NTE INEN-ISO/IEC 17025

La norma NTE INEN-ISO/IEC 17025 tiene como finalidad promover la confianza en el funcionamiento de los laboratorios. Este marco establece los requisitos generales para asegurar la competencia, imparcialidad y gestión operativa de los laboratorios, lo cual permite demostrar su capacidad para generar resultados válidos. La utilización de esta norma favorece la cooperación entre laboratorios y otros organismos, facilitando así el intercambio de información y experiencias [3].

Antes de implementar la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025, es fundamental cumplir con los siguientes requisitos principales.

- Requisitos generales
- Requisitos relacionados con la estructura
- Requisitos sobre recursos
- Requisitos del proceso
- Requisitos del sistema de gestión

De acuerdo con lo estipulado por la norma, es necesario que el laboratorio planifique e implemente acciones para abordar los riesgos y oportunidades. Al tratar estos aspectos, se establece una base que incrementa la efectividad del sistema de gestión, mejora los resultados y previene posibles efectos adversos. El laboratorio dispone de la autonomía y es responsable de decidir que riesgos y oportunidades deben ser abordados.

El propósito de esta norma es facilitar la interacción entre laboratorios y organismos, promoviendo así el intercambio de información y experiencias, así como la conjunción de normas y procedimientos.

1.1.3.12 Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043

La norma NTE INEN-ISO/IEC 17043 tiene como finalidad fomentar la confianza en los resultados de los laboratorios mediante la garantía de una evaluación objetiva y consistente de su desempeño. Este estándar también favorece el reconocimiento internacional de los resultados de las pruebas de aptitud y permite la comparación del rendimiento de los laboratorios en diversas regiones e industrias [2], [5].

Los requisitos establecidos por la norma NTE INEN-ISO/IEC 17043 17043 son los siguientes.

1. **Diseño y gestión del programa:** El proveedor de ensayos de aptitud debe contar con un sistema documentado que dé soporte al diseño y gestión del programa, asegurando así su desarrollo, implementación y mejora continua. Esto implica la definición de objetivos claros, el alcance del programa y la identificación de la población objetivo para la participación.
2. **Selección y comunicación de los participantes:** Es fundamental que el proveedor establezca un proceso transparente para la selección de participantes, así como una comunicación efectiva de los requisitos del programa. Este proceso debe permitir la inclusión de todos los laboratorios que cumplan con los criterios de elegibilidad.
3. **Preparación y distribución de muestras:** El proveedor debe implementar un proceso adecuado para la preparación y distribución de muestras a los participantes, garantizando que sean coherentes con el uso previsto del programa. Las muestras deben ser representativas de la matriz y contar con valores o concentraciones conocidos.
4. **Métodos analíticos e incertidumbre de medición:** El proveedor de ensayos de aptitud debe garantizar que los métodos analíticos empleados por los participantes sean adecuados para las muestras que se están analizando y que la incertidumbre de la medición sea evaluada y comunicada de manera oportuna.

5. **Evaluación e informe de datos:** Es fundamental que el proveedor de ensayos de aptitud cuente con un procedimiento para evaluar los datos proporcionados por los participantes, identificar valores y comunicar los resultados de manera efectiva. Los informes deben ser claros, concisos e incluir información estadística pertinente.
6. **Gestión de calidad:** El proveedor de ensayos de aptitud debe implementar un sistema de gestión de calidad documentado que abarque todos los aspectos del programa de ensayos de aptitud, incluyendo el diseño del programa, la selección de participantes, la preparación de muestras, la evaluación de datos y la elaboración de informes.
7. **Mejora continua:** El proveedor de ensayos de aptitud debe implementar un proceso sistemático para la mejora continua del esquema de pruebas, fundamentado en la evaluación del desempeño del programa, la retroalimentación de los participantes y los avances en el ámbito de los ensayos.

1.1.3.13 Norma ISO 11925-2

El objetivo fundamental de la norma ISO 11925-2 es asegurar que los materiales empleados en obras civiles no representen un riesgo considerable de incendio o combustión, especialmente en situaciones de colisión u otros incidentes.

Para ello, se establecen procedimiento de prueba y criterios de rendimiento específicos que permiten medir la inflamabilidad de los materiales de construcción, abarcando aspectos como la resistencia a la ignición de los materiales y componentes, observaciones del comportamiento físico del espécimen de prueba, así como la toxicidad de los gases emitidos en caso de incendio. Este reglamento es aplicable a todas las edificaciones, siendo su cumplimiento obligatorio en Ecuador [7], [11], [17].

A continuación, se presenta los requisitos técnicos establecidos por la normativa ISO 11925-2:

1. **Procedimiento de ensayo:** Estos procedimientos se centran en la exposición de muestras a una llama directa durante un periodo de tiempo determinado, así como la medición de factores como el tiempo de ignición, presencia de gotas,

partículas inflamadas que provocan la ignición del papel filtro y cuánto tardo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego.

2. **Criterios de rendimiento:** Se establecen criterios que los materiales y componentes deben cumplir para asegurar que no presenten un riesgo excesivo de inflamabilidad. Estos criterios incluyen una resistencia mínima a la ignición, observaciones del comportamiento físico del espécimen de prueba y límites en las emisiones de gases tóxicos.
3. **Tamaño de la muestra:** Se especifican el número y el tamaño de las muestras que deben ser analizadas para cada material o componente. Esto asegura que los resultados de las pruebas sean representativos y fiables.
4. **Condiciones de ensayo**: Se detallan las condiciones específicas que deben mantenerse durante las pruebas, tales como la temperatura, la humedad del entorno de ensayo, con el fin de garantizar resultados consistentes y precisos.
5. **Equipo de prueba:** Se establecen los requisitos para el equipo utilizado en las pruebas, incluyendo el tipo de quemador y la instrumentación necesaria para medir factores como el tiempo de ignición.
6. **Informe:** Es indispensable que los resultados de las pruebas se presenten en un formato estandarizado, que incluya información detallada sobre el material o componente analizado, las condiciones bajo las cuales se realizó la prueba y los resultados obtenidos.
7. **Cumplimiento:** El cumplimiento se verifica habitualmente mediante pruebas y certificaciones realizadas de manera independiente por laboratorios acreditados.

1.1.3.14 Ensayo de aptitud

Los ensayos de aptitud son definidos por la norma ISO/IEC 17043:2010 y la ISO/IEC 17025 como una evaluación dirigida a los participantes, en función de criterios específicos, mediante comparaciones con otros laboratorios. Estos ensayos son fundamentales para asegurar la calidad y seguridad de los resultados. Funcionan como un mecanismo para verificar la exactitud de los resultados obtenidos por los laboratorios. Además, los ensayos de aptitud permiten comparar el desempeño de laboratorios, ya sea en ensayos o en calibración, a través de un proceso que abarca la organización, ejecución y evaluación de dichos ensayos [24], [25].

Acreditación y ensayos de aptitud

La acreditación y los ensayos de aptitud (PT) son dos conceptos diferentes en el ámbito de la evaluación de laboratorios. La acreditación implica una evaluación externa formal de los procedimientos documentados de una organización, en conformidad con una norma internacional, como es el caso de los laboratorios de ensayos que deben adherirse a la norma ISO/IEC 17025.

Es importante señalar que, aunque cumplir con esta norma es fundamental, no garantiza por sí solo la precisión de los resultados de un laboratorio. Por esta razón, la norma ISO/IEC 17025 requiere que los laboratorios participen en programas de ensayos de aptitud. Sin embargo, es esencial destacar que la participación en estos programas no otorga la acreditación a un laboratorio.

1.1.3.15 Proceso de acreditación ISO

La acreditación ISO representa un aspecto fundamental para que las organizaciones certifiquen su compromiso con la gestión de calidad y seguridad, así como para asegurar que sus productos y servicios cumplan con los estándares internacionales. El proceso de acreditación de la norma ISO consta de varias etapas, que se detallan a continuación [26].

1. **Evaluación inicial:** La organización debe llevar a cabo una evaluación inicial con el fin de determinar su nivel de preparación para acreditación ISO. Este paso incluye la revisión de sus sistemas de gestión, la identificación de áreas susceptibles de mejora y la definición de metas y objetivos específicos.
2. **Análisis de brechas:** Es necesario que la organización realice un análisis de brechas para identificar las discrepancias entre sus sistemas de gestión actuales y las normativas ISO. Esta actividad permite localizar áreas de mejora y establecer un plan de acción dirigido a alcanzar la acreditación ISO.
3. **Capacitación y sensibilización:** Es fundamental que la organización ofrezca programas de capacitación y sensibilización a sus empleados, asegurando así que comprendan las normas ISO y su aplicación en el entorno laboral.
4. **Implementación:** La organización debe llevar a cabo los ajustes necesarios en sus sistemas de gestión para alinearse con las normas ISO. Esto implica el desarrollo, la documentación de procedimientos, políticas y procesos.

5. **Auditoría interna:** La organización está obligada a realizar auditorías internas con el fin de verificar que sus sistemas de gestión cumplen con las normas ISO. Este proceso incluye la identificación de áreas de incumplimiento y la creación de planes de acción correctivos.
6. **Auditoria de certificación:** La organización debe contratar a un organismo de certificación acreditado para llevar a cabo una auditoria de certificación. Este procedimiento implica una revisión exhaustiva de los sistemas de gestión de la organización para asegurar el cumplimiento de las normas ISO.
7. **Mejora continua:** Es fundamental que la organización lleve a cabo un monitoreo y una mejora constante de sus sistemas de gestión para asegurar la mantención de la acreditación ISO. Esto incluye la realización periódica de auditorías internas, la revisión de métricas de desempeño y la implementación de acciones correctivas cuando sea necesario.

Beneficios de la acreditación ISO

La acreditación reglamentaria ofrece múltiples beneficios para las organizaciones, entre los cuales destacan:

1. **Mejora en calidad y seguridad:** La acreditación garantiza que las organizaciones cumplen con estándares específicos en calidad y seguridad, lo que resulta en mejores resultados para pacientes y clientes.
2. **Incremento de credibilidad:** Obtener la acreditación de un organismo regulador otorga un reconocimiento formal, lo que incrementa la credibilidad y la reputación de la organización.
3. **Ventaja competitiva:** La acreditación regulatoria otorga una ventaja competitiva, al evidenciar a clientes y partes interesadas que la organización opera bajo estándares de calidad y seguridad.
4. **Cumplimiento de las regulaciones:** El cumplimiento de las regulaciones a través de la acreditación regulatoria asegura que las organizaciones se adhieran a las normativas locales, nacionales e internacionales, minimizando así el riesgo de acciones legales y sanciones económicas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Implementar los requisitos técnicos que establece la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 de interlaboratorio para la realización de ensayos de aptitud de inflamabilidad de materiales de construcción.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 para determinar los requisitos técnicos y procedimientos para el ensayo interlaboratorio de inflamabilidad de materiales de construcción.

La Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 y la 17025 define los requisitos que deben cumplir los proveedores de ensayos de aptitud para evidenciar su competencia, incluyendo aspectos relacionados como 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.

- Realizar los ensayos de inflamabilidad de materiales de construcción de acuerdo con la Norma NTE INEN-ISO 11925-2, para obtener datos de inflamabilidad de materiales de construcción.

En el Laboratorio de Investigación Mecánica LIM-UTA se llevó a cabo ensayos de aptitud para la inflamabilidad de materiales de construcción, conforme a lo establecido en la Norma NTE INEN-ISO 11925-2. Estos ensayos permitirán analizar la inflamabilidad de diferentes materiales utilizados en obras civiles.

- Elaborar un informe de acuerdo la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 para la comparación de resultados al desempeño del ensayo de inflamabilidad de materiales de construcción.

Finalmente, una vez completados los ensayos de inflamabilidad en el laboratorio LIM-UTA y el laboratorio ILT Interlaboratory Test se elabora un informe final para evaluar los resultados al desempeño del ensayo de inflamabilidad de los materiales de construcción.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

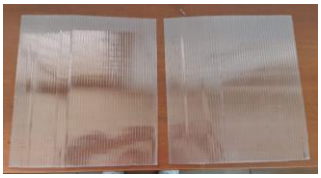
2.1 Materiales y equipos

2.1.1 Descripción de materiales

En la TABLA I, se especifica el material de referencia para el desarrollo de este proyecto, enviado por el proveedor ILT (Interlaboratory Test).

TABLA I

MATERIAL PARA EL DESARROLLO DE ENSAYO INTERLABORATORIO

MATERIAL		
Material	**Características**	**Imagen**
Policarbonato	2 muestras de policarbonato (300mm x 300mm)	

En la TABLA II se detallan los materiales esenciales que se utilizó para el desarrollo de este proyecto, así como para llevar a cabo los ensayos en el Laboratorio de Investigación Mecánica (LIM-UTA).

TABLA II

MATERIALES UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

MATERIALES		
Materiales	**Descripción**	Imagen
Policarbonato	Se caracteriza por sus excelentes propiedades, siendo un material resistente y seguro, ampliamente utilizado en el sector de la construcción civil.	

TABLA II

MATERIALES UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO (Continuación)

Madera	Se caracteriza por su ligereza y flexibilidad, lo que facilita su manipulación y moldeado. Además, se distingue por su resistencia al impacto y al desgaste.	
Alfombra	Material textil, como lana u otros, disponible en una variedad de diseños y colores. Su función principal es recubrir pisos de habitaciones y escaleras, ofreciendo confort térmico y sirviendo como elemento decorativo.	
Cielo raso	También conocido como techo falso, se trata de un elemento constructivo que se instala a cierta distancia del forjado del techo en una edificación.	
Cortina	Es un material textil caracterizado por una trama estrecha y uniforme. Este tipo de tejido se utiliza comúnmente para colgar en puertas y ventanas.	

2.1.2 Descripción de equipos e instrumentos

En la TABLA III se presentan los equipos e instrumentos utilizados en el desarrollo de este proyecto.

TABLA III

EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

EQUIPOS E INSTRUMENTOS		
Equipos	**Descripción**	**Imagen**
Cámara de combustión vertical	Cámara de combustión vertical para ensayos de inflamabilidad, equipada con sistema de extracción de gases, perteneciente al Laboratorio de Investigación Mecánica (LIM-UTA).	
Cámara de acondicionamiento	Equipo diseñado para el acondicionamiento de muestras de ensayo a una temperatura de (23±2) °C y una humedad relativa del (50 ±5) %.	
Cronómetro	Dispositivo con capacidad para registrar intervalos de tiempo, redondeando al segundo más cercano, con una precisión que oscila entre 1 segundo y 1 hora.	

TABLA III

EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO (Continuación)

Galga	Instrumento de medición diseñado para determinar la altura de llama, con una capacidad de indicación de hasta 20 mm.	
Regla	Instrumento de medición utilizada para establecer las distancias óptimas de cada probeta.	
Balanza	Dispositivo utilizado para medir el peso de cada probeta, asegurando la obtención de una masa constante.	
Anemómetro	Dispositivo que proporciona una precisión de 0,1 m/s, destinado a medir la velocidad del flujo de aire en la salida superior de la cámara de combustión.	
Desecador	Equipo utilizado para extraer o proteger el papel filtro de la humedad.	

2.2 Métodos

2.2.1 Descripción de la aplicación de la metodología

El enfoque de la investigación será tanto documental como de campo. Se utilizó información proveniente de documentos existentes y se llevó a cabo ensayos de inflamabilidad en otra unidad académica, con el objetivo de recopilar los datos necesarios para el desarrollo de este proyecto de investigación y acreditación.

2.2.1.1 De campo

En esta sección, se presenta la información obtenida directamente del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Los autores de este documento acudieron al laboratorio para recopilar la información y datos necesarios para el desarrollo de los ensayos. Además, se coordinó la realización de ensayos de manera remota con el objetivo de asegurar el cumplimiento de las normas ISO 11925-2, ISO 17043 e ISO 17025.

2.2.1.2 Bibliografía documental

El presente proyecto de investigación se enmarca dentro de esta modalidad, dado que se consideró fundamental la consulta de libros, revistas, notas técnicas de prevención, publicaciones, catálogos y fichas técnicas. Esta recopilación de información fue esencial para la elaboración del proyecto, proporcionando un sólido respaldo intelectual que facilitó el seguimiento de los ensayos, la utilización de los componentes necesarios y la realización de los cálculos preliminares necesarios para establecer el criterio de cumplimiento.

2.2.1.3 Experimental

Se llevó a cabo ensayos de aptitud de inflamabilidad con el objetivo de obtener datos más precisos sobre la inflamabilidad de materiales como policarbonato, madera, cielo raso, alfombra y cortina. Este proceso busca obtener una acreditación conforme a la normativa vigente, permitiendo que los resultados de ensayos más confiables en comparación con otros equipos similares utilizados en laboratorios de distintas instituciones.

2.2.2 Nivel o tipo de investigación

2.2.2.1 Exploratorio

En el contexto del proyecto, se llevó a cabo un análisis técnico de ensayos similares ejecutados en laboratorios de investigación, tanto académicos como en el ámbito del desarrollo. El objetivo de este análisis fue comprender las prácticas adecuadas y actualizadas que promuevan la mejora continua en las instituciones y en las industrias del país, especialmente en el ámbito de la investigación.

Dado que la presencia física para la recopilación de datos en laboratorios de investigación de otros países puede resultar costosa, se buscó minimizar estos gastos en la mayor medida posible. Para ello, se coordinó la asistencia remota y participativa en los ensayos realizados, garantizando así que los ensayos se desarrollen de acuerdo a las condiciones y restricciones establecidas por la normativa vigente.

2.2.2.2 Descriptivo

El presente proyecto se clasifica como investigación descriptiva, ya que presenta de manera ordenada los requisitos necesarios para la replicación de ensayos similares. Además, incluye los pasos, cálculos y criterios para la selección de alternativas con el fin de obtener la información necesaria, así como los elementos o componentes requeridos para su desarrollo. Esto asegura el cumplimiento de las normativas pertinentes y facilita el seguimiento del proceso.

2.3 Metodología

A continuación, se detalla la metodología para llevar a cabo los ensayos de aptitud de inflamabilidad y la obtención de cálculos necesarios para un análisis adecuado de los resultados.

2.3.1 Procedimiento para la realización de ensayos conforme a la norma NTE INEN-ISO 11925-2

1. Analizar las normas disponibles en el Laboratorio de Investigación Mecánica con el fin de establecer los requisitos técnicos y procedimientos necesarios para llevar a cabo los ensayos de inflamabilidad.

2. Adquirir los materiales y preparar las probetas conforme a las dimensiones especificadas en la norma NTE INEN-ISO 11925-2. Las dimensiones de las muestras de ensayo deben ser de (250^{+2}_{-2}) mm de longitud por (90^{+2}_{-2}) mm de anchura.
3. Etiquetar las muestras según sus características. Los ensayos pueden realizarse en la superficie expuesta, en el borde expuesto o en ambos. Para productos esencialmente planos con superficie expuesta, se debe aplicar la llama en el eje de la muestra, a una altura de 40 mm sobre el borde inferior.

   Si se trata de un borde expuesto en productos esencialmente planos con un espesor total menor o igual a 3 mm, la llama se debe aplicar en el punto medio de la parte inferior de la muestra. Por otro lado, si el espesor total supera los 3 mm, la llama se debe aplicar en el punto medio de la parte interior de la muestra de ensayo.
4. Colocar las probetas en la cámara de acondicionamiento, asegurando que las muestras de ensayo se mantengan a una temperatura de (23 ± 2) ºC y una humedad relativa de (50 ± 5) %. Es importante organizar las muestras de ensayo de manera que permitan la circulación del aire a su alrededor.
5. Acondicionar las muestras de ensayo durante un período mínimo de 48 h, hasta alcanzar una masa constante. Se considera que se alcanza masa constante cuando dos pesadas consecutivas, realizadas con un intervalo de 24 h, no presentan una diferencia superior al 0,1 % de la masa de la muestra o 0.1 g, eligiendo el mayor valor de estas dos variaciones.
6. Verificar que la velocidad del flujo de aire en la chimenea de la cámara de combustión sea de (0,7 ± 0,1) m/s, realizando la medición con la llama piloto encendida y la campana extractora en funcionamiento.
7. Fijar la muestra de ensayo en el porta muestras, asegurándose de alinearla adecuadamente con el nivel de la llama mediante la señalización correspondiente.
8. Colocar el papel filtro y bandeja correspondientes. El papel a utilizar debe ser uno nuevo con una masa por unidad de área de (75 ± 15) $\frac{g}{m^2}$ y con un contenido de cenizas inferior al 0,1 %. Es importante conservar el papel filtro en un desecador antes de su utilización en el ensayo.

La bandeja requiere unas dimensiones de 100 mm x 50 mm y una profundidad de 10 mm, se sitúa debajo del porta muestras y se sustituye para cada ensayo.

9. Encender el quemador en posición vertical y permitir que la llama se estabilice. Ajuste la válvula del quemador para obtener una altura de llama de 20 mm, utilizando el dispositivo de medición adecuado (galga). Es fundamental verificar la altura de la llama antes de cada uso. Para asegurar una llama estable con el quemador inclinado a 45º, la presión del gas debe estar en un rango de 10 kPa a 50 kPa.
10. Inclinar el quemador a 45° respecto a su eje vertical y avance horizontalmente hasta que la llama alcance el punto de aplicación previamente establecido con la muestra de ensayo.
11. Iniciar el cronómetro en el instante en que la llama contacta con la muestra de ensayo. Se aplica la llama durante 15 s o 30 s, según lo solicitado, y se retira entonces el quemador desplazándolo de forma uniforme y continua.

Duración del ensayo

- Si el tiempo de aplicación de llama es de 15 s, la duración total del ensayo debe ser de 20 s desde el momento en que se aplica la llama.

- Si el tiempo de aplicación de llama es de 30 s, la duración total del ensayo debe ser de 60 s desde el momento en que se aplica la llama.

12. Registrar los resultados de ensayos de aptitud en fichas correspondientes para cada muestra ensaya la siguiente información:

- Si hubo ignición y cuanto tardo en ocurrir.
- Si la punta de la llama alcanza 150 mm por encima del punto de aplicación de la llama y el momento en que esto ocurre.
- Presencia de gotas / partículas inflamadas que provocan la ignición del papel de filtro.
- Observaciones del comportamiento físico del espécimen de prueba.
- Cuanto tardo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego.

13. Elaborar un informe conforme a la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 para la comparación de resultados en el desempeño del ensayo de inflamabilidad.

2.3.2 Flujogramas de procedimiento para ensayos de aptitud

En esta sección, se presentan los diagramas de flujo que describen el procedimiento seguido para el desarrollo de este proyecto de investigación. Estos diagramas facilitan la implementación y reproducción técnica, asegurando el cumplimiento del sistema de comparación inter-laboratorio.

Es esencial, en relación con las normativas NTE INEN-ISO/IEC 17043, NTE INEN-ISO/IEC 17025 y NTE INEN-ISO 11925-2, establecer primero el diseño y el procedimiento requeridos por dichas normativas.

Asimismo, es importante resaltar que los elementos clave incluyen una correcta identificación de la muestra, un manejo adecuado de la misma, la elaboración de informes con datos relevantes, así como su análisis y evaluación de resultados.

A continuación, en la (Fig. 2) se presentan de manera secuencial los pasos requeridos por la norma NTE INEN-ISO/IEC 17043 para la ejecución del ensayo de aptitud. Asimismo, en la (Fig. 3) se detallan los requisitos generales de la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025 para asegurar la competencia, imparcialidad y gestión operativa de los laboratorios, lo que permite demostrar su capacidad para generar resultados válidos. Además, la (Fig. 4) ofrece un análisis detallado del procedimiento conforme la norma NTE INEN-ISO 11925-2, requeridos para llevar a cabo los ensayos de inflamabilidad con precisión.

Por último, la (Fig. 5) proporciona una descripción general del procedimiento recomendado para realizar el ensayo de aptitud inter-laboratorio propuesto en este proyecto. Este procedimiento integra tanto las directrices sugeridas y los requisitos establecidos por las normas NTE INEN-ISO/IEC 17043, NTE INEN-ISO/IEC 17025 y NTE INEN-ISO 11925-2, con el objetivo fundamental de lograr la acreditación por parte del INEN como entidad competente y legalmente reconocida.

2.3.2.1 Flujograma de procedimiento requerido por la norma NTE INEN-ISO/IEC 17043

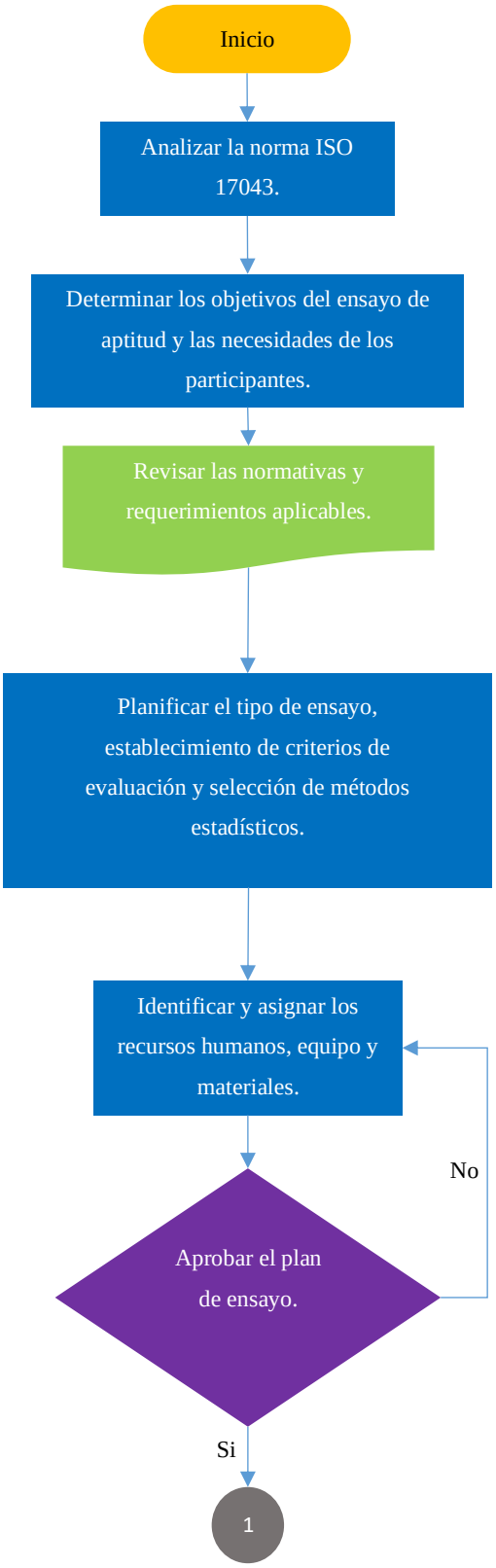


Fig 2. Flujograma de procedimiento para ensayos de aptitud (ISO 17043).

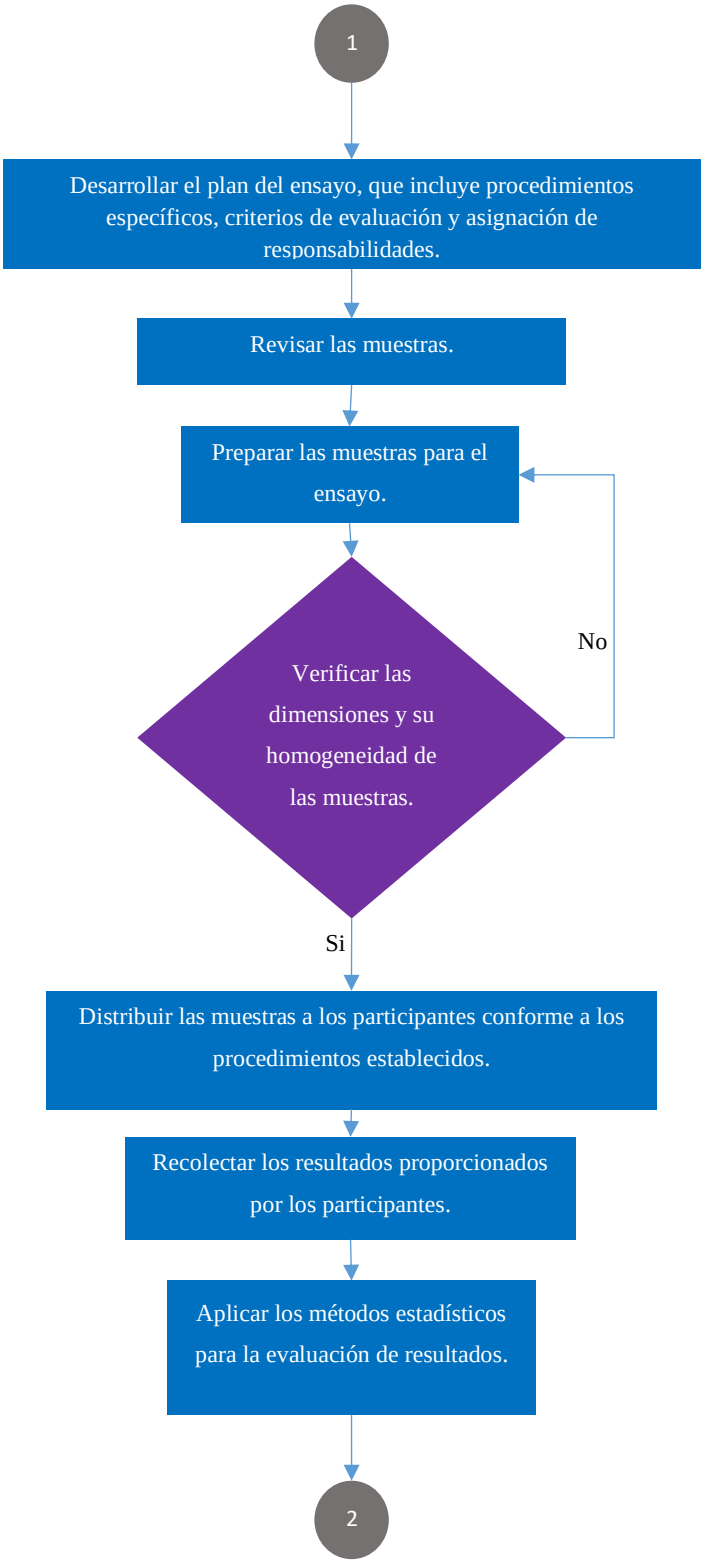


Fig 2. Flujograma de procedimiento para ensayos de aptitud (ISO 17043).

(Continuación)

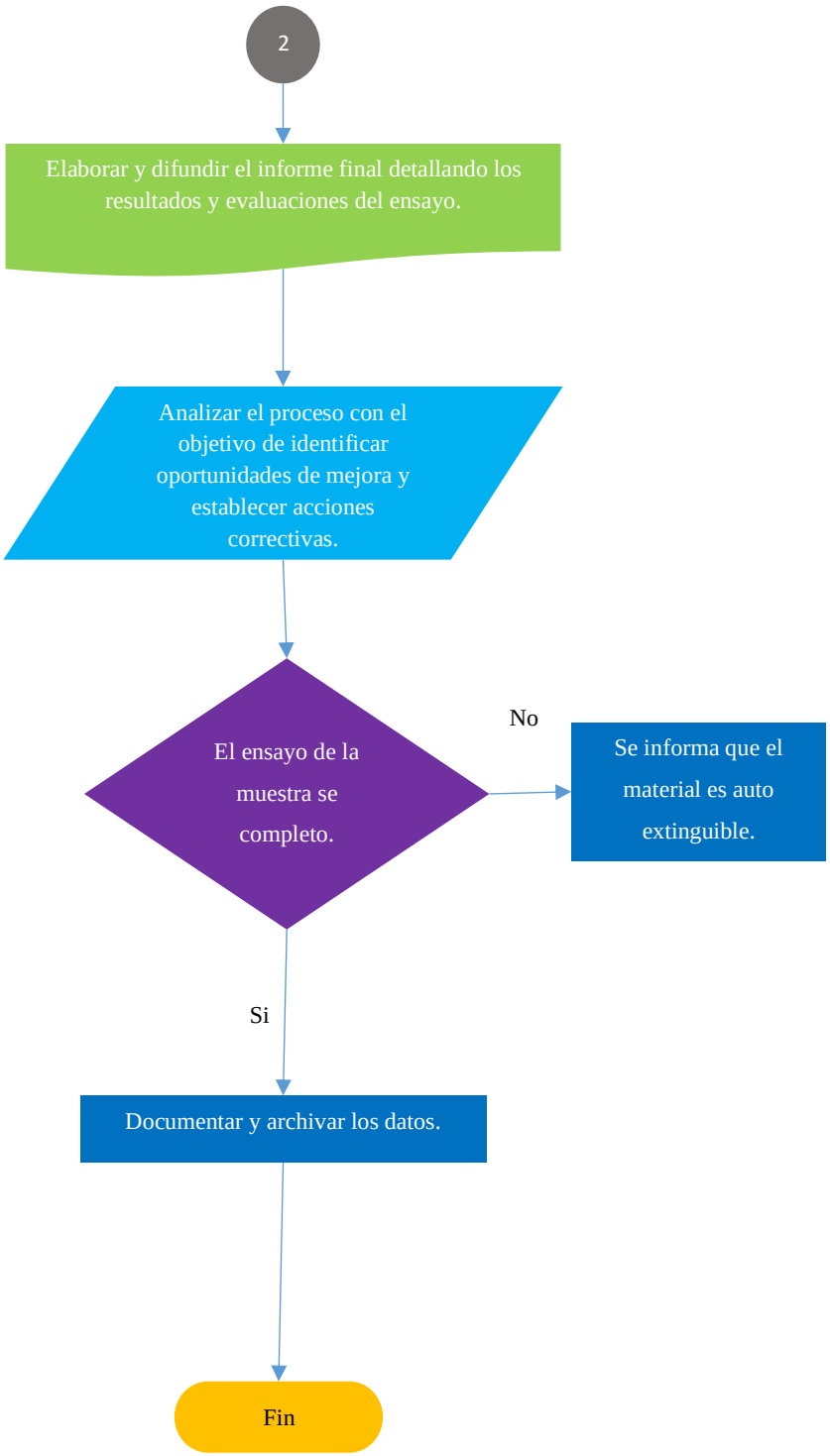


Fig 2. Flujograma de procedimiento para ensayos de aptitud (ISO 17043) [2].

(Continuación)

2.3.2.2 Flujograma de los requisitos generales de la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025

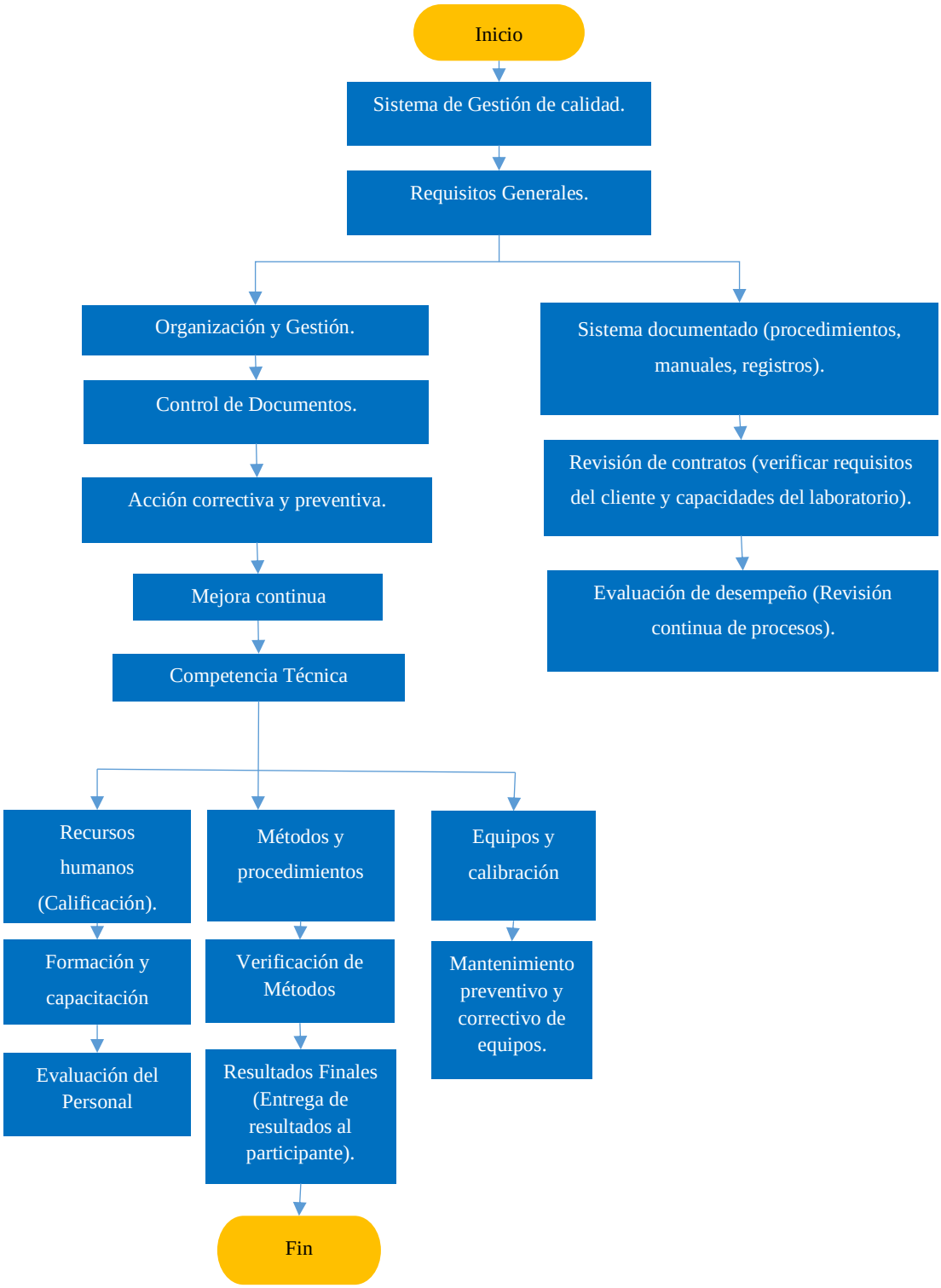


Fig 3. Flujograma de los requisitos generales para ensayos de aptitud (ISO 17025) [3].

2.3.2.3 Flujograma del procedimiento requerido por la norma NTE INEN-ISO 11925-2

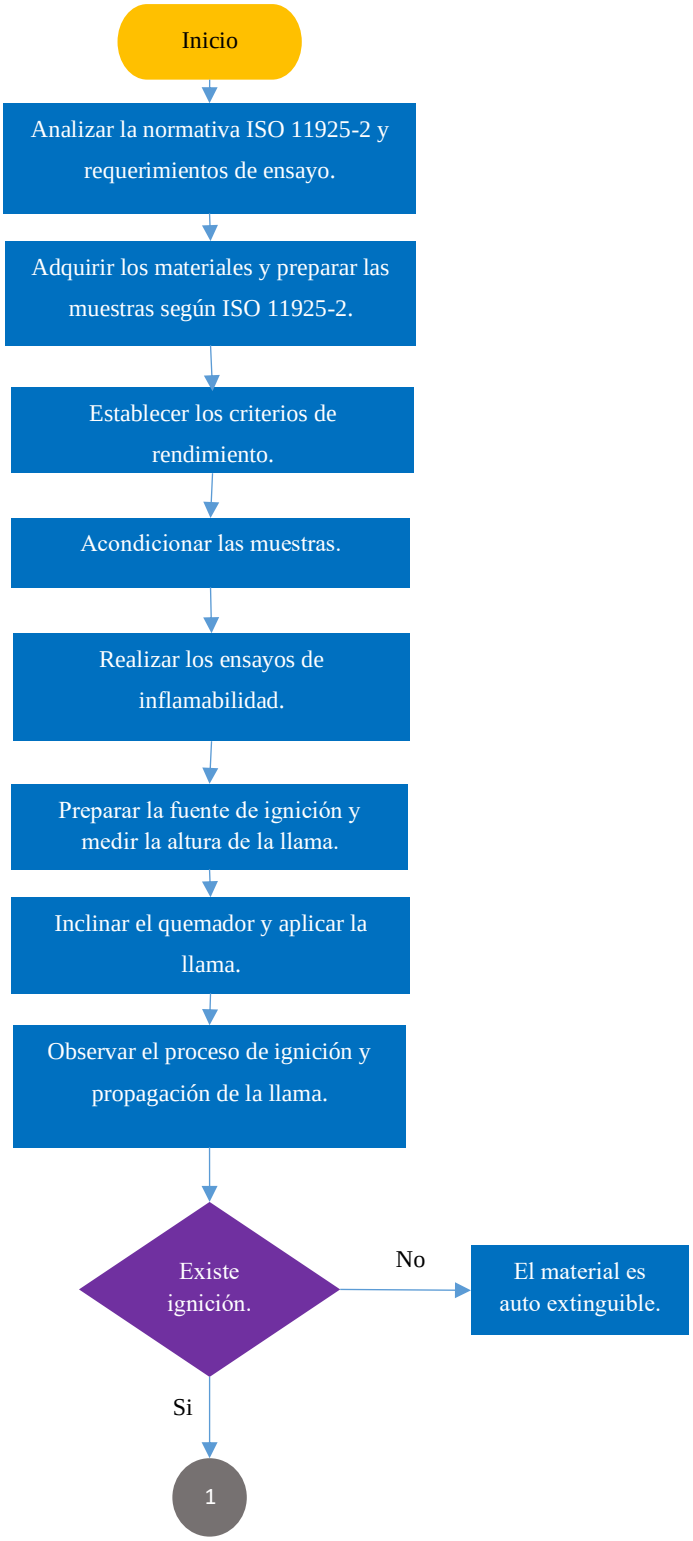


Fig 4. Flujograma de procedimiento ensayo de inflamabilidad (ISO 11925-2).

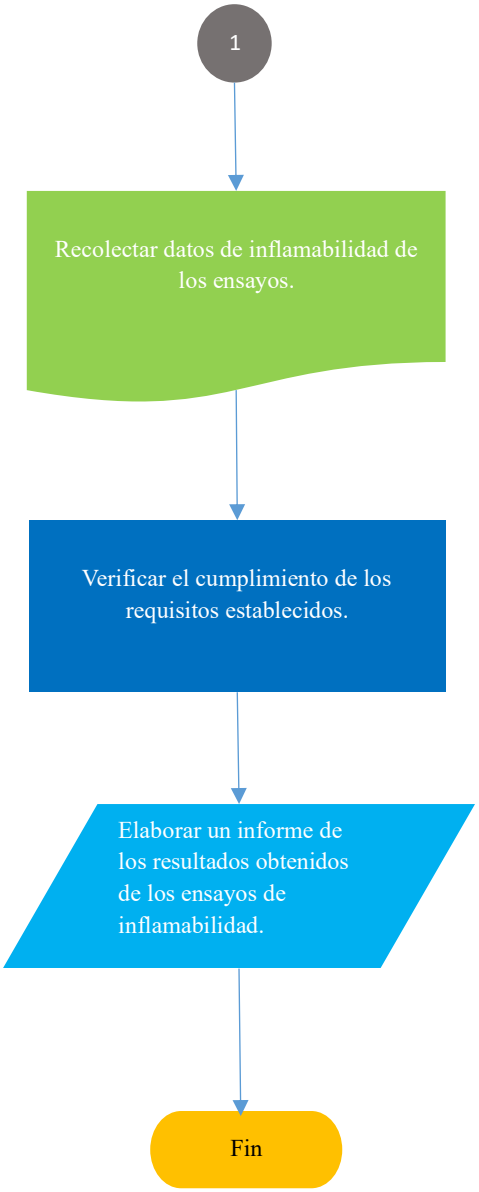


Fig 4. Flujograma de procedimiento ensayo de inflamabilidad (ISO 11925-2) [7].

(Continuación)

2.3.2.4 Flujograma del procedimiento para realizar el ensayo de aptitud inter-laboratorio

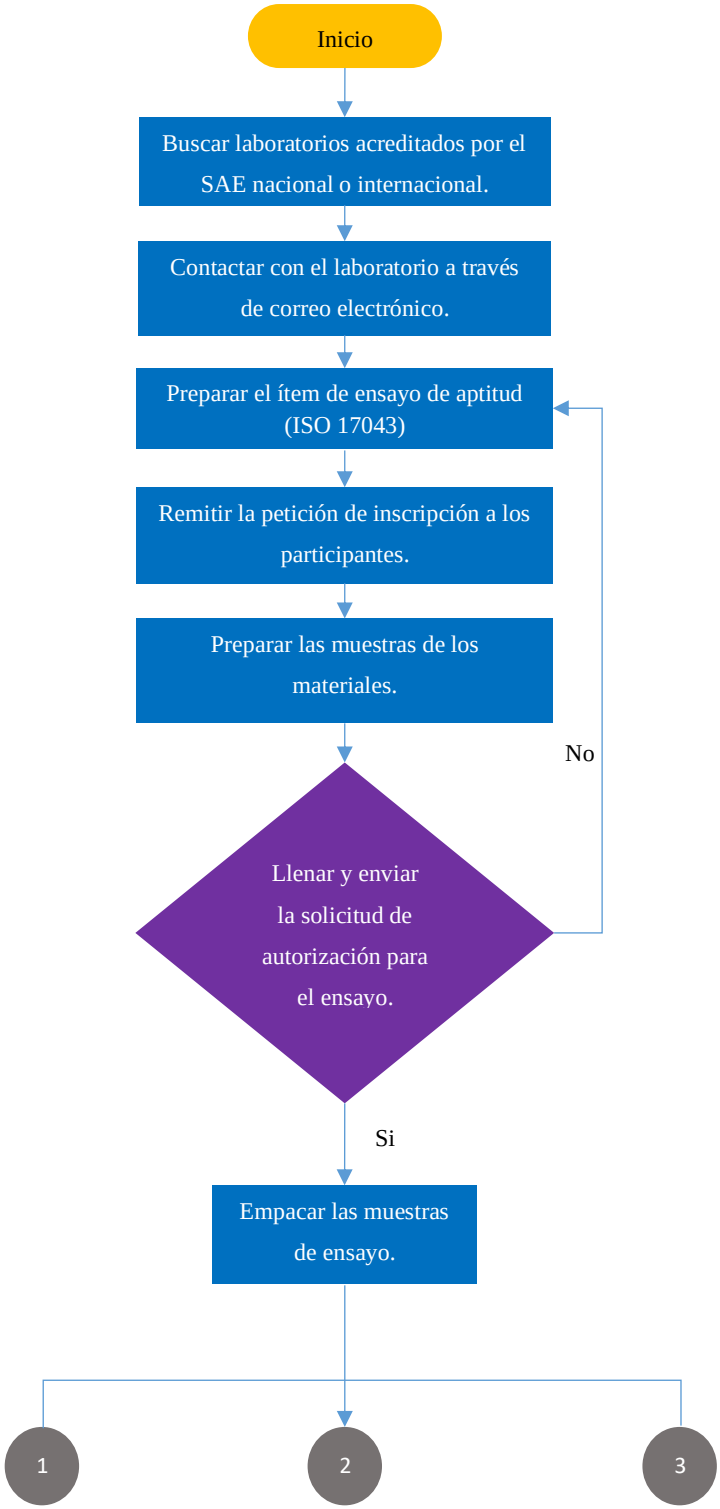


Fig 5. Flujograma del procedimiento de comparación inter-laboratorio.

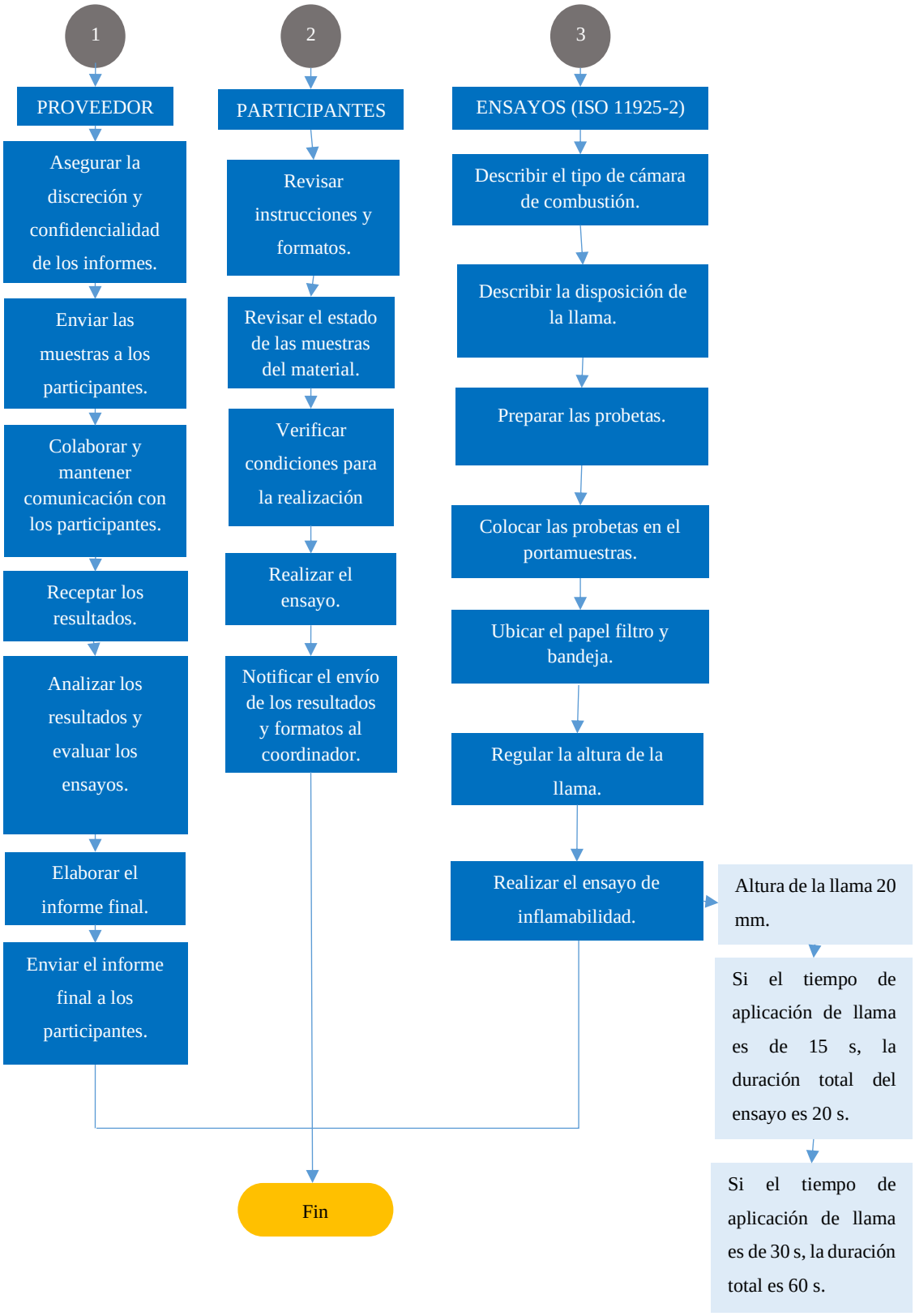


Fig 5. Flujograma del procedimiento de comparación inter-laboratorio.

(Continuación)

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

La Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato dispone de un laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), denominado Laboratorio de Investigación Mecánica LIM-UTA. Su objetivo es proporcionar servicios de alta calidad a la industria de la construcción en el ámbito de obras civiles, conforme a la normativa NTE INEN-ISO 11925-2 que regula los ensayos de inflamabilidad para materiales de construcción. En este contexto, se coordinó un Ensayo de Aptitud inter-laboratorio en cumplimiento con los requisitos establecidos por la normativa NTE INEN-ISO/IEC 17043, según lo indicado en los lineamientos del SAE en sus Requisitos Generales (anexo 3). A continuación, se detallan las etapas de desarrollo del proyecto.

3.1.1 Selección de proveedor para ensayo de aptitud

Para el ensayo de aptitud (anexo 4) de este proyecto, se seleccionan los proveedores de una lista de laboratorios acreditados de ensayos recocidos por el SAE, donde se determina la colaboración con el Laboratorio de Ensayos de Inflamabilidad Argentino (Interlaboratory Test - ILT). Se llevó a cabo una comparación del ensayo inter-laboratorio con el objetivo de evaluar el desempeño de los ensayos de inflamabilidad, así como el análisis de sus resultados obtenidos del material de construcción realizado en el Laboratorio de Investigación Mecánica (LIM-UTA).

En una primera fase, las dimensiones de los ensayos de inflamabilidad, se basó en los fundamentos teóricos de la Norma NTE INEN-ISO 11925-2 (anexo 1). Se tuvo en cuenta de manera significativa las especificaciones y recomendaciones que esta norma establece, así como los requisitos de las muestras de los materiales y los estándares de calidad de los procedimientos de ensayos.

En una segunda fase, se abordó la fundamentación teórica de la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043 (anexo 2) en su sección correspondiente, la cual se refiere a la evaluación de la conformidad y los requisitos generales para los ensayos de aptitud. Asimismo, se procedió al desarrollo de la documentación de apoyo necesaria tanto para la acreditación como para la comunicación con los participantes en el ensayo de inter-laboratorio.

En cuanto a las dimensiones de las muestras, se recomienda el uso de un software CAD, para dimensionar adecuadamente las medidas, cumplir con los requisitos y especificaciones establecidas en la norma ISO 11925-2.

3.2 Ensayo de aptitud, desarrollado en el Laboratorio de Investigación Mecánica (LIM-UTA)

3.2.1 Parámetros de ensayo de inflamabilidad

- Características de las muestras de ensayo
- Condiciones para el ensayo de inflamabilidad
- Instrucciones para la realización de los ensayos de inflamabilidad

3.2.1.1 Características de las muestras de ensayo

En esta sección se especifican los parámetros necesarios para la preparación de las muestras de los materiales que serán objeto de los ensayos de inflamabilidad, en conformidad con los requisitos establecidos en la norma INEN-ISO 11925-2. Esta norma define las dimensiones recomendadas para las muestras. Se presentan las diferentes medidas de los materiales en las TABLA IV y V.

TABLA IV

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

Dimensiones (mm)	**Policarbonato** 	**Cielo raso** 	**Cortina** 
Largo	250	250	250
Ancho	90	90	90
Espesor	8	7	1

TABLA V

DIMENSIONES DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

Dimensiones (mm)	**Alfombra** 	**Madera** 
Largo	250	250
Ancho	90	90
Espesor	4.5	20

Es fundamental señalar que las muestras con un espesor igual o inferior a 60 mm deben ser sometidas al ensayo utilizando su espesor total. En el caso de las muestras que excedan los 60 mm de espesor, estas deben ser reducidas a 60 mm, asegurando que el corte se realice en la superficie no expuesta. Al realizar este procedimiento, es crucial evitar que la superficie cortada entre en contacto con la llama. Además, las dimensiones de las muestras para el ensayo deben ser de (250^{+2}_{-2}) mm de longitud y (90^{+2}_{-2}) mm de anchura, conforme a lo establecido en la norma INEN-ISO 11925-2 (Fig. 6). Este cumplimiento garantiza que las muestras se inserten adecuadamente en el porta muestras, facilitando su manipulación durante la colocación y extracción de la cámara de combustión vertical en la que se lleva a cabo el ensayo.

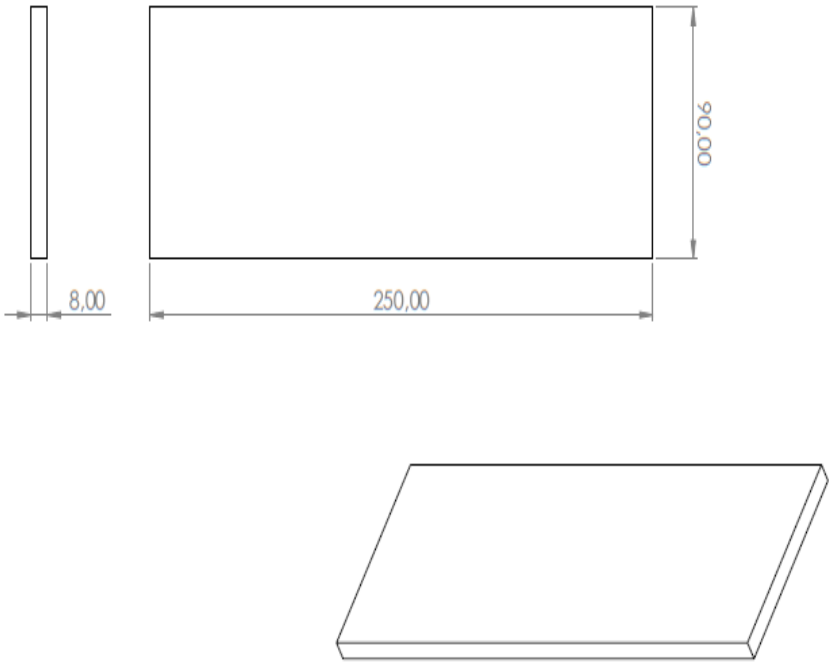
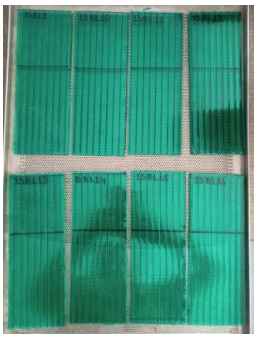


Fig 6. Plano de las dimensiones de las muestras.

De acuerdo con los apartados previamente mencionados, se procedió a realizar los cortes de los materiales que serán evaluados en los ensayos de inflamabilidad, tal como se detalla en la TABLA VI. Antes de llevar a cabo los ensayos, es fundamental verificar que las muestras se encuentren en perfectas condiciones, sin fisuras ni orificios, ya que cualquier alteración podría afectar la propagación de la llama y, en consecuencia, influir en los resultados finales de los ensayos de inflamabilidad.

TABLA VI

LISTA DE MATERIALES PARA EL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD

Ítem	Material	Fotografía
M1	Policarbonato	
M2	Cielo raso	
M3	Cortina	
M4	Alfombra	
M5	Madera	

3.2.1.2 Condiciones para el ensayo de inflamabilidad

A continuación, se presenta una descripción detallada de la cámara de combustión vertical, y de los distintos componentes necesarios para llevar a cabo el ensayo de inflamabilidad, conforme a lo establecido en la norma INEN-ISO 11925-2.

- La cámara de combustión vertical debe estar completamente fabricada en acero inoxidable de 1,5 mm de espesor, siguiendo dimensiones de la (Fig. 7). Es esencial que esté equipada con puertas de vidrio templado, resistentes al calor, que permitan la observación desde el frente y uno de los laterales. Además, se debe asegurar una ventilación adecuada, e incluir en su parte superior una campana extractora adecuada.
- La fuente de ignición del dispositivo consiste en un quemador, diseñado para ser utilizado de manera vertical o en un ángulo de 45° respecto al eje vertical. El quemador debe instalarse sobre una placa horizontal que permita un desplazamiento hacia adelante y hacia atrás en el plano horizontal, alineada con el eje de la cámara de combustión.
- El soporte es el componente que asegura la fijación del porta muestra en una posición vertical, garantizando que la muestra de ensayo esté debidamente expuesta a la llama del quemador.
- El porta muestra está fabricado en acero inoxidable y presenta una forma en U (Fig. 8). Debe ser suspendido de manera vertical en el soporte, asegurando que sus dos mitades estén unidas con tornillos, lo que garantiza una fijación para sostener la muestra durante la prueba de inflamabilidad.
- El combustible utilizado es gas propano con una pureza del 95%. Para garantizar la estabilidad de la llama, la presión del gas debe mantenerse entre 10 kPa y 50 kPa.
- La altura de la llama debe estabilizarse en 20 mm, con una tolerancia de ±0,1 mm en la galga de medición. Esta verificación debe realizarse antes de cada ensayo.
- Dado que la muestra está en contacto con la llama, si el tiempo de aplicación de llama es de 15 s, la duración total del ensayo debe ser de 20 s desde el momento en que se aplica la llama. En el caso de un tiempo de aplicación de

llama de 30 s, la duración total del ensayo debe ser de 60 s desde el momento en que se aplica la llama.

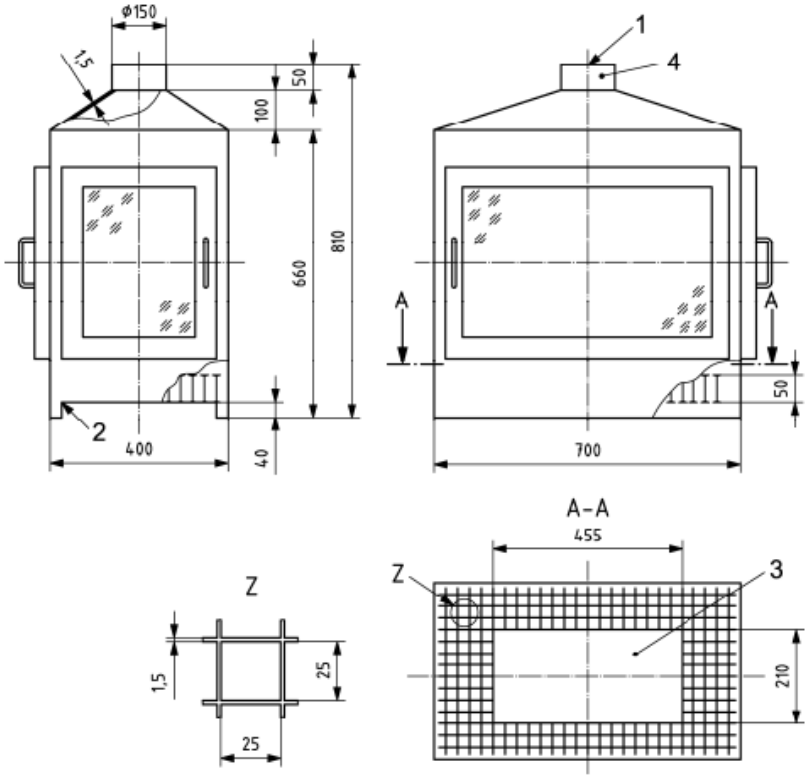


Fig 7. Dimensiones de la cámara de combustión vertical.

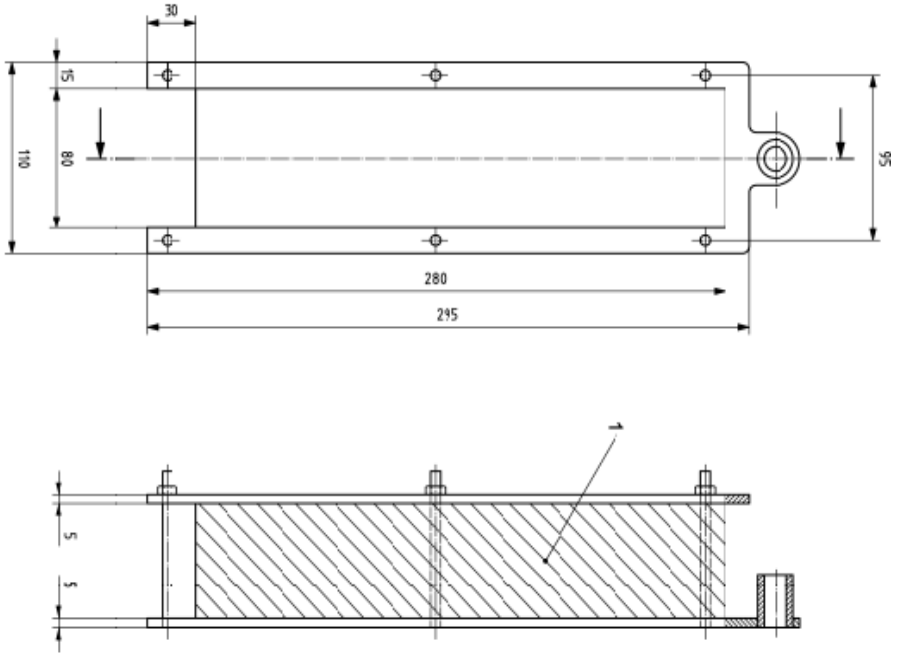


Fig 8. Dimensiones del porta muestras.

3.2.1.3 Instrucciones para la realización de ensayos de inflamabilidad

El procedimiento adecuado para llevar a cabo los ensayos de inflamabilidad de las muestras en la cámara de combustión vertical se detalla en la sección 7 (anexo 1) del documento de investigación relacionado con el diseño y construcción de dicha cámara [11].

1. Las muestras se colocan en una cámara de acondicionamiento, donde se mantiene a una temperatura de (23±2) ℃ y una humedad relativa de (50±5) % durante un período de 48 horas, con el fin de alcanzar una masa constante. Se realiza dos mediciones de peso cada 24 horas, registrando cualquier variación, la cual no debe superar el 0,1 % de la masa o 0,1 gramos (Fig. 9).



Fig 9. Equipos para el acondicionamiento y pesaje de muestras.

2. Se emplea un anemómetro para determinar la velocidad del flujo de aire requerida en la campana de extracción de la cámara de combustión vertical. Este instrumento garantiza una precisión de ± 0,1 m/s (Fig. 10).



Fig 10. Anemómetro utilizado para la medición de la velocidad del aire.

3. La muestra se coloca en el porta muestras de manera que un extremo y ambos lados queden completamente cubiertos por los marcos del porta muestras, en el caso de realizar el ensayo a superficie o a borde (Fig. 11).

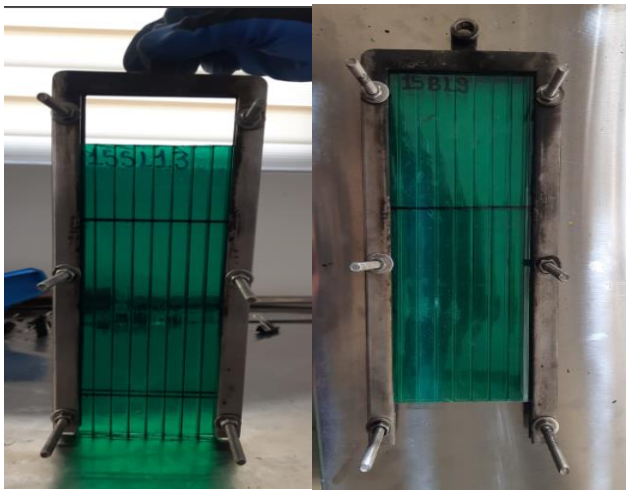


Fig 11. Colocar la muestra de ensayo en el porta muestras.

4. Se procede a verificar las distancias entre el quemador y la muestra, con el objetivo de garantizar que la llama se aplique de manera precisa en las líneas guías marcadas en las muestras correspondientes. Además, se lleva a cabo una comprobación adicional con el quemador en una posición inclinada a 45° (Fig. 12).

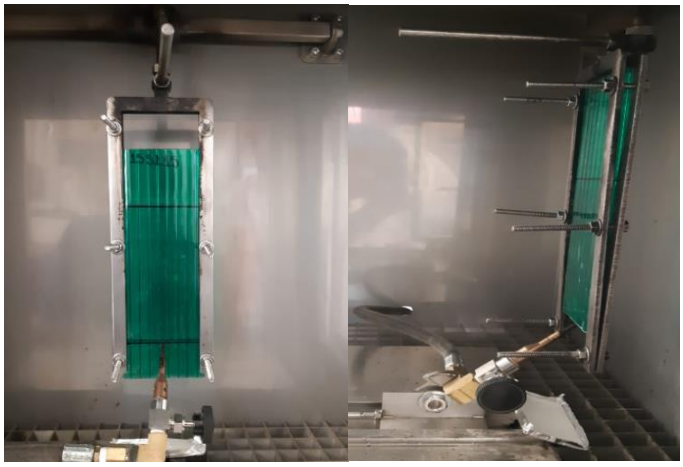


Fig 12. Verificar las distancias entre el quemador y la muestra.

Condiciones de exposición

Los ensayos pueden llevarse a cabo en la superficie expuesta, en el borde expuesto o en ambos.

Superficie expuesta:

- En el caso de productos de geometría esencialmente plana, se debe aplicar la llama a 40 mm por encima del borde inferior, alineada con el eje de la muestra.

Borde expuesto:

- Para productos con un espesor igual o inferior a 3 mm, la llama debe aplicarse en el punto medio de la parte inferior de la muestra de ensayo.
- Para productos con un espesor mayor a 3 mm, la llama debe aplicarse en el centro del ancho del borde inferior de la muestra de ensayo, a 1.5 mm la superficie.

5. Colocar las dos piezas de papel filtro en la bandeja de aluminio situada bajo la muestra, no más de 3 min antes de iniciar el ensayo (Fig. 13). Es importante no retirar el papel filtro del desecador hasta 3 min antes del comienzo del ensayo.



Fig 13. Colocar el papel filtro y la bandeja.

6. La presión del gas debe mantenerse entre 10 kPa y 50 kPa. Se debe encender el quemador en posición vertical y permitir que la llama se estabilice. A continuación, se regula la válvula del quemador para alcanzar una altura de llama de 20 mm, utilizando la galga de medición. Este procedimiento debe realizarse a una distancia segura de la zona de contacto con la llama, a fin de evitar cualquier riesgo de contacto accidental con la muestra. Es fundamental verificar la altura de la llama antes de cada ensayo (Fig. 14).



Fig 14. Presión del gas y medir la altura de la llama.

7. El quemador se posiciona a 45° de su eje vertical y se desplaza horizontalmente hasta que la llama entre en contacto con el punto de aplicación designado en la muestra de ensayo. Se inicia el cronómetro en el momento en que la llama entra en contacto con la muestra. La aplicación de la llama se lleva a cabo durante un período de 15 o 30 segundos, conforme a lo solicitado por el cliente, y posteriormente, el quemador se retira de manera uniforme y continua (Fig. 15).



Fig 15. Contacto de la llama con la muestra de ensayo.

8. Finalización del tiempo de combustión:

Si el tiempo de aplicación de la llama es de 15 segundos, la duración total del ensayo debe ser de 20 segundos desde el momento en que se aplica la llama.

Si el tiempo de aplicación de la llama es de 30 segundos, la duración total del ensayo debe ser de 60 segundos desde el momento en que se aplica la llama.

- En el caso de que la llama no alcance el punto de medición establecida a 150 mm, se debe registrar la distancia quemada hasta el punto donde se extinguió la llama (Fig. 16).



Fig 16. Finalización del ensayo de inflamabilidad.

9. Además, al planificar una serie de ensayos, es fundamental garantizar que el porta muestras se mantenga a una temperatura igual o inferior a 30℃ antes de proceder con el ensayo de la siguiente muestra.
10. El mismo procedimiento se aplica a otros materiales, como el cielo raso, la alfombra, la madera y la cortina.

3.2.2 Resultados de ensayos de inflamabilidad

En esta sección se presentan de manera concisa los resultados y la recolección de datos de los ensayos de inflamabilidad realizados en diversos materiales: policarbonato, cielo raso, cortina, alfombra y madera. Para garantizar una adecuada organización y respaldo de la información, se han utilizado fichas de registro que aseguran que cada dato recopilado contenga la información necesaria para un análisis preciso.

Los resultados para cada material pueden consultarse en las siguientes tablas: Policarbonato: ensayo a borde-transversal a 15 s (TABLA VII), ensayo a borde-longitudinal a 15 s (TABLA VIII), ensayo a borde-transversal a 30 s (TABLA IX), ensayo a borde-longitudinal a 30 s (TABLA X), ensayo a superficie-transversal a 15 s (TABLA XI), ensayo a superficie-longitudinal a 15 s (TABLA XII), ensayo a superficie-transversal a 30 s (TABLA XIII) y ensayo a superficie-longitudinal a 30 s (TABLA XIV). Para el cielo raso consulte las TABLAS XV y XVI; para la cortina, las TABLAS XVII y XVIII, para la alfombra, las TABLAS XIX y XX; y finalmente, para la madera, las TABLAS XXI y XXII.

TABLA VII

DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A BORDE-TRANSVERSAL 15 SEGUNDOS

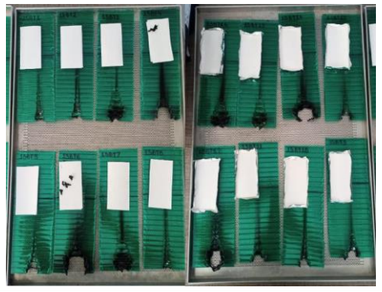
	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA							
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción							
	Código: E2024:001			**Fecha:** 09/10/2024			**Página:** 1	
DATOS INFORMATIVOS								
Lugar:	LIM – UTA			**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción			
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza			**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro			
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad			**Normativa:**	ISO 11925-2			
Tipo de material:	Policarbonato			**Dimensiones:**	250mmx90mmx8mm			
Tiempo de ignición:	15 segundos			**Punto de aplicación:**	Borde - Transversal			
RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2								
Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
15BT1	Si	2	No	0	No	No	0	45
15BT2	Si	2	No	0	No	No	0	38
15BT3	Si	2	No	0	No	No	0	51
15BT4	Si	1	No	0	No	No	>5	49
15BT5	Si	1	No	0	No	No	3,33	24
15BT6	Si	1	No	0	No	No	>5	34
15BT7	Si	2	No	0	No	No	0	43
15BT8	Si	2	No	0	No	No	0	34
15BT9	Si	2	No	0	No	No	0	24
15BT10	Si	2	No	0	No	No	0	30
15BT11	Si	2	No	0	No	No	0	36
15BT12	Si	2	No	0	No	No	>5	44
15BT13	Si	2	No	0	No	No	4	35
15BT14	Si	2	No	0	No	No	>5	54
15BT15	Si	2	No	0	No	No	2,26	43
15BT16	Si	2	No	0	No	No	2,56	60
Observaciones: No se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.								
Visualización del Resultado Final de la Muestra 								

TABLA VIII

DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A BORDE-LONGITUDINAL 15 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA							
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción							
	Código: E2024:002			**Fecha:** 16/10/2024			**Página:** 2	
DATOS INFORMATIVOS								
Lugar:	LIM – UTA			**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción			
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza			**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro			
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad			**Normativa:**	ISO 11925-2			
Tipo de material:	Policarbonato			**Dimensiones:**	250mmx90mmx8mm			
Tiempo de ignición:	15 segundos			**Punto de aplicación:**	Borde - Longitudinal			
RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2								
Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
15BL1	Si	1,00	No	0	Si	No	>5	50
15BL2	Si	1,88	No	0	No	No	>5	48
15BL3	Si	2,12	No	0	No	No	2,39	42
15BL4	Si	2,28	No	0	No	No	>5	44
15BL5	Si	1,58	No	0	Si	No	>5	61
15BL6	Si	1,28	No	0	Si	No	>5	56
15BL7	Si	1,33	No	0	No	No	>5	30
15BL8	Si	1,68	No	0	Si	No	>5	35
15BL9	Si	1,48	No	0	No	No	0,11	20
15BL10	Si	1,40	No	0	Si	No	>5	40
15BL11	Si	1,08	No	0	No	No	4,69	30
15BL12	Si	1,58	No	0	No	No	>5	38
15BL13	Si	1,29	No	0	Si	No	>5	60
15BL14	Si	1,38	No	0	No	No	>5	53
15BL15	Si	1,08	No	0	Si	No	>5	42
15BL16	Si	1,19	No	0	Si	No	>5	40
Observaciones: Se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.								

Visualización del Resultado Final de la Muestra



TABLA IX

DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A BORDE-TRANSVERSAL 30 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA		
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción		
	Código: E2024:003	**Fecha:** 17/10/2024	**Página:** 3

DATOS INFORMATIVOS			
Lugar:	LIM – UTA	**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza	**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad	**Normativa:**	ISO 11925-2
Tipo de material:	Policarbonato	**Dimensiones:**	250mmx90mmx8mm
Tiempo de ignición:	30 segundos	**Punto de aplicación:**	Borde - Transversal

RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2

Nº Ítem	Ignición	Tiempo que tardo en ocurrir (s)	La punta de la llama alcanza 150 mm	Tiempo en que ocurre (s)	Presencia de gotas / Partículas inflamadas	Ignición del papel filtro	Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)	Parámetro de propagación vertical FS (mm)
30BT1	Si	1,19	No	0	No	No	0	33
30BT2	Si	1,19	No	0	No	No	0	30
30BT3	Si	1,19	No	0	Si	No	4,79	34
30BT4	Si	1,29	No	0	No	No	0	22
30BT5	Si	1,53	No	0	No	No	0	34
30BT6	Si	1,59	No	0	No	No	0	33
30BT7	Si	1,49	No	0	No	No	0	30
30BT8	Si	1,29	No	0	No	No	0	28
30BT9	Si	1,29	No	0	No	No	0	26
30BT10	Si	1,49	No	0	No	No	3,19	42
30BT11	Si	1,19	No	0	Si	No	1,59	35
30BT12	Si	1,35	No	0	Si	No	19,63	66
30BT13	Si	1,29	No	0	Si	No	0	46
30BT14	Si	1,19	No	0	Si	No	27,69	49
30BT15	Si	1,19	No	0	No	No	0	44
30BT16	Si	1,30	No	0	No	No	0	33

Observaciones: Se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.

Visualización del Resultado Final de la Muestra

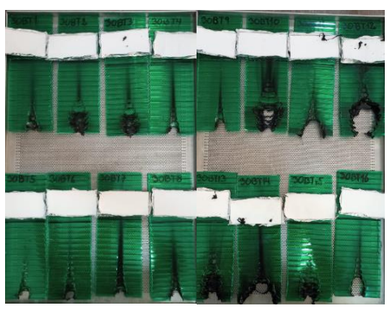


TABLA X

DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A BORDE-LONGITUDINAL 30 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA							
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción							
	Código: E2024:004			**Fecha:** 17/10/2024			**Página:** 4	
DATOS INFORMATIVOS								
Lugar:	LIM – UTA			**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción			
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza			**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro			
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad			**Normativa:**	ISO 11925-2			
Tipo de material:	Policarbonato			**Dimensiones:**	250mmx90mmx8mm			
Tiempo de ignición:	30 segundos			**Punto de aplicación:**	Borde - Longitudinal			
RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2								
Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
30BL1	Si	1,49	No	0	No	No	0	55
30BL2	Si	1,69	No	0	No	No	0	43
30BL3	Si	1,39	No	0	No	No	0	32
30BL4	Si	1,69	No	0	No	No	0	32
30BL5	Si	1,49	No	0	Si	No	7,69	60
30BL6	Si	1,39	No	0	No	No	0	34
30BL7	Si	1,19	No	0	No	No	0	40
30BL8	Si	1,59	No	0	No	No	0	54
30BL9	Si	1,51	No	0	No	No	3,59	55
30BL10	Si	1,59	No	0	Si	No	0	50
30BL11	Si	1,33	No	0	Si	No	4,59	70
30BL12	Si	1,49	No	0	Si	No	0	60
30BL13	Si	1,39	No	0	No	No	10,49	61
30BL14	Si	1,29	No	0	No	No	0	32
30BL15	Si	1,39	No	0	No	No	0	40
30BL16	Si	1,39	No	0	No	No	0	62
Observaciones: Se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.								
Visualización del Resultado Final de la Muestra 								

TABLA XI

DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A SUPERFICIE-TRANSVERSAL 15 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA							
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción							
	Código: E2024:005			**Fecha:** 17/10/2024			**Página:** 5	
DATOS INFORMATIVOS								
Lugar:	LIM – UTA			**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción			
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza			**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro			
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad			**Normativa:**	ISO 11925-2			
Tipo de material:	Policarbonato			**Dimensiones:**	250mmx90mmx8mm			
Tiempo de ignición:	15 segundos			**Punto de aplicación:**	Superficie – Transversal			
RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2								
Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
15ST1	Si	0,56	No	0	No	No	0	69
15ST2	Si	0,35	No	0	No	No	0	62
15ST3	Si	0,50	No	0	No	No	>5	57
15ST4	Si	0,89	No	0	No	No	0	60
15ST5	Si	0,89	No	0	No	No	0	54
15ST6	Si	0,53	No	0	No	No	0	57
15ST7	Si	1,08	No	0	No	No	0	57
15ST8	Si	0,59	No	0	No	No	0	57
15ST9	Si	1,49	No	0	No	No	0	57
15ST10	Si	1,19	No	0	No	No	0	65
15ST11	Si	0,59	No	0	No	No	>5	54
15ST12	Si	0,63	No	0	No	No	0	50
15ST13	Si	0,45	No	0	No	No	0	58
15ST14	Si	0,59	No	0	No	No	0	55
15ST15	Si	0,59	No	0	No	No	3,09	56
15ST16	Si	0,89	No	0	No	No	0	56
Observaciones: No se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.								
Visualización del Resultado Final de la Muestra 								

TABLA XII

DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A SUPERFICIE–LONGITUDINAL 15 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA		
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción		
	Código: E2024:006	**Fecha:** 23/10/2024	**Página:** 6

DATOS INFORMATIVOS			
Lugar:	LIM – UTA	**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza	**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad	**Normativa:**	ISO 11925-2
Tipo de material:	Policarbonato	**Dimensiones:**	250mmx90mmx8mm
Tiempo de ignición:	15 segundos	**Punto de aplicación:**	Superficie - Longitudinal

RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2

Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
15SL1	Si	2,19	No	0	No	No	0	60
15SL2	Si	3,09	No	0	No	No	0	57
15SL3	Si	2,59	No	0	No	No	0	57
15SL4	Si	2,29	No	0	No	No	0	40
15SL5	Si	3,19	No	0	No	No	0	57
15SL6	Si	1,28	No	0	No	No	0	70
15SL7	Si	1,39	No	0	No	No	>5	73
15SL8	Si	1,58	No	0	No	No	0	70
15SL9	Si	1,91	No	0	No	No	0	35
15SL10	Si	1,39	No	0	No	No	0	50
15SL11	Si	2,59	No	0	No	No	0	55
15SL12	Si	2,09	No	0	No	No	>5	55
15SL13	Si	2,55	No	0	No	No	0	50
15SL14	Si	1,89	No	0	No	No	0	48
15SL15	Si	1,29	No	0	No	No	0	53
15SL16	Si	1,53	No	0	No	No	0	42

Observaciones: No se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.

Visualización del Resultado Final de la Muestra

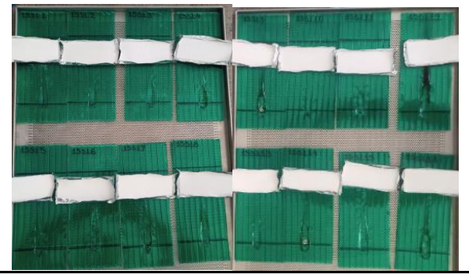


TABLA XIII

DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A SUPERFICIE–TRANSVERSAL 30 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA		
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción		
	Código: E2024:007	**Fecha:** 23/10/2024	**Página:** 7

DATOS INFORMATIVOS			
Lugar:	LIM – UTA	**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza	**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad	**Normativa:**	ISO 11925-2
Tipo de material:	Policarbonato	**Dimensiones:**	250mmx90mmx8mm
Tiempo de ignición:	30 segundos	**Punto de aplicación:**	Superficie - Transversal

RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2

Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
30ST1	Si	1,59	No	0	No	No	0	66
30ST2	Si	1,09	No	0	No	No	0	67
30ST3	Si	1,69	No	0	No	No	0	64
30ST4	Si	1,39	No	0	No	No	0	65
30ST5	Si	1,19	No	0	No	No	0	70
30ST6	Si	1,99	No	0	No	No	0	68
30ST7	Si	1,49	No	0	No	No	0	57
30ST8	Si	1,38	No	0	No	No	0	64
30ST9	Si	2,09	No	0	No	No	5,09	61
30ST10	Si	1,47	No	0	No	No	0	65
30ST11	Si	1,39	No	0	No	No	0	70
30ST12	Si	1,88	No	0	No	No	0	67
30ST13	Si	1,46	No	0	No	No	2,45	68
30ST14	Si	1,4	No	0	No	No	0	61
30ST15	Si	1,61	No	0	No	No	0	64
30ST16	Si	1,28	No	0	No	No	0	60

Observaciones: No se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.

Visualización del Resultado Final de la Muestra



TABLA XIV

DATOS DE INFLAMABILIDAD POLICARBONATO ENSAYO A SUPERFICIE–LONGITUDINAL 30 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA		
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción		
	Código: E2024:008	**Fecha:** 23/10/2024	**Página:** 8

DATOS INFORMATIVOS			
Lugar:	LIM – UTA	**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza	**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad	**Normativa:**	ISO 11925-2
Tipo de material:	Policarbonato	**Dimensiones:**	250mmx90mmx8mm
Tiempo de ignición:	30 segundos	**Punto de aplicación:**	Superficie - Longitudinal

RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2

Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
30SL1	Si	1,19	No	0	No	No	0	70
30SL2	Si	1,18	No	0	No	No	0	54
30SL3	Si	1,88	No	0	No	No	0	50
30SL4	Si	1,59	No	0	No	No	0	54
30SL5	Si	1,69	No	0	No	No	0	51
30SL6	Si	1,49	No	0	No	No	0	60
30SL7	Si	1,89	No	0	No	No	0	54
30SL8	Si	1,09	No	0	No	No	0	65
30SL9	Si	0,89	No	0	No	No	0	69
30SL10	Si	1,51	No	0	No	No	2,4	52
30SL11	Si	1,51	No	0	No	No	7,19	56
30SL12	Si	0,99	No	0	No	No	0	59
30SL13	Si	1,18	No	0	No	No	0	68
30SL14	Si	1,33	No	0	No	No	0	62
30SL15	Si	1,2	No	0	No	No	10,29	62
30SL16	Si	1,69	No	0	No	No	0	62

Observaciones: No se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.

Visualización del Resultado Final de la Muestra



TABLA XV

DATOS DE INFLAMABILIDAD CIELO RASO ENSAYO A BORDE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM UTA							
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción							
	Código: E2024:009			**Fecha:** 30/10/2024			**Página:** 9	
DATOS INFORMATIVOS								
Lugar:	LIM – UTA			**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción			
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza			**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro			
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad			**Normativa:**	ISO 11925-2			
Tipo de material:	Cielo raso			**Dimensiones:**	250mmx90mmx7mm			
Tiempo de ignición:	30 segundos			**Punto de aplicación:**	Borde (Transversal - Longitudinal)			
RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2								
Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
30BT1	Si	0,49	No	0	No	No	0	52
30BT2	Si	0,79	No	0	No	No	0	55
30BT3	Si	0,49	No	0	No	No	0	60
30BL1	Si	0,19	No	0	No	No	0	63
30BL2	Si	0,39	No	0	No	No	0	70
30BL3	Si	0,79	No	0	No	No	0	60
Observaciones: No se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.								

Visualización del Resultado Final de la Muestra



TABLA XVI

DATOS DE INFLAMABILIDAD CIELO RASO ENSAYO A SUPERFICIE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA		
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción		
	Código: E2024:0010	**Fecha:** 30/10/2024	**Página:** 10

DATOS INFORMATIVOS			
Lugar:	LIM – UTA	**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza	**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro

INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad	**Normativa:**	ISO 11925-2
Tipo de material:	Cielo raso	**Dimensiones:**	250mmx90mmx7mm
Tiempo de ignición:	30 segundos	**Punto de aplicación:**	Superficie (Transversal - Longitudinal)

RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2

Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
30ST1	Si	6,39	No	0	No	No	0	49
30ST2	Si	8,29	No	0	No	No	0	51
30ST3	Si	7,99	No	0	No	No	0	50
30SL1	Si	8,99	No	0	No	No	0	55
30SL2	Si	8,79	No	0	No	No	0	55
30SL3	Si	8,89	No	0	No	No	0	55

Observaciones: No se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.

Visualización del Resultado Final de la Muestra

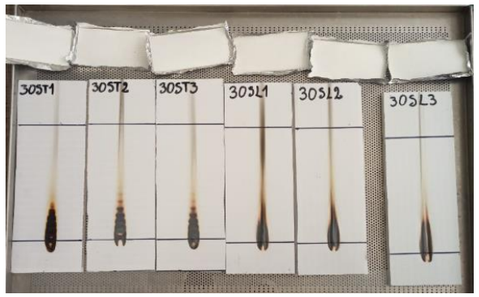


TABLA XVII

DATOS DE INFLAMABILIDAD CORTINA ENSAYO A BORDE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA		
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción		
	Código: E2024:0011	**Fecha:** 30/10/2024	**Página:** 11

DATOS INFORMATIVOS			
Lugar:	LIM – UTA	**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza	**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad	**Normativa:**	ISO 11925-2
Tipo de material:	Cortina	**Dimensiones:**	250mmx90mmx1mm
Tiempo de ignición:	30 segundos	**Punto de aplicación:**	Borde (Transversal - Longitudinal)

RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2

Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas Inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
30BT1	Si	0,2	No	0	No	No	0	105
30BT2	Si	0,2	Si	15,29	Si	Si	5,58	150
30BT3	Si	0,2	No	0	No	No	0	150
30BL1	Si	0,2	No	0	No	No	0	107
30BL2	Si	0,2	No	0	No	No	0	150
30BL3	Si	0,2	No	0	No	No	0	150

Observaciones: Se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.

Visualización del Resultado Final de la Muestra



TABLA XVIII

DATOS DE INFLAMABILIDAD CORTINA ENSAYO A SUPERFICIE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM– UTA							
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción							
	Código: E2024:0012			**Fecha:** 30/10/2024			**Página:** 12	
DATOS INFORMATIVOS								
Lugar:	LIM – UTA			**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción			
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza			**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro			
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad			**Normativa:**	ISO 11925-2			
Tipo de material:	Cortina			**Dimensiones:**	250mmx90mmx1mm			
Tiempo de ignición:	30 segundos			**Punto de aplicación:**	Superficie (Transversal - Longitudinal)			
RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2								
Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
30ST1	Si	0,1	No	0	Si	No	4,19	136
30ST2	Si	0,1	No	0	Si	No	0	128
30ST3	Si	0.1	Si	7,69	Si	No	0	150
30SL1	Si	0,1	No	0	No	No	0	150
30SL2	Si	0,1	No	0	No	No	0	150
30SL3	Si	0,1	No	0	No	No	6,69	122
Observaciones: Se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.								

Visualización del Resultado Final de la Muestra



TABLA XIX

DATOS DE INFLAMABILIDAD ALFOMBRA ENSAYO A BORDE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM–UTA		
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción		
	Código: E2024:0013	**Fecha:** 30/10/2024	**Página:** 13

DATOS INFORMATIVOS			
Lugar:	LIM – UTA	**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza	**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad	**Normativa:**	ISO 11925-2
Tipo de material:	Alfombra	**Dimensiones:**	250mmx90mmx4.5mm
Tiempo de ignición:	30 segundos	**Punto de aplicación:**	Borde (Transversal - Longitudinal)

RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2

Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
30BT1	Si	2,53	Si	19,79	Si	Si	>30	150
30BT2	Si	2,29	Si	23,39	Si	Si	>30	150
30BT3	Si	2,28	Si	23,29	Si	Si	>30	150
30BL1	Si	1,69	Si	21,69	Si	Si	>30	150
30BL2	Si	1,99	Si	18,33	Si	Si	>30	150
30BL3	Si	2,09	Si	19,49	Si	Si	>30	150

Observaciones: Se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.

Visualización del Resultado Final de la Muestra



TABLA XX

DATOS DE INFLAMABILIDAD ALFOMBRA ENSAYO A SUPERFICIE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA							
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción							
	Código: E2024:0014			**Fecha:** 30/10/2024			**Página:** 14	
DATOS INFORMATIVOS								
Lugar:	LIM – UTA			**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción			
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza			**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro			
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad			**Normativa:**	ISO 11925-2			
Tipo de material:	Alfombra			**Dimensiones:**	250mmx90mmx4.5mm			
Tiempo de ignición:	30 segundos			**Punto de aplicación:**	Superficie (Transversal - Longitudinal)			
RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2								
Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
30ST1	Si	1,88	No	0	No	No	0	105
30ST2	Si	1,09	No	0	No	No	0	105
30ST3	Si	1,99	No	0	No	No	0	104
30SL1	Si	0,99	No	0	No	No	0	105
30SL2	Si	1,59	No	0	No	No	0	95
30SL3	Si	1,09	No	0	No	No	0	107
Observaciones: No se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.								
Visualización del Resultado Final de la Muestra 								

TABLA XXI

DATOS DE INFLAMABILIDAD MADERA ENSAYO A BORDE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA		
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción		
	Código: E2024:0015	**Fecha:** 07/11/2024	**Página:** 15

DATOS INFORMATIVOS			
Lugar:	LIM – UTA	**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza	**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad	**Normativa:**	ISO 11925-2
Tipo de material:	Madera	**Dimensiones:**	250mmx90mmx20mm
Tiempo de ignición:	30 segundos	**Punto de aplicación:**	Borde (Transversal - Longitudinal)

RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2

Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
30BT1	Si	5,49	No	0	No	No	0	42
30BT2	Si	2,51	No	0	No	No	0	35
30BT3	Si	2,39	No	0	No	No	0	34
30BL1	Si	2,29	No	0	No	No	0	35
30BL2	Si	2,19	No	0	No	No	0	26
30BL3	Si	2,59	No	0	No	No	0	29

Observaciones: No se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.

Visualización del Resultado Final de la Muestra



TABLA XXII

DATOS DE INFLAMABILIDAD MADERA ENSAYO A SUPERFICIE (TRANSVERSAL–LONGITUDINAL) 30 SEGUNDOS

	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN MECÁNICA LIM-UTA							
	Informe sobre los resultados de ensayo de reacción al fuego de los materiales de construcción							
	Código: E2024:0016			**Fecha:** 07/11/2024			**Página:** 16	
DATOS INFORMATIVOS								
Lugar:	LIM – UTA			**Equipo:**	Cámara de inflamabilidad vertical para materiales de construcción			
Responsable de Ejecución:	Cristopher Caiza Ariel Peñaloza			**Tutor:**	Ing. Mg. Christian Castro			
INFORMACIÓN DE PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de ensayo:	Ensayos de Aptitud de Inflamabilidad			**Normativa:**	ISO 11925-2			
Tipo de material:	Madera			**Dimensiones:**	250mmx90mmx20mm			
Tiempo de ignición:	30 segundos			**Punto de aplicación:**	Superficie (Transversal - Longitudinal)			
RESULTADOS DE ENSAYO SEGÚN LA NORMA ISO 11925-2								
Nº Ítem	**Ignición**	**Tiempo que tardo en ocurrir (s)**	**La punta de la llama alcanza 150 mm**	**Tiempo en que ocurre (s)**	**Presencia de gotas / Partículas inflamadas**	**Ignición del papel filtro**	**Tiempo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego (s)**	**Parámetro de propagación vertical FS (mm)**
30ST1	Si	11,49	No	0	No	No	0	25
30ST2	Si	12,19	No	0	No	No	0	23
30ST3	Si	12,09	No	0	No	No	0	27
30SL1	Si	10,19	No	0	No	No	0	31
30SL2	Si	9,18	No	0	No	No	0	35
30SL3	Si	9,39	No	0	No	No	0	26
Observaciones: No se visualiza la presencia de desprendimiento de material dentro de la duración total del ensayo.								
Visualización del Resultado Final de la Muestra 								

3.2.3 Validación de los ensayos de aptitud de inflamabilidad de materiales de construcción

Para la validación y verificación del método de ensayo del material de policarbonato, se realizó la validación del método mediante el uso de un software especializado. Donde incluyó la evaluación de las características de desempeño: Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) del sistema de medición (anidado), precisión mediante el uso de la repetibilidad o reproducibilidad del sistema de medición, incertidumbre expandida por medio del uso de herramientas estadísticas y exactitud mediante el cálculo del porcentaje de recuperación. Este enfoque garantiza que los datos obtenidos por el equipo sean confiables y seguros.

3.2.3.1 Criterios de verificación – validación del sistema de medición tiempo (s)

En base a las recomendaciones propuestas por el manual Automotive Industry Action Group (AIAG) [27], donde se establecen los criterios de aceptación y la evaluación del sistema de medición recomienda que para la verificación – validación del método, se establece el cumplimiento de las siguientes características de desempeño.

- ✓ **R&R:** Para evaluar esta característica de desempeño el valor del R&R del sistema de medición debe ser.

Si el Gage R&R tiene un valor menor o igual a 10 % el sistema de medición es aceptable.

Si el Gage R&R entra en un rango entre 10 y 30 % el sistema de medición se considera aceptable dependiendo de la aplicación de forma temporal.

Si el Gage R&R tiene un valor mayor a 30 % el sistema de medición se considera como no aceptable y requiere mejora en todo su sistema de medición.

- ✓ **Precisión:** Para evaluar esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad, este valor debe ser menor o igual a 5 segundos.
- ✓ **Incertidumbre:** Para evaluar esta característica de desempeño el valor de la incertidumbre debe ser menor o igual a 5 segundos.
- ✓ **Valor de p:** Para evaluar esta característica de desempeño el valor de p es mayor o igual que $\alpha = 0,05$.

- ✓ **Exactitud:** Para evaluar esta característica de desempeño se toma el valor del porcentaje de recuperación, este valor debe ser menor o igual al 10 %.

3.2.3.2 Criterios de verificación – validación del sistema de medición propagación vertical (FS) mm

En base a las recomendaciones propuestas por el manual Automotive Industry Action Group (AIAG), donde se establecen los criterios de aceptación y la evaluación del sistema de medición recomienda que para la verificación – validación del método, se establece el cumplimiento de las siguientes características de desempeño.

- ✓ **R&R:** Para evaluar esta característica de desempeño el valor del R&R del sistema de medición debe ser.

Si el Gage R&R tiene un valor menor o igual a 10 % el sistema de medición es aceptable.

Si el Gage R&R entra en un rango entre 10 y 30 % el sistema de medición se considera aceptable dependiendo de la aplicación de forma temporal.

Si el Gage R&R tiene un valor mayor a 30 % el sistema de medición se considera como no aceptable y requiere mejora en todo su sistema de medición.

- ✓ **Precisión:** Para evaluar esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad, este valor debe ser menor o igual a 15 mm.
- ✓ **Incertidumbre:** Para evaluar esta característica de desempeño el valor de la incertidumbre debe ser menor o igual a 30 mm.
- ✓ **Valor de p:** Para evaluar esta característica de desempeño el valor de p es mayor o igual que $\alpha = 0,05$.
- ✓ **Exactitud:** Para evaluar esta característica de desempeño se toma el valor del porcentaje de recuperación, este valor debe ser menor o igual al 10 %.

3.2.4 Procedimiento del Estudio Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) del sistema de medición – ANOVA anidado

A continuación, se establecen los pasos necesarios para la verificación del método para cada rango establecido, mediante el Estudio R&R del Sistema de Medición – Anova Anidado, utilizando un software independiente.

✓ En la columna C1 OPERADOR se coloca el número 1 para el técnico 1 y el número 2 para el técnico 2 (Fig. 17).

	C1	C2	C3	C4
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)
1	1	1	1	1,00
2	1	2	1	1,88
3	2	1	1	2,12
4	2	2	1	2,28
5	1	1	2	1,58
6	1	2	2	1,28
7	2	1	2	1,33
8	2	2	2	1,68

Fig 17. Columna C1 OPERADOR.

✓ En la columna C2 INTENTO se coloca los números 1 y 2 correspondiente a los intentos diarios realizados por cada técnico (Fig. 18).

	C1	C2	C3	C4
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)
1	1	1	1	1,00
2	1	2	1	1,88
3	2	1	1	2,12
4	2	2	1	2,28
5	1	1	2	1,58
6	1	2	2	1,28
7	2	1	2	1,33
8	2	2	2	1,68

Fig 18. Columna C2 INTENTO.

✓ En la columna C3 PARTE/DÍA se coloca los números del 1 al 4 correspondientes a los cuatro días de ensayo (Fig. 19).

	C1	C2	C3	C4
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)
1	1	1	1	1,00
2	1	2	1	1,88
3	2	1	1	2,12
4	2	2	1	2,28
5	1	1	2	1,58
6	1	2	2	1,28
7	2	1	2	1,33
8	2	2	2	1,68

Fig 19. Columna C3 PARTE/DÍA.

✓ En la columna C4 MEDICIÓN se coloca los valores correspondientes a los ensayos realizados (Fig. 20).

	C1	C2	C3	C4
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)
1	1	1	1	1,00
2	1	2	1	1,88
3	2	1	1	2,12
4	2	2	1	2,28
5	1	1	2	1,58
6	1	2	2	1,28
7	2	1	2	1,33
8	2	2	2	1,68

Fig 20. Columna C4 MEDICIÓN.

✓ Crear la tabla de datos con los resultados de las 16 probetas ensayas en el software independiente de acuerdo con los pasos indicados anteriormente, los valores presentados en la (Fig.21), representan un ejemplo que hace referencia a los resultados del PC15BL.

	C1	C2	C3	C4
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)
1	1	1	1	1,00
2	1	2	1	1,88
3	2	1	1	2,12
4	2	2	1	2,28
5	1	1	2	1,58
6	1	2	2	1,28
7	2	1	2	1,33
8	2	2	2	1,68
9	1	1	3	1,48
10	1	2	3	1,40
11	2	1	3	1,08
12	2	2	3	1,58
13	1	1	4	1,29
14	1	2	4	1,38
15	2	1	4	1,08
16	2	2	4	1,19

Fig 21. Tabla de datos con los resultados de las 16 probetas.

✓ Cálculo del estudio R&R del sistema de medición (anidado), cuando cada operador no puede medir todas las partes: en la Barra de Herramientas seleccionar **Estadísticas** luego **Herramientas de calidad**, luego **Estudio de sistemas** de medición y finalmente **Estudio R&R del sistema de medición (anidado)** (Fig. 22).

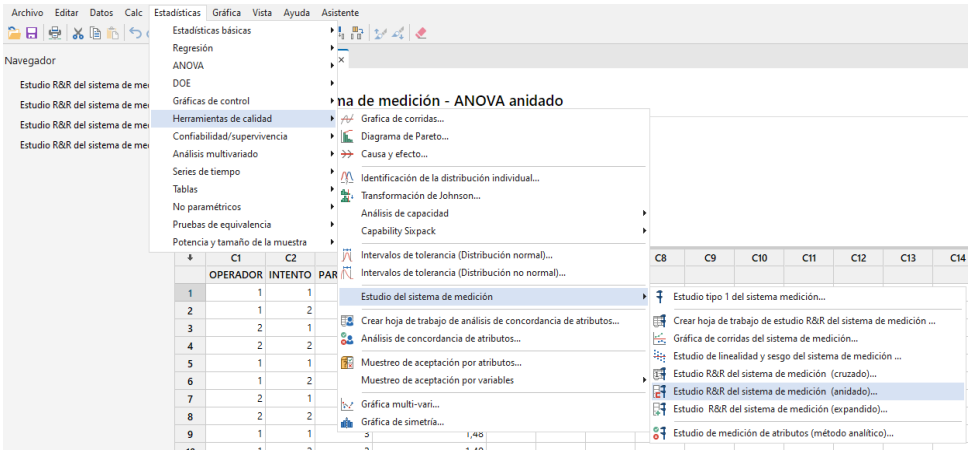


Fig 22. Cálculo del estudio R&R del sistema de medición (anidado).

- ✓ Obtención de los resultados del Estudio R&R del sistema de medición – ANOVA anidado (Fig. 23).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,250000	1,50000	57,74
Repetibilidad	0,250000	1,50000	57,74
Reproducibilidad	0,000000	0,00000	0,00
Parte a parte	0,353553	2,12132	81,65
Variación total	0,433013	2,59808	100,00

Fig 23. Resultados del Estudio R&R del sistema de medición – ANOVA anidado.

Precisión

Se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de los resultados obtenidos del Estudio R&R del sistema de medición – ANOVA anidado (Fig. 24).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,250000	1,50000	57,74
Repetibilidad	0,250000	1,50000	57,74
Reproducibilidad	0,000000	0,00000	0,00
Parte a parte	0,353553	2,12132	81,65
Variación total	0,433013	2,59808	100,00

Fig 24. Precisión.

Incertidumbre expandida

Para el cálculo de la incertidumbre expandida de cada rango establecido, se debe seguir los pasos indicados a continuación, partiendo de la siguiente fórmula:

$$U = k * u_C \quad (1)$$

Donde:

U: Incertidumbre Expandida

k: Factor de Cobertura

u_C: Incertidumbre Tipica Combinada

Incertidumbre típica combinada

Para el cálculo de la incertidumbre combinada se utilizó la siguiente fórmula:

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

Donde:

u_C: Incertidumbre Tipica Combinada

u_A: Incertidumbre Tipo A

u_B: Incertidumbre Tipo B

- ✓ **Incertidumbre Tipo A**

Para el valor de la Incertidumbre Tipo A se toma el valor más alto de entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad de la Tabla correspondiente a la Evaluación del sistema de medición (Fig. 25).

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,250000	1,50000	57,74
Repetibilidad	0,250000	1,50000	57,74
Reproducibilidad	0,000000	0,00000	0,00
Parte a parte	0,353553	2,12132	81,65
Variación total	0,433013	2,59808	100,00

Fig 25. Incertidumbre Tipo A.

- ✓ **Incertidumbre Tipo B**

Se estima a partir de:

- ✓ Equipos: datos del fabricante, características de los equipos (deriva, resolución, etc.)
- ✓ Certificados de calibración (incertidumbre, corrección normalizada).
- ✓ Método, tablas, etc.

Eventos o efectos que intervienen en el cálculo de la incertidumbre Tipo B.

- ✓ **Incertidumbre de calibración**

$$u_{cal} = \frac{U}{k} \quad (3)$$

Donde:

u_{cal} = Incertidumbre de calibración (tomado del certificado de calibración)

U = Incertidumbre de calibración (tomado del certificado de calibración)

k = Factor de cobertura (tomado del certificado de calibración (anexo 5 y anexo 6))

- ✓ **Incertidumbre de resolución de instrumentos**

$$u_{res} = \frac{\text{Resolución del equipo}}{2\sqrt{3}} \quad (4)$$

Donde:

u_{res}= Incertidumbre de resolución

- ✓ **Incertidumbre por deriva del equipo**

$$u_{der} = \frac{\text{diferencia de errores de calibración}}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

Donde:

u_{der}= Incertidumbre por deriva del equipo

Para el cálculo de la incertidumbre Tipo B se utiliza la siguiente fórmula:

$$u_B = \sqrt{u_{cal}{}^2(\text{regla}) + u_{cal}{}^2(\text{cronometro}) + u_{res}{}^2(\text{regla}) + u_{res}{}^2(\text{cronometro}) + u_{der}{}^2(\text{regla}) + u_{der}{}^2(\text{cronometro})} \quad (6)$$

Cálculo del Valor p

El laboratorio ha considerado que, si el valor de p es mayor o igual que α, la diferencia de las medidas entre las partes no es estadísticamente significativa (Fig. 26).

Donde:

α = Nivel de significancia = 0,05

p = Es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula.

El valor de p se toma de la TABLA R&R del sistema de medición.

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - TIEMPO(s)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	0,06891	0,068906	0,31669	0,594
PARTE/DÍA (OPERADOR)	6	1,30549	0,217581	2,70057	0,097
Repetibilidad	8	0,64455	0,080569		
Total	15	2,01894			

Fig 26. Cálculo del Valor p.

Estudio de riesgo: Se ha definido que los objetivos de validación se deben cumplir de acuerdo con los parámetros establecidos de acuerdo con las características de desempeño, en el caso que los valores obtenidos se aproximen a los límites máximos permisibles, se debe realizar un análisis y considerar la repetición del proceso de validación – verificación del método de ensayo.

3.2.5 Estudio Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) del sistema de medición – ANOVA anidado

Para llevar el estudio de repetibilidad y reproducibilidad se llevaron a cabo 128 muestras, de las cuales 64 fueron cortadas de manera longitudinal y los 64 restantes de forma transversal. Las muestras se agruparon en dos categorías (Borde y Superficie) para 15 y 30 segundos, asignando 16 muestras de policarbonato tanto longitudinales como transversales a cada grupo. Debido a que el ensayo se clasifica como destructivo, no se puede replicar el ensayo con la misma probeta 2 veces o más, por esta razón, se distribuyeron 16 muestras homogéneas del material a evaluar. La preparación de cada probeta y la realización de los ensayos se llevaron a cabo conforme a lo establecido en la norma ISO 11925-2. Se utilizó un software independiente para la obtención de todos los valores anteriormente expuestos, con el fin de establecer un sistema de medición efectivo.

3.2.5.1 Estudio R&R del sistema de medición (anidado) para medición-tiempo (s)

3.2.5.1.1 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde - transversal 15 segundos (PC15BT)

En la TABLA VII se puede observar las mediciones para las muestras de policarbonato ensayo a borde – transversal a 15 segundos (Fig. 27).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)		
1	1	1	1	2		
2	1	2	1	2		
3	2	1	1	2		
4	2	2	1	1		
5	1	1	2	1		
6	1	2	2	1		
7	2	1	2	2		
8	2	2	2	2		
9	1	1	3	2		
10	1	2	3	2		
11	2	1	3	2		
12	2	2	3	2		
13	1	1	4	2		
14	1	2	4	2		
15	2	1	4	2		
16	2	2	4	2		

Fig 27. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15BT.

- ✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 28).

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,250000	1,50000	57,74
Repetibilidad	0,250000	1,50000	57,74
Reproducibilidad	0,000000	0,00000	0,00
Parte a parte	0,353553	2,12132	81,65
Variación total	0,433013	2,59808	100,00

Fig 28. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC15BT.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el “Desv.Est. (DE)” para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 0.25 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 28).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 0.25 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\mathbf{U = k * u_C}$$

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

Para la Incertidumbre Tipo A u_A se toma el valor más alto entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 28).

Entonces,

$$u_A = 0{,}25\ s$$

Cálculo de la incertidumbre Tipo B u_B

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + {u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(20seg)} = \frac{0{,}0063}{2{,}01(20seg)} = \frac{0{,}0063}{40{,}2} = 0{,}0001567 = 0$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(20seg)} = \frac{0{,}01}{40\sqrt{3}} = 0{,}0001443 = 0$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(20seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{20\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{20\sqrt{3}} = -0.001094 = 0$$

Se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(cronometro) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0}$$

$$\boldsymbol{u_B = 0\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{0{,}25^2 + 0^2}$$

$$u_C = \sqrt{0.0625}$$

$$\boldsymbol{u_C = 0{,}25\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95.45 %.

$$U = 2 * 0{,}25$$

$$\boldsymbol{U = 0{,}5\ s}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 0,5 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 29).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - TIEMPO(s)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	0,0625	0,062500	0,15789	0,705
PARTE/DÍA (OPERADOR)	6	2,3750	0,395833	2,11111	0,162
Repetibilidad	8	1,5000	0,187500		
Total	15	3,9375			

Fig 29. Valor de p obtenido en el software independiente PC15BT.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.16, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.1.2 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde - longitudinal 15 segundos (PC15BL)

En la TABLA VIII se puede observar las mediciones para las muestras de policarbonato ensayo a borde – longitudinal a 15 segundos (Fig. 30).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)		
1	1	1	1	1,00		
2	1	2	1	1,88		
3	2	1	1	2,12		
4	2	2	1	2,28		
5	1	1	2	1,58		
6	1	2	2	1,28		
7	2	1	2	1,33		
8	2	2	2	1,68		
9	1	1	3	1,48		
10	1	2	3	1,40		
11	2	1	3	1,08		
12	2	2	3	1,58		
13	1	1	4	1,29		
14	1	2	4	1,38		
15	2	1	4	1,08		
16	2	2	4	1,19		

Fig 30. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15BL.

- ✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 31).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,283846	1,70308	73,52
Repetibilidad	0,283846	1,70308	73,52
Reproducibilidad	0,000000	0,00000	0,00
Parte a parte	0,261737	1,57042	67,79
Variación total	0,386102	2,31661	100,00

Fig 31. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC15BL.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el “Desv.Est. (DE)” para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 0.28 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 31).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 0.28 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\mathbf{U = k * u_C}$$

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

Para la Incertidumbre Tipo A u_A se toma el valor más alto entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 31).

Entonces,

$$u_A = 0{,}284\ s$$

Cálculo de la incertidumbre Tipo B u_B

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + {u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(20seg)} = \frac{0{,}0063}{2{,}01(20seg)} = \frac{0{,}0063}{40{,}2} = 0{,}0001567 = 0$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(20seg)} = \frac{0{,}01}{40\sqrt{3}} = 0{,}0001443 = 0$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(20seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{20\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{20\sqrt{3}} = -0.001094 = 0$$

Se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(cronometro) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0}$$

$$\boldsymbol{u_B = 0\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{0{,}284^2 + 0^2}$$

$$u_C = \sqrt{0.0806}$$

$$\boldsymbol{u_C = 0{,}284\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95.45 %.

$$U = 2 * 0{,}284$$

$$\boldsymbol{U = 0{,}57\ s}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 0,57 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 32).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - TIEMPO(s)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	0,06891	0,068906	0,31669	0,594
PARTE/DIA (OPERADOR)	6	1,30549	0,217581	2,70057	0,097
Repetibilidad	8	0,64455	0,080569		
Total	15	2,01894			

Fig 32. Valor de p obtenido en el software independiente PC15BL.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.097, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.1.3 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde – transversal 30 segundos (PC30BT)

En la TABLA IX se puede observar las mediciones para las muestras de policarbonato ensayo a borde – transversal a 30 segundos (Fig. 33).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)		
1	1	1	1	1,19		
2	1	2	1	1,19		
3	2	1	1	1,19		
4	2	2	1	1,29		
5	1	1	2	1,53		
6	1	2	2	1,59		
7	2	1	2	1,49		
8	2	2	2	1,29		
9	1	1	3	1,29		
10	1	2	3	1,49		
11	2	1	3	1,19		
12	2	2	3	1,35		
13	1	1	4	1,29		
14	1	2	4	1,19		
15	2	1	4	1,19		
16	2	2	4	1,30		

Fig 33. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30BT.

- ✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 34).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,093975	0,563848	65,20
Repetibilidad	0,093975	0,563848	65,20
Reproducibilidad	0,000000	0,000000	0,00
Parte a parte	0,109297	0,655782	75,83
Variación total	0,144143	0,864855	100,00

Fig 34. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC30BT.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 0.094 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 34).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 0.094 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\mathbf{U = k * u_C}$$

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

Para la Incertidumbre Tipo A u_A se toma el valor más alto entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig.34).

Entonces,

$$u_A = 0{,}0939\ s$$

Cálculo de la incertidumbre Tipo B u_B

$$\mathrm{u_B} = \sqrt{\mathrm{u_{cal}}^2(\mathrm{regla}) + \mathrm{u_{cal}}^2(\mathrm{cronometro}) + \mathrm{u_{res}}^2(\mathrm{regla}) + \mathrm{u_{res}}^2(\mathrm{cronometro}) + \mathrm{u_{der}}^2(\mathrm{regla}) + \mathrm{u_{der}}^2(\mathrm{cronometro})}$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(60seg)} = \frac{0{,}0063}{2{,}01(60seg)} = \frac{0{,}0063}{120{,}6} = 0{,}000052 = 0$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(60seg)} = \frac{0{,}01}{120\sqrt{3}} = 0{,}0000481 = 0$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(60seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{60\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{60\sqrt{3}} = -0.000364 = 0$$

Se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(cronometro) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0}$$

$$\boldsymbol{u_B = 0\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{0{,}0939^2 + 0^2}$$

$$u_C = \sqrt{0.0088}$$

$$\boldsymbol{u_C = 0{,}0938\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95.45 %.

$$U = 2 * 0{,}0938$$

$$\boldsymbol{U = 0{,}19\ s}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 0,19 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 35).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - TIEMPO(s)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	0,015625	0,0156250	0,50033	0,506
PARTE/DÍA (OPERADOR)	6	0,187375	0,0312292	3,51383	0,052
Repetibilidad	8	0,071100	0,0088875		
Total	15	0,274100			

Fig 35. Valor de p obtenido en el software independiente PC30BT.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.052, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.1.4 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde – longitudinal 30 segundos (PC30BL)

En la TABLA X se puede observar las mediciones para las muestras de policarbonato ensayo a borde – longitudinal a 30 segundos (Fig. 36).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)		
1	1	1	1	1,49		
2	1	2	1	1,69		
3	2	1	1	1,39		
4	2	2	1	1,69		
5	1	1	2	1,49		
6	1	2	2	1,39		
7	2	1	2	1,19		
8	2	2	2	1,59		
9	1	1	3	1,51		
10	1	2	3	1,59		
11	2	1	3	1,33		
12	2	2	3	1,49		
13	1	1	4	1,39		
14	1	2	4	1,29		
15	2	1	4	1,39		
16	2	2	4	1,39		

Fig 36. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30BL.

- ✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 37).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,146202	0,877211	100,00
Repetibilidad	0,146202	0,877211	100,00
Reproducibilidad	0,000000	0,000000	0,00
Parte a parte	0,000000	0,000000	0,00
Variación total	0,146202	0,877211	100,00

Fig 37. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC30BL.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 0.15 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 37).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 0.15 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\mathbf{U = k * u_C}$$

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

Para la Incertidumbre Tipo A u_A se toma el valor más alto entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 37).

Entonces,

$$u_A = 0{,}146\ s$$

Cálculo de la incertidumbre Tipo B u_B

$$\mathrm{u_B} = \sqrt{\mathrm{u_{cal}}^2(\mathrm{regla}) + \mathrm{u_{cal}}^2(\mathrm{cronometro}) + \mathrm{u_{res}}^2(\mathrm{regla}) + \mathrm{u_{res}}^2(\mathrm{cronometro}) + \mathrm{u_{der}}^2(\mathrm{regla}) + \mathrm{u_{der}}^2(\mathrm{cronometro})}$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(60seg)} = \frac{0{,}0063}{2{,}01(60seg)} = \frac{0{,}0063}{120{,}6} = 0{,}000052 = 0$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(60seg)} = \frac{0{,}01}{120\sqrt{3}} = 0{,}0000481 = 0$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(60seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{60\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{60\sqrt{3}} = -0.000364 = 0$$

Se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(cronometro) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0}$$

$$\boldsymbol{u_B = 0\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{0{,}146^2 + 0^2}$$

$$u_C = \sqrt{0.021316}$$

$$\boldsymbol{u_C = 0{,}146\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95.45 %.

$$U = 2 * 0{,}146$$

$$\boldsymbol{U = 0{,}29\ s}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 0,29 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 46).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - TIEMPO(s)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	0,009025	0,0090250	0,502552	0,505
PARTE/DIA (OPERADOR)	6	0,107750	0,0179583	0,840156	0,572
Repetibilidad	8	0,171000	0,0213750		
Total	15	0,287775			

Fig 38. Valor de p obtenido en el software independiente PC30BL.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.57, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.1.5 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie - transversal 15 segundos (PC15ST)

En la TABLA XI se puede observar las mediciones para las muestras de policarbonato ensayo a superficie – transversal a 15 segundos (Fig. 39).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)		
1	1	1	1	0,56		
2	1	2	1	0,35		
3	2	1	1	0,50		
4	2	2	1	0,89		
5	1	1	2	0,89		
6	1	2	2	0,53		
7	2	1	2	1,08		
8	2	2	2	0,59		
9	1	1	3	1,49		
10	1	2	3	1,19		
11	2	1	3	0,59		
12	2	2	3	0,63		
13	1	1	4	0,45		
14	1	2	4	0,59		
15	2	1	4	0,59		
16	2	2	4	0,89		

Fig 39. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15ST.

- ✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 40).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,218961	1,31376	66,04
Repetibilidad	0,218961	1,31376	66,04
Reproducibilidad	0,000000	0,00000	0,00
Parte a parte	0,248994	1,49396	75,09
Variación total	0,331575	1,98945	100,00

Fig 40. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC15ST.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 0.22 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 40).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 0.22 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\mathbf{U = k * u_C}$$

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

Para la Incertidumbre Tipo A u_A se toma el valor más alto entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 40).

Entonces,

$$u_A = 0{,}219\ s$$

Cálculo de la incertidumbre Tipo B u_B

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + {u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(20seg)} = \frac{0{,}0063}{2{,}01(20seg)} = \frac{0{,}0063}{40{,}2} = 0{,}0001567 = 0$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(20seg)} = \frac{0{,}01}{40\sqrt{3}} = 0{,}0001443 = 0$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(20seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{20\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{20\sqrt{3}} = -0.001094 = 0$$

Se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(cronometro) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0}$$

$$\boldsymbol{u_B = 0\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{0{,}219^2 + 0^2}$$

$$u_C = \sqrt{0.0479}$$

$$\boldsymbol{u_C = 0{,}219\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95.45 %.

$$U = 2 * 0{,}219$$

$$\boldsymbol{U = 0{,}44\ s}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 0,44 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 41).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - TIEMPO(s)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	0,0081	0,008100	0,04903	0,832
PARTE/DÍA (OPERADOR)	6	0,9913	0,165217	3,5597	0,051
Repetibilidad	8	0,3713	0,046413		
Total	15	1,3707			

Fig 41. Valor de p obtenido en el software independiente PC15ST.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.051, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.1.6 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie - longitudinal 15 segundos (PC15SL)

En la TABLA XII se puede observar las mediciones para las muestras de policarbonato ensayo a superficie – longitudinal a 15 segundos (Fig. 42).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)		
1	1	1	1	2,19		
2	1	2	1	3,09		
3	2	1	1	2,59		
4	2	2	1	2,29		
5	1	1	2	3,19		
6	1	2	2	1,28		
7	2	1	2	1,39		
8	2	2	2	1,58		
9	1	1	3	1,91		
10	1	2	3	1,39		
11	2	1	3	2,59		
12	2	2	3	2,09		
13	1	1	4	2,55		
14	1	2	4	1,89		
15	2	1	4	1,29		
16	2	2	4	1,53		

Fig 42. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15SL.

✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 43).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,591492	3,54895	92,70
Repetibilidad	0,591492	3,54895	92,70
Reproducibilidad	0,000000	0,00000	0,00
Parte a parte	0,239270	1,43562	37,50
Variación total	0,638054	3,82832	100,00

Fig 43. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC15SL.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 0.59 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 43).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 0.59 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\mathbf{U = k * u_C}$$

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

Para la Incertidumbre Tipo A u_A se toma el valor más alto entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 43).

Entonces,

$$u_A = 0{,}591\ s$$

Cálculo de la incertidumbre Tipo B u_B

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(\text{regla}) + {u_{cal}}^2(\text{cronometro}) + {u_{res}}^2(\text{regla}) + {u_{res}}^2(\text{cronometro}) + {u_{der}}^2(\text{regla}) + {u_{der}}^2(\text{cronometro})}$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(20seg)} = \frac{0{,}0063}{2{,}01(20seg)} = \frac{0{,}0063}{40{,}2} = 0{,}0001567 = 0$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(20seg)} = \frac{0{,}01}{40\sqrt{3}} = 0{,}0001443 = 0$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(20seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{20\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{20\sqrt{3}} = -0.001094 = 0$$

Se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(cronometro) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0}$$

$$\boldsymbol{u_B = 0\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{0{,}591^2 + 0^2}$$

$$u_C = \sqrt{0.3493}$$

$$\boldsymbol{u_C = 0{,}591\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95.45 %.

$$U = 2 * 0{,}591$$

$$\boldsymbol{U = 1{,}18\ s}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 1,18 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 44).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - TIEMPO(s)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	0,28622	0,286225	0,61638	0,462
PARTE/DIA (OPERADOR)	6	2,78618	0,464363	1,32727	0,346
Repetibilidad	8	2,79890	0,349862		
Total	15	5,87130			

Fig 44. Valor de p obtenido en el software independiente PC15SL.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.35, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.1.7 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie – transversal 30 segundos (PC30ST)

En la TABLA XIII se puede observar las mediciones para las muestras de policarbonato ensayo a superficie – trasnversal a 30 segundos (Fig. 45).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)		
1	1	1	1	1,59		
2	1	2	1	1,09		
3	2	1	1	1,69		
4	2	2	1	1,39		
5	1	1	2	1,19		
6	1	2	2	1,99		
7	2	1	2	1,49		
8	2	2	2	1,38		
9	1	1	3	2,09		
10	1	2	3	1,47		
11	2	1	3	1,39		
12	2	2	3	1,88		
13	1	1	4	1,46		
14	1	2	4	1,40		
15	2	1	4	1,61		
16	2	2	4	1,28		

Fig 45. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30ST.

- ✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 46).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,328738	1,97243	100,00
Repetibilidad	0,328738	1,97243	100,00
Reproducibilidad	0,000000	0,00000	0,00
Parte a parte	0,000000	0,00000	0,00
Variación total	0,328738	1,97243	100,00

Fig 46. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC30ST.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el “Desv.Est. (DE)” para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 0.33 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 46).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 0.33 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\mathbf{U = k * u_C}$$

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

Para la Incertidumbre Tipo A u_A se toma el valor más alto entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 46).

Entonces,

$$u_A = 0{,}3287\ s$$

Cálculo de la incertidumbre Tipo B u_B

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(\text{regla}) + {u_{cal}}^2(\text{cronometro}) + {u_{res}}^2(\text{regla}) + {u_{res}}^2(\text{cronometro}) + {u_{der}}^2(\text{regla}) + {u_{der}}^2(\text{cronometro})}$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(60seg)} = \frac{0{,}0063}{2{,}01(60seg)} = \frac{0{,}0063}{120{,}6} = 0{,}000052 = 0$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(60seg)} = \frac{0{,}01}{120\sqrt{3}} = 0{,}0000481 = 0$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(60seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{60\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{60\sqrt{3}} = -0.000364 = 0$$

Se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(cronometro) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0}$$

$$\boldsymbol{u_B = 0\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{0{,}3287^2 + 0^2}$$

$$u_C = \sqrt{0.1080}$$

$$\boldsymbol{u_C = 0,3287\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95.45 %.

$$U = 2 * 0{,}3287$$

$$\boldsymbol{U = 0,66\ s}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 0,66 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 47).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - TIEMPO(s)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	0,00181	0,001806	0,039148	0,850
PARTE/DIA (OPERADOR)	6	0,27684	0,046140	0,426947	0,842
Repetibilidad	8	0,86455	0,108069		
Total	15	1,14319			

Fig 47. Valor de p obtenido en el software independiente PC30ST.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.84, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.1.8 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie – longitudinal 30 segundos (PC30SL)

En la TABLA XIV se puede observar las mediciones para las muestras de policarbonato ensayo a superficie – longitudinal a 30 segundos (Fig. 48).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - TIEMPO(s)		
1	1	1	1	1,19		
2	1	2	1	1,18		
3	2	1	1	1,88		
4	2	2	1	1,59		
5	1	1	2	1,69		
6	1	2	2	1,49		
7	2	1	2	1,89		
8	2	2	2	1,09		
9	1	1	3	0,89		
10	1	2	3	1,51		
11	2	1	3	1,51		
12	2	2	3	0,99		
13	1	1	4	1,18		
14	1	2	4	1,33		
15	2	1	4	1,20		
16	2	2	4	1,69		

Fig 48. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30SL.

- ✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 49).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0,332359	1,99415	100,00
Repetibilidad	0,324191	1,94515	97,54
Reproducibilidad	0,073229	0,43937	22,03
Parte a parte	0,000000	0,00000	0,00
Variación total	0,332359	1,99415	100,00

Fig 49. Valor de R&R obtenidos en el software independiente PC30SL.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 0.33 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 49).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 0.32 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\mathbf{U = k * u_C}$$

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

Para la Incertidumbre Tipo A u_A se toma el valor más alto entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 49).

Entonces,

$$u_A = 0{,}3241\ s$$

Cálculo de la incertidumbre Tipo B u_B

$$\mathrm{u_B} = \sqrt{\mathrm{u_{cal}}^2(\mathrm{regla}) + \mathrm{u_{cal}}^2(\mathrm{cronometro}) + \mathrm{u_{res}}^2(\mathrm{regla}) + \mathrm{u_{res}}^2(\mathrm{cronometro}) + \mathrm{u_{der}}^2(\mathrm{regla}) + \mathrm{u_{der}}^2(\mathrm{cronometro})}$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(60seg)} = \frac{0{,}0063}{2{,}01(60seg)} = \frac{0{,}0063}{120{,}6} = 0{,}000052 = 0$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(60seg)} = \frac{0{,}01}{120\sqrt{3}} = 0{,}0000481 = 0$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(60seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{60\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{60\sqrt{3}} = -0.000364 = 0$$

Se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(cronometro) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0}$$

$$\boldsymbol{u_B = 0\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{0{,}3241^2 + 0^2}$$

$$u_C = \sqrt{0.1050}$$

$$\boldsymbol{u_C = 0,3241\ s}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95.45 %.

$$U = 2 * 0{,}3241$$

$$\boldsymbol{U = 0,65\ s}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 5 s. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 0,65 s, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 66).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - TIEMPO(s)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	0,11902	0,119025	1,56355	0,258
PARTE/DÍA (OPERADOR)	6	0,45675	0,076125	0,72431	0,643
Repetibilidad	8	0,84080	0,105100		
Total	15	1,41657			

Fig 50. Valor de p obtenido en el software independiente PC30SL.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.64, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.1.9 Exactitud

Esta característica de desempeño se mide mediante el cálculo de porcentaje de recuperación, se utiliza un material de referencia (Policarbonato 30BT1) con su respectivo valor referencial y se lo calcula mediante la siguiente fórmula.

$$\%\mathrm{E} = \frac{\text{Valor medido} - \text{valor referencial}}{\text{valor referencial}} \text{ x } 100 \qquad (7)$$

Donde:

%E = Porcentaje de recuperación

Valor medido = resultado obtenido en el ensayo del material de referencia

Valor referencial = valor obtenido del promedio de valores obtenidos por un laboratorio externo.

$$\%E = \frac{1{,}39 - 1{,}29}{1{,}29}\ x\ 100$$

$$\%E = 0{,}0775\ x\ 100$$

$$\%E = 7{,}75\%$$

Con respecto a la exactitud es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %. El valor obtenido de la exactitud es de 7,75 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.1.10 Declaración de la verificación y validación del método – tiempo (s)

En base a las recomendaciones propuestas por el manual de la AIAG, una vez realizado la validación o verificación del método en los rangos establecidos por el Laboratorio se evidencia o se verifica que se ha cumplido con los objetivos de validación – verificación establecidos, además se verifica que no existen diferencias significativas entre los datos, por lo que se declara que el método se encuentra validado – verificado de manera SATISFACTORIA (TABLA XXIII). Si las condiciones en las que se desarrolló el ensayo varían, el método será revalidado o verificado nuevamente.

TABLA XXIII

VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MÉTODO - TIEMPO DE IGNICIÓN (S)

Característica de desempeño	Objetivos de validación o verificación	Resultados de la Validación o Verificación	Cumplimiento o No Cumplimiento
R&R	Menor o igual 10 %	15BT: 0,25 % 15BL: 0,28 % 30BT: 0,094 % 30BL: 0,15 % 15ST: 0,22 % 15SL: 0,59 % 30ST: 0,33 % 30SL: 0,33 %	**CUMPLE**
Precisión (Repetibilidad y Reproducibilidad)	Menor o igual 5 segundos	15BT: 0,25 segundos 15BL: 0,28 segundos 30BT: 0,094 segundos 30BL: 0,15 segundos 15ST: 0,22 segundos 15SL: 0,59 segundos 30ST: 0,33 segundos 30SL: 0,32 segundos	**CUMPLE**
Incertidumbre:	Menor o igual 5 segundos	15BT: 0,5 segundos 15BL: 0,57 segundos 30BT: 0,19 segundos 30BL: 0,29 segundos 15ST: 0,44 segundos 15SL: 1,18 segundos 30ST: 0,66 segundos 30SL: 0,65 segundos	**CUMPLE**
Valor de p Las diferencias entre las medidas no son estadísticamente significativas	Mayor o igual a 0,05	15BT: 0,16 15BL: 0,097 30BT: 0,052 30BL: 0,57 15ST: 0,051 15SL: 0,35 30ST: 0,84 30SL: 0,64	**CUMPLE**
Exactitud: (Veracidad) Porcentaje de Recuperación	Menor o igual 10 %	7,75 %	**CUMPLE**

3.2.5.2 Estudio R&R del sistema de medición (anidado) - Propagación vertical FS (mm)

3.2.5.2.1 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde - transversal 15 segundos (PC15BT)

En la TABLA VII se puede observar las mediciones del parámetro de propagación vertical FS (mm), para las muestras de policarbonato ensayo a borde – transversal a 15 segundos (Fig. 51).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DIA	MEDICIÓN- FS (mm)		
1	1	1	1	45		
2	1	2	1	38		
3	2	1	1	51		
4	2	2	1	49		
5	1	1	2	24		
6	1	2	2	34		
7	2	1	2	43		
8	2	2	2	34		
9	1	1	3	24		
10	1	2	3	30		
11	2	1	3	36		
12	2	2	3	44		
13	1	1	4	35		
14	1	2	4	54		
15	2	1	4	43		
16	2	2	4	60		

Fig 51. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15BT.

- ✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 52)

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	9,5590	57,3542	86,68
Repetibilidad	7,8422	47,0532	71,11
Reproducibilidad	5,4658	32,7948	49,56
Parte a parte	5,5000	33,0000	49,87
Variación total	11,0284	66,1702	100,00

Fig 52. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC15BT.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el “Desv.Est. (DE)” para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 9,56 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 52).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 15 mm. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 7,84 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

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

Para el valor de la Incertidumbre **Tipo A** $\boldsymbol{u_A}$ se tomará el valor más alto de entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 52).

Entonces,

$$\boldsymbol{u_A = 7,8422\ mm}$$

Cálculo de la incertidumbre **Tipo B** $\boldsymbol{u_B}$

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ + {u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_{cal}(regla) = \frac{U}{k} = \frac{0{,}58}{2} = 0{,}29\ mm$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(20seg)} = \frac{U}{2{,}01(20seg)} = \frac{0{,}0063}{40{,}2} = 0{,}0001567\ = 0$$

$$u_{res}(regla) = \frac{Resolución\ de\ la\ \ regla}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0{,}2887\ mm$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(20seg)} = \frac{0{,}01}{40\sqrt{3}} = 0{,}0001443 = 0$$

$$u_{der}(regla) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0085 - 0{,}000}{\sqrt{3}} == \frac{-0{,}0085}{\sqrt{3}}$$

$$= -0{,}004907\ \text{mm}$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(20seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187)-0{,}0192}{20\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{20\sqrt{3}} =$$

$$-0{,}001094 = 0$$

Se remplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ +{u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}29^2 + 0^2 + 0{,}2887^2 + 0^2 + (-0{,}004907)^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}1675}$$

$$\boldsymbol{u_B = \ 0{,}4093\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{7{,}84^2 + 0{,}4093^2}$$

$$u_C = \sqrt{61{,}6331}$$

$$\boldsymbol{u_C = 7{,}8507\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%

$$U = 2 * 7{,}8507$$

$$\boldsymbol{U = 15{,}70\ mm}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 30 mm. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 15,70 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 53).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN- FS (mm)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	361	361,0	2,95902	0,136
PARTE/DIA (OPERADOR)	6	732	122,0	1,98374	0,182
Repetibilidad	8	492	61,5		
Total	15	1585			

Fig 53. Valor de p obtenido en el Software independiente PC15BT.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.18, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.2.2 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde – longitudinal 15 segundos (PC15BL)

En la TABLA VIII se puede observar las mediciones del parámetro de propagación vertical FS (mm), para las muestras de policarbonato ensayo a borde – longitudinal a 15 segundos (Fig. 54).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - FS(mm)		
1	1	1	1	50		
2	1	2	1	48		
3	2	1	1	42		
4	2	2	1	44		
5	1	1	2	61		
6	1	2	2	56		
7	2	1	2	30		
8	2	2	2	35		
9	1	1	3	20		
10	1	2	3	40		
11	2	1	3	30		
12	2	2	3	38		
13	1	1	4	60		
14	1	2	4	53		
15	2	1	4	42		
16	2	2	4	40		

Fig 54. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15BL.

✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig 55).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	8,4051	50,4306	68,54
Repetibilidad	5,9948	35,9687	48,89
Reproducibilidad	5,8914	35,3483	48,04
Parte a parte	8,9291	53,5747	72,81
Variación total	12,2627	73,5765	100,00

Fig 55. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC15BL.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 8,41 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 55).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 15 mm. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 5,99 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

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

Para el valor de la Incertidumbre **Tipo A** $\boldsymbol{u_A}$ se tomará el valor más alto de entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 55).

Entonces,

$$\boldsymbol{u_A = 5,99\ mm}$$

Cálculo de la incertidumbre **Tipo B u_B**

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ +{u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_{cal}(regla) = \frac{U}{k} = \frac{0{,}58}{2} = 0{,}29\ mm$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(20seg)} = \frac{U}{2{,}01(20seg)} = \frac{0{,}0063}{40{,}2} = 0{,}0001567\ = 0$$

$$u_{res}(regla) = \frac{Resolución\ de\ la\ \ regla}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0{,}2887\ mm$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(20seg)} = \frac{0{,}01}{40\sqrt{3}} = 0{,}0001443 = 0$$

$$u_{der}(regla) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0085 - 0{,}000}{\sqrt{3}} == \frac{-0{,}0085}{\sqrt{3}}$$

$$= -0{,}004907\ \text{mm}$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(20seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{20\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{20\sqrt{3}} =$$

$$-0{,}001094 = 0$$

Se remplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ +{u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}29^2 + 0^2 + 0{,}2887^2 + 0^2 + (-0{,}004907)^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}1675}$$

$$\boldsymbol{u_B = \ 0{,}4093\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{5{,}99^2 + 0{,}4093^2}$$

$$u_C = \sqrt{36{,}0425}$$

$$\boldsymbol{u_C = 6{,}004\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

$$U = 2 * 6{,}004$$

$$\boldsymbol{U = 12{,}008\ mm}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 30 mm. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 12,008 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del valor p** (Fig. 56).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - FS(mm)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	203,06	203,063	0,45177	0,527
PARTE/DÍA (OPERADOR)	6	2696,88	449,479	1,82021	0,212
Repetibilidad	8	1975,50	246,938		
Total	15	4875,44			

Fig 56. Valor de p obtenido en el Software independiente PC15BL.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.21, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.2.3 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde – transversal 30 segundos (PC30BT)

En la TABLA IX se puede observar las mediciones del parámetro de propagación vertical FS (mm), para las muestras de policarbonato ensayo a borde – transversal a 30 segundos (Fig. 57).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - FS(mm)		
1	1	1	1	33		
2	1	2	1	30		
3	2	1	1	34		
4	2	2	1	22		
5	1	1	2	34		
6	1	2	2	33		
7	2	1	2	30		
8	2	2	2	28		
9	1	1	3	26		
10	1	2	3	42		
11	2	1	3	35		
12	2	2	3	66		
13	1	1	4	46		
14	1	2	4	49		
15	2	1	4	44		
16	2	2	4	33		

Fig 57. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30BT.

- ✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 58).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	9,6986	58,1915	85,51
Repetibilidad	9,6986	58,1915	85,51
Reproducibilidad	0,0000	0,0000	0,00
Parte a parte	5,8808	35,2846	51,85
Variación total	11,3422	68,0533	100,00

Fig 58. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC30BT.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 9,69 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 58).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 15 mm. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 9,69 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

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

Para el valor de la Incertidumbre **Tipo A** $\boldsymbol{u_A}$ se tomará el valor más alto de entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 58).

Entonces,

$$\boldsymbol{u_A = 9,69\ mm}$$

Cálculo de la incertidumbre **Tipo B** $\boldsymbol{u_B}$

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ {+u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_{cal}(regla) = \frac{U}{k} = \frac{0{,}58}{2} = 0{,}29\ mm$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(60seg)} = \frac{U}{2{,}01(60seg)} = \frac{0{,}0063}{120{,}6} = 0{,}00005224 = 0$$

$$u_{res}(regla) = \frac{Resolución\ de\ la\ \ regla}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0{,}2887\ mm$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(60seg)} = \frac{0{,}01}{120\sqrt{3}} = 0{,}00004811 = \ 0$$

$$u_{der}(regla) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0085 - 0{,}000}{\sqrt{3}} == \frac{-0{,}0085}{\sqrt{3}}$$

$$= -0{,}004907\ mm$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(60seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{60\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{60\sqrt{3}} =$$

$$-0{,}0003647 = 0$$

Se remplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ {+u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}29^2 + 0^2 + 0{,}2887^2 + 0^2 + (-0{,}004907)^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}1675}$$

$$\boldsymbol{u_B = \ 0,4093\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{9{,}69^2 + 0{,}4093^2}$$

$$u_C = \sqrt{94{,}0636}$$

$$\boldsymbol{u_C = 9{,}69\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

$$U = 2 * 9{,}69$$

$$\boldsymbol{U = 19{,}39\ mm}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 30 mm. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 19,39 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 59).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - FS(mm)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	0,06	0,063	0,00038	0,985
PARTE/DÍA (OPERADOR)	6	979,38	163,229	1,7353	0,230
Repetibilidad	8	752,50	94,063		
Total	15	1731,94			

Fig 59. Valor de p obtenido en el Software independiente_PC30BT.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.23, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.2.4 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a borde – longitudinal 30 segundos (PC30BL)

En la TABLA X se puede observar las mediciones del parámetro de propagación vertical FS (mm), para las muestras de policarbonato ensayo a borde – longitudinal a 30 segundos (Fig. 60).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DÍA	MEDICIÓN - FS(mm)		
1	1	1	1	55		
2	1	2	1	43		
3	2	1	1	32		
4	2	2	1	32		
5	1	1	2	60		
6	1	2	2	34		
7	2	1	2	40		
8	2	2	2	54		
9	1	1	3	55		
10	1	2	3	50		
11	2	1	3	70		
12	2	2	3	60		
13	1	1	4	61		
14	1	2	4	32		
15	2	1	4	40		
16	2	2	4	62		

Fig 60. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30BL.

- ✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 61).

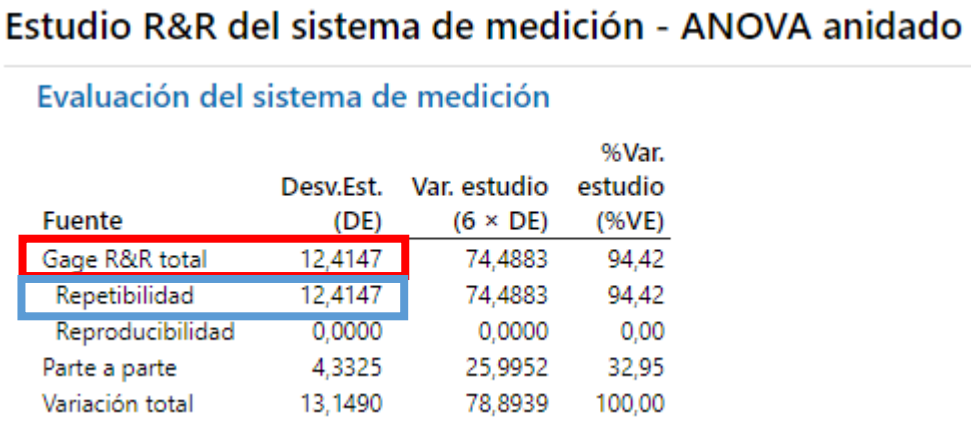


Fig 61. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC30BL.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 12,41 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 61).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 15 mm. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 12,41 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

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

Para el valor de la Incertidumbre **Tipo A** $\boldsymbol{u_A}$ se tomará el valor más alto de entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 61).

Entonces,

$$\boldsymbol{u_A = 12,4147 \text{ mm}}$$

Cálculo de la incertidumbre **Tipo B** $\boldsymbol{u_B}$

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ +{u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_{cal}(regla) = \frac{U}{k} = \frac{0{,}58}{2} = 0{,}29$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(60seg)} = \frac{U}{2{,}01(60seg)} = \frac{0{,}0063}{120{,}6} = 0{,}00005224 = 0$$

$$u_{res}(regla) = \frac{Resolución\ de\ la\ \ regla}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0{,}2887$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(60seg)} = \frac{0{,}01}{120\sqrt{3}} = 0{,}00004811 = 0$$

$$u_{der}(regla) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0085 - 0{,}000}{\sqrt{3}} == \frac{-0{,}0085}{\sqrt{3}}$$

$$= -0{,}004907 \text{ mm}$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(20seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{60\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{60\sqrt{3}} =$$

$$-0{,}000364 = 0$$

Se remplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ +{u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}29^2 + 0^2 + 0{,}2887^2 + 0^2 + (-0{,}004907)^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}1674}$$

$$\boldsymbol{u_B = \ 0{,}4091 \text{ mm}}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{12{,}4147^2 + 0{,}4091^2}$$

$$u_C = \sqrt{154{,}534}$$

$$\boldsymbol{u_C = 12{,}43 \text{ mm}}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

$$U = 2 * 32{,}55$$

$$\boldsymbol{U = 24{,}86 \text{ mm}}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 30 mm. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 24,86 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 62).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - FS(mm)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	0	0,000	0,00000	1,000
PARTE/DIA (OPERADOR)	6	1150	191,667	1,24358	0,377
Repetibilidad	8	1233	154,125		
Total	15	2383			

Fig 62. Valor de p obtenido en el Software independiente PC30BL.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.38, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.2.5 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie – transversal 15 segundos (PC15ST)

En la TABLA XI se puede observar las mediciones del parámetro de propagación vertical FS (mm), para las muestras de policarbonato ensayo a superficie – transversal a 15 segundos (Fig. 63).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DIA	MEDICIÓN- FS (mm)		
1	1	1	1	69		
2	1	2	1	62		
3	2	1	1	57		
4	2	2	1	60		
5	1	1	2	54		
6	1	2	2	57		
7	2	1	2	57		
8	2	2	2	57		
9	1	1	3	57		
10	1	2	3	65		
11	2	1	3	54		
12	2	2	3	50		
13	1	1	4	58		
14	1	2	4	55		
15	2	1	4	56		
16	2	2	4	56		

Fig 63. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15ST.

✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 64).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	3,63074	21,7845	76,20
Repetibilidad	3,12250	18,7350	65,53
Reproducibilidad	1,85264	11,1159	38,88
Parte a parte	3,08558	18,5135	64,76
Variación total	4,76478	28,5887	100,00

Fig 64. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC15ST.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 3,63 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 64).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 15 mm. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 3,12 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

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

Para el valor de la Incertidumbre **Tipo A** $\boldsymbol{u_A}$ se tomará el valor más alto de entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 64).

Entonces,

$$\boldsymbol{u_A = 3,1225\ mm}$$

Cálculo de la incertidumbre **Tipo B u_B**

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ +{u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_{cal}(regla) = \frac{U}{k} = \frac{0{,}58}{2} = 0{,}29\ mm$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(20seg)} = \frac{U}{2{,}01(20seg)} = \frac{0{,}0063}{40{,}2} = 0{,}0001567\ = 0$$

$$u_{res}(regla) = \frac{Resolución\ de\ la\ \ regla}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0{,}2887\ mm$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(20seg)} = \frac{0{,}01}{40\sqrt{3}} = 0{,}0001443 = 0$$

$$u_{der}(regla) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0085 - 0{,}000}{\sqrt{3}} == \frac{-0{,}0085}{\sqrt{3}}$$

$$= -0{,}004907\ \text{mm}$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(20seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{20\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{20\sqrt{3}} =$$

$$-0{,}001094 = 0$$

Se remplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ +{u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}29^2 + 0^2 + 0{,}2887^2 + 0^2 + (-0{,}004907)^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}1675}$$

$$\boldsymbol{u_B = \ 0{,}4093\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{3{,}1225^2 + 0{,}4093^2}$$

$$u_C = \sqrt{9{,}9175}$$

$$\boldsymbol{u_C = 3{,}1492\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

$$U = 2 * 3{,}1492$$

$$\boldsymbol{U = 6{,}3\ mm}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 30 mm. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 6,3 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 65).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN- FS (mm)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	56,25	56,2500	1,95369	0,212
PARTE/DIA (OPERADOR)	6	172,75	28,7917	2,95299	0,080
Repetibilidad	8	78,00	9,7500		
Total	15	307,00			

Fig 65. Valor de p obtenido en el Software independiente PC15ST.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.08, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.2.6 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie – longitudinal 15 segundos (PC15SL)

En la TABLA XII se puede observar las mediciones del parámetro de propagación vertical FS (mm), para las muestras de policarbonato ensayo a superficie – longitudinal a 15 segundos (Fig. 66).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DIA	MEDICIÓN- FS (mm)		
1	1	1	1	60		
2	1	2	1	57		
3	2	1	1	57		
4	2	2	1	40		
5	1	1	2	57		
6	1	2	2	70		
7	2	1	2	73		
8	2	2	2	70		
9	1	1	3	35		
10	1	2	3	50		
11	2	1	3	55		
12	2	2	3	55		
13	1	1	4	50		
14	1	2	4	48		
15	2	1	4	53		
16	2	2	4	42		

Fig 66. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC15SL.

- ✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 67).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	7,1851	43,1103	62,61
Repetibilidad	7,1851	43,1103	62,61
Reproducibilidad	0,0000	0,0000	0,00
Parte a parte	8,9489	53,6936	77,98
Variación total	11,4764	68,8586	100,00

Fig 67. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC15SL.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 7,19 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 67).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 15 mm. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 7,18 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

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

Para el valor de la Incertidumbre **Tipo A** $\boldsymbol{u_A}$ se tomará el valor más alto de entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 67).

Entonces,

$$\boldsymbol{u_A = 7,1851\ mm}$$

Cálculo de la incertidumbre **Tipo B** $\boldsymbol{u_B}$

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ +{u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_{cal}(regla) = \frac{U}{k} = \frac{0{,}58}{2} = 0{,}29\ mm$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(20seg)} = \frac{U}{2{,}01(20seg)} = \frac{0{,}0063}{40{,}2} = 0{,}0001567\ = 0$$

$$u_{res}(regla) = \frac{Resolución\ de\ la\ \ regla}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0{,}2887\ mm$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(20seg)} = \frac{0{,}01}{40\sqrt{3}} = 0{,}0001443 = 0$$

$$u_{der}(regla) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0085 - 0{,}000}{\sqrt{3}} == \frac{-0{,}0085}{\sqrt{3}}$$

$$= -0{,}004907\ \text{mm}$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(20seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{20\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{20\sqrt{3}} =$$

$$-0{,}001094 = 0$$

Se remplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ +{u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}29^2 + 0^2 + 0{,}2887^2 + 0^2 + (-0{,}004907)^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}1675}$$

$$\boldsymbol{u_B = \ 0,4093\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{7{,}1851^2 + 0{,}4093^2}$$

$$u_C = \sqrt{51{,}7932}$$

$$\boldsymbol{u_C = 7{,}1967\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%

$$U = 2 * 7{,}1967$$

$$\boldsymbol{U = 14{,}4\ mm}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 30 mm. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 14,4 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 68).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN - FS(mm)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	10,56	10,563	0,05452	0,823
PARTE/DÍA (OPERADOR)	6	1162,38	193,729	3,43263	0,056
Repetibilidad	8	451,50	56,438		
Total	15	1624,44			

Fig 68. Valor de p obtenido en el Software independiente PC15SL.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.056, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.2.7 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie – transversal 30 segundos (PC30ST)

En la TABLA XIII se puede observar las mediciones del parámetro de propagación vertical FS (mm), para las muestras de policarbonato ensayo a superficie – transversal a 30 segundos (Fig. 69).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DIA	MEDICIÓN- FS (mm)		
1	1	1	1	66		
2	1	2	1	67		
3	2	1	1	64		
4	2	2	1	65		
5	1	1	2	70		
6	1	2	2	68		
7	2	1	2	57		
8	2	2	2	64		
9	1	1	3	61		
10	1	2	3	65		
11	2	1	3	70		
12	2	2	3	67		
13	1	1	4	68		
14	1	2	4	61		
15	2	1	4	64		
16	2	2	4	60		

Fig 69. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30ST.

- ✓ **Gage R&R total del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 70).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	3,01040	18,0624	80,40
Repetibilidad	3,01040	18,0624	80,40
Reproducibilidad	0,00000	0,0000	0,00
Parte a parte	2,22673	13,3604	59,47
Variación total	3,74444	22,4666	100,00

Fig 70. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC30ST.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el “Desv.Est. (DE)” para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 3,01 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 70).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 15 mm. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 3,01 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

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

Para el valor de la Incertidumbre **Tipo A** $\boldsymbol{u_A}$ se tomará el valor más alto de entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 70).

Entonces,

$$\boldsymbol{u_A = 3,0104\ mm}$$

Cálculo de la incertidumbre **Tipo B** $\boldsymbol{u_B}$

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ +{u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_{cal}(regla) = \frac{U}{k} = \frac{0{,}58}{2} = 0{,}29\ mm$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(60seg)} = \frac{U}{2{,}01(60seg)} = \frac{0{,}0063}{120{,}6} = 0{,}00005224 = 0$$

$$u_{res}(regla) = \frac{Resolución\ de\ la\ \ regla}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0{,}2887\ mm$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(60seg)} = \frac{0{,}01}{120\sqrt{3}} = 0{,}00004811 = \ 0$$

$$u_{der}(regla) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0085 - 0{,}000}{\sqrt{3}} == \frac{-0{,}0085}{\sqrt{3}}$$

$$= -0{,}004907\ mm$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(60seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187)-0{,}0192}{60\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{60\sqrt{3}} = -0{,}0003647 = 0$$

Se remplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{{u_{cal}}^2(regla) + {u_{cal}}^2(cronometro) + \ +{u_{res}}^2(regla) + {u_{res}}^2(cronometro) + {u_{der}}^2(regla) + {u_{der}}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}29^2 + 0^2 + 0{,}2887^2 + 0^2 + (-0{,}004907)^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}1675}$$

$$\boldsymbol{u_B = 0{,}4093\ \text{mm}}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{3{,}0104^2 + 0{,}4093^2}$$

$$u_C = \sqrt{9{,}2300}$$

$$\boldsymbol{u_C = 3{,}0381\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%

$$U = 2 * 3{,}0381$$

$$\boldsymbol{U = 6{,}08\ mm}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 30 mm. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 6,08 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

✓ **Cálculo del Valor p** (Fig. 71).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICION- FS (mm)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	14,063	14,0625	0,74094	0,422
PARTE/DIA (OPERADOR)	6	113,875	18,9792	2,09425	0,164
Repetibilidad	8	72,500	9,0625		
Total	15	200,438			

Fig 71. Valor de p obtenido en el Software independiente PC30ST.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras transversales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.16, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.2.8 Ensayo de inflamabilidad policarbonato ensayo a superficie – longitudinal 30 segundos (PC30SL)

En la TABLA XIV se puede observar las mediciones del parámetro de propagación vertical FS (mm), para las muestras de policarbonato ensayo a superficie – longitudinales a 30 segundos (Fig. 72).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	OPERADOR	INTENTO	PARTE/DIA	MEDICIÓN- FS (mm)		
1	1	1	1	70		
2	1	2	1	54		
3	2	1	1	50		
4	2	2	1	54		
5	1	1	2	51		
6	1	2	2	60		
7	2	1	2	54		
8	2	2	2	65		
9	1	1	3	69		
10	1	2	3	52		
11	2	1	3	56		
12	2	2	3	59		
13	1	1	4	68		
14	1	2	4	62		
15	2	1	4	62		
16	2	2	4	62		

Fig 72. Datos Primarios Ingresados en el Software independiente PC30SL.

✓ **R&R del sistema de medición – ANOVA anidado** (Fig. 73).

Estudio R&R del sistema de medición - ANOVA anidado

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	7,12537	42,7522	100,00
Repetibilidad	7,10634	42,6380	99,73
Reproducibilidad	0,52042	3,1225	7,30
Parte a parte	0,00000	0,0000	0,00
Variación total	7,12537	42,7522	100,00

Fig 73. Valor de R&R obtenidos en el Software independiente PC30SL.

El porcentaje con respecto al Gage R&R total es aceptable cuando el porcentaje de evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %, o hasta 30 %. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de Gage R&R total en el análisis estadístico es de 7,13 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

✓ **Precisión**

Para esta característica de desempeño se toma el valor más alto entre la repetibilidad y la reproducibilidad de la (Fig. 73).

Con respecto a la precisión es aceptable cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 15 mm. De acuerdo con el resultado obtenido el "Desv.Est. (DE)" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de precisión en el análisis estadístico es de 7,11 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

✓ **Cálculo de la Incertidumbre Expandida**

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

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

Para el valor de la Incertidumbre **Tipo A** $\boldsymbol{u_A}$ se tomará el valor más alto de entre la Repetibilidad y la Reproducibilidad (Fig. 73).

Entonces,

$$\boldsymbol{u_A = 7,1063\ mm}$$

Cálculo de la incertidumbre **Tipo B u_B**

$$u_B = \sqrt{u_{cal}{}^2(regla) + u_{cal}{}^2(cronometro) + \ +u_{res}{}^2(regla) + u_{res}{}^2(cronometro) + u_{der}{}^2(regla) + u_{der}{}^2(cronometro)}$$

$$u_{cal}(regla) = \frac{U}{k} = \frac{0{,}58}{2} = 0{,}29\ mm$$

$$u_{cal}(cronometro) = \frac{U}{k(60seg)} = \frac{U}{2{,}01(60seg)} = \frac{0{,}0063}{120{,}6} = 0{,}00005224 = 0$$

$$u_{res}(regla) = \frac{Resolución\ de\ la\ \ regla}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0{,}2887\ mm$$

$$u_{res}(cronometro) = \frac{Resolución\ del\ cronometro}{2\sqrt{3}(60seg)} = \frac{0{,}01}{120\sqrt{3}} = 0{,}00004811 = \ 0$$

$$u_{der}(regla) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0085 - 0{,}000}{\sqrt{3}} == \frac{-0{,}0085}{\sqrt{3}}$$

$$= -0{,}004907\ mm$$

$$u_{der}(cronometro) = \frac{Diferencia\ de\ errores\ de\ calibración}{(60seg)\sqrt{3}} = \frac{(-0{,}0187) - 0{,}0192}{60\sqrt{3}} = \frac{-0{,}0379}{60\sqrt{3}} =$$

$$-0{,}0003647 = 0$$

Se remplazan los valores obtenidos en la ecuación.

$$u_B = \sqrt{u_{cal}{}^2(regla) + u_{cal}{}^2(cronometro) + \ +u_{res}{}^2(regla) + u_{res}{}^2(cronometro) + u_{der}{}^2(regla) + u_{der}{}^2(cronometro)}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}29^2 + 0^2 + 0{,}2887^2 + 0^2 + (-0{,}004907)^2 + 0^2}$$

$$u_B = \sqrt{0{,}1675}$$

$$\boldsymbol{u_B = \ 0{,}4093\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_A y u_B en la ecuación.

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

$$u_C = \sqrt{7{,}1063^2 + 0{,}4093^2}$$

$$u_C = \sqrt{50{,}6670}$$

$$\boldsymbol{u_C = 7{,}1181\ mm}$$

Se remplazan los valores obtenidos de u_C y k en la ecuación.

$$\boldsymbol{U = k * u_C}$$

Para el cálculo de la incertidumbre k será igual a 2, para una distribución t (de Student) correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

$$U = 2 * 7{,}1181$$

$$\boldsymbol{U = 14{,}24\ mm}$$

Con respecto a la incertidumbre expandida es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 30 mm. De acuerdo con el resultado obtenido, para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido de la incertidumbre expandida en el análisis estadístico es de 14,24 mm, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

- ✓ **Cálculo del valor p** (Fig. 74).

R&R del sistema de medición (anidado) para MEDICIÓN- FS (mm)

Fuente	GL	SC	MC	F	P
OPERADOR	1	36	36,0000	1,06404	0,342
PARTE/DIA (OPERADOR)	6	203	33,8333	0,66997	0,678
Repetibilidad	8	404	50,5000		
Total	15	643			

Fig 74. Valor de p obtenido en el Software independiente PC30SL.

El porcentaje con respecto al PARTE/DÍA (OPERADOR) es aceptable cuando el porcentaje de R&R del sistema de medición (anidado), se encuentra en un valor mayor o igual a 0,05. De acuerdo con el resultado obtenido el "P" para muestras longitudinales para el policarbonato, el valor obtenido del valor p en el análisis estadístico es de 0.68, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.2.9 Exactitud

Esta característica de desempeño se mide mediante el cálculo de porcentaje de recuperación, se utiliza un material de referencia (Policarbonato 30BT1) con su respectivo valor referencial y se lo calcula mediante la siguiente fórmula.

$$\%E = \frac{\text{Valor medido} - \text{valor referencial}}{\text{valor referencial}} \text{ x } 100 \qquad (7)$$

Donde:

%E = Porcentaje de recuperación

Valor medido = resultado obtenido en el ensayo del material de referencia

Valor referencial = valor obtenido del promedio de valores obtenidos por un laboratorio externo.

$$\%E = \frac{33 - 32}{32}\ x\ 100$$

$$\%E = 0{,}03125\ x\ 100$$

$$\%E = 3{,}13\ \%$$

Con respecto a la exactitud es aceptable, cuando el criterio de validación – verificación de la evaluación del sistema de medición, se encuentra en un valor menor o igual a 10 %. De acuerdo con el resultado obtenido para el policarbonato, el valor obtenido de la exactitud es de 3,13 %, por lo tanto, el sistema de medición es ACEPTABLE.

3.2.5.2.10 Declaración de la verificación y validación del método – Propagación vertical FS (mm)

En base a las recomendaciones propuestas por el manual de la AIAG, una vez realizado la validación o verificación del método en los rangos establecidos por el Laboratorio se evidencia o se verifica que se ha cumplido con los objetivos de validación – verificación establecidos, además se verifica que no existen diferencias significativas entre los datos, por lo que se declara que el método se encuentra validado – verificado de manera SATISFACTORIA (TABLA XXIV). Si las condiciones en las que se desarrolló en ensayo varían, el método será revalidado o verificado nuevamente.

TABLA XXIV

VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MÉTODO - PROPAGACIÓN VERTICAL (FS) mm

Característica de desempeño	Objetivos de validación o verificación	Resultados de la Validación o Verificación	Cumplimiento o No Cumplimiento
R&R	Menor o igual 30%	15BT: 9,56 % 15BL: 8,41 % 30BT: 9,69 % 30BL: 12,41 % 15ST: 3,63 % 15SL: 7,19 % 30ST: 3,01 % 30SL: 7,13 %	**CUMPLE**
Precisión (Repetibilidad y Reproducibilidad)	Menor o igual 15 mm	15BT: 7,84 mm 15BL: 5,99 mm 30BT: 9,69 mm 30BL: 12,41 mm 15ST: 3,12 mm 15SL: 7,18 mm 30ST: 3,01 mm 30SL: 7,11 mm	**CUMPLE**
Incertidumbre	Menor o igual 30 mm	15BT: 15,70 mm 15BL: 12,008 mm 30BT: 19,39 mm 30BL: 24,86 mm 15ST: 6,3 mm 15SL: 14,4 mm 30ST: 6,08 mm 30SL: 14,24 mm	**CUMPLE**
Valor de p Las diferencias entre las medidas no son estadísticamente significativas	Mayor o igual a 0,05	15BT: 0,18 15BL: 0,21 30BT: 0,23 30BL: 0,38 15ST: 0,08 15SL: 0,056 30ST: 0,16 30SL: 0,68	**CUMPLE**
Exactitud: (Veracidad) Porcentaje de Recuperación	Menor o igual 10 %	3,13 %	**CUMPLE**

3.2.6 Clasificación de los materiales de construcción

Una vez completados los ensayos de las muestras de los siguientes materiales: policarbonato, cielo raso, cortina, alfombra y madera para 30 segundos se obtienen los resultados del parámetro de propagación vertical (FS), el cual es un requisito establecido en la norma UNE-EN 13501-1 para la clasificación de los materiales conforme a las Euroclases. La norma europea de clasificación EN 13501-1 clasifica los materiales de construcción en siete clases según su comportamiento frente a la reacción al fuego: A1, A2, B, C, D, E y F, como se muestra en la TABLA XXV.

TABLA XXV

EURO CLASIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

CLASE	COMBUSTIBILIDAD	CARACTERÍSTICAS
A1	No combustible.	Productos que no presentan contribución al fuego en ninguna etapa, incluido el fuego completamente desarrollado.
A2	Poco combustible.	Materiales muy limitada de combustión. Puede generar una mínima cantidad de humo o llamas, pero no contribuye significativamente al desarrollo del fuego.
B	Combustible con una contribución muy limitada al fuego.	Productos que son capaces de resistir, durante un período prolongado, el ataque de una llama pequeña sin que se produzca una propagación considerable de la llama.
C	Combustible con una contribución limitada al fuego.	Productos que pueden resistir por un tiempo el ataque de una llama pequeña, pero empieza a contribuir al fuego.
D	Combustible con una contribución media al fuego.	Productos que contribuye de manera más notoria al fuego. La llama se propaga más fácilmente.
E	Combustible con una contribución alta al fuego.	Productos que pueden resistir por muy poco tiempo al ataque de la llama pequeña y se propaga rápidamente.
F	Sin clasificar	Productos para los cuales no se han determinado comportamientos específicos de reacción al fuego.

Desde la TABLA VII hasta la TABLA XXVII se encuentran los resultados del parámetro de propagación vertical (Fs), producción de humo, gotas / partículas inflamadas. Estos resultados fueron obtenidos tras la realización de los ensayos conforme a la norma ISO 11925-2, cumpliendo así con los parámetros de clasificación, establecidos en la norma EN 13501-1. En la TABLA XXVI se muestra la clasificación del policarbonato, mientras que la TABLA XXVII la clasificación de los siguientes materiales: cielo raso, cortina, alfombra y madera, según los resultados obtenidos de su comportamiento frente al fuego, de acuerdo a la norma europea de clasificación EN 13501-1.

TABLA XXVI

CLASIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ACORDE A SU REACCIÓN AL FUEGO

CLASIFICACIÓN DEL POLICARBONATO	
C	El material es combustible con una contribución limitada al fuego.
s2	La emisión de los humos es media.
d0	No se presenció goteo ni desprendimiento del material.
Clasificación de la reacción al fuego: C, s2, d0	

TABLA XXVII

CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES SEGÚN EN 13501-1

CLASIFICACIÓN DEL CIELO RASO	
B	El material es combustible con una contribución muy limitada al fuego.
s2	La emisión de los humos es media.
d0	No se presenció goteo ni desprendimiento del material.
Clasificación de la reacción al fuego: A2, s2, d0	
CLASIFICACIÓN DE LA CORTINA	
D	Material que contribuye de manera más notoria al fuego.
s2	La emisión de los humos es media.
d0	No se presenció goteo ni desprendimiento del material.
Clasificación de la reacción al fuego: F, s2, d0	
CLASIFICACIÓN DE LA ALFOMBRA	
D	Material que contribuye de manera más notoria al fuego.
s3	No cumple los criterios de comportamiento en relación con la producción de humo.
d2	No cumple los criterios de clasificación.
Clasificación de la reacción al fuego: F, s3, d2	
CLASIFICACIÓN DE LA MADERA	
B	El material es combustible con una contribución muy limitada al fuego.
s2	La emisión de los humos es media.
d0	No se presenció goteo ni desprendimiento del material.
Clasificación de la reacción al fuego: A2, s2, d0	

Análisis: En la TABLA XXVI, el policarbonato fue clasificado como clase C, al ser un material combustible con contribución limitada al fuego, además, se determina la clasificación s2 en producción del humo es media, y de igual manera se clasifica respecto a gotas y partículas inflamadas con d0 al no presenciar goteo ni desprendimiento del material.

En la TABLA XXVII, se clasifica el Cielo raso y la Madera como clase B, según los valores obtenidos el factor de propagación vertical (Fs) es inferior a 150 mm y por ende son productos que son capaces de resistir, durante un período prolongado, el ataque de una llama pequeña sin que se produzca una propagación considerable de la llama. Además, se clasifica la producción de humo de cada material, se determina la clasificación s2 en producción de humo para los dos materiales ensayados puesto que son productos para los cuales la emisión de los humos es media. De igual manera se clasifica respecto a gotas y partículas inflamadas con d0 al no presenciar goteo ni desprendimiento del material.

Se clasifica la Cortina y la Alfombra como Clase D, según los valores obtenidos el factor de propagación vertical (Fs) es inferior o igual a 150 mm y por ende son productos que contribuye de manera más notoria al fuego. La llama se propaga más fácilmente. Además, se clasifica la producción de humo de cada material, se determina la clasificación s2 en producción de humo para la cortina, puesto que son productos para los cuales la emisión de los humos es media. De igual manera se clasifica respecto a gotas y partículas inflamadas con d0 al no presenciar goteo ni desprendimiento del material. Para la alfombra, se determina la clasificación s3 en producción de humo, puesto que no cumple los criterios de comportamiento en relación con la producción de humo. De igual manera se clasifica respecto a gotas y partículas inflamadas con d2 al no cumplir los criterios de clasificación.

3.3 Ensayo de aptitud interlaboratorio internacional

3.3.1 Análisis de los ensayos de inflamabilidad en el Interlaboratory Test (ILT) de Argentina

A continuación, se presentan de manera resumida los resultados del ensayo de inflamabilidad realizada a las muestras del material de policarbonato, llevado a cabo por el participante internacional, como se observa en la TABLA XXVIII. Dichos datos se encuentran incluidos en el informe final enviado por el interlaboratorio (anexo 7).

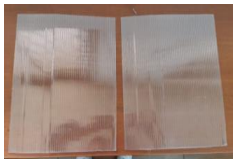
Los resultados se utilizan para evaluar como consistentes o inconsistentes en relación con el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la norma NTE INEN-ISO/IEC 17043.

TABLA XXVIII

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS - INTERLABORATORY TEST

ILT Interlaboratory Test	INSTRUCTIONS PROFICIENCY TESTING BUILDING MATERIALS DETERMINATIONS	ILT-U-2493

RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD

Muestras del policarbonato 

Probeta Longitudinal					
Muestra	**Ignición**	**Llama de 150 mm**	**Presencia de gotas inflamadas**	**Comportamiento físico del espécimen**	**Tiempo en extinguirse la llama (s)**
L1	Si	Si, 99.51 segundos	Si	Desprendimiento	146,53
L2	Si	No	No	Desprendimiento	24,64
L3	Si	No	No	Desprendimiento	32,95
Valor asignado por el laboratorio de referencia					
L1	Si	Si, 99.51 segundos	Si	Desprendimiento	146,53
L2	Si	No	No	Desprendimiento	24,64
L3	Si	No	No	Desprendimiento	32,95
Probeta Transversal					
Muestra	**Ignición**	**Llama de 150 mm**	**Presencia de gotas inflamadas**	**Comportamiento físico del Espécimen**	**Tiempo en extinguirse la llama**
T1	Si	No	No	Desprendimiento	7,23
T2	Si	No	No	Desprendimiento	45,69
T3	Si	No	No	Desprendimiento	118,63
Valor asignado por el laboratorio de referencia					
T1	Si	No	No	Desprendimiento	7,23
T2	Si	No	No	Desprendimiento	45,69
T3	Si	No	No	Desprendimiento	118,63

Los resultados obtenidos por el laboratorio participante se evalúan en función de su consistencia, clasificándose como satisfactorio o insatisfactorio en relación con los valores de referencia establecidos por el proveedor y coordinador del presente ensayo de aptitud inter-laboratorio. En las determinaciones cualitativas se aplicaron las disposiciones de la norma ISO/IEC 17043, punto B.3.2.1.

Para aplicar la técnica adecuada, se comparan los resultados de un participante con el valor asignado. Si ambos coinciden, el desempeño se considera aceptable. En caso que no sean iguales, será necesario recurrir a un juicio experto para determinar si el resultado es adecuado para su uso previsto. Con el fin de establecer la consistencia de las mediciones generadas por el laboratorio de referencia, responsable de coordinar el presente ensayo de aptitud. Es relevante señalar que, para establecer el criterio de aceptabilidad, se solicitó un ensayo de aptitud bajo las consideraciones del Laboratorio de Investigación Mecánica (LIM-UTA) de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, en colaboración con el Laboratorio Internacional de Inflamabilidad - Interlaboratory Test. Los resultados de este criterio se presentan en la TABLA XXIX.

TABLA XXIX

RESULTADOS DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD PARA EL CUMPLIMIENTO DEL ENSAYO DE APTITUD SEGÚN ISO 17043

ILT Interlaboratory Test	**RESULTADOS DEL ENSAYO DE INFLAMABILIDAD SEGÚN ISO 11925-2 PARA EL CUMPLIMIENTO DEL ENSAYO DE APTITUD SEGÚN ISO 17043**		
Probeta Longitudinal			
DETERMINACIÓN	**RESULTADO DEL PARTICIPANTE**	**RESULTADO DE REFERENCIA**	**VEREDICTO**
Ignición	I: SI, II: NO y III: NO	I:SI, II: NO y III: NO	**SATISFACTORIO**
Llama de 150 mm	I:SI, II: NO y III: NO	I:SI, II: NO y III: NO	**SATISFACTORIO**
Presencia de gotas inflamadas	I:SI, II: NO y III: NO	I:SI, II: NO y III: NO	**SATISFACTORIO**
Comportamiento físico del Espécimen	I:SI, II: NO y III: NO	I:SI, II: NO y III: NO	**SATISFACTORIO**
Tiempo en extinguirse la llama	Coincidente	Coincidente	**SATISFACTORIO**
Probeta Transversal			
DETERMINACIÓN	**RESULTADO DEL PARTICIPANTE**	**RESULTADO DE REFERENCIA**	**VEREDICTO**
Ignición	I:SI, II: NO y III: NO	I:SI, II: NO y III: NO	**SATISFACTORIO**
Llama de 150 mm	I:SI, II: NO y III: NO	I:SI, II: NO y III: NO	**SATISFACTORIO**
Presencia de gotas inflamadas	I:SI, II: NO y III: NO	I:SI, II: NO y III: NO	**SATISFACTORIO**
Comportamiento físico del Espécimen	I:SI, II: NO y III: NO	I:SI, II: NO y III: NO	**SATISFACTORIO**
Tiempo en extinguirse la llama	Coincidente	Coincidente	**SATISFACTORIO**

3.4 Discusión

El presente proyecto lleva a cabo una evaluación de ensayos de aptitud realizados en el Laboratorio de Investigación Mecánica (LIM-UTA). Se coordinan ensayos de inflamabilidad utilizando la cámara de inflamabilidad vertical, para lo cual se obtienen muestras de manera longitudinal y transversal, siguiendo los parámetros establecidos en la norma ISO 11925-2. Una vez finalizados los ensayos, se procede a la recolección de datos y resultados. Para la validación o verificación del método se evalúa los parámetros de tiempo de ignición (s) y la propagación vertical (FS) en mm, se realizó mediante un software especializado la evaluación de las características de desempeño: Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) del sistema de medición (anidado), precisión mediante el uso de la repetibilidad o reproducibilidad del sistema de medición, incertidumbre expandida por medio del uso de herramientas estadísticas y exactitud mediante el cálculo del porcentaje de recuperación. Los resultados se comparan con los rangos establecidos por el Laboratorio, confirmando así el cumplimiento de los objetivos de validación – verificación, además se verifica que no existen diferencias significativas entre los datos, permitiendo declarar que el método se encuentra validado y verificado de manera SATISFACTORIA. Se clasificó mediante la norma EN 13501-1 los materiales de construcción, obteniendo que el Policarbonato como clase C, el Cielo raso y la Madera pertenecen a la clase B, por otro lado, la alfombra y cortina pertenece a la clase D, además se clasifica según su producción de humo y la presencia de gotas o partículas inflamadas.

Además, los ensayos realizados por el Laboratorio de Investigación Mecánica (LIM-UTA) de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, en colaboración con el Laboratorio de Inflamabilidad (Interlaboratory Test – ILT), solicitado por el coordinador del proyecto, se utilizó probetas de forma transversal y longitudinal con el fin de determinar el criterio de aceptabilidad en función de su consistencia. Una vez finalizados los ensayos, se procede a la recolección de datos que evidencian un comportamiento coincidente entre las probetas evaluadas, evidenciado la veracidad de los resultados de ensayos obtenidos por el LIM-UTA. Se finaliza que, al ser idénticos, el desempeño es considerado SATISFACTORIO.

3.5 Cuadros de costos

En la TABLA XXX se detallan los costos asociados a los materiales utilizados en la ejecución del presente proyecto. Asimismo, los costos para los ensayos realizados tanto en el LIM-UTA como en el laboratorio internacional ILT – Interlaboratory Test se detallan en la TABLA XXXI y el costo total se especifica en la TABLA XXXII.

- ✓ **Costos directos**

TABLA XXX

LISTA DE MATERIALES Y COSTOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD (USD$)	COSTO TOTAL (USD$)
Policarbonato	1	$120	$120
Madera de pino	2	$5	$10
Alfombra	1	$12	$12
Cielo Raso	1	$6	$6
Cortina	1	$15	$15
Disco de corte metal	3	$2,24	$6,72
Papel filtro	2	$2	$4
Marcador de CD	5	$1	$5
Total (USD$)			**$178,72**

- ✓ **Costos indirectos**

TABLA XXXI

COSTOS INDIRECTOS

DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL (USD$)
Ensayo interlaboratorio	$920
Ensayo de materiales	$500
Total (USD$)	**$1420**

- ✓ **Costos totales**

TABLA XXXII

COSTOS TOTALES

Descripción	COSTO (USD$)
Costos directos	$178,72
Costos indirectos	$1420
Total (USD$)	**$1598.72**

3.6 Elaboración del informe de acuerdo con la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 para la comparación de resultados en el desempeño del ensayo de inflamabilidad de los materiales de construcción

El informe final se elabora de acuerdo con el procedimiento cero. A continuación, se presenta un resumen del informe, omitiendo el formato correspondiente por razones de confidencialidad.

I. OBJETIVO

Evaluar el desempeño del laboratorio y realizar una comparación de los resultados obtenidos en el informe final de la prueba de inter-laboratorio correspondiente a ensayos de inflamabilidad de materiales de construcción.

II. ALCANCE

Este documento se aplica al Laboratorio de Investigación Mecánica LIM-UTA, con el propósito de analizar los resultados obtenidos en la comparación inter-laboratorio, conforme a lo establecido en la norma NTE INEN-ISO/IEC 17043:2011 que establece los requisitos generales para la evaluación de la conformidad en ensayos de aptitud.

III. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Ensayo: Evaluación de la inflamabilidad de materiales.

Inflamabilidad: Se refiere a las características que determina la facilidad con la que un material puede encenderse al ser expuesto al fuego.

Ensayo de aptitud: Es la evaluación del rendimiento de los participantes en relación con criterios establecidos previamente, a través de comparaciones interlaboratorios.

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

Proveedor: Es la entidad responsable de llevar a cabo todas las actividades relacionadas con el desarrollo y la implementación de un programa de ensayos de aptitud.

Coordinador: Persona o grupo encargado de organizar y gestionar todas las actividades asociadas con la operación de un programa de ensayos de aptitud.

Programa: Se refiere al conjunto de ensayos de aptitud que se diseñan y ejecutan a través de una o más rondas en un área específica, abarcando ensayos, mediciones, calibraciones o inspecciones.

Personal: Se refiere a los colaboradores que desempeñan funciones bajo la supervisión del proveedor de ensayos de aptitud, incluyendo empleados permanentes, temporales y contratistas.

Equipos: Se define como el conjunto de instrumentos, dispositivos y accesorios requeridos para llevar a cabo mediciones u operaciones específicas.

Instalaciones: Infraestructura, edificios y equipamientos esenciales para el funcionamiento eficiente del proveedor de ensayos de aptitud.

Participante: Entidad ya sea un laboratorio, organización o individuo, que recibe las muestras de ensayo de aptitud y suministra los resultados para su evaluación por parte del proveedor de ensayos de aptitud.

Conformidad: Cumplimiento de los requisitos establecidos.

Requisito: Necesidad o expectativa, que puede ser implícita u obligatoria.

Evaluación: Proceso de verificación de la conformidad que demuestra el cumplimiento de requisitos específicos relacionados con un producto, proceso, sistema, persona u organismo.

IV. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD

TABLA XXXIII

RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD

AUTORIDAD	FUNCIÓN/RESPONSABILIDAD
Director	Supervisar y verificar que las operaciones del laboratorio se alineen con las políticas y procedimientos vigentes, así como autorizar los resultados obtenidos.
Coordinador	Planificar, dirigir y controlar el adecuado funcionamiento del Laboratorio de Investigación de Ensayos de Inflamabilidad, además de revisar los resultados generados.
Responsable Técnico	Desarrollar, modificar, verificar y validar los métodos de ensayo, así como supervisar los ensayos realizados en el laboratorio.
Responsable de calidad	Planificar, evaluar y supervisar el sistema de gestión de calidad, asegurando el cumplimiento de los estándares establecidos.
Técnico	Aplicar las especificaciones técnicas de la norma ISO 11925-2 para garantizar la correcta ejecución del ensayo de inflamabilidad.
Secretaría	Apoyar el funcionamiento eficiente del laboratorio de investigación a través de un trabajo organizado, discreto y metódico.

V. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

TABLA XXXIV

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

IDENTIFICACIÓN	NOMBRE
NTE INEN-ISO/IEC 17043:2011	Evaluación de la conformidad – Requisitos generales para los ensayos de aptitud (Número de referencia ISO/IEC 17043.2010).
NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018	Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración (ISO/IEC 17025:2017, IDT).
ISO/IEC 17011:2017	Evaluación de la conformidad – Requisitos para los organismos de acreditación que realizan la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad.
ISO 13528:2015	Métodos estadísticos para su uso en ensayos de aptitud mediante comparaciones interlaboratorios.
ISO 11925-2	Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única. (ISO 11925-2:2010, IDT).
CR GA08 R04:2022-11-08	Criterios generales para la participación de ensayos de aptitud.
ILAC-P13:10/2010	Aplicación de la ISO/IEC 17011 para la acreditación de proveedores de ensayos de aptitud.
ILAC P9:06/2014	Política de ILAC para participar en actividades de ensayos de aptitud.

VI. PROCEDIMIENTO

* Para la selección del proveedor del ensayo de aptitud, es necesario consultar el portal de servicios en línea del SAE. En caso de no encontrar un proveedor nacional, se debe buscar uno dentro de la Red EPTIS a nivel global.

* El laboratorio elegido como proveedor para el ensayo de aptitud, conforme a la norma ISO 11925-2, que regula los ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción y la inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única (ISO 11925-2:2010, IDT), es el Interlaboratory Test, el cual cuenta con la acreditación de la ONAC válida hasta el año 2026 en Argentina.

* El Laboratorio de Investigación Mecánica LIM-UTA, envió la solicitud y el comprobante de pago correspondientes al Laboratorio Interlaboratory Test para llevar a cabo el ensayo.

* El proveedor Interlaboratory Test envió dos muestras de policarbonato (300 mm x 300 mm) mediante FedEx Corporation, junto con el formato para el registro de resultados, al Laboratorio de Investigación Mecánica LIM-UTA, con el propósito de que este laboratorio realice el ensayo de acuerdo con las instrucciones establecidas.

* El Laboratorio de Investigación Mecánica LIM-UTA realiza el ensayo del material recibido, completa el formato de registro de los resultados obtenidos y envió dicha información al proveedor Interlaboratory Test por medio de correo electrónico.

* El proveedor Interlaboratory Test, a su vez, proporciona al Laboratorio de Investigación Mecánica un informe final que detalla los resultados del ensayo de aptitud, conforme a la norma ISO 11925-2. Esta norma regula los ensayos de reacción al fuego para materiales de construcción y evalúa la inflamabilidad de los materiales de construcción expuestos a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única. (ISO 11925-2:2010, IDT).

- **CRITERIO DE ACEPTABILIDAD**

Las normas internacionales, como la ISO/IEC 17043, definen la evaluación de competencia como la medición del rendimiento de pruebas de laboratorio a través de comparaciones entre diferentes laboratorios. Esta normativa establece la necesidad de

establecer un criterio de aceptabilidad para facilitar la comparación de los resultados obtenidos.

El Laboratorio de Investigación Mecánica LIM-UTA proporciona los resultados del ensayo de aptitud de acuerdo con la norma ISO 11925-2, que se refiere a la evaluación de la reacción al fuego de los materiales de construcción, en particular la inflamabilidad de estos productos al ser expuestos a una llama directa. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única. (ISO 11925-2:2010, IDT). El ensayo se aplica al material enviado por un proveedor internacional para su evaluación.

El proveedor internacional envía al Laboratorio de Investigación Mecánica LIM-UTA, un informe final del ensayo de aptitud, el cual incluye los resultados obtenidos y la determinación del criterio de aceptabilidad.

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos por el Laboratorio de Investigación Mecánica LIM-UTA fueron analizados en términos de si son consistentes o inconsistentes con respecto a los valores de referencia. En el caso de las determinaciones cualitativas, se aplicaron las disposiciones de la norma ISO/IEC 17043, punto B.3.2.1, como se muestra en la TABLA XXXV.

TABLA XXXV

RESULTADOS SEGÚN LA NORMA ISO/IEC 17043

Probeta Longitudinal			
DETERMINACIÓN	**RESULTADO DEL PARTICIPANTE**	**RESULTADO DE REFERENCIA**	**VEREDICTO**
Ignición	I: SI, II: SI y III:SI	I:SI, II: SI y III:SI	**SATISFACTORIO**
Llama de 150 mm	I:SI, II: NO y III: NO	I:SI, II: NO y III:NO	**SATISFACTORIO**
Presencia de gotas Inflamadas	I:SI, II: NO y III: NO	I:SI, II: NO y III:NO	**SATISFACTORIO**
Comportamiento físico del espécimen	I:SI, II: SI y III: SI	I:SI, II: SI y III:SI	**SATISFACTORIO**
Tiempo en extinguirse la llama	Coincidente	Coincidente	**SATISFACTORIO**

TABLA XXXVI

RESULTADOS SEGÚN LA NORMA ISO/IEC 17043

Probeta Transversal			
DETERMINACIÓN	**RESULTADO DEL PARTICIPANTE**	**RESULTADO DE REFERENCIA**	**VEREDICTO**
Ignición	I: SI, II: SI y III:SI	I:SI, II: SI y III:SI	**SATISFACTORIO**
Llama de 150 mm	I:NO, II:NO y III:NO	I:NO, II:NO y III:NO	**SATISFACTORIO**
Presencia de gotas Inflamadas	I:NO, II:NO y III:NO	I:NO, II:NO y III:NO	**SATISFACTORIO**
Comportamiento físico del espécimen	I:SI, II:SI y III:SI	I:SI, II:SI y III:SI	**SATISFACTORIO**
Tiempo en extinguirse la llama	Coincidente	Coincidente	**SATISFACTORIO**

VIII. CONCLUSIÓN

El resultado del ensayo de aptitud se determina como SATISFACTORIO, ya que se ha demostrado conformidad con los criterios de aceptabilidad establecidos por la normativa ISO 17043 para el programa de ensayo de inflamabilidad.

IX. CONTROL DE CAMBIOS

El resultado del ensayo de aptitud se determina como SATISFACTORIO, ya que se ha demostrado conformidad con los criterios de aceptabilidad establecidos por la normativa ISO 17043 para el programa de ensayo de inflamabilidad.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El análisis de la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043 permitió identificar los requisitos técnicos y procedimientos clave para la ejecución de ensayos inter-laboratorio en el ámbito de la inflamabilidad de materiales de construcción. Esta norma, junto con la NTE INEN-ISO/IEC 17025, establece un marco riguroso para asegurar la competencia técnica de los proveedores de ensayos de aptitud. Entre los aspectos más relevantes se destacan la correcta organización de los programas, la implementación de métodos de ensayo y la evaluación de resultados según criterios predefinidos.
- La realización de ensayos de inflamabilidad de materiales de construcción, conforme a la Norma NTE INEN-ISO 11925-2, permitió obtener datos técnicos precisos sobre el comportamiento de estos materiales frente a una fuente de ignición directa. Los ensayos realizados en el Laboratorio de Investigación Mecánica LIM-UTA se llevaron a cabo siguiendo procedimientos estandarizados, lo cual garantiza la validez y la reproducibilidad de los resultados.
- Para la validación y verificación del método se evalúa los parámetros de tiempo de ignición (s) y de propagación vertical (FS) en mm, se realizó mediante un software especializado la evaluación de las características de desempeño: Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) del sistema de medición (anidado), precisión mediante el uso de la repetibilidad o reproducibilidad del sistema de medición, incertidumbre expandida por medio del uso de herramientas estadísticas y exactitud mediante el cálculo del porcentaje de recuperación. Los resultados se comparan con los rangos establecidos por el Laboratorio, confirmando así el cumplimiento de los objetivos de validación – verificación, además se verifica que no existen diferencias significativas entre los datos, permitiendo declarar que el método se encuentra validado y verificado de manera SATISFACTORIA.
- Se clasificó mediante la norma EN 13501-1, los materiales de construcción, obteniendo que el Policarbonato como clase C, el Cielo raso y la Madera pertenecen a la clase B, por otro lado, la alfombra y cortina son clase D,

además, se clasifica según su producción de humo, para los materiales como el cielo raso, madera, y la cortina se determina la clasificación s2 en producción de humo puesto que son productos para los cuales la emisión de los humos es media. De igual manera se clasifica respecto a gotas y partículas inflamadas con d0 al no presenciar goteo ni desprendimiento del material. Para la alfombra, se determina la clasificación s3 en producción de humo, puesto que no cumple los criterios de comportamiento en relación con la producción de humo. De igual manera se clasifica respecto a gotas y partículas inflamadas con d2 al no cumplir los criterios de clasificación.

- Se desarrolla un informe conforme a la normativa NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 que detalla la comparación de resultados en el desempeño del ensayo de inflamabilidad de materiales de construcción. Este documento describe los procedimientos empleados en la ejecución de los ensayos de inflamabilidad, criterio de aceptabilidad y el análisis de resultados. Se concluye que el desempeño del ensayo de aptitud es SATISFACTORIO, dado que se ha demostrado conformidad con los criterios de aceptabilidad establecidos por la normativa ISO 17043, lo que permite su replicabilidad por otras entidades.
- El presente proyecto técnico contribuye al desarrollo continuo de la investigación sobre materiales de construcción, en relación con el Proyecto de Investigación aprobado por el CONIN mediante la resolución UTA-CONIN-2023-0369-R.

4.2 Recomendaciones

- Promover la creación de una red de colaboración con laboratorios nacionales e internacionales acreditados, con el fin de facilitar la comparación de resultados y el intercambio de mejoras prácticas. Esta iniciativa fortalecerá la credibilidad del laboratorio y facilitará futuras acreditaciones.
- Se sugiere implementar un plan de certificación para los materiales evaluados, estableciendo categorías de clasificación según su nivel de inflamabilidad. Esto permitirá emitir certificados reconocidos a los fabricantes de materiales de construcción.
- En el proceso de selección del laboratorio internacional para la realización de ensayos de aptitud, se recomienda establecer un contacto previo al envió de

la solicitud. Asimismo, la utilización de un cronograma detallado de actividades, e incluido en la solicitud de aceptación enviada al laboratorio, asegurará una ejecución eficiente y permitirá disponer de tiempo para gestionar cualquier situación imprevista.

- Se recomienda llevar a cabo un mantenimiento preventivo de la cámara de inflamabilidad vertical antes de realizar los ensayos, con el objetivo de prevenir contratiempos y alteraciones en los resultados de los ensayos de inflamabilidad.

Referencias bibliográficas

[1] ISO, “Conformity assessment - General requirements for proficiency testing ISO/IEC 17043:2010”, The International Organization for Standardization. Accedido: 22 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17043:ed-1:v1:en

[2] INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización, “Evaluación de la conformidad -Requisitos generales para los ensayos de aptitud según la Norma NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010”, 2010. [En línea]. Disponible en: www.iso.org

[3] INEN. Servicio Ecuatoriano de Normalización, “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y calibración (ISO/IEC 17025:2017,IDT)”, 2018. [En línea]. Disponible en: www.iso.org

[4] M. Poveda, “Implementation of quality standard UNE-EN ISO/IEC 17043 in the External Quality Control Program of the Spanish Society of Infectious Diseases and Clinical Microbiology”. Accedido: 24 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-97423

[5] C. A. Meza Moya, “Desarrollo de un ensayo de aptitud internacional por comparación interlaboratorios de métodos de ensayos físicos y químicos de acuerdo a los lineamientos de la ISO/IEC 17043”, masterThesis, Universitad de Lleida, España, 2021.

[6] ISO. The International Organization for Standardization, “Reaction to fire tests — Ignitability of products subjected to direct impingement of flame — Part 2: Single-flame source test. ISO 11925-2:2010”. Accedido: 23 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11925:-2:ed-4:v1:en

[7] INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización, “Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única. (ISO 11925-2:2010)”, 2010.

[8] C. I. Gutiérrez Díaz, “Requerimientos reglamentarios sobre el comportamiento al fuego de materiales usados en edificios de reunión de personas”, 2016.

[9] J. E. Hernández Jara, “Recopilación de información sobre comportamiento al fuego de elementos de construcción de viviendas”, bachelorThesis, Dep. Ing. Civil, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, 2008.

[10] K. A. Galarza Paucar, “Aplicación de Materiales Anti-Inflamables en los Elementos Constituidos del Diseño Interior”, 2013.

[11] R. E. Vargas Cordovilla, “Diseño y construcción de una cámara de inflamabilidad para productos de construcción para el laboratorio de investigación de ingeniería mecánica LIM UTA”, bachelorThesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2022.

[12] D. M. Paredes Villacis, “Análisis de la aplicación de retardantes de llama (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio) en un material compuesto de fibra de vidrio con matriz polimérica utilizado en la fabricación del interior de carrocerías metálicas y su influencia en el índice de inflamabilidad”, bachelorThesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2018.

[13] D. F. Pérez Pallo y E. S. Quinatoa Yaucan, “Reingeniería de la cámara de inflamabilidad vertical y aplicación de ensayos de resistencia a la flama de materiales de la industria textil para el laboratorio de investigación de ingeniería mecánica LIM UTA”, bachelorThesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2022.

[14] A. D. Alcívar Tigrero y C. A. Goyes Balladares, “Comparación al desempeño del LIM-UTA, mediante la implementación de los requisitos técnicos que establece la norma NTE INEN-ISO/IEC 17043:2010 de interlaboratorio para la realización de ensayos de aptitud de inflamabilidad de acuerdo con la norma NTE INEN-ISO 3795”, bachelorThesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2023.

[15] V. R. Lingan Rojas, “Comportamiento al fuego de edificaciones livianas con cubierta de membrana”, bachelorThesis, Dep. Ing. Civil, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, 2018.

[16] G. Duarte Viejo y T. Piqué Ardanuy, “NTP 599: Evaluación del riesgo de incendio: criterios”, 2001.

[17] S. A. Crespo Velasco, “Análisis de la flamabilidad del piso vinílico (SPC) según la norma NTE INEN-ISO 11925-2 con el fin de determinar su riesgo de combustión”, bachelorThesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2024.

[18] F. Sánchez, “Materiales de construcción”, 2011.

[19] Immaka, “Materiales para construcción. Clasificación, usos y dónde adquirirlos”. Accedido: 16 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://immaka.com.ec/blog/materiales-para-construccion/materiales-para-construccion

[20] ACIMCO, “Policarbonato italiano, durabilidad y rendimiento”. Accedido: 16 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.acimco.com/productos/policarbonato/

[21] ENCICLOPEDIA HUMANIDADES, “Madera: composición, estructura, usos y características”. Accedido: 16 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://humanidades.com/madera/

[22] P. Caibinagua, “Propuesta de Acabados de Pisos Y Cielo Rasos para Viviendas Económicas Caso (Emuvi)”, 2013.

[23] G. Calderón Zúñiga, I. Carrillo Matarrita, y C. Elizondo Picado, “Trazo de patrones de cortinas y cenefas”, 2005.

[24] M. Espinoza y R. Mayari, “Ensayos de aptitud: requisito para la acreditación de laboratorios”, 2005.

[25] Fapas, “Protocolo para los Programas de Ensayos de Aptitud”, 2021.

[26] A. P. Sánchez Núñez y F. A. Viteri Salas, “Levantamiento de información para la acreditación según la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018 del laboratorio de investigación de mecánica (LIM UTA) para el ensayo físico de inflamabilidad según la norma ISO 3795”, bachelorThesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2023.

[27] *Measurement systems analysis : reference manual*. [DaimlerChrysler]: [Ford Motor :] [General Motors], 2010.

Anexos

Anexo 1. NTE INEN-ISO 11925-2

Instituto Ecuatoriano de Normalización

Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN-ISO 11925-2
Primera edición
2014-01

ENSAYOS DE REACCIÓN AL FUEGO DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN. INFLAMABILIDAD DE LOS PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN CUANDO SE SOMETEN A LA ACCIÓN DIRECTA DE LA LLAMA. PARTE 2: ENSAYO CON UNA FUENTE DE LLAMA ÚNICA. (ISO 11925-2:2010, IDT)

REACTION TO FIRE TESTS. IGNITABILITY OF PRODUCTS SUBJECTED TO DIRECT IMPINGEMENT OF FLAME. PART 2: SINGLE-FLAME SOURCE TEST. (ISO 11925-2:2010, IDT)

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 11925-2:2010.

DESCRIPTORES: Ensayos, reacción, fuego, construcción, inflamabilidad, fuente, llama única.
ICS: 13.220.50

31 Páginas

CON LICENCIA DE USO PARA GONZALO EFRAIN NARANJO ALTAMIRANO - UNIVERSIDAD ...
NÚMERO DE ORDEN: 001-025-000158033/ DESCARGADO: 2021-04-20
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

© ISO 2010 – Todos los derechos reservados
© INEN 2014

Prólogo nacional

Esta Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 11925-2 es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 11925-2:2010, *"Reaction to fire tests. Ignitability of products subjected to direct impingement of flame. Part 2: Single-flame source test."*, la fuente de la traducción es la norma adoptada por AENOR. El comité nacional responsable de esta Norma Técnica Ecuatoriana y de su adopción es el Comité Interno del INEN.

CON LICENCIA DE USO PARA GONZALO EFRAIN NARANJO ALTAMIRANO - UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO,
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000158032/ DESCARGADO: 2021-04-20
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

© ISO 2010 – Todos los derechos reservados
© INEN 2014

PRÓLOGO

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

Las normas internacionales se redactan de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC.

La tarea principal de los comités técnicos es preparar normas internacionales. Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos se envían a los organismos miembros para votación. La publicación como norma internacional requiere la aprobación por al menos el 75% de los organismos miembros que emiten voto.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente.

La Norma ISO 11925-2 fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 92 *Seguridad contra incendios,* Subcomité SC 1, *Inicio de incendios y propagación.*

Esta tercera edición anula y sustituye a la segunda edición (ISO 11925-2:2002) que ha sido revisada técnicamente.

La Norma ISO 11925 consiste en las siguientes partes, bajo el título general *Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se someten a la acción directa de la llama:*

– Parte 1: *Directrices sobre inflamabilidad.* [Informe Técnico][1)]

– Parte 2: *Ensayo con una fuente de llama única.*

– Parte 3: *Ensayo multi-fuente.*[1)]

CON LICENCIA DE USO PARA GONZALO EFRAIN NARANJO ALTAMIRANO - UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO,
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000158032/ DESCARGADO: 2021-04-20
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

1) El título principal de la serie de Normas ISO 11925 ha variado desde que se publica por primera vez, haciendo referencia inicialmente sólo a la inflamabilidad de productos de edificación. Se espera que estas partes adopten el nuevo título en su próxima revisión.

Anexo 2. NTE INEN-ISO 17043

CON LICENCIA DE USO PARA USUARIOS DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO, POR INEN
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-0001937 13/ DESCARGADO: 2023-02-02
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO/IEC 17043:2011

NÚMERO DE REFERENCIA ISO/IEC 17043:2010 (ES)

FECHA DE CONFIRMACIÓN: 2020-07-06

EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD — REQUISITOS GENERALES PARA LOS ENSAYOS DE APTITUD.

Primera Edición

CONFORMITY ASSESSMENT — GENERAL REQUIREMENTS FOR PROFICIENCY TESTING.

First Edition

DESCRIPTORES: Servicios, organización, gestión y calidad de la empresa, calidad, certificación de producto y de empresa, evaluación de la conformidad, ensayos de aptitud, requisitos.
FD 03.05-447
CDU: 658.562.3:159.98
CIIU: I8329
ICS: 03.120.20

NORMA INTERNACIONAL

ISO/IEC 17043

Traducción oficial
Official translation
Traduction officielle

Primera edición
2010-02-01

Evaluación de la conformidad — Requisitos generales para los ensayos de aptitud

Conformity assessment — General requirements for proficiency testing

Évaluation de la conformité — Exigences générales concernant les essais d'aptitude

Publicado por la Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza, como traducción oficial en español avalada por el *Translation Management Group*, que ha certificado la conformidad en relación con las versiones inglesa y francesa.

Número de referencia
ISO/IEC 17043:2010
(traducción oficial)

© ISO 2010

CON LICENCIA DE USO PARA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, POR INEN
NÚMERO DE ORDEN: 001-000-000163713 DESCARGADO: 2023-03-09
AUTORIZACIÓN E USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

PDF – Exoneración de responsabilidad

Este fichero PDF puede contener fuentes incrustadas. De acuerdo con las condiciones de licencia de Adobe, este fichero puede imprimirse o visualizarse, pero no se debe editar a menos que el equipo informático empleado para ello tenga instaladas dichas fuentes con su licencia correspondiente. Al descargar este fichero, las partes implicadas aceptan la responsabilidad de no infringir las condiciones de licencia de Adobe. La Secretaría Central de ISO rehúsa cualquier responsabilidad sobre esta cuestión.

Adobe es una marca registrada de Adobe Systems Incorporated.

Los detalles relativos al software utilizado para crear este fichero PDF están disponibles en la sección *Información general* relativa al mismo. Los parámetros de creación del PDF se han optimizado para la impresión. Se han adoptado todas las medidas para garantizar que el fichero es apropiado para su uso por los organismos miembros de ISO. En el improbable caso de que se encuentre un problema al respecto, sírvase comunicarlo a la Secretaría Central en la dirección indicada a continuación.



DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© ISO 2010

Reservados los derechos de reproducción. Salvo prescripción diferente, no podrá reproducirse ni utilizarse ninguna parte de esta publicación bajo ninguna forma y por ningún medio, electrónico o mecánico, incluidos el fotocopiado y la microfilmación, sin la autorización por escrito recibida de ISO en la siguiente dirección o del organismo miembro de ISO en el país solicitante.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publicado en Suiza

CON LICENCIA DE USO PARA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, POR IMEN
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000193713/ DESCARGADO: 2023-02-02
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

Índice

Página

Prólogo iv
Prólogo de la versión en español v
Introducción vi
1 Objeto y campo de aplicación 1
2 Referencias normativas 1
3 Términos y definiciones 1
4 Requisitos técnicos 4
4.1 Generalidades 4
4.2 Personal 5
4.3 Equipos, instalaciones y medio ambiente 6
4.4 Diseño de los programas de ensayos de aptitud 6
4.5 Elección del método o procedimiento 11
4.6 Operación de los programas de ensayos de aptitud 11
4.7 Análisis de datos y evaluación de los resultados del programa de ensayos de aptitud 13
4.8 Informes 14
4.9 Comunicación con los participantes 16
4.10 Confidencialidad 16
5 Requisitos de gestión 17
5.1 Organización 17
5.2 Sistema de gestión 18
5.3 Control de los documentos 19
5.4 Revisión de los pedidos, las ofertas y los contratos 20
5.5 Subcontratación de servicios 20
5.6 Compra de servicios y de suministros 21
5.7 Servicio al cliente 21
5.8 Quejas y apelaciones 22
5.9 Control de trabajo no conforme 22
5.10 Mejora 22
5.11 Acciones correctivas 22
5.12 Acciones preventivas 23
5.13 Control de los registros 24
5.14 Auditorías internas 25
5.15 Revisiones por la dirección 25
Anexo A (informativo) Tipos de programas de ensayos de aptitud 27
Anexo B (informativo) Métodos estadísticos para ensayos de aptitud 32
Anexo C (informativo) Selección y uso de los ensayos de aptitud 39
Bibliografía 43

© ISO 2010 — Todos los derechos reservados

Anexo 3. NTE INEN-ISO 17025

Servicio Ecuatoriano de Normalización

Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN-ISO/IEC 17025

Tercera edición
2018-04

REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN (ISO/IEC 17025:2017, IDT)

GENERAL REQUIREMENTS FOR THE COMPETENCE OF TESTING AND CALIBRATION LABORATORIES (ISO/IEC 17025:2017, IDT)

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adopción idéntica de la traducción oficial de la Norma Internacional ISO/IEC 17025:2017.

ICS: 03.120.20

33 Páginas

© ISO/IEC 2017 – Todos los derechos reservados
© INEN 2018 para la adopción nacional
CON LICENCIA DE USO PARA CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO, H.GOBIERNO PROVINCIA
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-0000868986 / DESCARGADO: 2018-07-05
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

Prólogo nacional

Esta Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17025 *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración* es una adopción idéntica de la traducción oficial al español de la Norma Internacional ISO/IEC 17025:2017, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.* El comité nacional responsable de la adopción idéntica de esta Norma Internacional es el Comité Técnico de Normalización, *Evaluación de la conformidad.*

Esta NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018 (Tercera edición) reemplaza a la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 (Segunda edición)

A continuación, se enlista los documentos normativos internacionales que se referencian en la Norma Técnica ISO/IEC 17025:2017 y los documentos normativos nacionales correspondientes:

Documento Normativo Internacional	Documento Normativo Nacional
Guía ISO/IEC 99, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*	GPE INEN-ISO/IEC 99:2014, *Vocabulario internacional de metrología — Conceptos fundamentales y generales y términos asociados (VIM)* (ISO/IEC 99:2007, IDT)
ISO/IEC 17000, *Evaluación de la conformidad — Vocabulario y principios generales*	NTE INEN-ISO/IEC 17000:2006, *Evaluación de la conformidad — Vocabulario y principios generales* (ISO/IEC 17000:2012, IDT)

© ISO/IEC 2017 – Todos los derechos reservados
© INEN 2018 para la adopción nacional

CON LICENCIA DE USO PARA CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO, H.GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGUR
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-000086986 / DESCARGADO: 2018-07-05
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

NORMA INTERNACIONAL

ISO/IEC 17025

Traducción oficial

Official translation
Traduction officielle

Tecera edición
2017-11

Versión corregida
2018-03

Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración

General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais

Publicado por la Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza, como traducción oficial en español avalada por el *Translation Management Group*, que ha certificado la conformidad en relación con las versiones inglesa y francesa.

Número de referencia
ISO/IEC 17025:2017
(traducción oficial)

CON LICENCIA DE ISO PARA CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO, H.GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGUR
NÚMERO DE ORDEN: 004-005-0000000 | DESCARGADO: 2018-07-05
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

© ISO/IEC 2017



DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT

© ISO/IEC 2017. Publicado en Suiza

Reservados los derechos de reproducción. Salvo prescripción diferente, o requerido en el contexto de su implementación, no podrá reproducirse ni utilizarse ninguna parte de esta publicación bajo ninguna forma y por ningún medio, electrónico o mecánico, incluidos el fotocopiado, o la publicación en Internet o una Intranet, sin la autorización previa por escrito. La autorización puede solicitarse a ISO en la siguiente dirección o al organismo miembro de ISO en el país solicitante.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Ginebra, Suiza
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Versión española publicada en 2017

CON LICENCIA DE USO PARA CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO, H.GOBIERNO PROVINCIAL DE TUNGUR
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-0000809607 DESCARGADO: 2018-07-06
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

Índice

Página

Prólogo v

Prólogo de la versión en español vii

Introducción viii

1 Objeto y campo de aplicación 1

2 Referencias normativas 1

3 Términos y definiciones 1

4 Requisitos generales 3
4.1 Imparcialidad 3
4.2 Confidencialidad 4

5 Requisitos relativos a la estructura 4

6 Requisitos relativos a los recursos 5
6.1 Generalidades 5
6.2 Personal 6
6.3 Instalaciones y condiciones ambientales 6
6.4 Equipamiento 7
6.5 Trazabilidad metrológica 9
6.6 Productos y servicios suministrados externamente 10

7 Requisitos del proceso 10
7.1 Revisión de solicitudes, ofertas y contratos 10
7.2 Selección, verificación y validación de métodos 12
7.2.1 Selección y verificación de métodos 12
7.2.2 Validación de los métodos 12
7.3 Muestreo 13
7.4 Manipulación de los ítems de ensayo o calibración 14
7.5 Registros técnicos 15
7.6 Evaluación de la incertidumbre de medición 15
7.7 Aseguramiento de la validez de los resultados 16
7.8 Informe de resultados 16
7.8.1 Generalidades 16
7.8.2 Requisitos comunes para los informes (ensayo, calibración o muestreo) 17
7.8.3 Requisitos específicos para los informes de ensayo 18
7.8.4 Requisitos específicos para los certificados de calibración 18
7.8.5 Información de muestreo – requisitos específicos 19
7.8.6 Información sobre declaraciones de conformidad 19
7.8.7 Información sobre opiniones e interpretaciones 20
7.8.8 Modificaciones a los informes 20
7.9 Quejas 20
7.10 Trabajo no conforme 21
7.11 Control de los datos y gestión de la información 21

8 Requisitos del sistema de gestión 22
8.1 Opciones 22
8.1.1 Generalidades 22
8.1.2 Opción A 23
8.1.3 Opción B 23
8.2 Documentación del sistema de gestión (Opción A) 23

CON LICENCIA DE USO PARA CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO, H. GOBIERNO PROVINCIAL DE T
000086086 | DESCARGADO: 2018-07-05
USUARIO ÚNICO, PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN

8.3 Control de documentos del sistema de gestión (Opción A) 23
8.4 Control de registros (Opción A) 24
8.5 Acciones para abordar riesgos y oportunidades (Opción A) 24
8.6 Mejora (Opción A) 25
8.7 Acciones correctivas (Opción A) 25
8.8 Auditorías internas (Opción A) 26
8.9 Revisiones por la dirección (Opción A) 26

Anexo A (informativo) **Trazabilidad metrológica** **28**

Anexo B (informativo) **Opciones de sistemas de gestión** **30**

Bibliografía **32**

CON LICENCIA DE USO PARA CENTRO DE FOMENTO PRODUCTIVO, H GOBIERNO PROVIN
NÚMERO DE ORDEN: 001-005-
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO, PR

Traducción oficial/Official translation/Traduction officielle
© ISO/IEC 2017 — Todos los derechos reservados

Anexo 4. CR GA08 Criterios Generales Participación en Ensayos de Aptitud.

Servicio de Acreditación Ecuatoriano

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO

CR GA08 Criterios Generales

R04
2022-11-08

PARTICIPACIÓN EN ENSAYOS DE APTITUD

El presente documento se distribuye como copia no controlada.
Su revisión vigente debe ser consultada en la página web:
www.acreditacion.gob.ec

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
DAL	DGC CGT	DE
M. Salazar W Pérez Fecha: 2022-11-08	C. Plaza M. Romo Fecha: : 2022-11-08	C. Echeverría Fecha: : 2022-11-08

ÍNDICE

1. OBJETO 3
2. ALCANCE 3
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA 3
4. DEFINICIONES 4
5. RESPONSABILIDADES Y AUTORIDAD 5
6. DESCRIPCIÓN 5
6.1 PROVEEDORES DE ENSAYOS DE APTITUD ACEPTADOS 6
6.2 PARTICIPACION EN ENSAYOS DE APTITUD 7
6.3 CONFIDENCIALIDAD 11
6.4 COLUSIÓN Y FALSIFICACIÓN DE RESULTADOS 11
7. REGISTROS 12

1. OBJETO

Este documento tiene por objeto definir la política y los criterios generales que el Servicio de Acreditación Ecuatoriano- SAE aplica para la evaluación de los laboratorios de ensayo, calibración, clínicos y los organismos de inspección (cuando aplique) respecto a la participación en ensayos de aptitud y otras comparaciones interlaboratorios durante los procesos de acreditación.

Los ensayos de aptitud pueden ser utilizados en algunos tipos de inspección, por la inclusión de actividades de ensayo que directamente afectan a los resultados de la inspección o cuando sea requerido por la ley o por los reguladores.

2. ALCANCE

El presente documento debe ser utilizado por los evaluadores, expertos técnicos y las partes interesadas en el proceso de acreditación del SAE y se aplica para:

- La evaluación de la participación en Ensayos de Aptitud de los laboratorios de ensayo, de calibración y clínicos acreditados o en proceso de acreditación;
- Laboratorios interesados en acreditarse;
- Organismos de Inspección que deban cumplir el requisito de participar en ensayos de aptitud;
- Proveedores de ensayos de aptitud u otros organismos que coordinen programas de ensayos de aptitud.

Se establecen también los requisitos mínimos que deben cumplir los organizadores de ensayos de aptitud para que sus programas sean aceptados por el SAE.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Los documentos utilizados para la elaboración del presente documento y que se aplican con el mismo son:

ISO/IEC 17011:2017	Evaluación de la conformidad – Requisitos para los organismos de acreditación que realizan la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad.
NTE INEN-ISO/IEC 17000:2021	Evaluación de la conformidad – Vocabulario y principios generales.
NTE INEN-ISO/IEC 17025:2018	Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
ISO 15189:2012	Medical laboratories -- Requirements for quality and competence.
NTE INEN-ISO/IEC 17043:2011	Evaluación de la conformidad- Requisitos generales para los ensayos de aptitud.

NTE INEN-ISO/IEC 17020:2013	Evaluación de la conformidad requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección.
ILAC-P13:10/2010	Aplicación de la ISO/IEC 17011 para la Acreditación de Proveedores de Ensayos de Aptitud.
ILAC P9:06/2014	Política de ILAC para participar en actividades de ensayos de aptitud.
ISO 13528:2015	Métodos estadísticos para su uso en ensayos de aptitud mediante comparaciones interaboratorio.
NTE INEN ISO 17034:2019	Requisitos generales para la competencia de los productores de materiales de referencia.
ISO GUIDE 35:2017	Materiales de referencia - Guía para la caracterización y evaluación de la homogeneidad y la estabilidad

4. DEFINICIONES

Para la correcta interpretación de este documento se debe entender cuando se menciona el laboratorio que se incluye a los Organismos de Inspección (cuando aplique), adicionalmente se deben aplicar los términos y definiciones establecidas en las normas NTE INEN ISO/IEC 17000 y la NTE INEN-ISO/IEC 17043:2011, de los cuales se enfatiza los que se detallan a continuación:

Ensayo: Operación técnica que consiste en la determinación de una o más características de un proceso o servicio de acuerdo a un procedimiento especificado.

Ítem de ensayo de aptitud: Material u objeto que se entrega al laboratorio participante para realizar el ensayo 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.

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

Los ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratorios son una de las herramientas utilizadas para determinar el desempeño de los laboratorios y organismos de inspección, así como para el aseguramiento de la calidad externa con el objetivo de determinar oportunidades de mejora.

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.

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.

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

Anexo 5. Certificado de Calibración – Cronómetro Sper Scientific

ELICROM

Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017

ACCREDITED

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3228-020-24

Resultados de la Calibración
Calibration Results

Valor de Prueba *Test Value* s	Indicación Ítem *Item Reading* s	Indicación Patrón *Standard Reading* s	Error de Medición (e) *Measurement Error (e)* s	Incertidumbre (U) *Uncertainty (U)* s	Factor de Cobertura (k) *Coverage factor*
5	5,08	5,0830	-0,0030	0,0063	2,01
15	15,14	15,1460	-0,0060	0,0063	2,01
30	30,19	30,2000	-0,0100	0,0063	2,01
60	60,22	60,2319	-0,0119	0,0063	2,01
120	120,06	120,0689	-0,0089	0,0063	2,01
300	300,25	300,2667	-0,0167	0,0063	2,01
600	600,16	600,1785	-0,0185	0,0063	2,01
1200	1200,07	1200,0869	-0,0169	0,0063	2,01
1800	1800,11	1800,1334	-0,0234	0,0063	2,01
2700	2700,28	2700,3086	-0,0286	0,0063	2,01
3600	3600,15	3600,1848	-0,0348	0,0063	2,01
5400	5400,22	5400,2661	-0,0461	0,0063	2,01
7200	7200,31	7200,3715	-0,0615	0,0063	2,01

Nota
Note

La indicación del patrón y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).

The standard reading and measurement error (best estimate of the true value) are shown to the same number of digits as the reported uncertainty (see GUM 7.2.6).

FO.PEC.06-02 Rev. 08

Anexo 6. Certificado de Calibración – Regla Fénix

ELICROM

Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-3228-014-24

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LC 10-009
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

ilac-MRA ACCREDITED

Resultados de la Calibración
Calibration Results

Valor Nominal *Nominal Value*	Resultado *Result*	Error de Medición (e) *Measurement Error (e)*	Incertidumbre (U) *Uncertainty (U)*	Factor de Cobertura (k) *Coverage factor*
cm	cm	cm	cm	
2	2,003	-0,003	0,058	2,00
4	4,003	-0,003	0,058	2,00
5	5,003	-0,003	0,058	2,00
6	6,003	-0,003	0,058	2,00
9	9,025	-0,025	0,058	2,00
15	15,006	-0,006	0,058	2,00
18	18,003	-0,003	0,058	2,00
21	20,994	0,006	0,058	2,00
24	23,997	0,003	0,058	2,00
27	26,994	0,006	0,058	2,00
30	29,993	0,007	0,058	2,00

Notas
Notes

- El resultado se refiere al valor real obtenido por el sistema de calibración en cada valor nominal.
- El resultado y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).

- Result refers to the actual value obtained by the calibration system at each nominal value.
- Result and measurement error (best estimate of the true value) are shown with the same number of digits as the reported uncertainty (see GUM 7.2.6).

FO.PEC.37-02 Rev. 13

PRUEBAS DE COMPETENCIA POR COMPARACIONES INTERLABORATORIAS

ILT-U-2493

Determinaciones de materiales de construcción

PROGRAMA BILATERAL

REPORTE FINAL

Septiembre 2024

info@ptinterlaboratory.com // www.ptinterlaboratory.com

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 3
2. CODIGO DE PARTICIPACIÓN 3
3. OBJETIVO 3
4. PARÁMETROS MEDIDOS 3
5. MÉTODO UTILIZADO 3
6. INSTRUCCIONES PARA LA PRUEBA 3
7. NORMAS DE ENSAYO 4
8. MUESTRA 5
9. VALOR ASIGNADO 5
10. PARTICIPANTE 7
11. CONFIDENCIALIDAD 7
12. RESULTADOS 7
13. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS 9
14. ORGANIZACIÓN 9
15. CONCLUSIONES 10
16. CONFIRMACIÓN 10
17. SUGERENCIAS, QUEJAS Y APELACIONES 10

1. INTRODUCCIÓN

Las normas internacionales, como la ISO/IEC 17043, definen la prueba de competencia como la determinación del rendimiento de una prueba de laboratorio por medio de comparaciones entre laboratorios.

El propósito del programa es evaluar el desempeño de los laboratorios participantes, sobre la base de evidencia objetiva a través de los resultados que producen e informar a ***ILT – Interlaboratory Test*** como proveedor de pruebas de competencia.

La participación en esta prueba de competencia está abierta a laboratorios acreditados y no acreditados en todo el mundo.

2. CODIGO DE PARTICIPACIÓN:

N/A.

3. OBJETIVO

El programa de ensayo de aptitud por comparaciones interlaboratorio **ILT-U-2493** es la determinación de la reacción al fuego en muestras de materiales de construcción.

4. PARÁMETROS MEDIDOS

DETERMINACIÓN	MÉTODO
Ignitabilidad de productos sometidos a la acción directa de la llama. (Muestra probada completamente adherida con adhesivo PVA a una placa de silicato de calcio).	ISO 11925-2

5. MÉTODO UTILIZADO

Los métodos utilizados fueron descritos en el instructivo. La prueba debe realizarse en condiciones normales de rutina y el técnico responsable debe completar el formulario de resultado.

6. INSTRUCCIONES PARA LA PRUEBA

Las siguientes notas son importantes para asegurar que los resultados del programa se puedan analizar correctamente:

1. Los participantes reciben 2 muestras de policarbonato (300 mm x 300 mm).
2. Las muestras se pueden ensayar de inmediato una vez que se reciben. Estas deben tratarse de la misma manera que las muestras analizadas de forma rutinaria.
3. Los participantes deberán realizar la determinación acorde a la norma ISO 11925-2.
4. Registrar los resultados en el formulario adjunto. Deberá detallar cada resultado para la determinación correspondiente. Añade cualquier información que consideres. (Por favor, incluya unidades si es necesario).

5. Los participantes deben asegurarse de que el equipo se utilice en condiciones en las que los operadores hayan sido capacitados y calificados para evitar o minimizar posibles fuentes de error.
6. Las muestras enviadas quedan en poder del laboratorio que las ensayó.
7. Enviar la planilla con los resultados a: test@ptinterlaboratory.com.

Los resultados del ensayo deberán estar tipeados (no se tomarán como válidos los resultados enviados escritos a mano).

La fecha límite para el envío de los resultados de ensayo será de 20 días hábiles a partir de la fecha de recepción de la muestra.

El transporte y la distribución no deben alterar las características a medir. En el caso contrario por favor comunicarse con el coordinador del programa antes de iniciar los ensayos.

FORMULARIO DE RESULTADOS

Fecha del análisis:

DETERMINACIÓN	RESULTADOS

Observaciones:

7. NORMAS DE ENSAYO

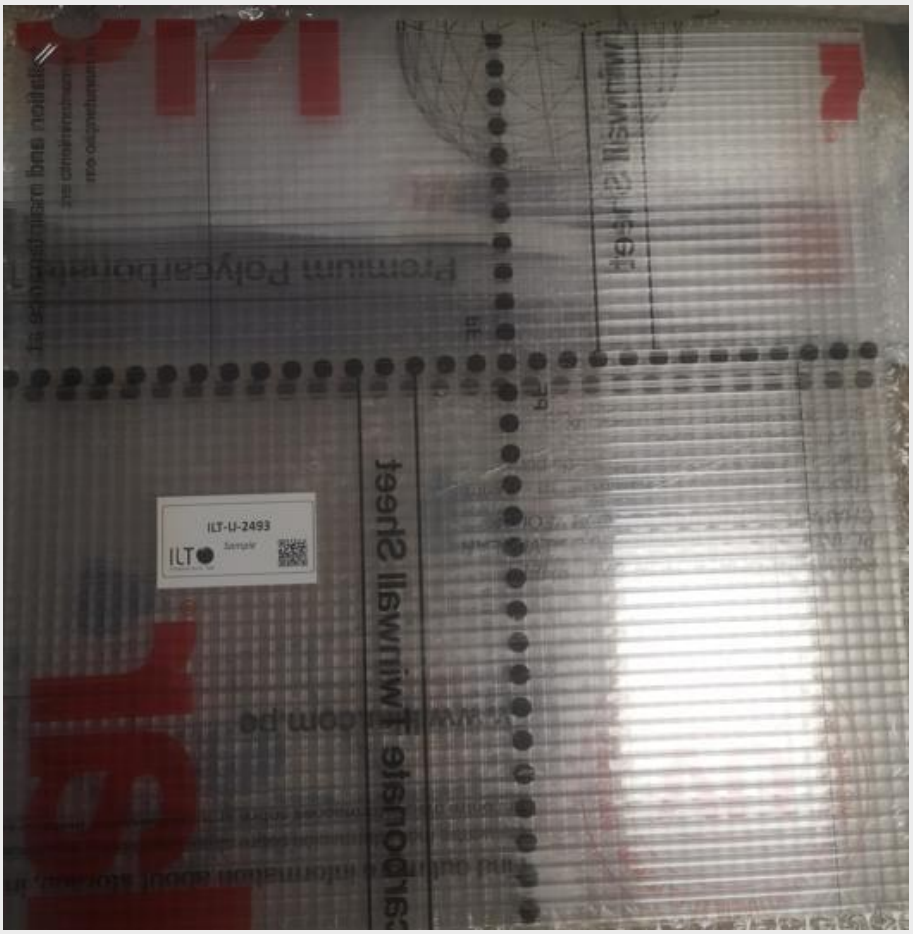
Fueron tomados como estándar de referencia:

ISO 11925-2: *"Ensayos de reacción al fuego. Inflamabilidad de los productos cuando se someten a la acción directa de la llama. Parte 2: Ensayo con una fuente de llama única".*

8. MUESTRA

ILT- Interlaboratory Test ha seleccionado muestras de policarbonato (300 mm x 300 mm)

MUESTRA PARA EL ENSAYO



9. VALOR ASIGNADO

Los valores asignados de los diferentes parámetros se obtuvieron del laboratorio de referencia.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	
Espécimen Longitudinal 1	Ignición	Si. 5 segundos
	Llama de 150 mm	Si. 99.51 segundos
	Presencia de gotas inflamadas	Si. 60 segundos
	Comportamiento físico del espécimen	desprendimiento
	Tiempo en extinguirse la llama	146.53 segundos

Espécimen Longitudinal 2	Ignición	Si. 6 segundos
	Llama de 150 mm	No
	Presencia de gotas inflamadas	No
	Comportamiento físico del espécimen	desprendimiento
	Tiempo en extinguirse la llama	24.64 segundos
Espécimen Longitudinal 3	Ignición	Si. 6 segundos
	Llama de 150 mm	No
	Presencia de gotas inflamadas	No
	Comportamiento físico del espécimen	desprendimiento
	Tiempo en extinguirse la llama	32.95 segundos
Espécimen Transversal 1	Ignición	Si. 7 segundos
	Llama de 150 mm	No
	Presencia de gotas inflamadas	No
	Comportamiento físico del espécimen	desprendimiento
	Tiempo en extinguirse la llama	7.23 segundos
Espécimen Transversal 2	Ignición	Si. 6 segundos
	Llama de 150 mm	No
	Presencia de gotas inflamadas	No
	Comportamiento físico del espécimen	desprendimiento
	Tiempo en extinguirse la llama	45.69 segundos
Espécimen Transversal 3	Ignición	Si. 7 segundos
	Llama de 150 mm	No
	Presencia de gotas inflamadas	No
	Comportamiento físico del espécimen	desprendimiento
	Tiempo en extinguirse la llama	118.63 segundos

10. PARTICIPANTE

Universidad Técnica de Ambato.

11. CONFIDENCIALIDAD

ILT - Interlaboratory Test se compromete a no divulgar a terceros o instituciones el contenido de ningún documento relacionado con el participante, ni sus resultados en el proceso de ensayos.

12. RESULTADOS

Los resultados fueron proporcionados por el participante.

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	
Ignitabilidad. Probeta Longitudinal – L1	¿Hubo ignición?	La ignición de la probeta se produce a los 5 segundos
	¿La llama alcanza 150 mm?	La punta de la llama alcanza 150 mm en un tiempo de 99.51 segundos
	¿Presencia de gotas inflamadas que provocan ignición del papel de filtro?	La ignición del papel de filtro ocurrió después de los 60 segundos de haber iniciado el ensayo
	¿Observaciones del comportamiento físico del espécimen de prueba?	Hubo desprendimiento de material encendido
	¿Cuánto tardo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego?	146.53 segundos
Ignitabilidad. Probeta Longitudinal – L2	¿Hubo ignición?	La ignición de la probeta se produce a los 6 segundos
	¿La llama alcanza 150 mm?	No
	¿Presencia de gotas inflamadas que provocan ignición del papel de filtro?	No provocan la ignición del papel de filtro
	¿Observaciones del comportamiento físico del espécimen de prueba?	Hubo desprendimiento de material encendido
	¿Cuánto tardo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego?	24.64 segundos
Ignitabilidad. Probeta Longitudinal – L3	¿Hubo ignición?	La ignición de la probeta se produce a los 6 segundos
	¿La llama alcanza 150 mm?	No

	¿Presencia de gotas inflamadas que provocan ignición del papel de filtro?	No provocan la ignición del papel de filtro
	¿Observaciones del comportamiento físico del espécimen de prueba?	Hubo desprendimiento de material encendido
	¿Cuánto tardo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego?	32.95 segundos
Ignitabilidad. Probeta Transversal – T1	¿Hubo ignición?	La ignición de la probeta se produce a los 7 segundos
	¿La llama alcanza 150 mm?	No
	¿Presencia de gotas inflamadas que provocan ignición del papel de filtro?	No provocan la ignición del papel de filtro
	¿Observaciones del comportamiento físico del espécimen de prueba?	Hubo desprendimiento de material encendido
	¿Cuánto tardo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego?	7.23 segundos
Ignitabilidad. Probeta Transversal – T2	¿Hubo ignición?	La ignición de la probeta se produce a los 6 segundos
	¿La llama alcanza 150 mm?	No
	¿Presencia de gotas inflamadas que provocan ignición del papel de filtro?	No provocan la ignición del papel de filtro
	¿Observaciones del comportamiento físico del espécimen de prueba?	Hubo desprendimiento de material encendido
	¿Cuánto tardo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego?	45.69 segundos
Ignitabilidad. Probeta Transversal – T3	¿Hubo ignición?	La ignición de la probeta se produce a los 7 segundos
	¿La llama alcanza 150 mm?	No
	¿Presencia de gotas inflamadas que provocan ignición del papel de filtro?	No provocan la ignición del papel de filtro
	¿Observaciones del comportamiento físico del espécimen de prueba?	Hubo desprendimiento de material encendido
	¿Cuánto tardo en extinguirse la llama luego de retirar el fuego?	118.63 segundos

13. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos por el laboratorio participante deben evaluarse como consistentes o inconsistentes con respecto a los valores de referencia. En las determinaciones cualitativas, se aplicarán las disposiciones de la norma ISO / IEC 17043, punto B.3.2.1.

Probeta Longitudinal

DETERMINACIÓN	RESULTADO DEL PARTICIPANTE	RESULTADO DE REFERENCIA	VEREDICTO
Ignición	I: SI, II: SI y III: SI	I: SI, II: SI y III: SI	**SATISFACTORIO**
Llama de 150 mm	I: SI, II: NO y III: NO	I: SI, II: NO y III: NO	**SATISFACTORIO**
Presencia de gotas inflamadas	I: SI, II: NO y III: NO	I: SI, II: NO y III: NO	**SATISFACTORIO**
Comportamiento físico del espécimen	I: SI, II: SI y III: SI	I: SI, II: SI y III: SI	**SATISFACTORIO**
Tiempo en extinguirse la llama	Coincidente	Coincidente	**SATISFACTORIO**

Probeta Transversal

DETERMINACIÓN	RESULTADO DEL PARTICIPANTE	RESULTADO DE REFERENCIA	VEREDICTO
Ignición	I: SI, II: SI y III: SI	I: SI, II: SI y III: SI	SATISFACTORIO
Llama de 150 mm	I: NO, II: NO y III: NO	I: NO, II: NO y III: NO	SATISFACTORIO
Presencia de gotas inflamadas	I: NO, II: NO y III: NO	I: NO, II: NO y III: NO	SATISFACTORIO
Comportamiento físico del espécimen	I: SI, II: SI y III: SI	I: SI, II: SI y III: SI	SATISFACTORIO
Tiempo en extinguirse la llama	Coincidente	Coincidente	SATISFACTORIO

14. ORGANIZACIÓN

Proveedor de pruebas de competencia: **ILT - Interlaboratory Test**

Coordinador **ILT-U-**: **Ing. Tulio A. Palacios** (test@ptinterlaboratory.com).

Consultoría técnica**: Ing. Tulio A. Palacios.**

14.1. ACTIVIDADES SUBCONTRATADAS

Consultoría estadística: **Ing. Eduardo J. Rodríguez.**

15. CONCLUSIONES

La evaluación del rendimiento de ***Universidad Técnica de Ambato*** se realizó de acuerdo con los criterios ISO/IEC 17043.

El programa de pruebas de aptitud realizado mediante comparaciones bilaterales determinó que todas las mediciones se completaron con éxito en conformidad con norma **ISO 11925-2**.

16. CONFIRMACIÓN

Los participantes deben confirmar por correo electrónico a test@ptinterlaboratory.com la recepción de este informe.

17. SUGERENCIAS, QUEJAS Y APELACIONES

Los participantes que tengan sugerencias, quejas y apelaciones referidas a este servicio de prueba de Interlaboratorios de ***ILT - Interlaboratory Test***, deben ingresar a nuestro sitio web www.ptinterlaboratory.com, hacer clic en "**SUGERENCIAS"** y elegir **"Tipo de sugerencias**".



Ing. Tulio A. Palacios
ILT - Interlaboratory Test Coordinador

FIN DEL INFORME