

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

“ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN E ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE LÁTEX REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO”

**Autor:** Edison Fabricio Bautista Velasco

**Tutor:** Ing. Mg. Cristian Fabián Pérez Salinas

**Ambato - Ecuador**

**2020**

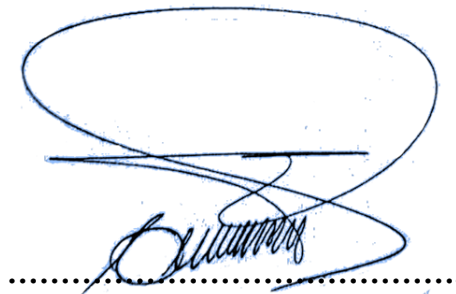
## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del Trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN E ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE LÁTEX REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO”, elaborado por la Sr. Edison Fabricio Bautista Velasco, portador de la cédula de ciudadanía: 0503162893, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, Agosto del 2020

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized loop at the top and a more complex, scribbled signature below it. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

**Ing. Mg. Cristian Fabián Pérez Salinas**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, Edison Fabricio Bautista Velasco, portador de la CI. 0503162893, declaro que todo el contenido del presente trabajo experimental con el tema: “ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN E ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE LÁTEX REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO”, es de mi completa autoría y absoluta responsabilidad.

Ambato, Agosto del 2020



**Edison Fabricio Bautista Velasco**

**C.I.: 0503162893**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga este Proyecto Experimental o parte de él, un documento para su lectura consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimonial de mi Proyecto Experimental con fines de difusión pública, además apruebo 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 mis derechos de autor.

Ambato, Agosto del 2020



**Edison Fabricio Bautista Velasco**

**C.I.: 0503162893**

**AUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el Trabajo Experimental sobre el tema: **“ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN E ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE LÁTEX REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO”**. elaborado por Edison Fabricio Bautista Velasco, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Agosto de 2020

Para constancia firman:



Ing. Mg. María Belén Paredes Robalino



Ing. Mg. Christian Byron Castro Miniguano

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo se lo dedico con mucho respeto a Dios, por darme la vida y ser guía durante toda mi formación profesional.*

*A mis padres Oracio y Elsa, quienes incondicionalmente me brindaron su amor y apoyo para culminar con mis estudios universitarios. A ellos, que no escatimaron esfuerzo alguno para darme siempre lo mejor, su dedicación nunca permitió que me rinda durante el transcurso de mi carrera.*

*A mis hermanos Yajaira, Gilmer, Holger y Katherine, que con sus consejos y enseñanzas me motivaron para poder cumplir con mis metas.*

## AGRADECIMIENTO

*Por medio de estas líneas quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que me brindaron su ayuda para lograr culminar la presente investigación.*

*A mis queridos padres, que siempre han estado en los momentos buenos y difíciles. A mis hermanos y a mi familia, que constantemente me dedicaron palabras de motivación para seguir adelante.*

*A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, quien me acogió y formó como persona y profesional. Agradecer a todos los docentes por haber impartido sus conocimientos y experiencias.*

*Mi gratitud a mi tutor de tesis, el Ing. Mg. Cristian Pérez Salinas por ser el guía durante el desarrollo de mi trabajo experimental, ya que gracias a sus enseñanzas logré conseguir la culminación de este.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xix
ABSTRACT .....	xx
TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL .....	1
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos .....	1
1.2. Justificación.....	4
1.3. Fundamentación teórica.....	4
1.3.1. Materiales compuestos .....	4
1.3.2. Composición de un material compuesto .....	6
1.3.3. Clasificación de los materiales compuestos .....	7
1.3.3.1. Según el tipo de matriz .....	7
1.3.3.2. Según la forma del refuerzo.....	8
1.3.4. Material compuesto a base de matriz elastomérica .....	10
1.3.5. Látex.....	11
1.3.5.1. Látex sintético.....	12
1.3.6. Material compuesto reforzado con partículas .....	13
1.3.6.1. Partículas grandes .....	14
1.3.6.2. Consolidados por dispersión.....	15



1.3.7.	Caucho reciclado.....	15
1.3.8.	Fricción .....	16
1.3.8.1.	Fricción estática .....	16
1.3.8.2.	Fricción dinámica .....	17
1.3.9.	Coefficiente de fricción .....	17
1.3.9.1.	Coefficiente de fricción estático.....	17
1.3.9.2.	Coefficiente de fricción dinámico.....	19
1.3.10.	Ensayos aplicables al material compuesto .....	20
1.3.10.1.	Ensayo de fricción .....	20
1.3.10.2.	Ensayo de inflamabilidad.....	21
1.4.	Objetivos.....	22
1.4.1.	Objetivo general.....	22
1.4.2.	Objetivos específicos .....	22
CAPÍTULO II .....		23
METODOLOGÍA .....		23
2.1.	Materiales .....	23
2.1.1.	Látex de policloruro de vinilo (PVC).....	23
2.1.2.	Gránulo de caucho reciclado .....	24
2.2.	Métodos .....	28
2.2.1.	Diseño de experimentos (DOE) .....	28
2.2.2.	Nivel o tipo de investigación.....	29
2.2.2.1.	Bibliográfico .....	29
2.2.2.2.	Descriptivo.....	29
2.2.2.3.	Experimental.....	29
2.2.2.4.	Correlacional.....	29
2.2.3.	Población y muestra .....	29
2.2.3.1.	Población .....	29

2.2.3.2.	Muestra .....	30
2.3.	Hipótesis .....	31
2.4.	Señalamiento de variables de la hipótesis .....	31
2.5.	Operacionalización de variables.....	32
2.5.1.	Variable independiente.....	32
2.5.2.	Variable dependiente.....	33
2.6.	Plan de recolección de información .....	34
2.7.	Plan de procesamiento y análisis.....	35
2.7.1.	Factibilidad de ejecución de ensayos .....	37
2.7.2.	Adquisición de materiales .....	38
2.7.3.	Fabricación de moldes.....	40
2.7.3.1.	Material por emplear.....	41
2.7.3.2.	Selección del tipo de molde .....	42
2.7.3.2.1.	Molde para ensayos de fricción .....	42
2.7.3.2.2.	Molde para ensayos de inflamabilidad .....	42
2.7.3.3.	Diseño de moldes.....	42
2.7.3.3.1.	Diseño del molde para ensayo de fricción .....	42
2.7.3.3.2.	Diseño del molde para ensayo de inflamabilidad .....	44
2.7.3.4.	Manufactura de moldes.....	45
2.7.4.	Determinación de densidades del látex sintético y gránulo de caucho reciclado.....	48
2.7.4.1.	Determinación de la densidad del látex sintético.....	49
2.7.4.2.	Determinación de la densidad del gránulo de caucho.....	52
2.7.5.	Composición volumétrica entre matriz y refuerzo.....	54
2.7.5.1.	Cálculo de volúmenes y masas para la composición volumétrica	54
2.7.5.1.1.	Cálculo del volumen de matriz y refuerzo empleado según la composición volumétrica.....	55

2.8.	Elaboración de probetas .....	58
2.9.	Ejecución de ensayos.....	64
2.9.1.	Ensayo de fricción del material compuesto .....	64
2.9.2.	Ensayo de inflamabilidad del material compuesto.....	66
CAPÍTULO III.....		68
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		68
3.1.	Resultados Obtenidos .....	68
3.1.1.	Resultados de los ensayos de fricción estáticos (Látex: 100%).....	68
3.1.2.	Resultados de los ensayos de fricción estáticos (Látex: 60% - Gránulo: 40%)	74
3.1.3.	Resultados de los ensayos de fricción dinámicos (Látex: 100%) .....	80
3.1.4.	Resultados de los ensayos de fricción dinámicos (Látex: 60% - Gránulo: 40%)	86
3.2.	Resultados de los ensayos de inflamabilidad .....	92
3.3.1.	Análisis del coeficiente de fricción estático .....	96
3.3.1.1.	Análisis de varianza .....	96
3.3.2.	Análisis del coeficiente de fricción dinámico .....	102
3.3.2.1.	Análisis de varianza .....	102
3.4.	Verificación de hipótesis .....	107
3.4.1.	Verificación de hipótesis de ensayos de fricción .....	108
3.4.2.	Verificación de hipótesis de ensayos de inflamabilidad .....	109
CAPÍTULO IV.....		114
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		114
4.1.	CONCLUSIONES.....	114
4.2.	RECOMENDACIONES .....	115
Bibliografía .....		116
ANEXOS.....		120

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1.</b> Material compuesto naturales .....	5
<b>Fig. 2.</b> Sectores de aplicación de materiales compuestos .....	5
<b>Fig. 3.</b> Constitución básica de un material compuesto.....	6
<b>Fig. 4.</b> Matriz bajo efecto de carga a compresión y tracción .....	6
<b>Fig. 5.</b> Clasificación de materiales compuestos según la forma del refuerzo .....	9
<b>Fig. 6.</b> Tamaño y dirección de fibras (a) largas y alineadas, (b) cortas y alineadas, y (c) cortar y posición aleatoria.....	10
<b>Fig. 7.</b> Cadena molecular de un elastómero a) sin estiramiento b) en estiramiento .	11
<b>Fig. 8.</b> Extracción de látex .....	11
<b>Fig. 9.</b> Producto de látex sintético.....	12
<b>Fig. 10.</b> Material compuesto reforzado con partículas.....	13
<b>Fig. 11.</b> Material compuesto reforzado con partículas.....	14
<b>Fig. 12.</b> Material compuesto reforzado con partículas.....	15
<b>Fig. 13.</b> Comparación entre fricción estática y dinámica.....	16
<b>Fig. 14.</b> Fuerzas presentes en el cálculo de coeficiente de fricción .....	17
<b>Fig. 15.</b> Diagrama de cuerpo libre de un cuerpo horizontal aplicada una fuerza .....	18
<b>Fig. 16.</b> Máquina para ensayos de fricción .....	20
<b>Fig. 17.</b> Equipo para ensayo de inflamabilidad.....	21
<b>Fig. 18.</b> Látex de policloruro de vinilo (PVC) .....	23
<b>Fig. 19.</b> Trituración mecánica de neumáticos .....	24
<b>Fig. 20.</b> Gránulo de caucho reciclado .....	24
<b>Fig. 21.</b> Superficies para estudio, baldosa-madera-concreto .....	28
<b>Fig. 22.</b> Diagrama de flujo del proceso a realizar en la investigación .....	36
<b>Fig. 23.</b> Látex sintético obtenido.....	39

<b>Fig. 24.</b> Gránulo de caucho reciclado obtenido .....	39
<b>Fig. 25.</b> Diagrama de flujo para elaboración de moldes .....	41
<b>Fig. 26.</b> Área de moldeo – ensayo de fricción .....	43
<b>Fig. 27.</b> Vista isométrica del molde – ensayo de fricción.....	43
<b>Fig. 28.</b> Área de moldeo – ensayo de inflamabilidad .....	44
<b>Fig. 29.</b> Vista isométrica del molde – ensayo de inflamabilidad .....	45
<b>Fig. 30.</b> Router CNC .....	46
<b>Fig. 31.</b> Codificación y dibujo para moldes.....	46
<b>Fig. 32.</b> Mecanizado de moldes en torno CNC .....	46
<b>Fig. 33.</b> Moldes terminados para ensayos de fricción e inflamabilidad.....	47
<b>Fig. 34.</b> Diagrama de flujo para cálculo de densidad del látex sintético y gránulo de caucho .....	48
<b>Fig. 35.</b> Diagrama de flujo para elaboración de probetas .....	59
<b>Fig. 36.</b> Pesaje del látex sintético y gránulo de caucho .....	60
<b>Fig. 37.</b> Mezcla del látex sintético y gránulo de caucho.....	60
<b>Fig. 38.</b> Pre calentamiento de moldes .....	61
<b>Fig. 39.</b> Pre calentamiento de moldes .....	61
<b>Fig. 40.</b> Retiro de excesos de mezcla en moldes.....	62
<b>Fig. 41.</b> Vulcanización del material compuesto.....	62
<b>Fig. 42.</b> Enfriamiento y extracción de probetas .....	63
<b>Fig. 43.</b> Control de calidad en probetas de material compuesto .....	63
<b>Fig. 44.</b> Probetas de material compuesto obtenidas.....	64
<b>Fig. 45.</b> Diagrama de Pareto de los efectos para el coeficiente de fricción estático. 99	
<b>Fig. 46.</b> Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción estático (Material).....	99

<b>Fig. 47.</b> Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción estático (Condición) .....	100
<b>Fig. 48.</b> Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción estático (Superficie).....	101
<b>Fig. 49.</b> Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción estático (Orientación) .....	101
<b>Fig. 50.</b> Gráfica de interacciones para el coeficiente de fricción estático.....	102
<b>Fig. 51.</b> Diagrama de Pareto de los efectos para el coeficiente de fricción dinámico .....	104
<b>Fig. 52.</b> Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción dinámico (Material).....	105
<b>Fig. 53.</b> Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción dinámico (Condición) .....	105
<b>Fig. 54.</b> Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción dinámico (Superficie).....	106
<b>Fig. 55.</b> Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción dinámico (Orientación) .....	106
<b>Fig. 56.</b> Gráfica de interacciones para el coeficiente de fricción estático.....	107
<b>Fig. 57.</b> Distribución T-Student .....	111
<b>Fig. 58.</b> Verificación de hipótesis utilizando la campana de distribución .....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Listado de materiales utilizados para elaboración del compuesto .....	25
<b>Tabla 2.</b> Características del Tribómetro de incidencia variable .....	27
<b>Tabla 3.</b> Características técnicas del Rugosímetro utilizado para medir la rugosidad de las superficies.....	27
<b>Tabla 4.</b> Disposición del material compuesto .....	30
<b>Tabla 5.</b> Muestras destinadas para ensayos .....	30
<b>Tabla 6.</b> Muestras destinadas para ensayos .....	32
<b>Tabla 7.</b> Muestras destinadas para ensayos .....	33
<b>Tabla 8.</b> Muestras destinadas para ensayos .....	34
<b>Tabla 9.</b> Información del Laboratorio para ejecución de ensayos.....	37
<b>Tabla 10.</b> Factibilidad de ejecución de ensayos .....	38
<b>Tabla 11.</b> Datos sobre proveedores de los materiales .....	40
<b>Tabla 12.</b> Datos sobre proveedores de los materiales .....	47
<b>Tabla 13.</b> Determinación de la masa promedio de las probetas de látex .....	49
<b>Tabla 14.</b> Determinación del volumen promedio de las probetas de látex .....	50
<b>Tabla 15.</b> Pesaje de la masa del caucho .....	52
<b>Tabla 16.</b> Determinación del volumen promedio del gránulo de caucho reciclado ..	53
<b>Tabla 17.</b> Información general sobre composición volumétrica y número de probetas para ensayos .....	55
<b>Tabla 18.</b> Volúmenes calculados de látex y gránulo de caucho para moldes .....	56
<b>Tabla 19.</b> Datos generales de volumen y masa necesario para elaborar probetas para ensayos de fricción e inflamabilidad.....	58
<b>Tabla 20.</b> Información de los factores y niveles.....	95
<b>Tabla 21.</b> Tabla resumen del diseño factorial .....	96
<b>Tabla 22.</b> Análisis de varianza para el coeficiente de fricción estático.....	96

<b>Tabla 23.</b> Análisis de varianza para el coeficiente de fricción dinámico.....	102
<b>Tabla 24.</b> Resumen del Valor-p del modelo de regresión para los coeficientes de fricción estáticos y dinámicos .....	108
<b>Tabla 25.</b> Datos de velocidad de combustión del ensayo de inflamabilidad.....	111



## ÍNDICE DE FICHAS TÉCNICAS

<b>Ficha Técnica 1:</b> Resultados del ensayo de fricción estático-baldosa-seco con configuración de 100% látex.....	68
<b>Ficha Técnica 2:</b> Resultados del ensayo de fricción estático-baldosa-húmedo con configuración de 100% látex.....	69
<b>Ficha Técnica 3:</b> Resultados del ensayo de fricción estático-madera-seco con configuración de 100% látex.....	70
<b>Ficha Técnica 4:</b> Resultados del ensayo de fricción estático-madera-húmedo con configuración de 100% látex.....	71
<b>Ficha Técnica 5:</b> Resultados del ensayo de fricción estático-concreto-seco con configuración de 100% látex.....	72
<b>Ficha Técnica 6:</b> Resultados del ensayo de fricción estático-concreto-húmedo con configuración de 100% látex.....	73
<b>Ficha Técnica 7:</b> Resultados del ensayo de fricción estático-baldosa-seco con configuración de 60% látex y 40% gránulo .....	74
<b>Ficha Técnica 8:</b> Resultados del ensayo de fricción estático-baldosa-húmedo con configuración de 60% látex y 40% gránulo .....	75
<b>Ficha Técnica 9:</b> Resultados del ensayo de fricción estático-madera-seco con configuración de 60% látex y 40% gránulo .....	76
<b>Ficha Técnica 10:</b> Resultados del ensayo de fricción estático-madera-húmedo con configuración de 60% látex y 40% gránulo .....	77
<b>Ficha Técnica 11:</b> Resultados del ensayo de fricción estático-concreto-seco con configuración de 60% látex y 40% gránulo .....	78
<b>Ficha Técnica 12:</b> Resultados del ensayo de fricción estático-concreto-húmedo con configuración de 60% látex y 40% gránulo .....	79
<b>Ficha Técnica 13:</b> Resultados del ensayo de fricción dinámico-baldosa-seco con configuración de 100% látex.....	80

<b>Ficha Técnica 14:</b> Resultados del ensayo de fricción dinámico-baldosa-húmedo con configuración de 100% látex.....	81
<b>Ficha Técnica 15:</b> Resultados del ensayo de fricción dinámico-madera-seco con configuración de 100% látex.....	82
<b>Ficha Técnica 16:</b> Resultados del ensayo de fricción dinámico-madera-húmedo con configuración de 100% látex.....	83
<b>Ficha Técnica 17:</b> Resultados del ensayo de fricción dinámico-concreto-seco con configuración de 100% látex.....	84
<b>Ficha Técnica 18:</b> Resultados del ensayo de fricción dinámico-concreto-húmedo con configuración de 100% látex.....	85
<b>Ficha Técnica 19:</b> Resultados del ensayo de fricción dinámico-baldosa-seco con configuración de 60% látex y 40% gránulo .....	86
<b>Ficha Técnica 20:</b> Resultados del ensayo de fricción dinámico-baldosa-húmedo con configuración de 60% látex y 40% gránulo .....	87
<b>Ficha Técnica 21:</b> Resultados del ensayo de fricción dinámico-madera-seco con configuración de 60% látex y 40% gránulo .....	88
<b>Ficha Técnica 22:</b> Resultados del ensayo de fricción dinámico-madera-húmedo con configuración de 60% látex y 40% gránulo .....	89
<b>Ficha Técnica 23:</b> Resultados del ensayo de fricción dinámico-concreto-seco con configuración de 60% látex y 40% gránulo .....	90
<b>Ficha Técnica 24:</b> Resultados del ensayo de fricción dinámico-concreto-húmedo con configuración de 60% látex y 40% gránulo .....	91
<b>Ficha Técnica 25:</b> Resultados del ensayo de inflamabilidad en probetas con configuración 100% látex .....	92
<b>Ficha Técnica 26:</b> Resultados del ensayo de inflamabilidad en probetas con configuración 60% látex y 40% gránulo.....	94

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

“ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN E ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE LÁTEX REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO”.

**Autor:** Edison Fabricio Bautista Velasco

**Tutor:** Ing. Pérez Salinas Cristian, Mg

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo experimental tiene como objetivo analizar el coeficiente de fricción (estático y dinámico) e índice de inflamabilidad de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado.

Se elaboraron probetas de material compuesto con composición volumétrica de 60 por ciento Látex sintético y 40 por ciento gránulo de caucho reciclado (granulometría de 0,841 mm), también se elaboraron probetas de material simple con configuración del 100 por ciento látex sintético. Además, se fabricaron moldes de aluminio con el propósito de facilitar el proceso de vulcanización que requieren las muestras. Realizamos ensayos de fricción (Guía de Uso del Inglés XL Tribómetro de Incidencia Variable) e inflamabilidad bajo normativa (ISO 3795).

Los ensayos de fricción se ejecutaron a los dos materiales sobre tres tipos de superficies bajo condiciones secas y húmedas, la toma de valores se realizó en las 4 direcciones (norte, sur, este, oeste). Dando como resultado que el factor de mayor incidencia sobre el valor de los coeficientes de fricción estáticos y dinámicos es la “Condición”. Para el caso del factor “Material” los coeficientes de fricción de mayor valor fueron para el material con composición 100 por ciento látex sintético. Mientras que en el factor “Superficie” el de tipo madera obtuvo valores superiores en comparación a las otras dos. Por otro lado, se determinó que el factor “Orientación” no tiene incidencia en la medición de coeficientes de fricción. Por último, se realizaron ensayos de inflamabilidad a los materiales, para el material compuesto la velocidad de quemado tuvo un valor de 9,23 mm/min. Mientras que, para el material simple la velocidad de quemado fue de 7,94 mm/min.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO**  
**FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING**  
**MECHANICAL ENGINEERING CAREER**

"ANALYSIS OF THE FRICTION COEFFICIENT AND FLAMMABILITY INDEX OF A MATERIAL COMPOSED FROM ELASTOMERIC MATRIX OF LATEX REINFORCED WITH RECYCLED RUBBER GRANULE".

**Author:** Edison Fabricio Bautista Velasco

**Tutor:** Ing. Pérez Salinas Cristian, Mg

**ABSTRACT**

The present experimental work aims to analyze the coefficient of friction (static and dynamic) and flammability index of a composite material made from elastomeric latex matrix reinforced with recycled rubber granule.

Composite specimens with volumetric composition of 60 percent Synthetic latex and 40 percent Recycled rubber granule (particle size of 0.841 mm) were made, and simple material specimens with 100 percent synthetic latex configuration were also made. In addition, aluminum molds were manufactured with the purpose of facilitating the vulcanization process required by the samples. Friction tests (Use Guide for English XL Variable Incidence Tribometer) and flammability were performed under regulations (ISO 3795).

Friction tests were carried out on the two materials on three types of surfaces under dry and wet conditions, the values were taken in the 4 directions (north, south, east, west). As a result, the factor with the highest incidence on the value of static and dynamic friction coefficients is the "Condition". In the case of the "Material" factor, the coefficients of friction of greater value were for the material with a 100 percent synthetic latex composition. While in the "Surface" factor the wood type obtained higher values compared to the other two. On the other hand, it was determined that the "Orientation" factor has no impact on the measurement of friction coefficients. Finally, material flammability tests were performed, for the composite material the burn rate had a value of 9.23 mm / min. While, for the simple material the burn rate was 7.94 mm / min.

## **TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL**

“ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN E ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE MATRIZ ELASTOMÉRICA DE LÁTEX REFORZADO CON GRÁNULO DE CAUCHO RECICLADO”.

### **CAPÍTULO I**

#### **MARCO TEÓRICO.**

##### **1.1. Antecedentes investigativos**

Para efectuar este proyecto experimental, se estudió investigaciones previamente realizadas a nivel del país y de la misma forma investigaciones realizadas fuera del país.

El uso de materiales compuestos se ha venido dando de la antigüedad, hace miles de años atrás estos materiales han sido utilizados para la fabricación de pequeñas chozas, en la cual se ha empleado el material adobe como elemento matriz y la paja como elemento refuerzo. Hoy en día el uso de estos materiales ha ido creciendo gradualmente e insertándose en varios sectores industriales, además, se han desarrollado investigaciones sobre el uso de materiales reciclados para la elaboración de materiales compuestos con la finalidad de que sean amigables con el ambiente.

Franco Giovanni Palacios Pérez en el 2017 efectuó la investigación “Análisis de las características mecánicas de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado para elaboración de pisos” en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Mecánica. Donde se consiguió la elaboración de un material compuesto a base de matriz elastomérica de látex y actuando como refuerzo gránulos de caucho reciclado, con el fin de alcanzar un material de mejores características mecánicas para la elaboración de pisos, para lo cual se realizó distintas configuraciones, es decir, variar la composición volumétrica matriz - refuerzo o modificando el tamaño del refuerzo.

Las probetas normalizadas se sometieron a ensayos de tracción, compresión y dureza, donde se corroboró que el material con mejores características mecánicas para elaborar

pisos es el Tipo A3, donde el tamaño de gránulo es 0-0,841mm o Tamiz #20 y su composición volumétrica es de 40% refuerzo y 60% látex, a este material se sometió a ensayos de inflamabilidad para determinar sus características al ser expuesto al fuego. [1]

José Augusto Benavides Morales en el 2019 realizó el estudio de “Elaboración de adoquines flexibles a partir de fibra de caucho de neumáticos reciclados para revestimientos de pisos” en la Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Ingeniería Mecánica. La investigación propuso la elaboración de adoquines flexibles utilizando una matriz elastomérica de resina de poliuretano y refuerzo fibra de caucho reciclado. Se elaboraron probetas con distintas configuraciones volumétricas para luego ser sometidas a pruebas mecánicas de compresión (NTE INEN 889) y dureza (NTE INEN 887). [2]

Luego de haber analizado los resultados se concluyó que la mejor configuración para la fabricación de adoquines fue la Tipo B3 con un tamaño de grano de 3 a 6 mm y su composición volumétrica de 16% resina de poliuretano, 14% polvillo de caucho y 70% fibra de caucho reciclado. Identificado el mejor material, se elaboraron probetas y se realizó en ensayo de inflamabilidad según la norma (ASTM D635) dando una velocidad de quemado de 21.48 mm/min. [2]

Legítimamente no se halló investigaciones previas sobre la medición de coeficientes de fricción en materiales compuestos de matriz elastomérica de látex reforzados con gránulos de caucho reciclado, pero se encontró trabajos investigativos que se pueden utilizarse como referencia.

Adoración Muñoz Lázaro en el 2019 realizó la investigación “Problemática del resbalamiento en pavimentos cerámicos” en la Universidad Jaime I, dentro del Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales y Materiales. Donde primero intentó relacionar los valores de la resistencia al deslizamiento que se obtienen utilizando diferentes métodos de ensayo como son: primero, tribómetro lineal dinámico que mide el coeficiente de fricción dinámico, segundo, el método de la rampa con el cual se determina el ángulo crítico de deslizamiento y tercero el Pendulum Test Value, que se mide con el péndulo de fricción. Estos ensayos fueron aplicados especialmente a pavimentos cerámicos con distinto acabado superficial, el material

ensayado fueron tres tipos de caucho según la normativa utilizada y a la vez utilizó agentes contaminantes como agua potable, agua más lauril sulfato sódico y aceite.

Los resultados obtenidos fueron correlacionados y resultan ser una fuente de gran valor para diseñar piezas de pavimento cerámico de buena calidad y duraderas. De igual forma se pretende que dichas piezas no pierdan sus propiedades de resistencia al deslizamiento a lo largo de su vida útil, con lo que se pretende salvaguardar la integridad física de peatones. [3]

Iván D. James en 1985 efectuó la investigación “Slip Resistance Tests for Flooring: Two Methods Compared” este artículo de revista fue publicado en la plataforma científica de literatura ScienceDirect. El cual realizó la comparación de dos métodos en pruebas de resistencia al deslizamiento para pisos, los métodos de prueba empleados fueron el Tortus BCRA de la Asociación Británica de Investigación Cerámica y la prueba del péndulo. Las pruebas se realizaron en 19 materiales diferentes para pisos: 15 materiales poliméricos, 3 materiales cerámicos y una placa de vidrio. Además, cada uno de los pisos de material polimérico fueron pulidos en porciones separadas con esmalte de emulsión y esmalte de cera. Las pruebas se realizaron en condiciones secas y húmedas, para las pruebas en húmedo se utilizó una solución de 0 a 4% de lavavajillas en agua destilada. Por otra parte, el material antideslizante utilizado para las dos pruebas fue goma y cuero. [4]

Los resultados experimentales que se obtuvieron muestran que incluso al utilizar el mismo material deslizante de prueba en ambos métodos, los valores de resistencia al deslizamiento fueron diferentes. Al realizar pruebas en seco utilizando el pie de goma, los resultados de los dos equipos fueron similares, tanto en los pisos sin tratar, como en los pisos pulidos. Lo contrario sucedió al realizar las pruebas en húmedo, ya que los resultados se distorsionaron de gran manera. Mientras que cuando se utilizó el material de cuero para las pruebas tanto en seco como en húmedo, los dos métodos indicaron que los pisos estaban en condiciones peligrosas. En conclusión, se determinó que los pisos sin tratar o sin pulir en condiciones secas ofrecen una mayor resistencia al deslizamiento o coeficiente de fricción. [4]

## **1.2. Justificación**

En la actualidad la invención de nuevos materiales compuestos es de vital importancia para el crecimiento de la industria, destacando varios sectores industriales, por ejemplo, la industria automovilística, construcción, mecánica, aeroespacial, medicina, etc. Basándose únicamente en la necesidad de conseguir materiales con mejores propiedades.

Crear materiales compuestos radica en combinar dos o más materiales, a los cuales se los llama matriz y refuerzo, con la finalidad de mejorar sus propiedades. En la presente investigación se ha elegido el uso de un material elastómero como matriz, que se consigue de la savia de un árbol tropical, considerado como un látex, por otro lado, como elemento refuerzo se va a utilizar gránulos de caucho reciclado, que se adquiere después de un proceso mecánico. [5]

El uso de diminutos granos de caucho reciclado como refuerzo en dicho material compuesto favorece al cuidado del medio ambiente, ya que actualmente los desechos de caucho generan problemas de contaminación en todo el mundo. Dentro de la industria el uso del caucho tiene diversas aplicaciones entre las cuales se puede mencionar la producción de mangueras de riego, globos decorativos y en especial la fabricación de neumáticos para distintos medios de transporte como autos, motos o bicicletas. [6]

Este trabajo está justificado por elaborar un material compuesto que contribuye a preservar el medio ambiente. De igual manera, aporta al desarrollo tecnológico dentro de las distintas industrias del país.

## **1.3. Fundamentación teórica**

### **1.3.1. Materiales compuestos**

Un material compuesto se define como la mezcla macroscópica de dos o más materiales monofásicos de distinta naturaleza, las propiedades y características del nuevo material formado son superiores a la de sus materiales constituyentes por separado. Un material compuesto está formado por una fase continua llamada matriz, que puede ser de origen metálica, cerámica o plástica, y la fase discontinua llamada refuerzo, que llegan a ser pequeñas partículas o fibras de distintos tamaños. Los



elementos básicos que conforman estos materiales son tres: matriz, refuerzo e interfase. [7]

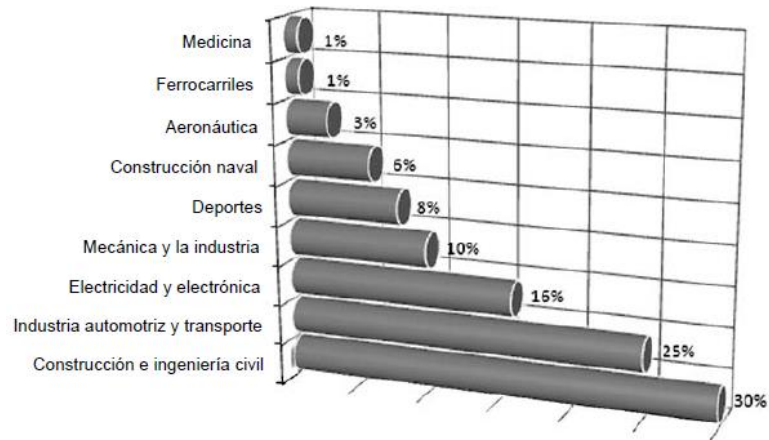
Un claro ejemplo de estos materiales dentro de la naturaleza es la madera, que está formada por celulosa y lignina, también se puede mencionar los huesos que resulta de la unión de colágeno e hidroxiapatita. [8]



**Fig. 1.** Material compuesto naturales

**Fuente:** [8]

En los últimos años los composites han ido posicionándose dentro de los mercados a nivel de todo el mundo, superando incluso la utilización de varios metales como el acero y aluminio. De igual manera el uso de materiales compuestos ha crecido aceleradamente en distintos sectores, tal como se muestra en la siguiente figura. [8]

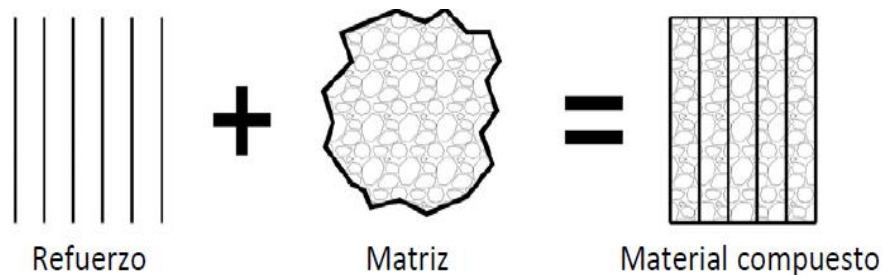


**Fig. 2.** Sectores de aplicación de materiales compuestos

**Fuente:** [8]

### 1.3.2. Composición de un material compuesto

Un material compuesto está formado específicamente por una matriz y refuerzo, la combinación de estos brinda propiedades mejoradas al nuevo material.



**Fig. 3.** Constitución básica de un material compuesto

**Fuente:** [8]

#### **Matriz.**

La matriz también conocida como fase continua, está destinada a contener el refuerzo de manera fijo y estable, cediendo continuidad y consistencia al material. Entre las funciones principales que cumple la matriz tenemos.

- Define propiedades químicas y físicas del material.
- Transmite las cargas aplicadas en la matriz hacia el refuerzo.
- Protege y brinda cohesión. [9]

Así mismo la matriz juega un rol importante cuando al material compuesto se lo somete a distintas cargas, puesto que, si al material se le aplica una carga a compresión, viene a ser la matriz el elemento que soporta los esfuerzos. Mientras que, si al material se aplica una carga a tracción, la matriz transfiere los esfuerzos generados hacia las partículas o fibras que actúan como elemento refuerzo. Por todo lo dicho anteriormente es que se requiere de una buena adhesión entre matriz y refuerzo.



**Fig. 4.** Matriz bajo efecto de carga a compresión y tracción

**Fuente:** [9]

### **Propiedades de una matriz.**

Las propiedades que destacan en la matriz de un material compuesto son:

- Sostiene a las fibras en posición correcta.
- Transfiere cargas a las fibras más fuertes.
- Protege de daños durante su conformado y uso
- Impide que se propaguen grietas en fibras
- Responsable de propiedades eléctricas, químicas y físicas del material [9]

### **Refuerzo.**

También llamada como fase discontinua o dispersa, es el otro componente importante dentro de un material compuesto, ya que las propiedades mecánicas como resistencia y rigidez del compuesto dependerán del refuerzo. La función del refuerzo es otorgar alguna de sus propiedades a la matriz con el fin de mejorar sus características.

El refuerzo dentro de los compuestos se puede presentar de diversas formas como partículas, fibras o elementos estructurales según la aplicación a la que se destine el compuesto. [10]

### **1.3.3. Clasificación de los materiales compuestos**

Para la clasificación de los materiales compuestos se puede realizar con diferentes criterios, pero la más importante se puede referir de acuerdo con el tipo de matriz o según la forma del refuerzo.

#### **1.3.3.1. Según el tipo de matriz**

##### **Materiales compuestos con matriz de origen polimérica**

Se definen como materiales de mejores propiedades mecánicas en la que su matriz está constituida de un plástico o polímero, gracias a ello este material puede ser moldeable y tomar cualquier forma con gran libertad, el refuerzo que se puede aplicar a este compuesto puede ser fibras o partículas de origen natural o sintético. [11]

Dentro de las matrices de tipo polimérico se pueden clasificar en: termoestables termoplásticas y elastómeras.

Las matrices termoestables son mayormente utilizadas para la elaboración de materiales que requieran altas prestaciones. El uso de resinas poliéster, epoxi, fenólicas o viniléster forman un material rígido considerado insoluble e infusible. [12]

Las matrices termoplásticas se caracterizan por poseer una elevada relación resistencia/densidad, su estructura es muy flexible por lo que son fáciles de moldear cuantas veces sea necesario. Este tipo de matriz al ser sometida a una fuente de calor puede ablandarse, en consecuencia, puede cambiar de estado físico, es decir, de sólido a líquido o de líquido a sólido lo que permite su fácil reciclaje. [13]

La matriz elastomérica se distinguen por ofrecer una gran flexibilidad al aplicar pequeñas fuerzas, como ejemplo dentro de estos materiales se puede mencionar el látex

### **Materiales compuestos con matriz de origen metálica**

Este tipo de matriz la conforma materiales livianos como el aluminio, cobre, magnesio u otras aleaciones, las cuales pueden ser reforzadas con algún tipo de fibra o refuerzo metálico. Su aplicación está enmarcada dentro de la industria automovilística y aeroespacial, debido a que este tipo de matriz permite al compuesto trabajar bajo condiciones de alta temperatura, presentando gran resistencia.

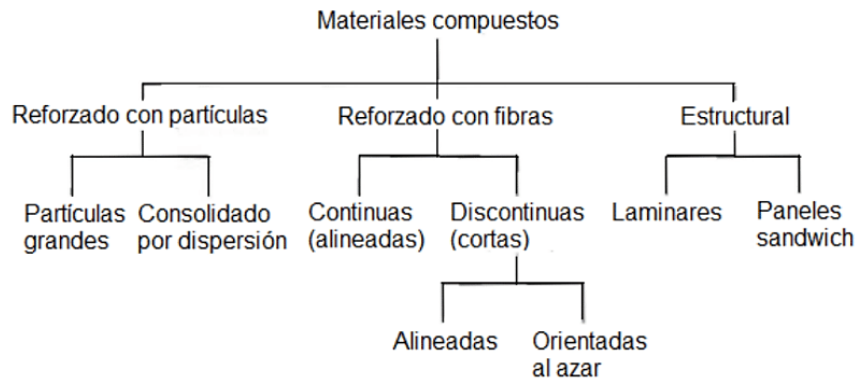
La fabricación de partes o piezas de material compuesto a base de matriz metálica resulta ser más costosa en comparación a compuestos de matriz polimérica.

### **Materiales compuestos con matriz de origen cerámica**

Estos compuestos se desarrollaron para aplicaciones donde se requieran buenas propiedades de resistencia y tenacidad al estar expuestos a altas temperaturas. Estos compuestos son más livianos que los compuestos de matriz metálica. [14]

#### **1.3.3.2. Según la forma del refuerzo**

Una clasificación común de los elementos utilizados como refuerzo para la elaboración de materiales compuestos es:



**Fig. 5.** Clasificación de materiales compuestos según la forma del refuerzo

**Fuente:** [14]

### **Refuerzo en forma de partículas para material compuesto**

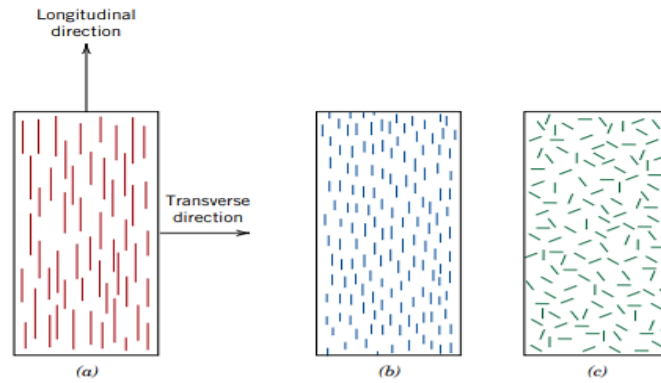
Este tipo de refuerzo es considerado como el de menor valor económico, debido a su diminuto tamaño lo hace ideal para su uso en materiales compuestos que requieran una elevada isotropía, es decir, el material tendrá las mismas propiedades en todas las direcciones. Las partículas se pueden clasificar en partículas grandes o por dispersión según sea su requerimiento.

A la hora de utilizar partículas en la fabricación de composites se debe tener en cuenta el tamaño y pureza de estas, permitiendo obtener un material con buenas características. [15]

### **Refuerzo en forma de fibras para material compuesto**

Las fibras dentro de estos compuestos se pueden subdividir de acuerdo con su longitud, pudiendo ser cortas o largas. Materiales compuestos reforzados con fibras largas o continuas presentan alta resistencia y rigidez en dirección a la fibra, mientras que en forma perpendicular sus propiedades son inferiores. Comparándola con un material compuesto reforzado con fibras cortas o discontinuas que se utiliza generalmente donde se requiere baja responsabilidad estructural.

Otro aspecto importante para el refuerzo por fibras es la orientación de estas, ya que de ello dependerá en gran cantidad las características mecánicas que presente el material. Se pueden lograr dos configuraciones: la primera es donde las fibras estarán alineadas con su eje longitudinal, ya sean fibras cortas o largas, y la segunda, las fibras tendrán una alineación aleatoria que por lo general es para fibras cortas. [16]



**Fig. 6.** Tamaño y dirección de fibras (a) largas y alineadas, (b) cortas y alineadas, y (c) cortar y posición aleatoria

**Fuente:** [16]

### **Refuerzo estructural para materiales compuesto**

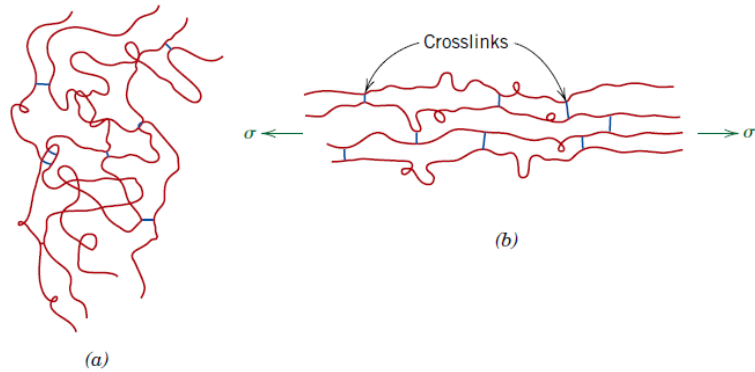
Existen dos configuraciones posibles, ya sea en forma de laminados o sándwich. Los de tipo laminado están formados por un acopio de elementos extremadamente delgados con espesores de 0.1 a 1.5 mm, logrando formar un solo cuerpo. La orientación en el laminado puede ser de tres tipos: Laminado unidireccional, es decir las fibras estas puestas en una sola dirección. Laminado en tejido, donde las fibras están orientadas en dos direcciones perpendiculares, además de estar entrelazadas formando un solo tejido. Por último, tenemos el laminado tipo Mat en la cual las fibras se encuentran en direcciones aleatorias.

Por otra parte, la estructura tipo sándwich está conformada por dos placas delgadas en su exterior, mientras que otro material denominado como núcleo, se sitúa en medio de dichas placas, logrando aumentar sus propiedades mecánicas. [17]

#### **1.3.4. Material compuesto a base de matriz elastomérica**

Las matrices elastoméricas se diferencian por su gran elasticidad, ya que al someterlas a una carga estas logran estirarse de cinco a diez veces de su tamaño real sin tener inconvenientes en volver a su forma original. Además, posee una elevada capacidad de rebote y estiramiento. Materiales como el látex (caucho natural), neopreno o caucho vulcanizado son claros ejemplos para este tipo de matriz.

En un material elastómero el módulo de Young (módulo de elasticidad) es pequeño y varía con relación a la deformación. Un elastómero está formado por moléculas dobladas y plegadas, si el material es estirado por una fuerza, existe un enderezamiento y alargamiento de sus cadenas, pero si se retira la fuerza las cadenas retornan a su posición inicial. [18]



**Fig. 7.** Cadena molecular de un elastómero a) sin estiramiento b) en estiramiento

**Fuente:** [16]

### 1.3.5. Látex

El látex se define como un polímero disperso en agua compuesta en cierta proporción por sustancias minerales y orgánicas. Se obtiene de varias plantas y árboles como la *Hevea brasiliensis* o *Manihot Esculenta*, en las cuales mediante el corte de una pequeña parte de su corteza puede ser extraído mediante goteo. El látex es un líquido cuya coloración se destaca por ser blanca, aunque en ciertas ocasiones puede tornarse amarillenta de acuerdo con su origen. [19]



**Fig. 8.** Extracción de látex

**Fuente:** [19]

### 1.3.5.1.Látex sintético

También conocido como caucho sintético es toda sustancia fabricada de forma artificial con aspecto similar al caucho natural. Se consigue mediante reacciones químicas denominadas polimerización o condensación de hidrocarburos insaturados. El látex sintético está conformado por monómeros que particularmente poseen baja masa molecular, los cuales forman moléculas de gran tamaño llamadas polímeros. Luego de ello el caucho sintético se somete a un proceso de vulcanización que consiste generalmente en calentar el caucho crudo en presencia de azufre con el fin de mejorar sus características. [20]



**Fig. 9.** Producto de látex sintético

**Fuente:** [20]

Entre las propiedades que distinguen a estos elastómeros se puede mencionar su alta resistencia frente a ataques químicos como ácidos, gases, aceites minerales entre otras sustancias. Además, presentan un comportamiento estable a temperaturas elevadas, lo que lo hace ideal sustituto del caucho natural.

Debido a su gran aplicabilidad en la industria, el caucho sintético sirve como un sustituto del caucho natural en muchos casos, especialmente cuando se requieren propiedades mejoradas de los materiales. La creación de este látex sintético se da por la insuficiente cantidad de caucho natural para cubrir en su totalidad la demanda de caucho.

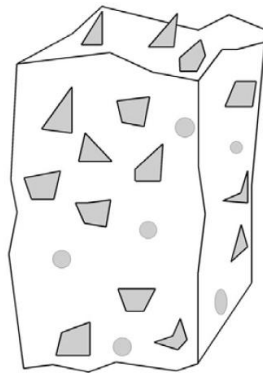
Hoy en día existe una amplia gama de cauchos sintéticos entre los que se puede mencionar los siguientes: Neopreno, Isopreno, Cloropreno, Nitrilo, Etilino – Propileno, entre otros. [21]



### 1.3.6. Material compuesto reforzado con partículas

Son compuestos cuyo material de refuerzo tiene forma de partículas, independientemente de su tamaño, que al combinarse con la matriz respectiva aumenta sus propiedades formando un material superior, el nivel de aumento de las características de dicha matriz está en dependencia de la fuerza de cohesión que se obtiene en la interfaz matriz y partícula.

Cabe recalcar que las propiedades mecánicas de este tipo de compuestos se elevan al aumentar la cantidad de partículas. Por otra parte, en estos compuestos la fase dispersa generalmente es más resistente y dura en comparación a la matriz que es dúctil y blanda. En adición a eso, las partículas presentes tienen a impedir el movimiento de la matriz. [22]



**Fig. 10.** Material compuesto reforzado con partículas

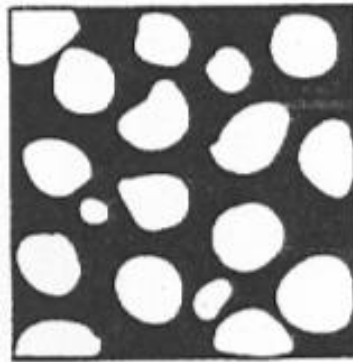
**Fuente:** [8]

Los compuestos que han sido reforzados con partículas tienen mayores propiedades isotrópicas, lo contrario sucede en materiales que son reforzados con fibras puesto que presentan un comportamiento anisotrópico, es decir, propiedades como rigidez, resistencia, y varias otras son distintas según la orientación del material. Además, las partículas tienen una forma esférica y poseen dimensiones similares,

Dentro de los materiales compuestos que son reforzados con partículas pueden subclasificarse en materiales reforzados con partículas grandes y consolidados por dispersión. [22]

### 1.3.6.1. Partículas grandes

También llamados compuestos verdaderamente particulados o aglomerados, el término “grande” se utiliza con la finalidad de indicar que la interacción entre matriz y refuerzo no puede darse a nivel molecular o atómico, sus efectos se originan a nivel macroscópico. Las partículas soportarán gran parte de las fuerzas que se apliquen sobre la matriz y su efectividad depende de la fusión que se obtenga entre matriz y partícula. Cabe mencionar que para tener una cohesión efectiva las partículas deberían ser del menor tamaño posible y que su distribución sea de manera homogénea. [23]



**Fig. 11.** Material compuesto reforzado con partículas

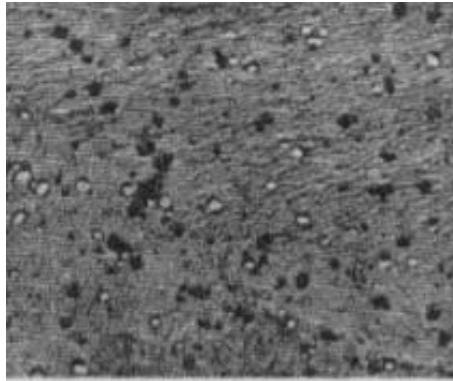
**Fuente:** [23]

Las partículas utilizadas como refuerzo por lo general poseen diferente geometría y se consideran equiaxiales, es decir, en cualquier dirección tiene una medida similar. Asimismo, para obtener un excelente refuerzo hay que tener en cuenta el grado de pureza de la partícula. Con frecuencia este tipo de compuestos se elaboran en especial sobre matrices de origen metálica y polimérica.

Entre los primeros composites que fueron reforzados con partículas se puede mencionar el caucho vulcanizado reforzado por hollín. El hollín se forma por diminutas partículas de carbono en forma esférica que se originan por la combustión incompleta de combustibles fósiles o madera. Al adicionar este material barato en porcentajes de hasta un 30%, se mejora la resistencia y dureza de neumáticos vulcanizados. [23]

### 1.3.6.2. Consolidados por dispersión

En el caso del compuesto consolidado por dispersión las partículas generalmente son de tamaño inferior, siendo partículas con diámetros que oscilan entre 0.01 y 0.1  $\mu\text{m}$ . Aquí la interacción ente matriz y refuerzo se da de manera molecular o atómica, con lo cual las partículas logran evitar que se propague cualquier ruptura.



**Fig. 12.** Material compuesto reforzado con partículas

**Fuente:** [22]

En esta configuración se consigue un aumento en la resistencia a la deformación plástica y dureza impidiendo que se den movimientos internos. En estos compuestos la matriz será la que soportar en mayor cantidad las fuerzas que actúen sobre ella. Igualmente, la cantidad de partículas o volumen de refuerzo es inferior a diferencia de otro tipo de refuerzo. [23]

### 1.3.7. Caucho reciclado

Uno de los problemas ambientales se da por el deshecho del caucho, provenientes especialmente de los neumáticos viejos de automotores, el impacto se genera por varias razones como:

- Baja degradabilidad del caucho.
- Ocupa grandes espacios de almacenamiento debido a su forma y tamaño.
- Difícil de compactar por su baja densidad.
- Produce inestabilidad en residuos puestos sobre este material en consecuencia de su alta elasticidad.

Entre los elementos que componen un neumático se encuentra fibras textiles, acero, caucho y varios químicos los cuales al ser procesados formaran partes del material reciclado. [24]

### 1.3.8. Fricción

Se llama fricción a la resistencia al deslizamiento o desplazamiento entre dos cuerpos que se encuentran en contacto y está en dependencia según las características que presenten las superficies que están interactuando entre sí. La fricción está presente en todos los medios y se puede cuantificar por medio de la fuerza de fricción la cual es la encargada de evitar el movimiento de un cuerpo o superficie con respecto a otro.

Este fenómeno aparece inclusive cuando no existe movimiento entre dos cuerpos, y se le denomina con el nombre de fricción estática. Sin embargo, al existir un movimiento relativo se la conoce como fricción dinámica. [25]

#### 1.3.8.1. Fricción estática

La fricción estática es la que evita que un cuerpo empiece su movimiento, la cual es igual a la fuerza neta ejercida sobre el objeto, pero en sentido contrario. El roce estático siempre será igual o menor a la fuerza normal multiplicada por el coeficiente de fricción entre los dos objetos.

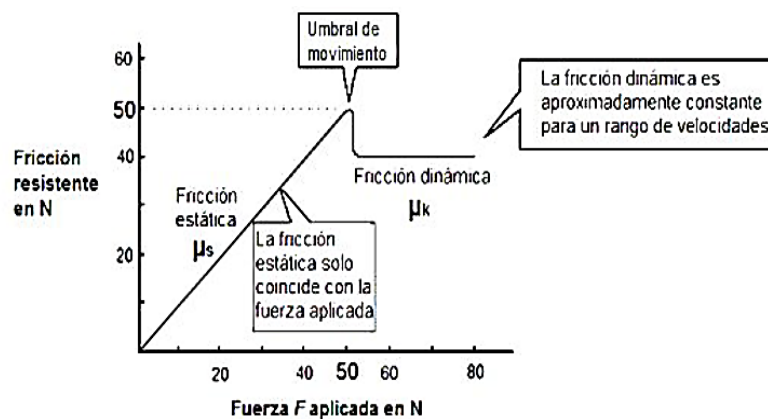


Fig. 13. Comparación entre fricción estática y dinámica

Fuente: [26]

La fuerza de fricción estática generada por la interacción entre dos superficies irregulares crece con el objetivo de impedir cualquier movimiento relativo entre ellas, hasta que comienza el desplazamiento. Ese umbral está diferenciado por el coeficiente

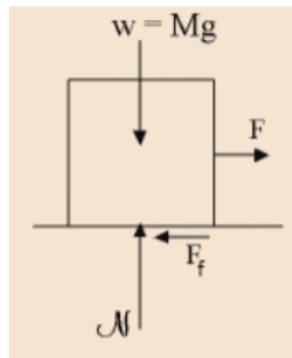
de fricción estático, el cual comúnmente es mayor que el coeficiente de fricción dinámico.

### 1.3.8.2. Fricción dinámica

Este tipo de fricción aparece cuando termina el estado de reposo e inicia su movimiento. La fuerza de fricción dinámica se denomina la fuerza que se opone al movimiento entre dos cuerpos que están en contacto, donde su magnitud es proporcional a la fuerza normal. En este tipo de fricción aparece el fenómeno de desgaste, el cual se define como el deterioro de las superficies que están en contacto con un movimiento relativo. Cabe indicar que el desgaste se da en consecuencia al movimiento, mas no por las propiedades de los materiales. [26]

### 1.3.9. Coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción o de rozamiento se define como la relación entre la fuerza de rozamiento y la fuerza normal, que como ya se mencionó anteriormente, es la fuerza perpendicular que comprime dos superficies entre sí.



**Fig. 14.** Fuerzas presentes en el cálculo de coeficiente de fricción

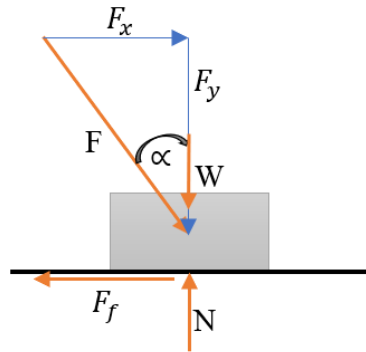
**Fuente:** [27]

Los coeficientes de rozamiento tanto estático como dinámico son adimensionales, es decir, no tienen unidades debido a que resultan de la división entre dos fuerzas.

#### 1.3.9.1. Coeficiente de fricción estático

Cuando dos cuerpos se encuentran sin movimiento relativo y en posición horizontales, la fuerza de fricción es nula. Sin embargo, cuando los cuerpos tienden a inclinarse o al aplicarse una fuerza con cierto ángulo, la fuerza de fricción, en este caso la estática, deberá incrementar su valor desde cero para contrarrestar la fuerza aplicada.

Finalmente, según haya crecido el ángulo  $\alpha$ , la componente de la fuerza de aplicada superará el valor máximo de la fuerza de fricción y en consecuencia el objeto se desliza. [27]



**Fig. 15.** Diagrama de cuerpo libre de un cuerpo horizontal aplicada una fuerza

**Fuente:** Autor

La primera ley de Newton establece que todo cuerpo permanecerá en estado de reposo, si sobre el cuerpo no actúa ninguna fuerza exterior. Es decir:

$$\sum F = 0$$

$$F_x - F_f = 0$$

$$F_x = F_f$$

Entonces:

$$\mu_s = \frac{F_f}{N}$$

$$\mu_s = \frac{F * \text{sen } \alpha}{F * \text{cos } \alpha}$$

$$\mu_s = \frac{\text{sen } \alpha}{\text{cos } \alpha}$$

$$\mu_s = \tan \alpha$$

### 1.3.9.2. Coeficiente de fricción dinámico

Para el coeficiente de fricción dinámico o cinético, el cuerpo deja el estado de reposo y existe un movimiento relativo entre los dos cuerpos o superficies. Este coeficiente puede ser calculado de dos maneras que se explican a continuación:

#### **Velocidad constante.**

Cuando el cuerpo se encuentra deslizándose a velocidad constante, será la misma fuerza de fricción la que se opondrá al movimiento del cuerpo, es decir, las fuerzas actuantes estarán en sentido contrario, en este caso el coeficiente de fricción dinámico es menor que el coeficiente de fricción estático.

$$\mu_d < \mu_s$$

En definitiva, al estudiar las fuerzas presentes en el bloque, expuestas en la figura 15, se puede decir que el coeficiente de fricción dinámico se regiría a la fórmula anterior, ya que el cuerpo no experimenta ningún cambio de velocidad, es decir, su aceleración es igual a cero. [28]

$$\mu_d = \tan \alpha$$

#### **Aceleración constante.**

Para estas condiciones, el cuerpo tiene una aceleración durante su deslizamiento y de igual manera al caso anterior, la fuerza de rozamiento es la que se opondrá al movimiento. Asimismo, en este caso el coeficiente dinámico es menor que el coeficiente estático  $\mu_d < \mu_s$ .

Para que exista el deslizamiento del cuerpo, la fuerza aplicada debe ser mayor a la fuerza de rozamiento  $F > F_f$ . Para ello se aplica la segunda ley de Newton que expresa:

$$\sum F = m * a$$

$$F_x - F_f = m * a$$

En la cual la aceleración del cuerpo será:

$$a = g * (\text{sen } \alpha - \mu_d * \text{cos } \alpha)$$

Entonces:

$$\mu_d = \tan \alpha - \frac{a}{g * \cos \alpha}$$

Con la ecuación anterior se puede calcular el coeficiente de fricción dinámico, si en el sistema se puede medir la aceleración que posee el cuerpo. [28]

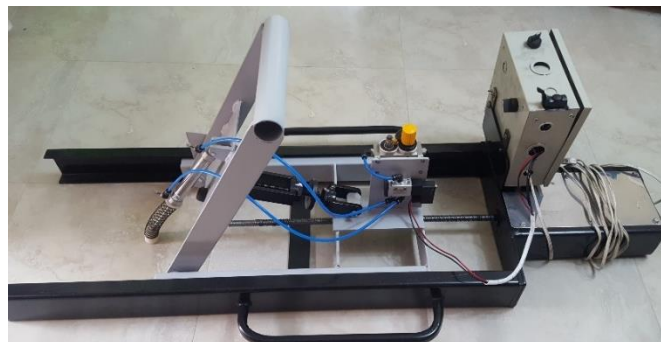
### **1.3.10. Ensayos aplicables al material compuesto**

#### **1.3.10.1. Ensayo de fricción**

En ensayo se realiza con el propósito de medir la resistencia al deslizamiento de un material contra una superficie. Esta prueba se realiza tomando como referencia la Guía del usuario del English XL VIT (Tribómetro de Incidencia Variable) que proporciona la empresa Excel Tribometers LLC.

La máquina English XL VIT es considerado como un medidor de deslizamiento diseñado para evaluar superficies destinada para caminar, debido a que reproduce parámetros biomecánicos característicos de la marcha humana, simulando el impacto del talón de una persona al caminar, por lo que se puede decir que es uno de los medidores de deslizamiento más confiables y utilizados en el mundo.

La dinámica del English XL VIT permite medir la resistencia al deslizamiento en condiciones secas y húmedas, proporcionando resultados precisos. Además, al incluirle un desplazamiento al equipo se puede realizar la medición en condiciones estáticas y dinámicas.



**Fig. 16.** Máquina para ensayos de fricción

**Fuente:** Autor



### 1.3.10.2. Ensayo de inflamabilidad

Este tipo de ensayo es muy utilizado para efectuar el estudio de las propiedades de inflamabilidad de distintos materiales poliméricos. Para la presente investigación se analiza un material compuesto de matriz elastomérica de látex, es por ello por lo que la norma aplicable para la realización del ensayo debe regir a los parámetros establecidos por la norma ISO 3795, con la cual se determina la tasa de combustión horizontal de materiales.

Para la ejecución del ensayo se elaborarán probetas de acuerdo con lo especificado en la norma, para luego ser colocadas en un soporte, ubicando la posición del mechero adecuadamente para realizar un precalentamiento hasta lograr el equilibrio, luego se aplica la llama hacia la probeta.



**Fig. 17.** Equipo para ensayo de inflamabilidad

**Fuente:** Autor

Los datos que proporcione el ensayo se registraran para su posterior análisis, para luego elaborar el informe correspondiente según indique la norma. Cabe recalcar que los resultados de este tipo de ensayos están en dependencia de la normativa que se use. Para nuestro estudio aplicando la norma antes mencionada, determinaremos la velocidad de quemado que sufre el material.

## **1.4.Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar el coeficiente de fricción e índice de inflamabilidad de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar parámetros establecidos por las normas para ensayos de fricción e inflamabilidad.
- Realizar ensayos de fricción bajo la guía del usuario del ENGLISH XL™ VIT.
- Realizar ensayos de inflamabilidad según la norma ISO 3795
- Analizar los resultados obtenidos en los ensayos de fricción e inflamabilidad

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1.Materiales

##### 2.1.1. Látex de policloruro de vinilo (PVC)

Este tipo de látex perteneciente a la familia de los elastómeros y considerada como la resina de mayor versatilidad, resulta de la polimerización de monómeros de cloroeteno también conocido como cloruro de vinilo.

Este tipo de resina sintética es de mayor complejidad a la hora de formularla y procesarla, pues requiere de la combinación de ciertos ingredientes para formar un producto final deseado. Cabe mencionar que para la elaboración de Cloruro de Polivinilo se recurre a la mezcla de la resina y un plastificante, dicha mezcla lleva el nombre de plastisol.

El plastisol a temperatura ambiente se encuentra en estado líquido y generalmente su color es blanco. Este tipo de resina al ser sometida al calor cambia su comportamiento, dejando su estado líquido y pasa al estado sólido, es por ello que se requiere de un proceso de vulcanización para fabricar partes o piezas hechas de dicho material.

Gracia a esta resina se pueden elaborar diversos productos flexibles y rígidos ya que es un material termoplástico, es decir, tiene la capacidad de ablandarse al calentarse y endurecerse al enfriarse. [29]



**Fig. 18.** Látex de policloruro de vinilo (PVC)

**Fuente:** Colorplast

### 2.1.2. Gránulo de caucho reciclado

Para la obtención de gránulos de caucho reciclado se destaca el proceso de trituración mecánica, considerado como el más idóneo debido a que proporcionara un material de alta calidad, manejable y además siendo amigable con el medio ambiente.



**Fig. 19.** Trituración mecánica de neumáticos

**Fuente:** [30]

La granulometría o tamaño de grano dependerá directamente de la necesidad del cliente. Se han buscado nuevas aplicaciones para el gránulo de caucho reciclado entre las que se pueden mencionar su uso en rellenos ligeros, pistas de atletismo, aislamiento térmico o acústico, campos de césped sintético y en calzado. [30]












**Fig. 20.** Gránulo de caucho reciclado

**Fuente:** Autor

A continuación, se presenta una breve descripción de los materiales utilizados en la elaboración del material compuesto.

**Tabla 1.** Listado de materiales utilizados para elaboración del compuesto

Material.	Imagen	Descripción.
Látex de policloruro de vinilo (PVC)		<p>Este tipo de resina proviene de la familia de los elastómeros con la que se pueden fabricar elementos rígidos o flexibles.</p>
Gránulo de caucho reciclado		<p>Son pequeños gránulos resultantes del reciclaje de caucho proveniente de neumáticos viejos. Su tamaño es de 0 – 0.874 mm.</p>
Moldes metálicos		<p>Este material es de gran importancia para la elaboración del material compuesto, el cual consta de una sola pieza. Su fabricación se realizó mediante la manufactura de placas de aluminio, realizando un vaciado de acuerdo con las dimensiones establecidas con anterioridad.</p>
Brocha		<p>Este instrumento se utiliza para la limpieza y barrido de nuestro molde con el fin de quitar impurezas presentes.</p>

Balanza electrónica		Se utiliza para el pesaje en masa de la cantidad de resina y refuerzo que se utilizarán para la fabricación del compuesto, según las fracciones volumétricas establecidas.
Recipiente milimetrado		Ayuda para realizar la medición de volúmenes de látex y gránulo de caucho reciclado.
Mandil		Este elemento de uso personal protege a nuestro cuerpo de tener un contacto con el látex y otros elementos peligrosos.
Mascarilla		Evita la inhalación de fuertes olores que desprende la resina y otras sustancias tóxicas.
Guantes de látex		Previenen que haya un contacto directo con los materiales que se utilizan en la fabricación del compuesto, especialmente de la resina.

Fuente: Autor

- **Máquina**

La máquina empleada para los ensayos de fricción se la denomina Tribómetro de Incidencia Variable. Mediante esta máquina se determinarán los coeficientes de fricción estáticos y dinámicos en las distintas superficies. A continuación, en la siguiente tabla se detallarán las características de la máquina a emplear.

**Tabla 2.** Características del Tribómetro de incidencia variable

Especificaciones del Tribómetro de incidencia variable	
Modelo	English XL
Potencia	Motor principal (850 W)
Revoluciones	0-2400 rev/min
Velocidad de avance	10 mm por revolución
Dimensiones	Largo*ancho*alto: (146*60*58 cm)
Presión de operación	25 ± 2 psi
Fuente de energía	110 Voltios



Fuente: Autor

- **Equipo**

El equipo que se utilizara en esta investigación se designa como Rugosímetro, el cual ayuda a la medición de la rugosidad de las superficies que se evaluarán en los ensayos de fricción. En la siguiente tabla se detalla varias características del equipo.

**Tabla 3.** Características técnicas del Rugosímetro utilizado para medir la rugosidad de las superficies

Especificaciones del Rugosímetro	
Marca	Mitutoyo
Modelo	SJ-210
Rangos de medición	Eje X= 5,6 mm. Eje Z= 17,5 mm
Velocidad de medición	0,25 / 0,5 / 0,75 mm/s
Punta del palpador	Diamante
Radio de punta del palpador	2 μm
Fuente de energía	9 Voltios
Temperatura de operación	De 5 a 40°C



Fuente: Autor

- **Superficies**

Para el estudio se consideraron tres tipos de superficies con rugosidades superficiales diferentes, mismas que se detallan en el Anexo A. Esto con el fin de comparar los coeficientes de fricción estáticos y dinámicos. Las superficies para evaluar son baldosa, madera y concreto mismas que se muestran a continuación.



**Fig. 21.** Superficies para estudio, baldosa-madera-concreto

**Fuente:** Autor

## **2.2.Métodos**

### **2.2.1. Diseño de experimentos (DOE)**

Es considerado como un método para aplicar de manera sistemática la estadística a procesos de experimentación, esta técnica radica en ejecutar cambios en las variables de un sistema o proceso, con el propósito de hacer posible la observación e identificación de las causas y razones de los cambios en las variables de salida. [31]

El DOE tiene un amplio campo de aplicación, en especial en la ingeniería en la cual se puede mejorar productos ya existentes, así como en el diseño de nuevos productos. Los elementos que componen el diseño son los factores, niveles y por ultimo las variables. [32]

Para esta investigación se optó por utilizar el software “Minitab” para el análisis de resultados de los ensayos de fricción, para lo cual se usó un diseño factorial. Por otro lado, para el caso de los ensayos de inflamabilidad se utilizó una distribución “T-Student”.



### **2.2.2. Nivel o tipo de investigación**

En este trabajo investigativo actúan diversos parámetros como velocidades, temperaturas y tiempos que requieren ser controlados a ciertas condiciones determinadas con el fin de adquirir datos concretos para un posterior análisis de resultados, recurriendo al uso de los siguientes tipos o niveles de investigación:

#### **2.2.2.1. Bibliográfico**

En este trabajo este método es de gran importancia, ya que se acudirá a la revisión de fuentes bibliográficas confiables como es el caso de revistas, proyectos, libros, informes y sitios web comprobados que contribuyan con el desarrollo de dicha investigación.

#### **2.2.2.2. Descriptivo**

Se emplea este método porque se expresará todo lo elaborado en el estudio, comenzando desde la fabricación de probetas de material compuesto, realización de ensayos y presentación de resultados desde la perspectiva de la observación.

#### **2.2.2.3. Experimental**

Considerado como método empírico que favorece al análisis de objetos, con el cual se logra estudiar el objeto en condiciones determinadas, es decir, parámetros controlados o a la vez modificar dichos parámetros con el objetivo de comprobar una hipótesis o modelo.

#### **2.2.2.4. Correlacional**

En la experimentación que se realice dentro de este trabajo intervienen varios factores, que estarán correlacionados, llevándose a cabo un análisis de los resultados obtenidos luego de realizar los ensayos.

### **2.2.3. Población y muestra**

#### **2.2.3.1. Población**

La población considerada para esta investigación fueron todas las probetas de material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado. Para lo cual se consideró una composición volumétrica del 60% de matriz (látex) y

40% de refuerzo (gránulo de caucho reciclado), la cual obtuvo mejores resultados en la investigación realizada por [1] mediante ensayos de tracción, compresión, dureza e inflamabilidad. Se realizará probetas de 32 mm de diámetro y un espesor de 5mm para ensayarlas a fricción, de igual manera se elaborarán planchas de 356x100x5 mm con el fin de obtener las probetas que posteriormente serán sometidas a ensayos de inflamabilidad, esto con el fin de obtener características y el comportamiento del material compuesto.

**Tabla 4.** Disposición del material compuesto

Tamaño de gránulo	Composición volumétrica	Numero de configuración
0 - 0,841 mm Tamiz #20	60% matriz (látex) 40% refuerzo (gránulo de caucho)	1

Fuente: Autor

### 2.2.3.2.Muestra

La muestra considerada para los ensayos se estimó de 94 probetas con la configuración volumétrica antes mencionada. Los ensayos por realizarse son 2, para los ensayos inflamabilidad se realizarán bajo las condiciones establecidas por la norma ISO 3795. Mientras que para el caso de los ensayos de fricción se utilizará la guía de uso proporcionada por la empresa Excel Tribometers LLC.

El total de probetas para ensayar serán 94, lo cual se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Muestras destinadas para ensayos

Numero de configuración	Número de probetas para ensayos					Inflamabilidad	
	Fricción						
	Superficie	Seco		Húmedo			
		Estático	Dinámico	Estático			Dinámico
1	1	7	7	7	7	10	
	2	7	7	7	7		
	3	7	7	7	7		
Total parcial		21	21	21	21	10	
Total final		94					

Fuente: Autor

### **2.3.Hipótesis**

Ho: La adición de gránulo de caucho reciclado como refuerzo, en la elaboración de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex no incide en el valor del coeficiente de fricción.

Ha: La adición de gránulo de caucho reciclado como refuerzo, en la elaboración de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex incide en el valor del coeficiente de fricción.

Ho: La adición de gránulo de caucho reciclado como refuerzo, en la elaboración de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex no incide en el índice de inflamabilidad.

Ha: La adición de gránulo de caucho reciclado como refuerzo, en la elaboración de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex incide en el índice de inflamabilidad.

### **2.4.Señalamiento de variables de la hipótesis**

#### **2.4.1. Variable independiente**

La adición de gránulo de caucho reciclado como refuerzo, en la elaboración de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex

#### **2.4.2. Variable dependiente**

Coeficiente de fricción e índice de inflamabilidad

#### **2.4.3. Término de relación**

Incide

## 2.5.Operacionalización de variables

### 2.5.1. Variable independiente

Variable Independiente: Material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado

**Tabla 6.** Operacionalización de variable independiente

Definición	Categoría	Indicadores	Ítems	Herramientas
Un material compuesto es la mezcla o combinación de 2 o más materiales de distinta naturaleza, los cuales al formar un solo material brinda propiedades superiores a la de sus componentes.	Material compuesto	Granulometría del caucho reciclado	Tamiz # 20 0-0,841 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bibliografía</li> <li>- Fichas</li> <li>- Observación</li> </ul>
		Porcentaje de composición volumétrica entre la matriz y refuerzo	60% matriz 40% refuerzo	

**Fuente:** Autor

## 2.5.2. Variable dependiente

Variable Dependiente: Coeficiente de fricción e índice de inflamabilidad

**Tabla 7.** Operacionalización de variable dependiente

Definición	Categoría	Indicadores	Ítems	Herramientas
Las propiedades mecánicas que presenta un material son las propiedades o el comportamiento que tiene dicho material al ser expuesto a fuerzas externas y su soporte frente a ellas, mediante la ejecución de ensayos.	Coeficiente de fricción estático	Ángulo máximo de ataque	¿Cuál será el coeficiente de fricción estático?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normativa ISO.</li> <li>- Guía de usuario.</li> <li>- Bibliografía.</li> <li>- Ensayos</li> <li>- Observación.</li> <li>- Fichas de recolección de datos</li> </ul>
	Coeficiente de fricción dinámico	Ángulo máximo de ataque	¿Cuál será el coeficiente de fricción dinámico?	
	Inflamabilidad	Velocidad de quemado	¿Cuál será la velocidad de quemado?	

**Fuente:** Autor

## 2.6. Plan de recolección de información

Para la recolección de datos se cumplió las 2 siguientes instancias, en la primera se realizó la recolección y estudio de información de normas, documentos técnicos y fuentes bibliográficas con el cual se obtiene los lineamientos para realizar de manera correcta los ensayos, mientras que en la segunda se realizó los ensayos (fricción e inflamabilidad) de las diferentes probetas establecidas, donde por medio de la observación se llevó un registro detallado de los datos obtenidos. Además, se utilizó un rugosímetro para adquirir datos sobre las superficies en las que se realizaron los ensayos. En la siguiente tabla se presenta las técnicas antes mencionadas.

**Tabla 8.** Muestras destinadas para ensayos

<b>¿Qué?</b>	Análisis del coeficiente de fricción e inflamabilidad de un material compuesto de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado.
<b>¿Para qué?</b>	Obtención de datos sobre coeficientes de rozamiento estáticos y dinámicos, así como el índice de inflamabilidad de un material compuesto.
<b>¿Quién?</b>	El trabajo experimental será realizado por el investigador (Edison Bautista).
<b>¿A quién?</b>	Los ensayos se realizan mediante normativa y se aplica a las probetas elaboradas.
<b>¿Cómo?</b>	Mediante la utilización de la norma ISO y guía de uso publicado por la empresa Excel Tribometers se recolectará datos.
<b>¿Con qué?</b>	Para la recolección de información se recurre al uso de fichas técnicas, editor de texto y bibliografía necesaria referente al tema.
<b>¿Cuándo?</b>	Ejecutado en el periodo 2019-2020
<b>¿Cuántas veces?</b>	En esta investigación se realiza ensayos de fricción e inflamabilidad con un total de 94 ensayos en referencia como indica la tabla 5.
<b>¿Dónde?</b>	La recolección de información se lleva a cabo en los laboratorios de la facultad de ingeniería civil y mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

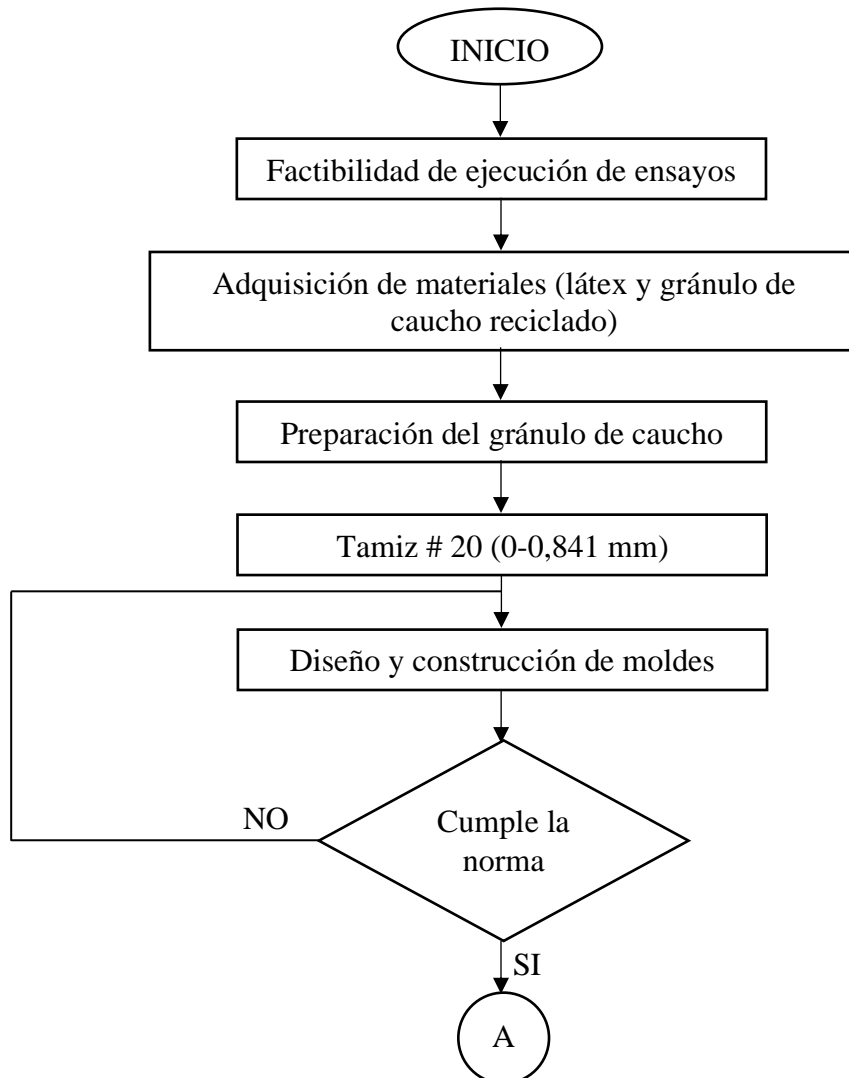
**Fuente:** Autor

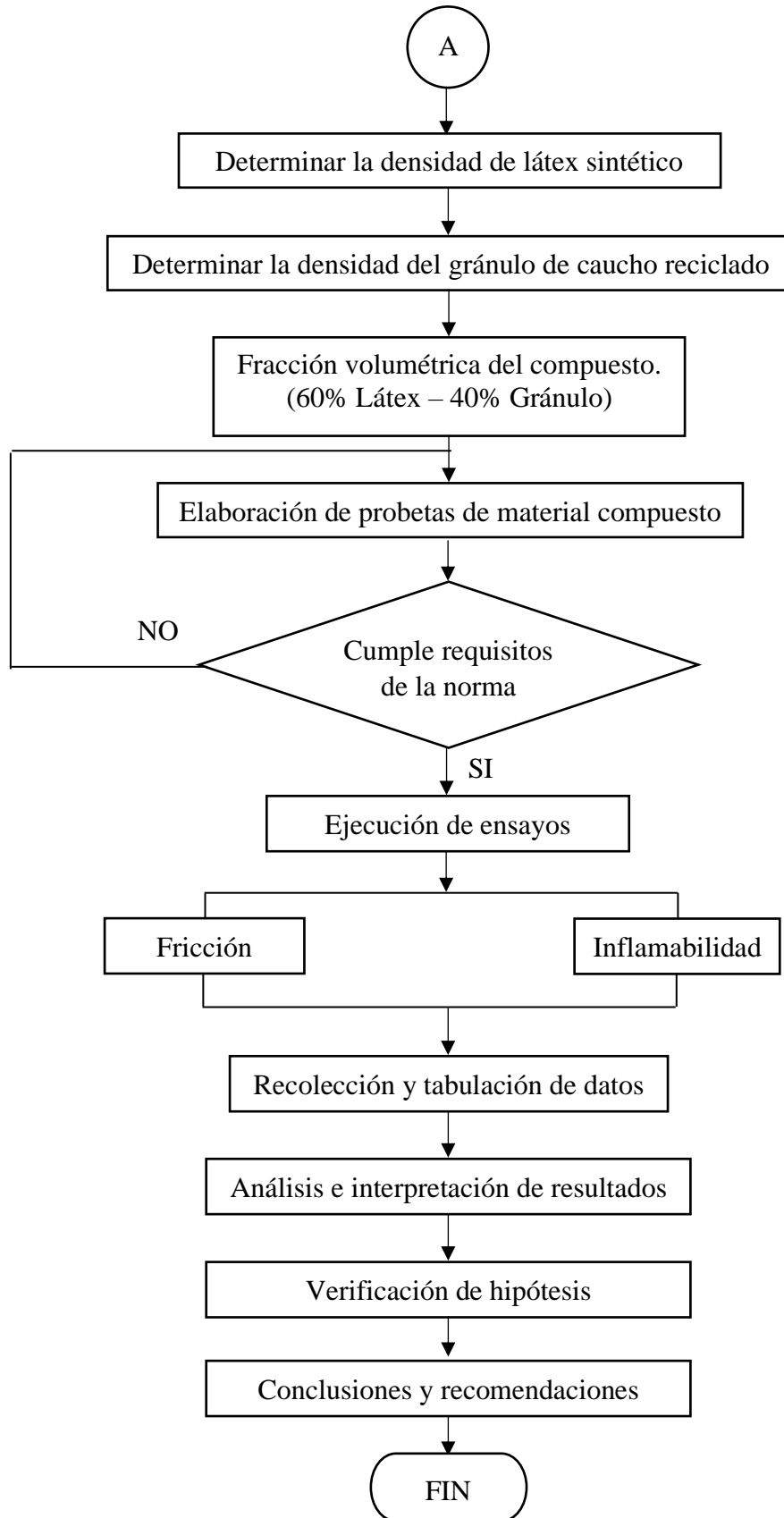
## 2.7. Plan de procesamiento y análisis

Para el desarrollo adecuado de la investigación se realizó un previo estudio sobre información que ayuda en la elaboración de probetas y para la ejecución de ensayos bajo la normativa preestablecida.

Al ejecutar los ensayos, se obtuvieron datos que posteriormente se registraron mediante tablas, fichas y gráficos, con lo cual se realizó su posterior análisis e interpretación de resultados obtenidos en la investigación. Finalmente se comprobó la hipótesis planteada mediante el método estadístico.

A continuación, en la Figura 17 se detalla mediante un diagrama de flujo el proceso ejecutado para la recolección de datos, conformación del material compuesto, ejecución de ensayos, análisis e interpretación de resultados y comprobación de hipótesis.





**Fig. 22.** Diagrama de flujo del proceso a realizar en la investigación

**Fuente:** Autor



### 2.7.1. Factibilidad de ejecución de ensayos

Dentro de la presente investigación se deben ejecutar dos tipos de ensayos, para lo cual se planteó utilizar las siguientes normas:

- Ensayo de fricción – ASTM F1679
- Ensayo de inflamabilidad – Norma UNE-EN ISO 3795

Para lo cual se indago si existen laboratorios dentro del país en donde puedan realizarse los ensayos aplicando la normativa antes propuesta.

En el caso del ensayo de fricción debido a que la maquina utilizada es de tipo portátil, la ejecución de los ensayos se puede realizar en cualquier sitio donde se tenga los implementos y superficies necesarias para la aplicación de estos, por esta razón se optó por efectuar los ensayos en las instalaciones del Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

De igual forma para la realización de los ensayos de inflamabilidad se tomó en cuenta los laboratorios de la misma facultad, por el motivo que cumple con la aplicación de la norma ISO 3795, en consecuencia, los dos ensayos se llevaran a cabo en las instalaciones de dichos laboratorios.

**Tabla 9.** Información del Laboratorio para ejecución de ensayos

<b>Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.</b>	<b>Datos del sitio</b>
	<p><b>Ciudad:</b> Ambato</p> <p><b>Dirección:</b> Av. Los Chasquis y Río Payamino</p> <p><b>Correo electrónico:</b> ficm@uta.edu.ec</p> <p><b>Número telefónico:</b> (03)-2523039 - (03)-2521081</p>

**Fuente:** Autor

A pesar de que la norma ASTM F1679 es un estándar retirado se procedió a la utilización de la Guía de Uso del Inglés XL Tribómetro de Incidencia Variable que proporciona la empresa estadounidense Excel Tribometers LLC, como propietario de la patente, fabricante y único proveedor autorizado. La guía de uso fue actualizada por última vez en el mes de marzo del 2016. Este documento se tomará como referencia para la ejecución de los ensayos, ya que está que está basado en las siguientes normas:

- ASTM F1679-04 Método de prueba para usar un tribómetro de incidencia variable
- ASTM F2508 Práctica estándar para validación, calibración y certificación de tribómetros de pasarela utilizando superficies de referencia
- ANSI A1264.2 Provisión de resistencia al deslizamiento en el lugar de trabajo
- NFPA 1901 Norma para aparatos automotrices

Por lo tanto, en la tabla 10 se indica los documentos a emplear para la ejecución de los ensayos pertinentes:

**Tabla 10.** Factibilidad de ejecución de ensayos

<b>Tipo de ensayo.</b>	<b>Documento aplicativo</b>	<b>Sitio</b>
Fricción	Guía de uso del English XL VIT	Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
Inflamabilidad	UNE-EN ISO 3795	Laboratorio de Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

**Fuente:** Autor

### **2.7.2. Adquisición de materiales**

Para la adquisición de los materiales, tanto del látex sintético como el gránulo de caucho reciclado, se buscó sitios que se encuentren dentro o cerca de la provincia, tomando en cuenta la calidad, movilización y costo de los materiales requeridos para el estudio.

Para el caso del látex sintético que se logró conseguir en la ciudad de Ambato por medio de la empresa “Color Plast”, entidad que se dedica a la fabricación y distribución de materiales a base de látex sintético. Para la aceptación del material se

realizó una prueba rápida, la misma que consistió en realizar la vulcanización del producto, donde se pudo apreciar que el material suministrado por la empresa luego de haber realizado el proceso de vulcanización mostró buena compactación, no existía la formación de burbujas de aire, es decir el material cumplió con los requerimientos de calidad, por dicha razón se decidió adquirir el material para la investigación en dicha empresa.



**Fig. 23.** Látex sintético obtenido

**Fuente:** Autor

La obtención del gránulo de caucho reciclado fue en la ciudad de Latacunga, gracias a la empresa Procesadora de Neumáticos Cotopaxi “PRONEUMACOSA”, siendo la primera industria dedicada al reciclaje de neumáticos en la provincia de Cotopaxi.

La empresa ofrece tres tipos de granulometría del caucho, por lo que se optó por comprar para este estudio el de granulometría más pequeña, el cual es denominado por la empresa como tipo polvillo, siendo el material que cumple con los requisitos de tamaño para este estudio.



**Fig. 24.** Gránulo de caucho reciclado obtenido

**Fuente:** Color Plast

Gracias a que los materiales solicitados para el estudio cumplieron con los requisitos necesitados, se adquirieron en las empresas propuestas:

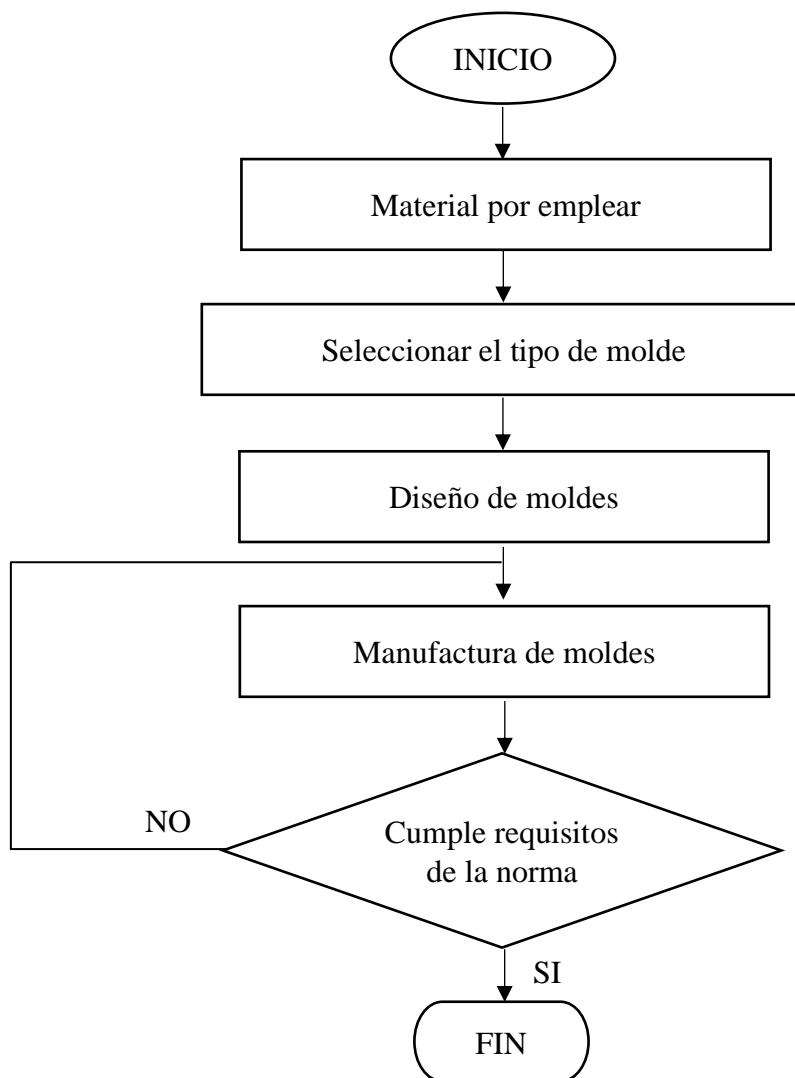
**Tabla 11.** Datos sobre proveedores de los materiales

Empresa “Color Plast”	Material solicitado	Datos
	Látex sintético	<p><b>Ciudad:</b> Ambato  <b>Dirección:</b> Calle Izquierda Pérez entre Dr. Julián Coronel y José Vicente Navarrete  <b>Sector:</b> Cashapamba  <b>Correo:</b> garciapablofer@hotmail.com  <b>Contacto:</b> 0981310028</p>
Empresa “Proneumacosa”	Material solicitado	Datos
	Gránulo de caucho	<p><b>Ciudad:</b> Latacunga  <b>Dirección:</b> Panamericana Norte km. 12  <b>Sector:</b> La Avelina  <b>Correo:</b> www.proneumacosa.com  <b>Contacto:</b> 0983445067</p>

Fuente: Autor

### 2.7.3. Fabricación de moldes

Para la fabricación de los moldes se delimitó el siguiente proceso general que se muestra en el siguiente diagrama de flujo:



**Fig. 25.** Diagrama de flujo para elaboración de moldes

**Fuente:** Autor

### **2.7.3.1. Material por emplear**

Dentro de la normativa revisada para la ejecución de los ensayos, en lo que tiene que ver con la fabricación de moldes las normas no revelan la utilización de algún material en especial para su fabricación. Es por ello por lo que se optó por la utilización de aluminio como material para la elaboración de los moldes.

En cuanto al uso de aluminio para la fabricación de moldes se mencionan los siguientes beneficios:

- Material liviano.
- Mejor acabado superficial.

- Menores tiempos de mecanizado del material.

Por otro lado, para la elaboración de probetas los moldes de aluminio brindan varios beneficios como se indica a continuación:

- Reutilizable, se pueden realizar varios ciclos de trabajo.
- Buena transferencia de calor, esto ayuda en el proceso de vulcanización de las probetas.
- Fácil disipación de calor, con esto se reduce los tiempos de trabajo.

### **2.7.3.2. Selección del tipo de molde**

Para la elaboración de las probetas tanto para los ensayos de fricción como inflamabilidad, se optó por el proceso de estratificación manual, ya que en la norma no especifica ningún proceso en especial para la elaboración de probetas. En consecuencia, el tipo de molde fue en directa relación al tipo de probeta que se elaborará.

#### **2.7.3.2.1. Molde para ensayos de fricción**

Las probetas para el ensayo de fricción se elaboraron en base a la guía de uso del Tribómetro de Incidencia Variable, en la cual detalla un solo tipo de muestra y sus dimensiones. Por este motivo el molde se fabricará de acuerdo con las dimensiones del pie de prueba que especifica en la guía.

#### **2.7.3.2.2. Molde para ensayos de inflamabilidad**

Para este ensayo se manejó la norma ISO 3795, en la cual también especifica un solo tipo de muestra y sus respectivas medidas. De igual forma el molde por fabricar fue para las probetas según la norma ISO 3795.

### **2.7.3.3. Diseño de moldes**

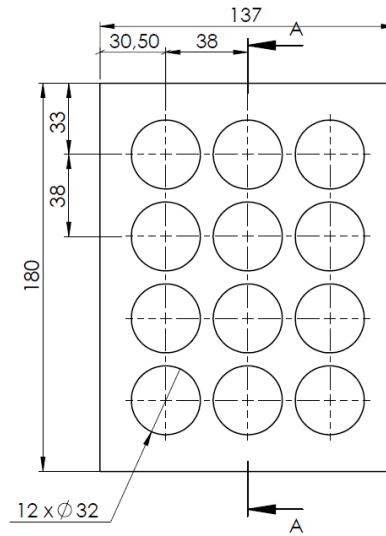
El diseño de los moldes se efectuó en concordancia con lo descrito en la norma y guía, asimismo tomando en cuenta las probetas que se desean conseguir. A continuación, se indica el diseño de moldes:

#### **2.7.3.3.1. Diseño del molde para ensayo de fricción**

Para los ensayos de fricción se tomó la decisión de elaborar probetas con las mismas dimensiones que posee el pie de prueba según la guía de usuario del Inglés XL

Tribómetro de Incidencia Variable, es decir, se necesita obtener probetas de forma circular con un diámetro de  $31,75 \pm 0,25 \text{ mm}$  y espesor de  $5 \text{ mm}$ .

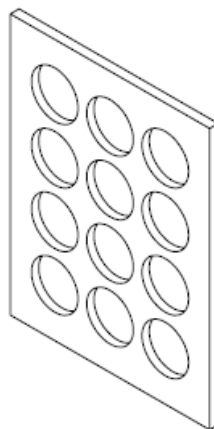
El área para moldeo queda dispuesta de la siguiente forma:



**Fig. 26.** Área de moldeo – ensayo de fricción

**Fuente:** Autor

Asimismo, se generó el plano del molde destinado para la elaboración de probetas para ensayos de fricción, mediante el uso de un software, mismo que se indica a continuación por medio de una vista isométrica. (En el Anexo B se indica el plano general del molde)



**Fig. 27.** Vista isométrica del molde – ensayo de fricción

**Fuente:** Autor

### Volumen de moldeo.

El volumen de una de las cavidades para moldeo que posee el molde se determinó con la siguiente ecuación:

$$V = \pi * r^2 * h \quad \text{Ec. ( 1)}$$

$$V = \pi * (16 \text{ mm})^2 * 5 \text{ mm}$$

$$V = 4021,24 \text{ mm}^3$$

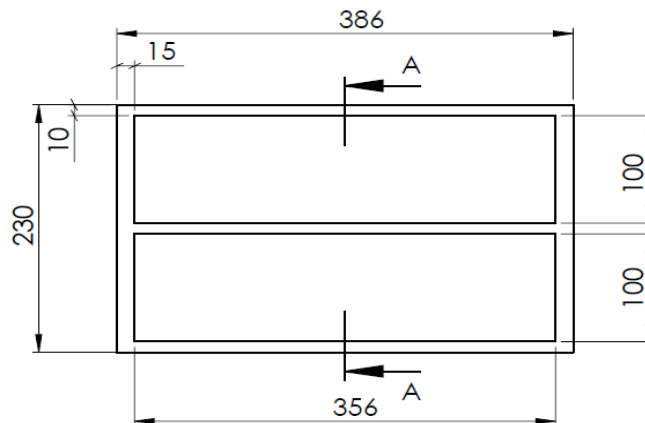
Donde:

- r = radio
- h = altura

### 2.7.3.3.2. Diseño del molde para ensayo de inflamabilidad

Para el ensayo de inflamabilidad se precisó elaborar probetas según la norma ISO 3795, en la cual especifica que se debe obtener probetas en forma de pequeñas planchas con dimensiones de largo, ancho y espesor de 356mm x 100mm x 5mm respectivamente.

El área de moldeo se tomó de la siguiente forma:



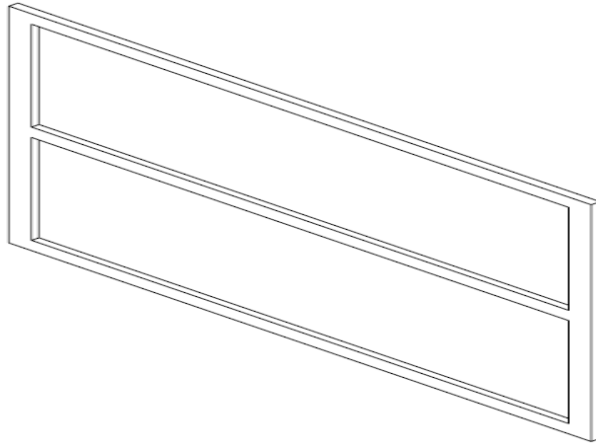
**Fig. 28.** Área de moldeo – ensayo de inflamabilidad

**Fuente:** Autor

De igual manera se generó el respectivo plano del molde para elaboración de probetas destinadas a ensayos de inflamabilidad por medio de la utilización del software, así



también se muestra una vista isométrica del plano realizado. (En el Anexo B se indica el plano general del molde)



**Fig. 29.** Vista isométrica del molde – ensayo de inflamabilidad

**Fuente:** Autor

#### **Volumen de moldeo.**

El volumen de una cámara destinada para moldeo que posee el molde se determinó con la siguiente ecuación:

$$V = l * a * e \quad \text{Ec. ( 2)}$$

$$V = 356mm * 100mm * 5mm$$

$$V = 178000 \text{ mm}^3$$

Donde:

- l = largo
- a = ancho
- e = espesor

#### **2.7.3.4. Manufactura de moldes**

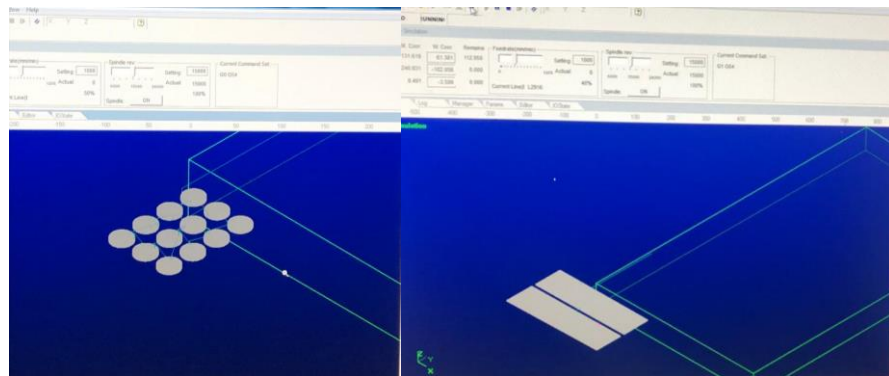
En primera instancia se observó los planos elaborados previamente, para luego siguiendo los parámetros establecidos lograr mecanizar los moldes mediante la utilización de un torno CNC.



**Fig. 30.** Router CNC

**Fuente:** Color Plast

Por medio del software “Art-CAM pro” se consiguió codificar y dibujar el modelo de los moldes para los ensayos de fricción e inflamabilidad.



**Fig. 31.** Codificación y dibujo para moldes.

**Fuente:** Color Plast

Por último, se procedió al posicionamiento de las placas de aluminio en el torno CNC para su posterior mecanizado.



**Fig. 32.** Mecanizado de moldes en torno CNC

**Fuente:** Color Plast

Cabe mencionar que se realizó el mecanizado de dos placas de aluminio con el fin de obtener los moldes para ensayos de fricción e inflamabilidad. A continuación, en la tabla 10 se especifica algunos detalles sobre el mecanizado de los moldes.

**Tabla 12.** Datos sobre proveedores de los materiales

Tipo de molde	Dimensiones de placa de aluminio. (mm)	Dimensiones de las cavidades. (mm)	Numero de cavidades.	Volumen parcial por mecanizar. (mm <sup>3</sup> )	Volumen total por mecanizar. (mm <sup>3</sup> )	Duración de mecanizado. (horas)
Molde para ensayo de fricción	180*137*6	Diámetro: 32 Espesor: 5	12	4021,24	48254,9	6
Molde para ensayo de fricción	386*230*6	Largo: 356 Ancho: 100 Espesor: 5	2	178000	356000	12

**Fuente:** Autor

Posteriormente al finalizar el proceso de manufactura de los moldes, se realizó el lijado de las superficies utilizando una lija de grano fino, con el propósito eliminar defectos y conseguir un buen acabado superficial, con ello se culminó con el proceso de fabricación de moldes.



**Fig. 33.** Moldes terminados para ensayos de fricción e inflamabilidad

**Fuente:** Autor

#### 2.7.4. Determinación de densidades del látex sintético y gránulo de caucho reciclado.

Para encontrar el valor de densidad tanto del látex sintético y del gránulo de caucho reciclado se realizó un diagrama de flujo, mismo que se muestra a continuación:

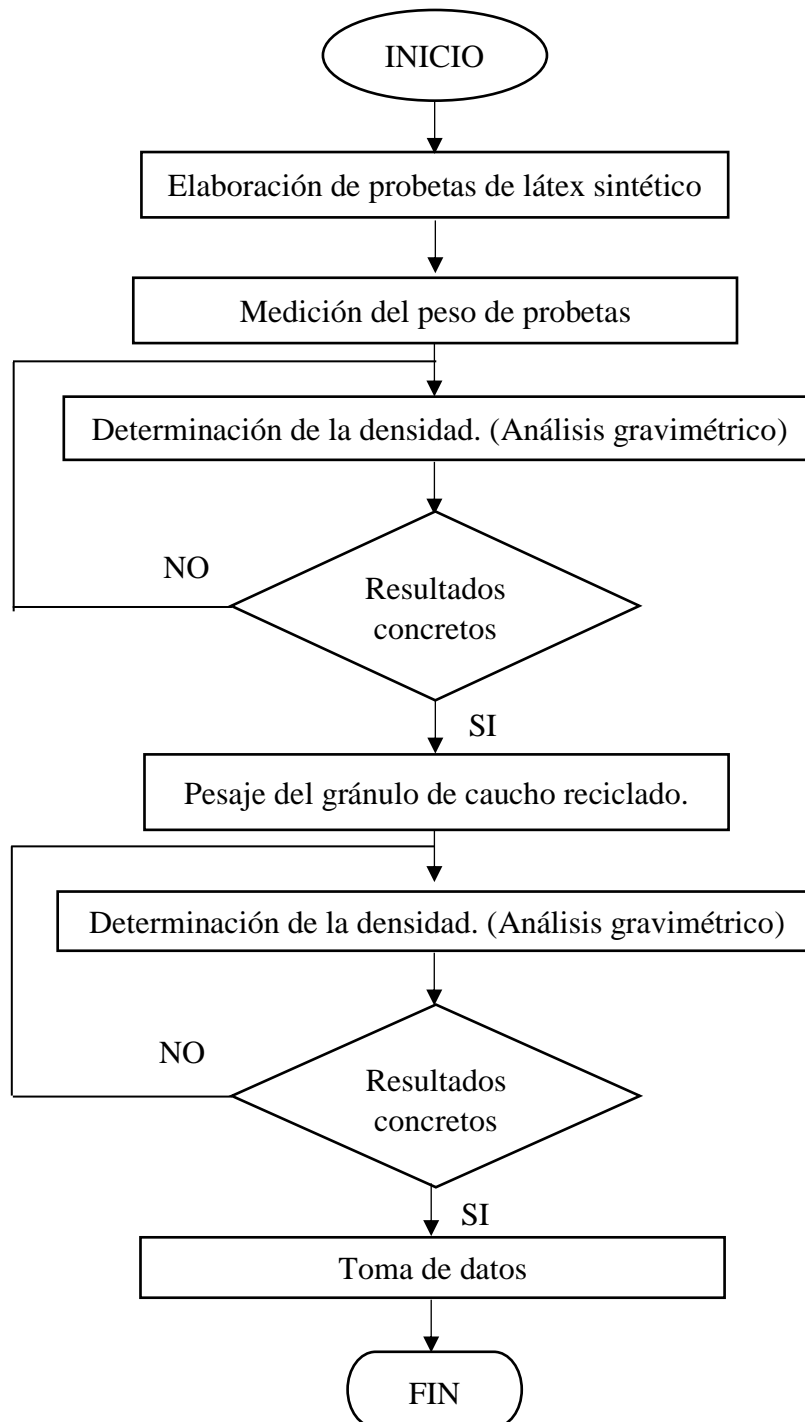


Fig. 34. Diagrama de flujo para cálculo de densidad del látex sintético y gránulo de caucho

Fuente: Autor





El cálculo de densidad de los materiales se efectuó mediante un análisis gravimétrico, este análisis consiste en determinar la cantidad de un elemento dentro de una muestra, analizando pesos y volúmenes de los materiales.

#### 2.7.4.1. Determinación de la densidad del látex sintético

##### Medición del peso de probetas de látex

En primer lugar, se elaboraron probetas de látex sintético puro, para posteriormente realizar el pesaje de dichas probetas con la ayuda de una balanza electrónica, donde se realizó un promedio de las cinco mediciones efectuadas.

**Tabla 13.** Determinación de la masa promedio de las probetas de látex

Número de probeta	Fotografía	Peso. (gr)
1		4
2		4
3		4
4		5

5		4
<b>Promedio</b>		<b>4,2</b>

Fuente: Autor




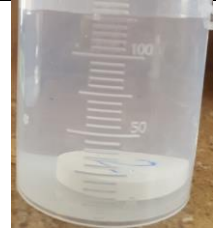
La masa encontrada de la probeta de látex puro fue de 4.2 gramos, este dato se utilizó para realizar el cálculo de la densidad del látex





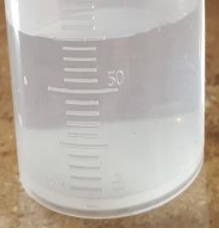

### Medición del volumen de probeta de látex

En este proceso se requiere de un recipiente milimetrado, en el cual se introduce una cierta cantidad de agua, el volumen inicial de agua es registrado. Luego de ello colocamos la probeta de látex puro en el recipiente y registramos nuevamente el volumen final obtenido. El volumen de la probeta de látex se obtiene mediante la diferencia de volúmenes (volumen final – volumen inicial), el proceso se lo realizo cinco veces y el promedio encontrado será el resultado final.

En la tabla 14 se detalla los datos obtenido:

**Tabla 14.** Determinación del volumen promedio de las probetas de látex

Número de probeta	Fotografías		Volumen inicial. (ml)	Volumen final. (ml)	Diferencia de volúmenes. (ml)
	Inicial	Final			
1			100	103,5	3,5
2			125	128	3

3			100	103	3
4			50	53,5	3,5
5			75	78	3
<b>Promedio</b>					<b>3,2</b>

**Fuente:** Autor

El volumen de la probeta de látex puro fue de 3,2 ml, siendo equivalente a 3,2 cm<sup>3</sup>.

### **Cálculo de la densidad del látex sintético**

Por medio de la ecuación (3) se calculó la densidad del látex.

$$\rho_l = \frac{m_l}{v_l} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$\rho_l = \frac{4,2 \text{ gr}}{3,2 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_l = 1,313 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_l = 1,313 * 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3}$$

Donde:

- $\rho_l$ : densidad del látex
- $m_l$ : masa del látex
- $v_l$ : volumen del látex


El valor de la densidad del látex sintético es  $1,313 * 10^{-3} \frac{gr}{mm^3}$ , luego se procede a realizar el cálculo de la densidad del gránulo de caucho.

#### 2.7.4.2.Determinación de la densidad del gránulo de caucho

##### Medición del peso de probetas de látex

Con la ayuda de uno de los moldes, rellenas una de sus cavidades con gránulo de caucho, esta cantidad de caucho lo pesamos en una balanza electrónica y registramos su valor.

**Tabla 15.** Pesaje de la masa del caucho

Masa. (gr)	Fotografía
2	

**Fuente:** Autor

La masa pesada de 2gr del gránulo de caucho nos servirá para realizar el cálculo de su volumen como se detalla a continuación.



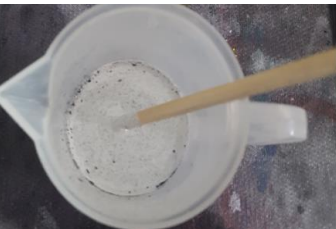
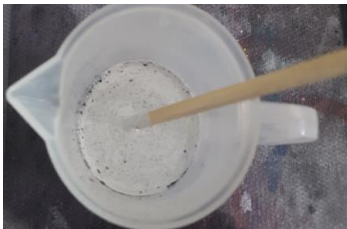

##### Medición del volumen del gránulo de caucho reciclado

En este caso también se requiere de un recipiente milimetrado, en el cual se coloca una cierta cantidad de látex y se realiza el registro del volumen inicial que se tiene, luego procedemos a agregar en el recipiente la masa de gránulo de caucho previamente pesada, realizamos la mezcla y tomamos nuevamente la medida del volumen. El volumen del gránulo de caucho reciclado viene a ser el valor de la diferencia entre el volumen final e inicial. El proceso se efectuó cinco veces y el promedio entre todos los casos fue el resultado final. Además, cabe mencionar que todo el proceso se realizó a temperatura ambiente.

En la tabla 16 se muestran los datos obtenidos en la medición de volúmenes.



**Tabla 16.** Determinación del volumen promedio del gránulo de caucho reciclado

Masa empleada. (gr)	Volumen inicial. (ml)	Volumen final. (ml)	Diferencia de volúmenes. (ml)	Fotografías del proceso.
2	130	139	9	
	100	107	7	
	100	109	9	
	100	108	8	
	120	129	9	
<b>Promedio final.</b>			<b>8,4</b>	

Fuente: Autor

El volumen encontrado del gránulo de caucho fue de 8,4 ml, siendo equivalente a 8,4 cm<sup>3</sup>, con los datos obtenidos se procedió a realizar el cálculo de la densidad del gránulo de caucho.

#### **Cálculo de la densidad del gránulo de caucho reciclado**

Por medio de la ecuación (4) se calculó la densidad del gránulo.

$$\rho_g = \frac{m_g}{v_g} \quad \text{Ec. ( 4)}$$

$$\rho_g = \frac{2 \text{ gr}}{8,4 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_g = 0,238 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_g = 2,38 * 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3}$$

Donde:

- $\rho_g$ : densidad del gránulo de caucho
- $m_g$ : masa del gránulo de caucho
- $v_g$ : volumen del gránulo de caucho

El valor de la densidad del gránulo es  $2,38 * 10^{-4} \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3}$ , con estos datos obtenidos pasamos a la composición volumétrica del compuesto.

### **2.7.5. Composición volumétrica entre matriz y refuerzo**

Para este apartado se tomó como referencia la investigación realizada por Franco Palacios [1], quien para lograr una óptima composición volumétrica entre la matriz de látex sintético y el refuerzo de gránulo de caucho reciclado, necesitó de los valores de densidad de los componentes, así como los volúmenes de trabajo de los moldes.

Así determinando que la mejor composición volumétrica entre matriz y refuerzo fue del 60% y 40% respectivamente. Esta composición presentó buena fusión entre matriz-refuerzo y además proporciona mejores propiedades mecánicas.

#### **2.7.5.1. Cálculo de volúmenes y masas para la composición volumétrica**

Para la composición volumétrica establecida del 60% matriz de látex sintético y 40% refuerzo de gránulo de caucho reciclado se calculó los valores de volúmenes y masas de acuerdo con el número de probetas que se elaboraran para los ensayos de fricción e inflamabilidad.

La composición volumétrica empleada y número de probetas requeridas se detalla en la tabla 17.

**Tabla 17.** Información general sobre composición volumétrica y número de probetas para ensayos

Composición volumétrica	Número de probetas	
	Fricción	Inflamabilidad
60% látex sintético 40% gránulo de caucho	84 probetas	10 probetas
Total	94 Probetas elaboradas por moldeo.	

Fuente: Autor

#### 2.7.5.1.1. Cálculo del volumen de matriz y refuerzo empleado según la composición volumétrica

Para el cálculo de volumen de la configuración establecida utilizamos las ecuaciones Ec. (3) y Ec. (4).

#### Cálculo de volúmenes del molde para ensayo de fricción (12 probetas)

Datos:

- Composición volumétrica: 60% matriz (látex sintético) y 40% refuerzo (Gránulo de caucho).
- Volumen parcial de trabajo del molde:  $4021,24 \text{ mm}^3$
- Volumen total de trabajo del molde:  $48254,9 \text{ mm}^3$ .
- $v_l$ : volumen del látex
- $v_g$ : volumen del gránulo de caucho.

Cálculo:

$$v_l = 0,60 * 48254,9$$

$$v_l = 28953 \text{ mm}^3$$

$$v_g = 0,40 * 48254,9$$

$$v_l = 19302 \text{ mm}^3$$

## Cálculo de volúmenes del molde para ensayo de inflamabilidad (2 probetas)

Datos:

- Composición volumétrica: 60% matriz (látex sintético) y 40% refuerzo (Gránulo de caucho).
- Volumen parcial de trabajo del molde:  $178000 \text{ mm}^3$ .
- Volumen total de trabajo del molde:  $356000 \text{ mm}^3$ .
- $v_l$ : volumen del látex
- $v_g$ : volumen del gránulo de caucho.

Cálculo:

$$v_l = 0,60 * 356000$$

$$v_l = 213600 \text{ mm}^3$$

$$v_g = 0,40 * 356000$$

$$v_g = 142400 \text{ mm}^3$$

Los volúmenes calculados se utilizaron para realizar el cálculo de masa necesaria para cada molde según sea el ensayo. En la tabla 18 se indica los volúmenes calculados.

**Tabla 18.** Volúmenes calculados de látex y gránulo de caucho para moldes

Composición volumétrica	Volumen por utilizar en moldes			
	Fricción		Inflamabilidad	
	Látex sintético	Gránulo de caucho	Látex sintético	Gránulo de caucho
60 % látex - 40% gránulo	28953 mm <sup>3</sup>	19302 mm <sup>3</sup>	213600 mm <sup>3</sup>	142400 mm <sup>3</sup>

Fuente: Autor

### 2.7.5.1.2. Cálculo de la masa de matriz y refuerzo empleado según la composición volumétrica

Para el cálculo de la masa para la configuración establecida utilizamos las ecuaciones Ec. (3) y Ec. (4).

Datos:

- Volumen del látex sintético y gránulo de caucho. (ver tabla 18)
- Composición volumétrica: 60% matriz (látex sintético) y 40% refuerzo (Gránulo de caucho).
- Densidad del látex sintético:  $\rho_l = 1,313 * 10^{-3} \frac{gr}{mm^3}$
- Densidad del gránulo de caucho:  $\rho_g = 2,38 * 10^{-4} \frac{gr}{mm^3}$

**Cálculo de la masa del látex sintético y gránulo de caucho para probetas de ensayos de fricción (12 probetas)**

$$m_l = \rho_l * v_l$$

$$m_l = 1,313 * 10^{-3} \frac{gr}{mm^3} * 28953 mm^3$$

$$m_l = 38 gr$$

$$m_g = \rho_g * v_g$$

$$m_g = 2,38 * 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} * 19302 mm^3$$

$$m_g = 4,6 gr$$

**Cálculo de la masa del látex sintético y gránulo de caucho para probetas de ensayos de inflamabilidad (2 probetas)**

$$m_l = \rho_l * v_l$$

$$m_l = 1,313 * 10^{-3} \frac{gr}{mm^3} * 213600 mm^3$$

$$m_l = 280,5 gr$$

$$m_g = \rho_g * v_g$$

$$m_g = 2,38 * 10^{-4} \frac{gr}{mm^3} * 142400 mm^3$$

$$m_g = 33,9 gr$$

Una vez finalizado el cálculo de volúmenes y masas requeridas de matriz (látex) y refuerzo (gránulo de caucho) se muestra a continuación una tabla resumen de los resultados obtenidos.

**Tabla 19.** Datos generales de volumen y masa necesario para elaborar probetas para ensayos de fricción e inflamabilidad

Composición volumétrica	Moldes según ensayo a realizar			
	Fricción		Inflamabilidad	
	Volumen ( $mm^3$ )	Masa ( $gr$ )	Volumen ( $mm^3$ )	Masa ( $gr$ )
60 % látex	28953	38	213600	280,5
40% gránulo	19302	4,6	142400	33,9

Fuente: Autor

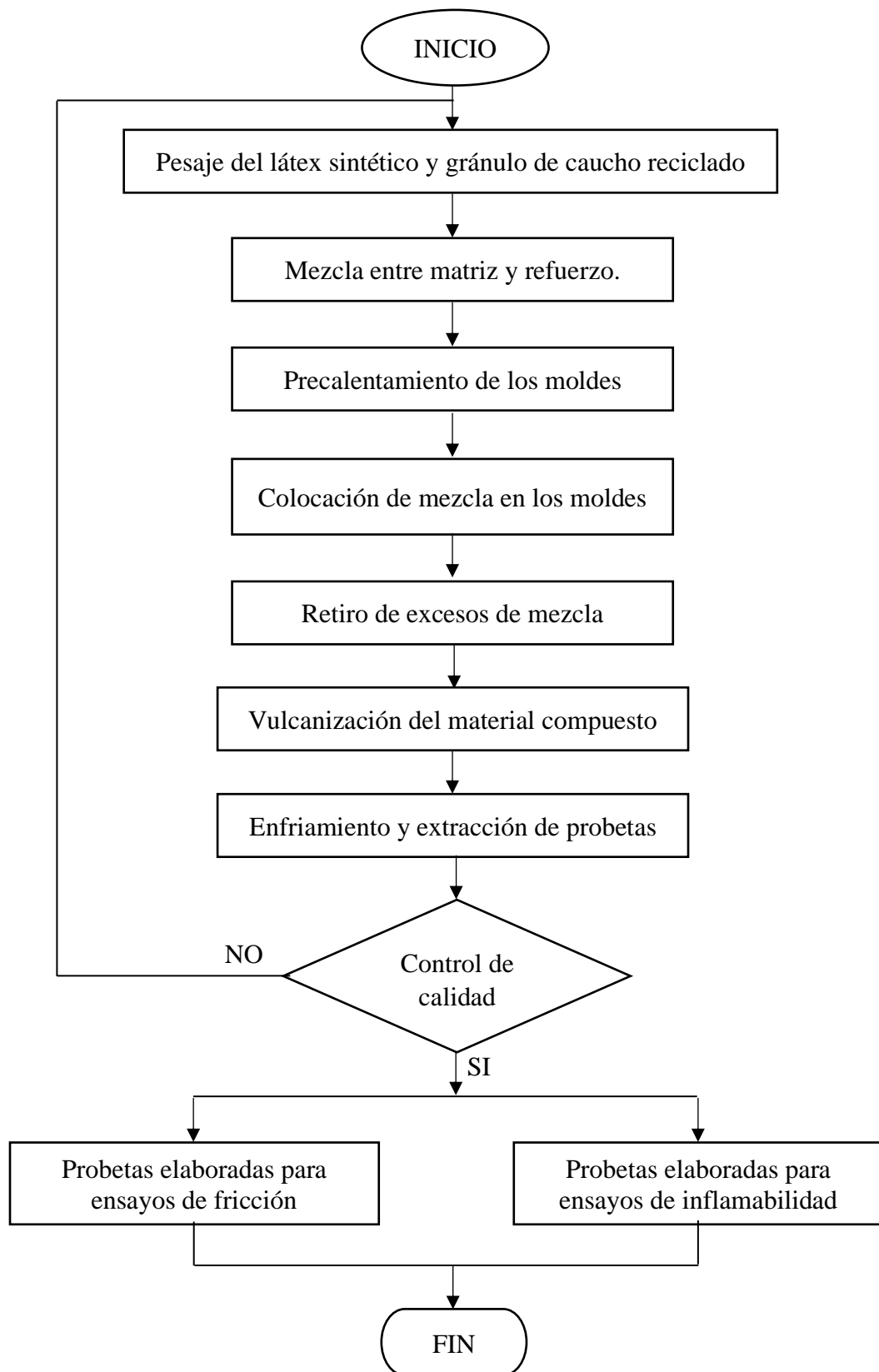
Estos datos de volumen y masa ayudaron para realizar la mezcla entre matriz y refuerzo de acuerdo con el molde utilizado, ya sea para elaborar probetas destinadas a ensayos de fricción o inflamabilidad.

## 2.8.Elaboración de probetas

En esta investigación se estableció un solo tipo de configuración, para el caso de los ensayos fricción elaboramos 42 probetas por cada condición (seco - húmedo), es decir, se realizaron un total de 84 probetas. Mientras que para los ensayos de inflamabilidad se elaboraron 10 probetas, dando un total de 94 probetas de material compuesto.

Cabe mencionar que por efectos de comprobación de la hipótesis también se elaboraron el mismo número de probetas con una configuración del 100% de látex sintético, es por ello por lo que el número final de probetas elaboradas para este estudio es de 188 probetas.

En el siguiente diagrama se describe el proceso efectuado con el fin de elaborar probetas para los ensayos respectivos.



**Fig. 35.** Diagrama de flujo para elaboración de probetas

**Fuente:** Autor

### **Pesaje del látex sintético y gránulo de caucho reciclado**

El pesaje de los elementos matriz y refuerzo se realizó mediante el uso de una balanza electrónica y un recipiente, tomando en cuenta los valores de masa obtenidos con anterioridad gracias a la composición volumétrica, además el pesaje de los materiales se hizo para los dos tipos de molde.

En el pesaje de los elementos hay que tener en cuenta la masa del recipiente que se está utilizando.



**Fig. 36.** Pesaje del látex sintético y gránulo de caucho

**Fuente:** Autor

### **Mezcla entre matriz y refuerzo.**

Una vez realizado el pesaje del látex sintético y gránulo de caucho reciclado, colocamos el gránulo de caucho en el recipiente que contiene el látex, el proceso debe realizarse en el orden mencionado, esto se lo realiza con la finalidad de evitar pérdidas de material. Luego procedemos al realizar la mezcla de los materiales meciéndolos con un palillo por al menos treinta segundos, con esto aseguramos una excelente mezcla entre los dos materiales.



**Fig. 37.** Mezcla del látex sintético y gránulo de caucho

**Fuente:** Autor



En este punto también hay que tener en cuenta que la mezcla no debe permanecer por más de un minuto en el ambiente, la mezcla se la debe colocar lo más pronto posible en los moldes. Esto con el propósito de evitar que el material se endurezca.

### **Pre calentamiento de moldes**

Antes de realizar el vertido de la mezcla sobre los moldes estos deben ser precalentados, esto se lo realiza para que, al momento de aplicar la mezcla en los moldes, esta pueda llenar con facilidad todos los espacios difíciles de llegar, como son las aristas. Los moldes son precalentados en la superficie superior del horno.

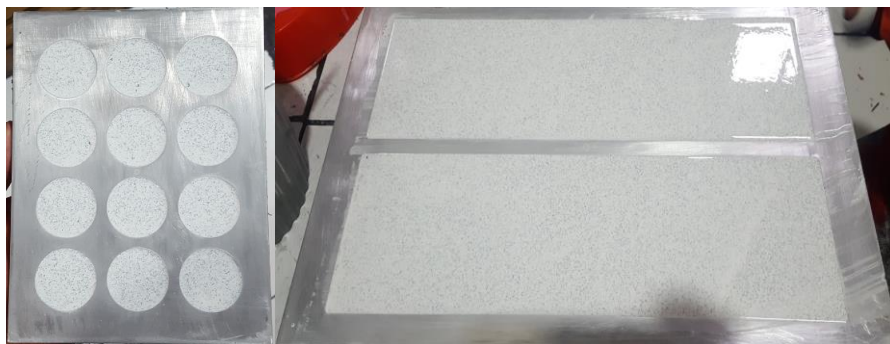


**Fig. 38.** Precalentamiento de moldes

**Fuente:** Autor

### **Colocación de mezcla en los moldes**

Como se mencionó con anterioridad la aplicación de la mezcla se debe realizar en menos de un minuto, en primer lugar, se vertió la mezcla en los moldes con la ayuda de un pequeño cepillo llenando todos los espacios de las cavidades. Aquí se pudo comprobar que los cálculos realizados permitieron obtener la cantidad exacta de mezcla que pueden contener los moldes.

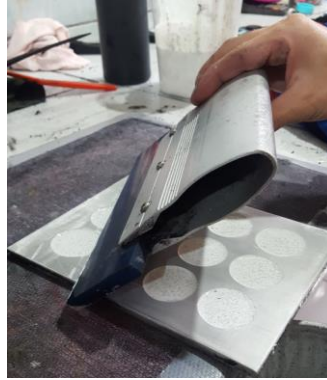


**Fig. 39.** Precalentamiento de moldes

**Fuente:** Autor

### **Retiro de excesos de mezcla**

Antes de realizar el proceso de vulcanización del material se debe realizar un barrido o limpieza de la superficie, esto se realiza utilizando una paleta. Con esto evitamos que las probetas tengan bordes con exceso de material.



**Fig. 40.** Retiro de excesos de mezcla en moldes

**Fuente:** Autor

### **Vulcanización del material compuesto**

El proceso de vulcanización es uno de los más importantes ya que de este depende la conformación del material compuesto, para esta actividad se requiere de un horno, el cual debe estar a 177 °C. El tiempo de vulcanizado está en dependencia del espesor y dimensiones de las probetas, para el caso de las probetas de fricción el tiempo estimado fue de dos minutos, mientras que para las probetas de inflamabilidad debido a sus dimensiones se requirió de tres minutos.



**Fig. 41.** Vulcanización del material compuesto

**Fuente:** Autor

Si el tiempo de vulcanizado es inferior al especificado, el material no obtiene un cocido uniforme, entonces el material no logra una buena fusión entre matriz y refuerzo. Por el otro lado, si el tiempo de vulcanizado es excesivo, la mezcla llega a quemarse y toma un color amarillento.

### **Enfriamiento y extracción de probetas**

El enfriamiento de los moldes se realiza en un tanque de agua, los moldes se sumergen por completo en el tanque hasta conseguir el enfriamiento de los moldes y probetas, para su posterior extracción.



**Fig. 42.** Enfriamiento y extracción de probetas

**Fuente:** Autor

### **Control de calidad**

Se controló las dimensiones de las probetas de material compuesto, además se examinó si el proceso de vulcanización fue correcto.



**Fig. 43.** Control de calidad en probetas de material compuesto

**Fuente:** Autor

## **Probetas de material compuesto obtenidas**

Finalmente, luego de pasar el control de calidad, las probetas de material compuesto obtenidas están listas para ser sometidas a los ensayos de fricción e inflamabilidad, en total se fabricaron 94 probetas.



**Fig. 44.** Probetas de material compuesto obtenidas

**Fuente:** Autor

## **2.9.Ejecución de ensayos**

### **2.9.1. Ensayo de fricción del material compuesto**

Los ensayos de fricción se ejecutaron en las instalaciones de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para este ensayo se usó la Guía de Uso del Inglés XL Tribómetro de Incidencia Variable.

En la guía se expresa el procedimiento para realizar el ensayo, asimismo, indica los parámetros de funcionamiento de la máquina.

#### **Procedimiento para ensayo de fricción**

- Para utilizar el Tribómetro de Incidencia Variable en primera instancia se debe tener en cuenta todos los artículos o implementos necesarios que se requieran para la ejecución de los ensayos.
- Verificar si el sistema está alimentado con una fuente de aire comprimido.
- Regular la presión de aire a  $25 \pm 2$  psi.
- Preparar el pie de prueba o probeta que se va a ensayar.
- Calibrar el pie de prueba como indica la Guía de uso.

- La máquina esta lista para ejecutar ensayos tanto en condiciones secas como en húmedas, el proceso se detalla en la Guía de uso del VIT, misma que se indica en el Anexo C.
- Registrar los valores de los ángulos obtenidos en los ensayos estáticos y dinámicos.

### **Resultados emitidos.**

La máquina English XL VIT proporciona el valor del ángulo obtenido en el ensayo, mismo que nos permitió calcular los coeficientes de fricción estático y dinámico.

Coefficiente de fricción estático:

$$\mu_s = \tan \alpha \quad \text{Ec. ( 5)}$$

Coefficiente de fricción dinámico:

- Velocidad constante.

$$\mu_d = \tan \alpha \quad \text{Ec. ( 6)}$$

- Aceleración constante:

$$\mu_d = \tan \alpha - \frac{a}{g * \cos \alpha} \quad \text{Ec. ( 7)}$$

Donde:

- $\mu_s$ : Coeficiente de fricción estático
- $\alpha$ : Ángulo de ataque
- $\mu_d$ : Coeficiente de fricción dinámico
- $a$ : Aceleración
- $g$ : Gravedad

Cabe mencionar que para los ensayos de fricción dinámicos existen dos formas aplicables para el cálculo del coeficiente de fricción, como se puede apreciar en las ecuaciones (6) y (7).

Para esta investigación se optó por la primera forma, que es a velocidad constante, Ec. (6). Esto se seleccionó debido a las características de la máquina, la cual nos permite realizar un avance constante

## 2.9.2. Ensayo de inflamabilidad del material compuesto

Los ensayos de inflamabilidad se regirán a la norma ISO 3795, los mismos que se llevarán a cabo en el Centro de Transferencia y Tecnología, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

La norma empleada muestra el procedimiento para la ejecución de los ensayos y de igual manera indica la forma de emisión de resultados. Las probetas de material compuesto ensayadas fueron 10 y por efectos de comprobación de hipótesis se ensayaron 10 probetas de látex puro.

### Procedimiento para ensayo de inflamabilidad

- Verificar las condiciones del ambiente para el ensayo
- Realizar el condicionamiento de las muestras
- Montar la muestra o probeta en el portamuestras.
- Ajustar la llama de gas a una altura de 38 mm, antes de iniciar con el primer ensayo la llama debe arder al menos 60 segundos.
- Insertar el portamuestras dentro de la cámara de modo que la muestra quede expuesta a la llama, luego de 15 segundos quitar el suministro de gas.
- Medir los tiempos y distancias de combustión.
- Elaborar informe con los resultados.

Hay que tener en cuenta que, al realizar varias pruebas en el equipo, la cámara de combustión y portamuestras no deben exceder los 30 °C para continuar con las pruebas. Además, todo el procedimiento detallado y parámetros necesarios para ejecutar el ensayo se indica en el Anexo D.

### Resultados emitidos.

La tasa de combustión o velocidad de quemado se calculó mediante la Ec. (8).

$$B = \frac{s}{t} \times 60 \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

- $B$ : Tasa de combustión [mm/min]
- $s$ : Distancia quemada [milímetros]

- $t$ : Tiempo transcurrido en distancia quemada [segundos]

El resultado final alcanzado en los ensayos de inflamabilidad fue la media aritmética de los datos obtenidos en los 10 ensayos ejecutados.




## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados Obtenidos

##### 3.1.1. Resultados de los ensayos de fricción estáticos (Látex: 100%)




**Ficha Técnica 1:** Resultados del ensayo de fricción estático-baldosa-seco con configuración de 100% látex

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Baldosa	<b>Tipo de material:</b>	Simple	
<b>Condición:</b>	Seco	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Estático	<b>Refuerzo:</b>	-	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	-	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,93	0,87	0,93	0,84
<b>2</b>	0,84	0,90	0,90	0,84
<b>3</b>	0,87	0,93	0,84	0,87
<b>4</b>	0,93	1,00	0,90	0,93
<b>5</b>	1,15	0,97	1,11	1,04
<b>6</b>	0,93	1,04	0,87	1,00
<b>7</b>	0,81	1,04	0,97	0,90
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

**Fuente:** Autor






**Ficha Técnica 2: Resultados del ensayo de fricción estático-baldosa-húmedo con configuración de 100% látex**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Baldosa	<b>Tipo de material:</b>	Simple	
<b>Condición:</b>	Húmedo	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Estático	<b>Refuerzo:</b>	-	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	-	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,16	0,18	0,12	0,12
<b>2</b>	0,14	0,11	0,12	0,14
<b>3</b>	0,11	0,18	0,16	0,16
<b>4</b>	0,21	0,19	0,18	0,14
<b>5</b>	0,27	0,25	0,21	0,23
<b>6</b>	0,27	0,21	0,23	0,18
<b>7</b>	0,19	0,25	0,23	0,25
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	




Fuente: Autor

**Ficha Técnica 3: Resultados del ensayo de fricción estático-madera-seco con configuración de 100% látex**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Madera	<b>Tipo de material:</b>	Simple	
<b>Condición:</b>	Seco	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Estático	<b>Refuerzo:</b>	-	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	-	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	1,28	1,38	1,28	1,19
<b>2</b>	1,28	1,28	1,19	1,38
<b>3</b>	1,33	1,15	1,23	1,23
<b>4</b>	1,04	1,11	1,19	1,11
<b>5</b>	1,23	1,28	1,38	1,28
<b>6</b>	1,15	1,23	1,33	1,23
<b>7</b>	1,11	1,19	1,15	1,28
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	




Fuente: Autor

**Ficha Técnica 4: Resultados del ensayo de fricción estático-madera-húmedo con configuración de 100% látex**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Madera	<b>Tipo de material:</b>	Simple	
<b>Condición:</b>	Húmedo	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Estático	<b>Refuerzo:</b>	-	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	-	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,58	0,75	0,70	0,84
<b>2</b>	0,97	1,00	0,97	0,93
<b>3</b>	0,81	0,70	0,78	0,65
<b>4</b>	0,53	0,60	0,90	0,58
<b>5</b>	1,00	0,67	0,90	0,84
<b>6</b>	0,78	0,87	0,70	0,97
<b>7</b>	0,81	1,00	0,84	0,75
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	




**Fuente:** Autor

**Ficha Técnica 5:** Resultados del ensayo de fricción estático-concreto-seco con configuración de 100% látex

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Concreto	<b>Tipo de material:</b>	Simple	
<b>Condición:</b>	Seco	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Estático	<b>Refuerzo:</b>	-	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	-	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,90	0,84	0,70	0,73
<b>2</b>	0,87	0,81	0,81	0,70
<b>3</b>	0,97	0,78	0,90	0,84
<b>4</b>	0,93	0,84	0,81	0,84
<b>5</b>	0,75	0,73	0,75	0,70
<b>6</b>	0,73	0,78	0,81	0,81
<b>7</b>	0,73	0,78	0,84	0,70
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

**Fuente:** Autor




**Ficha Técnica 6:** Resultados del ensayo de fricción estático-concreto-húmedo con configuración de 100% látex

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Concreto	<b>Tipo de material:</b>	Simple	
<b>Condición:</b>	Húmedo	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Estático	<b>Refuerzo:</b>	-	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	-	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>Nº. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,47	0,53	0,40	0,47
<b>2</b>	0,47	0,40	0,38	0,49
<b>3</b>	0,38	0,45	0,47	0,38
<b>4</b>	0,47	0,45	0,38	0,40
<b>5</b>	0,45	0,40	0,47	0,42
<b>6</b>	0,45	0,38	0,40	0,36
<b>7</b>	0,45	0,47	0,49	0,42
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

**Fuente:** Autor

**3.1.2. Resultados de los ensayos de fricción estáticos (Látex: 60%- Gránulo: 40%)**




**Ficha Técnica 7:** Resultados del ensayo de fricción estático-baldosa-seco con configuración de 60% látex y 40% gránulo

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Baldosa	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Condición:</b>	Seco	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Estático	<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	-	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,73	0,78	0,73	0,73
<b>2</b>	0,78	0,73	0,73	0,75
<b>3</b>	0,67	0,70	0,78	0,67
<b>4</b>	0,55	0,55	0,55	0,67
<b>5</b>	0,60	0,55	0,58	0,49
<b>6</b>	0,60	0,67	0,65	0,62
<b>7</b>	0,65	0,58	0,60	0,65
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

Fuente: Autor






**Ficha Técnica 8:** Resultados del ensayo de fricción estático-baldosa-húmedo con configuración de 60% látex y 40% gránulo

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Baldosa	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Condición:</b>	Húmedo	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Estático	<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	-	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>Nº. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,27	0,29	0,29	0,27
<b>2</b>	0,23	0,19	0,23	0,23
<b>3</b>	0,27	0,32	0,29	0,23
<b>4</b>	0,23	0,21	0,19	0,18
<b>5</b>	0,19	0,25	0,25	0,23
<b>6</b>	0,23	0,19	0,19	0,23
<b>7</b>	0,32	0,34	0,32	0,31
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

Fuente: Autor



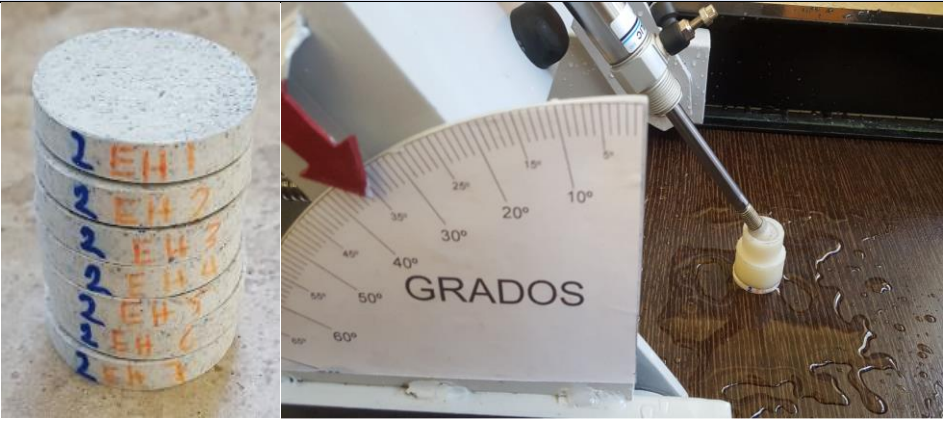
**Ficha Técnica 9:** Resultados del ensayo de fricción estático-madera-seco con configuración de 60% látex y 40% gránulo

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Madera	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Condición:</b>	Seco	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Estático	<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	-	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	1,04	0,97	1,07	1,04
<b>2</b>	1,07	1,04	1,00	1,04
<b>3</b>	1,04	1,15	0,97	1,00
<b>4</b>	1,11	1,07	1,11	1,04
<b>5</b>	1,04	1,11	1,07	1,00
<b>6</b>	1,00	0,97	1,07	1,04
<b>7</b>	0,97	1,00	1,04	1,11
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

Fuente: Autor






**Ficha Técnica 10:** Resultados del ensayo de fricción estático-madera-húmedo con configuración de 60% látex y 40% gránulo

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Madera	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Condición:</b>	Húmedo	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Estático	<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	-	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,78	0,65	0,73	0,70
<b>2</b>	0,67	0,73	0,70	0,62
<b>3</b>	0,87	0,78	0,78	0,73
<b>4</b>	0,67	0,70	0,84	0,78
<b>5</b>	0,78	0,70	0,73	0,65
<b>6</b>	0,70	0,75	0,78	0,67
<b>7</b>	0,75	0,60	0,84	0,87
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	




Fuente: Autor

**Ficha Técnica 11:** Resultados del ensayo de fricción estático-concreto-seco con configuración de 60% látex y 40% gránulo

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Concreto	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Condición:</b>	Seco	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Estático	<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	-	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,87	0,81	0,84	0,81
<b>2</b>	0,75	0,70	0,58	0,70
<b>3</b>	0,40	0,36	0,42	0,38
<b>4</b>	0,84	0,84	0,87	0,75
<b>5</b>	0,75	0,49	0,60	0,55
<b>6</b>	0,60	0,81	0,70	0,81
<b>7</b>	0,87	0,70	0,67	0,73
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

**Fuente:** Autor




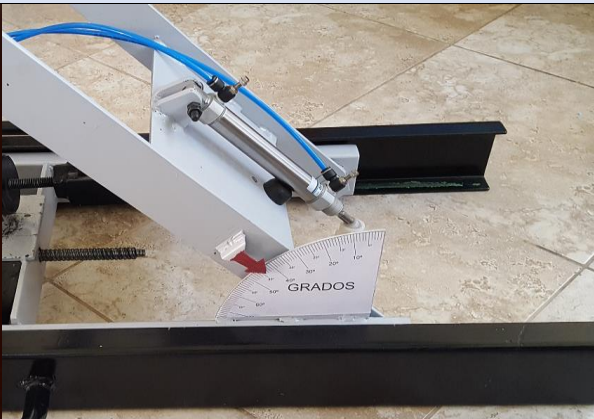
**Ficha Técnica 12:** Resultados del ensayo de fricción estático-concreto-húmedo con configuración de 60% látex y 40% gránulo

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Concreto	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Condición:</b>	Húmedo	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Estático	<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	-	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,51	0,42	0,55	0,58
<b>2</b>	0,60	0,51	0,58	0,53
<b>3</b>	0,45	0,51	0,42	0,42
<b>4</b>	0,55	0,53	0,51	0,67
<b>5</b>	0,53	0,58	0,67	0,55
<b>6</b>	0,45	0,60	0,51	0,45
<b>7</b>	0,53	0,55	0,49	0,49
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

Fuente: Autor




### 3.1.3. Resultados de los ensayos de fricción dinámicos (Látex: 100%)

**Ficha Técnica 13:** Resultados del ensayo de fricción dinámico-baldosa-seco con configuración de 100% látex

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FICHA TÉCNICA			
	ENSAYO DE FRICCIÓN			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Baldosa	<b>Tipo de material:</b>	Simple	
<b>Condición:</b>	Seco	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Dinámico	<b>Refuerzo:</b>	-	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	30 cm/s	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
RESULTADOS				
N°. Probeta	Orientación			
	N	S	E	O
1	1,28	1,07	1,38	1,00
2	1,15	1,23	1,28	1,19
3	1,04	0,97	0,90	0,84
4	1,38	1,33	1,19	1,07
5	1,07	0,93	1,28	1,19
6	1,11	0,93	1,23	1,33
7	1,00	1,38	1,15	0,93
FOTOGRAFÍA				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

Fuente: Autor





**Ficha Técnica 14:** Resultados del ensayo de fricción dinámico-baldosa-húmedo con configuración de 100% látex

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Baldosa	<b>Tipo de material:</b>	Simple	
<b>Condición:</b>	Húmedo	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Dinámico	<b>Refuerzo:</b>	-	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	30 cm/s	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,23	0,19	0,25	0,21
<b>2</b>	0,18	0,16	0,18	0,16
<b>3</b>	0,19	0,27	0,31	0,21
<b>4</b>	0,18	0,16	0,14	0,12
<b>5</b>	0,12	0,11	0,18	0,16
<b>6</b>	0,19	0,16	0,18	0,21
<b>7</b>	0,27	0,31	0,25	0,27
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

**Fuente:** Autor






**Ficha Técnica 15:** Resultados del ensayo de fricción dinámico-madera-seco con configuración de 100% látex

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Madera	<b>Tipo de material:</b>	Simple	
<b>Condición:</b>	Seco	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Dinámico	<b>Refuerzo:</b>	-	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	30 cm/s	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	1,04	1,15	1,19	1,07
<b>2</b>	0,97	0,87	0,93	0,84
<b>3</b>	1,19	1,11	0,97	1,00
<b>4</b>	1,07	1,04	1,15	1,19
<b>5</b>	0,97	1,07	1,19	0,93
<b>6</b>	0,90	1,19	1,00	1,04
<b>7</b>	0,87	1,04	1,15	1,19
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	




**Fuente:** Autor

**Ficha Técnica 16:** Resultados del ensayo de fricción dinámico-madera-húmedo con configuración de 100% látex

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Madera	<b>Tipo de material:</b>	Simple	
<b>Condición:</b>	Húmedo	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Dinámico	<b>Refuerzo:</b>	-	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	30 cm/s	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,45	0,53	0,42	0,58
<b>2</b>	0,49	0,47	0,49	0,53
<b>3</b>	0,60	0,49	0,51	0,53
<b>4</b>	0,58	0,55	0,45	0,40
<b>5</b>	0,45	0,53	0,42	0,42
<b>6</b>	0,58	0,51	0,49	0,42
<b>7</b>	0,45	0,40	0,47	0,60
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

**Fuente:** Autor





**Ficha Técnica 17:** Resultados del ensayo de fricción dinámico-concreto-seco con configuración de 100% látex

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FICHA TÉCNICA			
	ENSAYO DE FRICCIÓN			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Concreto	<b>Tipo de material:</b>	Simple	
<b>Condición:</b>	Seco	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Dinámico	<b>Refuerzo:</b>	-	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	30 cm/s	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
RESULTADOS				
N°. Probeta	Orientación			
	N	S	E	O
1	0,81	0,73	0,70	0,84
2	0,84	0,67	0,81	0,78
3	0,81	0,70	0,84	0,75
4	0,75	0,81	0,87	0,78
5	0,75	0,81	0,75	0,90
6	0,87	0,81	0,70	0,73
7	0,78	0,70	0,73	0,87
FOTOGRAFÍA				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

Fuente: Autor





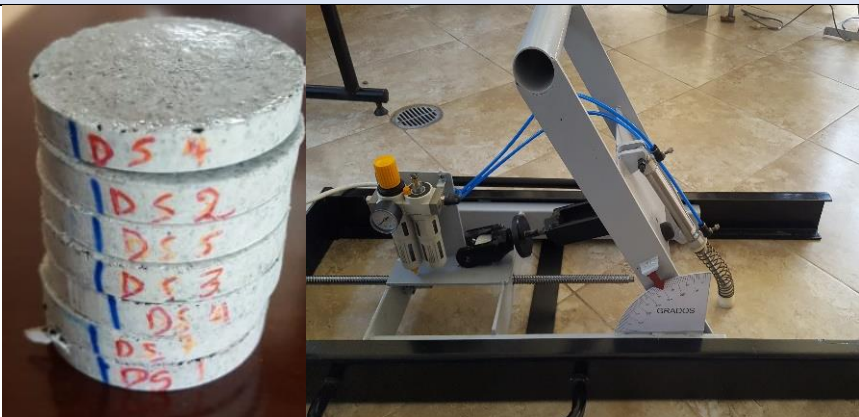
**Ficha Técnica 18:** Resultados del ensayo de fricción dinámico-concreto-húmedo con configuración de 100% látex

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FICHA TÉCNICA			
	ENSAYO DE FRICCIÓN			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Concreto	<b>Tipo de material:</b>	Simple	
<b>Condición:</b>	Húmedo	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Dinámico	<b>Refuerzo:</b>	-	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	30 cm/s	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
RESULTADOS				
N°. Probeta	Orientación			
	N	S	E	O
<b>1</b>	0,32	0,36	0,31	0,38
<b>2</b>	0,32	0,34	0,32	0,29
<b>3</b>	0,38	0,34	0,31	0,40
<b>4</b>	0,34	0,38	0,32	0,34
<b>5</b>	0,42	0,40	0,38	0,47
<b>6</b>	0,40	0,34	0,36	0,38
<b>7</b>	0,36	0,32	0,36	0,38
FOTOGRAFÍA				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

**Fuente:** Autor



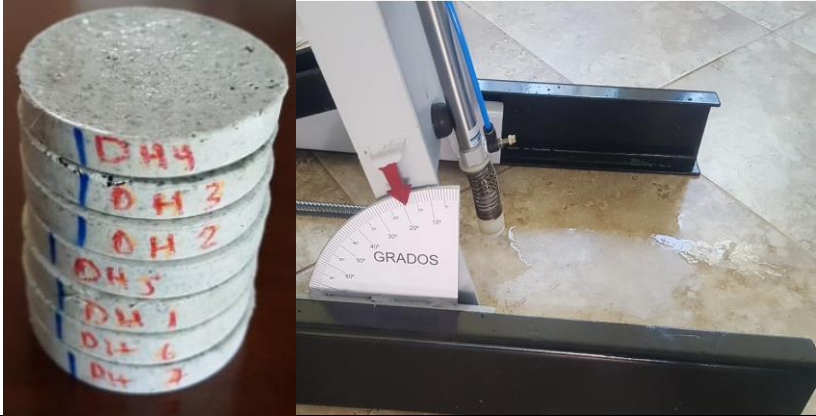
**3.1.4. Resultados de los ensayos de fricción dinámicos (Látex: 60%- Gránulo: 40%)**

**Ficha Técnica 19:** Resultados del ensayo de fricción dinámico-baldosa-seco con configuración de 60% látex y 40% gránulo

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FICHA TÉCNICA			
	ENSAYO DE FRICCIÓN			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Baldosa	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Condición:</b>	Seco	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Dinámico	<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	30 cm/s	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
RESULTADOS				
N°. Probeta	Orientación			
	N	S	E	O
1	1,04	0,93	0,84	0,93
2	1,19	0,87	1,07	1,04
3	0,90	0,97	0,84	0,81
4	0,97	1,04	1,11	1,07
5	1,04	1,07	1,00	0,93
6	0,97	1,11	0,84	0,93
7	1,07	1,04	0,90	0,87
FOTOGRAFÍA				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	




Fuente: Autor

**Ficha Técnica 20:** Resultados del ensayo de fricción dinámico-baldosa-húmedo con configuración de 60% látex y 40% gránulo

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Baldosa	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Condición:</b>	Húmedo	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Dinámico	<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	30 cm/s	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,16	0,18	0,23	0,19
<b>2</b>	0,21	0,18	0,25	0,21
<b>3</b>	0,18	0,16	0,19	0,21
<b>4</b>	0,21	0,18	0,16	0,16
<b>5</b>	0,18	0,16	0,25	0,21
<b>6</b>	0,21	0,18	0,19	0,18
<b>7</b>	0,18	0,16	0,16	0,19
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	



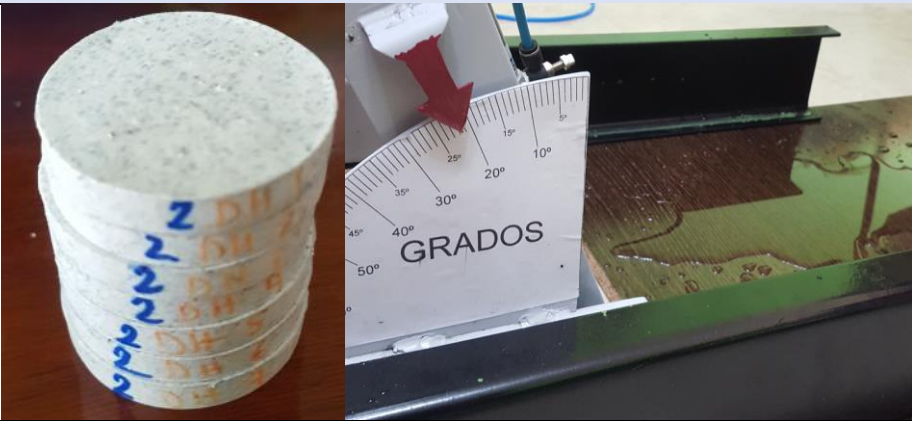
Fuente: Autor

**Ficha Técnica 21:** Resultados del ensayo de fricción dinámico-madera-seco con configuración de 60% látex y 40% gránulo

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Madera	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Condición:</b>	Seco	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Dinámico	<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	30 cm/s	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>Nº. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,93	1,11	0,97	0,84
<b>2</b>	1,00	0,75	0,84	0,73
<b>3</b>	0,78	0,70	0,81	0,87
<b>4</b>	0,97	0,90	0,78	0,70
<b>5</b>	0,70	0,78	0,87	0,81
<b>6</b>	0,81	0,90	0,75	0,84
<b>7</b>	0,87	0,78	0,81	0,78
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

Fuente: Autor




**Ficha Técnica 22:** Resultados del ensayo de fricción dinámico-madera-húmedo con configuración de 60% látex y 40% gránulo

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Madera	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Condición:</b>	Húmedo	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Dinámico	<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	30 cm/s	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>Nº. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,47	0,38	0,34	0,45
<b>2</b>	0,42	0,53	0,40	0,36
<b>3</b>	0,55	0,53	0,38	0,51
<b>4</b>	0,58	0,38	0,45	0,47
<b>5</b>	0,38	0,32	0,36	0,34
<b>6</b>	0,34	0,45	0,51	0,40
<b>7</b>	0,47	0,42	0,40	0,34
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

**Fuente:** Autor



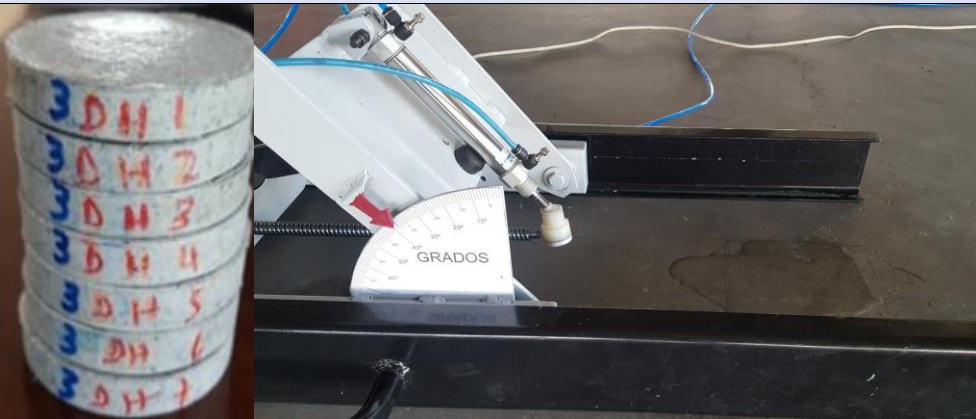


**Ficha Técnica 23:** Resultados del ensayo de fricción dinámico-concreto-seco con configuración de 60% látex y 40% gránulo

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>			
	<b>FICHA TÉCNICA</b>			
	<b>ENSAYO DE FRICCIÓN</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Concreto	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Condición:</b>	Seco	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Dinámico	<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	30 cm/s	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
<b>RESULTADOS</b>				
<b>N°. Probeta</b>	<b>Orientación</b>			
	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>1</b>	0,75	0,70	0,73	0,73
<b>2</b>	0,67	0,58	0,53	0,58
<b>3</b>	0,58	0,55	0,62	0,67
<b>4</b>	0,84	0,78	0,78	0,84
<b>5</b>	0,78	0,67	0,78	0,70
<b>6</b>	0,75	0,84	0,84	0,73
<b>7</b>	0,73	0,73	0,67	0,75
<b>FOTOGRAFÍA</b>				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

Fuente: Autor




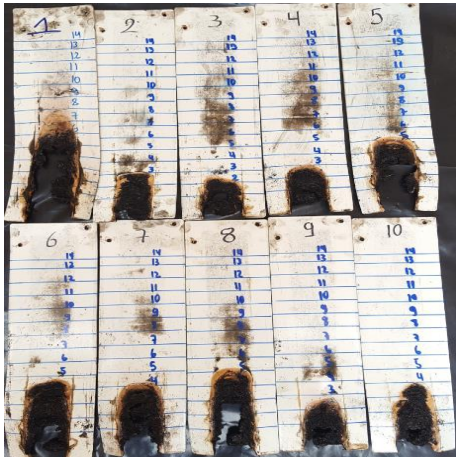
**Ficha Técnica 24:** Resultados del ensayo de fricción dinámico-concreto-húmedo con configuración de 60% látex y 40% gránulo

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FICHA TÉCNICA			
	ENSAYO DE FRICCIÓN			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	5/2/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Superficie:</b>	Concreto	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Condición:</b>	Húmedo	<b>Matriz:</b>	Látex	
<b>Método:</b>	Dinámico	<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Número de muestras</b>	7	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
<b>Máquina:</b>	Tribómetro de incidencia variable	<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
		<b>Espesor:</b>	5 mm	
		<b>Temperatura:</b>	20°C	
<b>Velocidad:</b>	30 cm/s	<b>Humedad relativa:</b>	40%	
RESULTADOS				
N°. Probeta	Orientación			
	N	S	E	O
1	0,62	0,55	0,53	0,55
2	0,49	0,47	0,40	0,40
3	0,51	0,55	0,53	0,65
4	0,42	0,60	0,58	0,62
5	0,36	0,38	0,45	0,55
6	0,58	0,49	0,60	0,51
7	0,53	0,65	0,40	0,53
FOTOGRAFÍA				
				
<b>Elaborado por:</b>	Edison Bautista	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez	

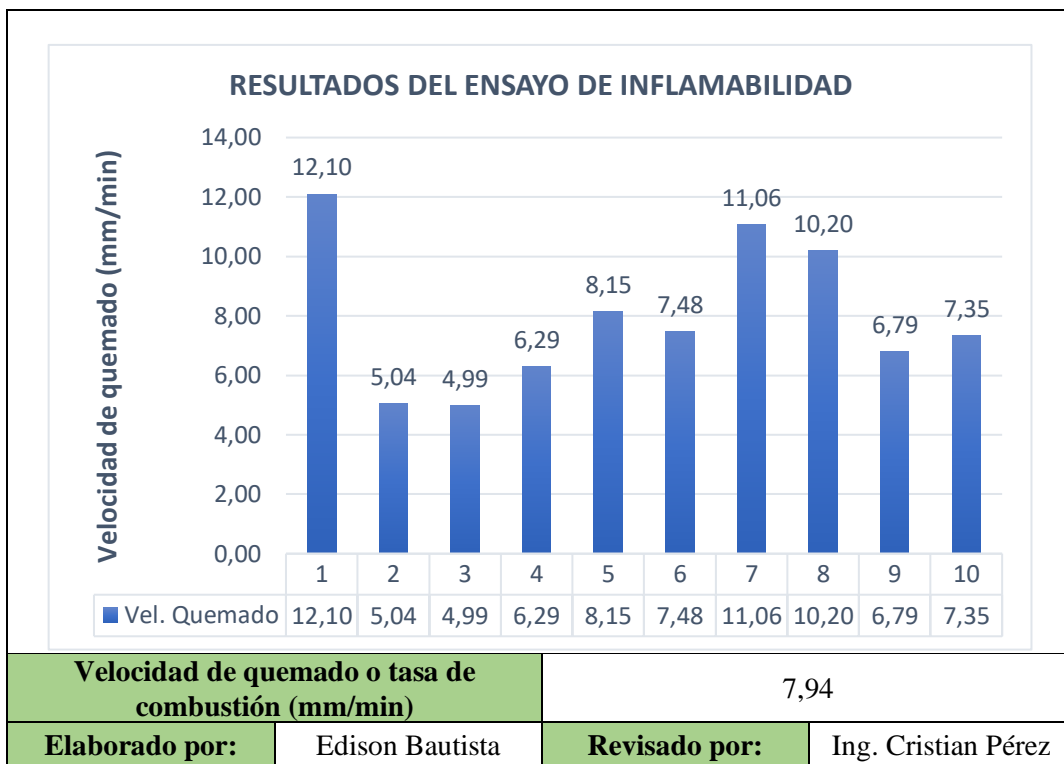
Fuente: Autor

### 3.2.Resultados de los ensayos de inflamabilidad

Ficha Técnica 25: Resultados del ensayo de inflamabilidad en probetas con configuración 100% látex




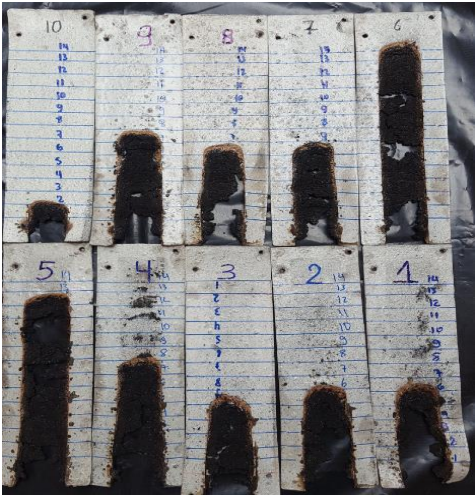
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FICHA TÉCNICA</b> <b>ENSAYO DE INFLAMABILIDAD</b> <b>NORMA ISO-3795</b>			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	27/1/2020		
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica				
<b>Equipo:</b>	Mechero Bunsen	<b>Tipo de material:</b>	Simple		
<b>Número de muestras:</b>	10	<b>Matriz:</b>	Látex		
		<b>Refuerzo:</b>	-		
<b>Dimensiones:</b>	350x100x5 mm	<b>Porcentaje matriz:</b>	100%		
		<b>Porcentaje refuerzo:</b>	-		
<b>Temperatura (min-máx.):</b>	18-25,53°C	<b>Humedad (min-máx.):</b>	34-53%		
RESULTADOS					
Nº. Probeta	Espesor (mm)	Tiempo de quemado (min: seg)	Distancia de quemado (mm)	Velocidad de quemado (mm/min)	
1	5,00	12,24	150	12,10	
2	5,10	8,20	42	5,04	
3	5,00	6,37	33	4,99	
4	4,90	6,50	43	6,29	
5	5,00	10,48	88	8,15	
6	5,10	10,10	76	7,48	
7	5,05	5,58	66	11,06	
8	5,00	8,20	85	10,20	
9	4,90	5,18	36	6,79	
10	5,00	8,10	60	7,35	
<b>Promedio</b>			67,90	7,94	
GRÁFICAS DE RESULTADOS OBTENIDOS					
Ejecución de ensayo			Pobretas ensayadas		
					

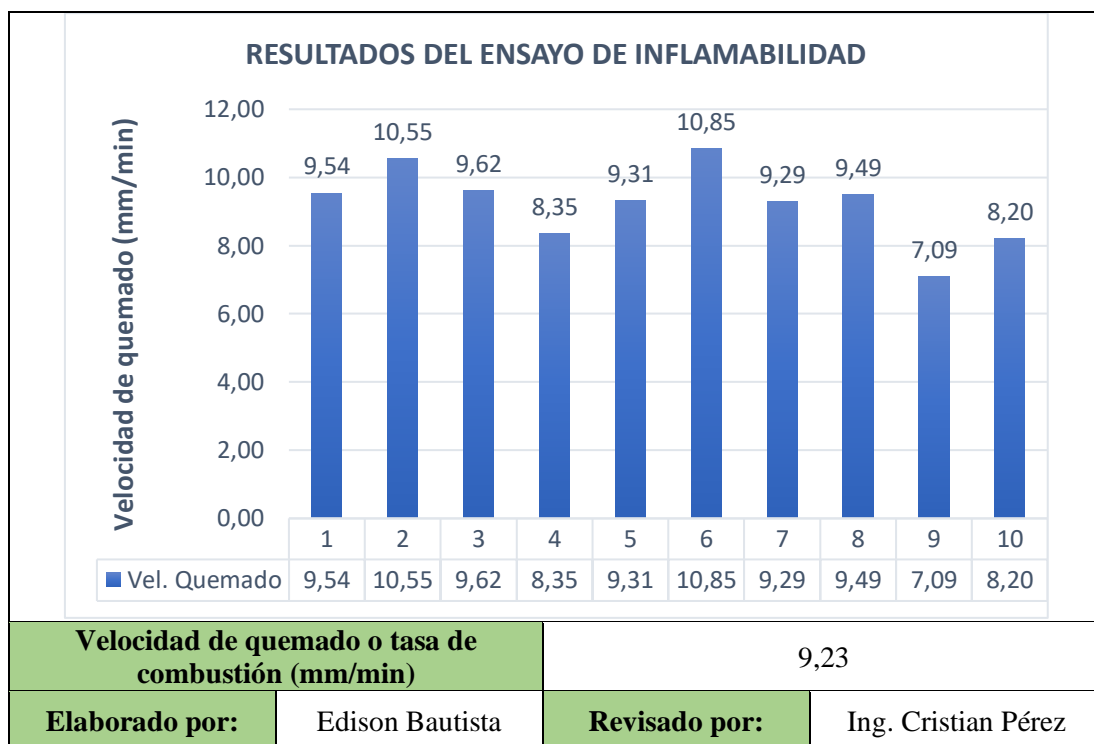




**Fuente:** Autor

**Ficha Técnica 26:** Resultados del ensayo de inflamabilidad en probetas con configuración 60% látex y 40% gránulo

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FICHA TÉCNICA			
	ENSAYO DE INFLAMABILIDAD			
	NORMA ISO-3795			
<b>Ciudad:</b>	Ambato	<b>Fecha:</b>	27/1/2020	
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
<b>Equipo:</b>	Mechero Bunsen	<b>Tipo de material:</b>	Compuesto	
<b>Número de muestras:</b>	10	<b>Matriz:</b>	Látex	
		<b>Refuerzo:</b>	Gránulo de caucho reciclado	
<b>Dimensiones:</b>	350x100x5 mm	<b>Porcentaje matriz:</b>	60%	
		<b>Porcentaje refuerzo:</b>	40%	
<b>Temperatura (min-máx):</b>	18-25,53°C	<b>Humedad (min-max):</b>	34-53%	
RESULTADOS				
Nº. Probeta	Espesor (mm)	Tiempo de quemado (min: seg)	Distancia de quemado (mm)	Velocidad de quemado (mm/min)
1	5,05	12,35	120	9,54
2	5,10	10,20	109	10,55
3	5,07	11,20	109	9,62
4	5,00	17,43	148	8,35
5	5,10	25,53	241	9,31
6	5,00	23,25	254	10,85
7	5,05	12,55	120	9,29
8	5,10	12,20	117	9,49
9	4,90	19,44	140	7,09
10	5,00	4,38	38	8,20
<b>Promedio</b>			139,60	9,23
GRÁFICAS DE RESULTADOS OBTENIDOS				
Ejecución de ensayo		Pobretas ensayadas		
				



**Fuente:** Autor

### 3.3. Análisis de resultados

Para el análisis de resultados de este experimento se efectuó un diseño factorial general, el cual consta de cuatro factores: Material, condición, superficie y orientación. Cada factor con sus niveles respectivos. A continuación, se presenta la tabla 20 que indica los factores y sus respectivos niveles de estudio.

**Tabla 20.** Información de los factores y niveles

FACTORES	NIVELES			
	1	2	3	4
<b>Material</b>	Látex	Compuesto	-	-
<b>Condición</b>	Seco	Húmedo	-	-
<b>Superficie</b>	Baldosa	Madera	Concreto	-
<b>Orientación</b>	Norte	Sur	Este	Oeste

**Fuente:** Autor

Esta tabla expresa nuestro modelo de diseño de experimentos, misma que fue empleada para el análisis del coeficiente de fricción estáticos y dinámicos. Además,

cabe señalar que este estudio se realizó para los materiales con configuraciones 100% látex y 60% látex-40% gránulo de caucho.

En base a la tabla 20, podemos deducir que el número total de corrida o combinaciones posibles son 48. Adicionalmente tomamos en cuenta que por cada probeta o muestra se realizaron un total de 7 réplicas, lo que nos da un total de 336 resultados, esto sería para el caso de ensayos de fricción estáticos. Asimismo, se realizó las mismas consideraciones para los ensayos de fricción dinámicos, dándonos los mismos resultados que se muestran a continuación en la tabla 21.

**Tabla 21.** Tabla resumen del diseño factorial

<b>Factores:</b>	4	<b>Réplicas:</b>	7
<b>Corridas base:</b>	48	<b>Total de corridas:</b>	336
<b>Bloques base:</b>	1	<b>Total de bloques:</b>	1

Fuente: Autor

### 3.3.1. Análisis del coeficiente de fricción estático

#### 3.3.1.1. Análisis de varianza

Mediante el software Minitab se ejecutó un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ . Mediante el análisis de varianza podemos identificar la influencia de los factores por separado, así como la influencia de los factores interactuando entre sí. Con este análisis se determinará los factores que son significativos y no significativos. Por otra parte, hay que señalar que el diseño factorial general explica un 92,57% de la variabilidad del coeficiente de fricción estático. Este porcentaje indica qué tan bien se ajusta el modelo a los datos.

**Tabla 22.** Análisis de varianza para el coeficiente de fricción estático

Fuente	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	47	29,3817	0,6251	76,34	0,000
Lineal	7	26,4232	3,7747	460,93	0,000
Material	1	0,5676	0,5676	69,31	0,000
Condición	1	13,6528	13,6528	1667,14	0,000

Superficie	2	12,1910	6,0955	744,32	0,000
Orientación	3	0,0117	0,0039	0,48	0,698
Interacciones de 2 términos	17	2,7457	0,1615	19,72	0,000
Material*Condición	1	1,0508	1,0508	128,31	0,000
Material*Superficie	2	0,2205	0,1103	13,47	0,000
Material*Orientación	3	0,0049	0,0016	0,20	0,896
Condición*Superficie	2	1,4347	0,7174	87,60	0,000
Condición*Orientación	3	0,0020	0,0007	0,08	0,970
Superficie*Orientación	6	0,0327	0,0055	0,67	0,677
Interacciones de 3 términos	17	0,2072	0,0122	1,49	0,097
Material*Condición*Superficie	2	0,1722	0,0861	10,52	0,000
Material*Condición*Orientación	3	0,0032	0,0011	0,13	0,943
Material*Superficie*Orientación	6	0,0112	0,0019	0,23	0,967
Condición*Superficie*Orientación	6	0,0206	0,0034	0,42	0,865
Interacciones de 4 términos	6	0,0056	0,0009	0,11	0,995
Material*Condición*Superficie*Orientación	6	0,0056	0,0009	0,11	0,995
Error	288	2,3585	0,0082		
Total	335	31,7403			

**Fuente:** Autor

En el análisis individual de los cuatro factores podemos darnos cuenta de que, para el primer factor que es el “Material” obtuvimos un Valor-p de 0,000. Lo que nos expresa que este factor es significativo dentro de nuestra investigación, entonces podemos señalar que las dos configuraciones elaboradas (100% látex y 60% latex-40% gránulo de caucho reciclado) se comportan de diferente manera.

Para el segundo factor que es la “Condición”, obtuvimos un Valor-p de 0,000 que indica que el factor es significativo dentro de nuestro modelo. Esto es algo evidente debido a que las condiciones en las que se efectuaron los ensayos fueron en seco y húmedo, por lo tanto, se obtuvo datos totalmente distintos en las dos condiciones.

En el tercer factor analizado que fue la “Superficie” también se obtuvo un Valor-p de 0,000 demostrando su significancia dentro de la presente investigación. Aquí podemos destacar que cada superficie fue distinta (baldosa, madera, concreto), las cuales

constaban de diferentes rugosidades superficiales, debido a ello, los datos generados en cada superficie fueron diferentes.

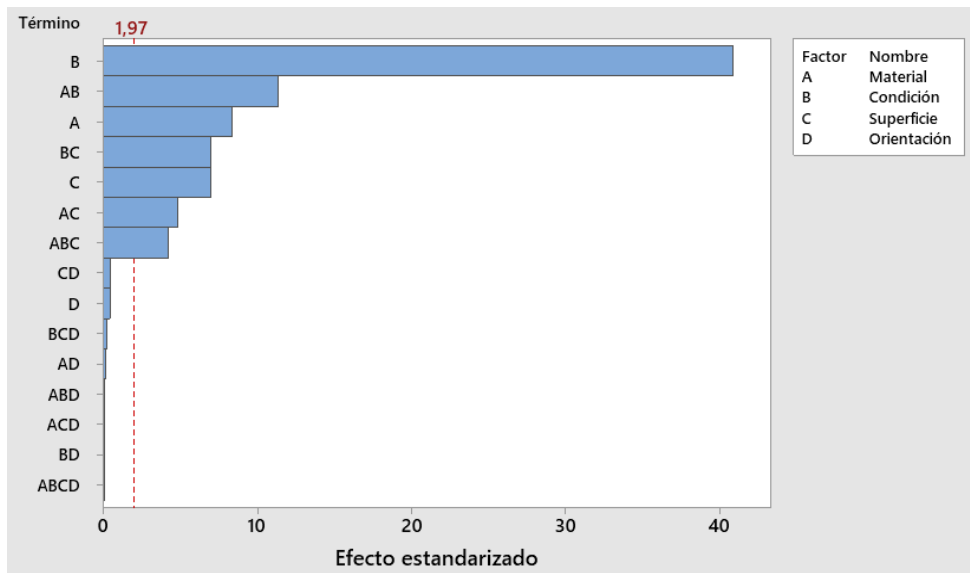
Como cuarto tenemos el factor “Orientación” en el cual mediante el análisis de varianza obtuvimos un Valor-p de 0,698 siendo este superior al nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ . Por lo cual este factor no es significativo dentro del estudio. La orientación en la que se realizaron los ensayos (norte, sur, este y oeste) no es de gran afectación en los resultados obtenidos.

Asimismo, en la tabla 22 se muestra un análisis con interacciones de dos factores. Estas interacciones presentan un Valor-p de 0,000 siendo este valor menor que el nivel de significancia, esto indica que al interactuar dos factores son términos significativos para el estudio. A la vez hay que señalar que dentro de las seis posibles interacciones, tres de ellas son significativas y las otras tres no lo son, esto se debe a que están interrelacionadas con el factor orientación, el cual se considera como un factor no significativo.

Para interacciones entre tres factores el Valor-p es de 0,097 indicando que las interacciones no son significativas. En este punto se pueden realizar cuatro interacciones como se muestra en la tabla 22.

Por último, interactuamos los cuatro factores dándonos un Valor-p de 0,995. Esto es debido a que el factor “Orientación” afecta directamente sobre los otros factores, ya que este no es un factor significativo.

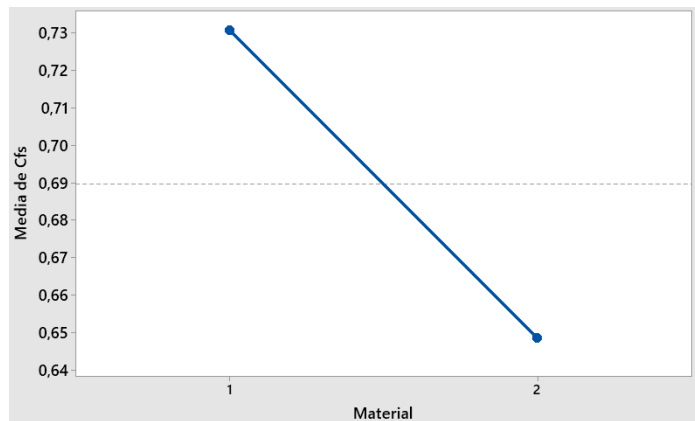
Para entender de mejor forma cada una de las fuentes de variación que se exponen en la tabla 22, en la figura 45 se muestra el diagrama de Pareto para el coeficiente de fricción estático, en la cual expresa que los factores A, B y C son de gran influencia en la medición del coeficiente de fricción estático, así como también indica que el factor D no tiene efectos sobre relevantes sobre dicho coeficiente. En adición a esto, el diagrama nos proporciona de manera jerárquica los factores que mayor incidencia tienen en la investigación, como se puede apreciar en la figura 45 el factor de mayor significancia es el factor B que se encuentra muy por encima de los demás factores, este factor trata sobre la condición en la que se realizaron los experimentos.



**Fig. 45.** Diagrama de Pareto de los efectos para el coeficiente de fricción estático

**Fuente:** Minitab 19 Statistical Software

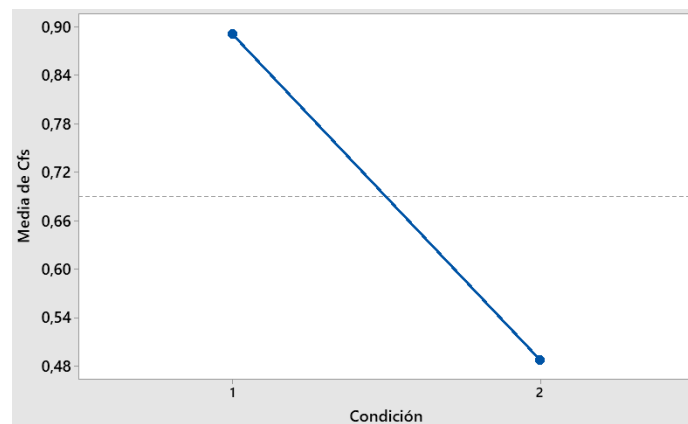
En añadidura al diagrama de Pareto, se presentan las gráficas factoriales que nos proporcionan las relaciones entre la respuesta y las variables. En la figura 46 se puede observar la comparación del valor del coeficiente de fricción estático (Cfs) entre los dos materiales elaborados para los ensayos. El nivel 1 representa al material simple con una configuración de 100% látex sintético, con este material obtuvimos un coeficiente de fricción promedio de 0,73. Mientras que el nivel 2 representa al material compuesto que presenta una configuración de 60% látex y 40% gránulo de caucho, misma que da un coeficiente de fricción de 0,65.



**Fig. 46.** Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción estático (Material)

**Fuente:** Minitab 19 Statistical Software

En la figura 47, se presenta la gráfica sobre la influencia de la condición en la que se ejecutaron los ensayos sobre el coeficiente de fricción estático. El nivel 1 indica una condición en seco de los ensayos, mientras que el nivel 2 indica condición en húmedo. Aquí podemos apreciar que para el nivel 1 el valor del coeficiente es 0,89 y para el nivel 2 posee un valor de 0,48. Como podemos apreciar la condición en seco nos brinda coeficientes de fricción estático superiores, llegando casi a ser el doble en comparación a los coeficientes en condiciones húmedas.



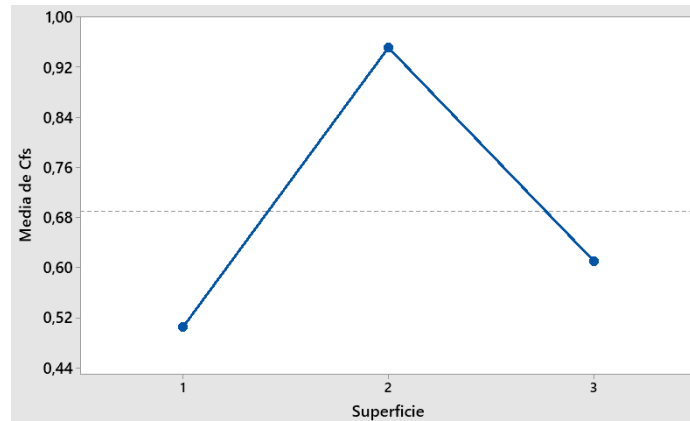
**Fig. 47.** Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción estático (Condición)

**Fuente:** Minitab 19 Statistical Software

En la figura 48, se aprecia la incidencia del tipo de superficie sobre el coeficiente de fricción estático, los niveles 1,2 y 3 representan a las superficies de baldosa, madera y concreto respectivamente. Como se observa los valores de los coeficientes más bajos son los realizados sobre la superficie de baldosa con un valor de 0,50 esto es evidente debido a la rugosidad que presenta el piso.

Para el caso de la superficie de madera, esta presenta coeficientes estáticos mayores en comparación a la baldosa y concreto, llegando a tomar valores de 0,95 lo cual indica que existe una mayor adherencia entre el material y la superficie. Por otra parte, el concreto muestra valores de coeficientes de 0,61 teniendo un valor por encima de la superficie de baldosa y por debajo de la superficie de madera. Con esto se puede concluir que el coeficiente de fricción estático, también se encuentra en gran dependencia del tipo de superficie en la que se evaluó.

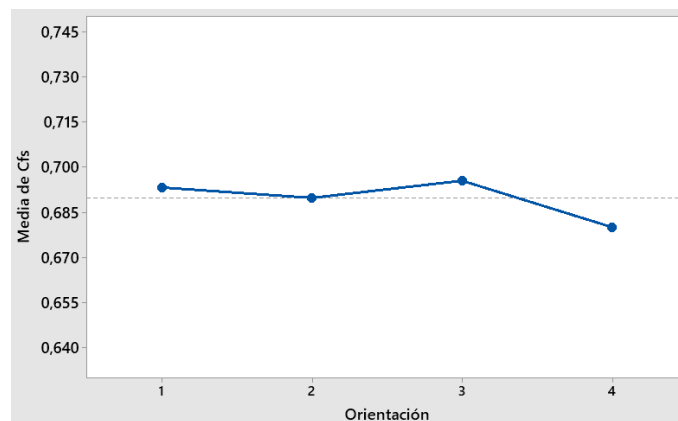




**Fig. 48.** Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción estático (Superficie)

**Fuente:** Minitab 19 Statistical Software

En la figura 49, se muestra la incidencia de la orientación en la medición del coeficiente de fricción estático. Los cuatro niveles representan a las mediciones realizadas en sentidos norte, sur, este y oeste. En este apartado, se puede considerar que la orientación no incide sobre el valor del coeficiente de fricción ya que nos da valores de máximo y mínimo entre 0,69 y 0,68.

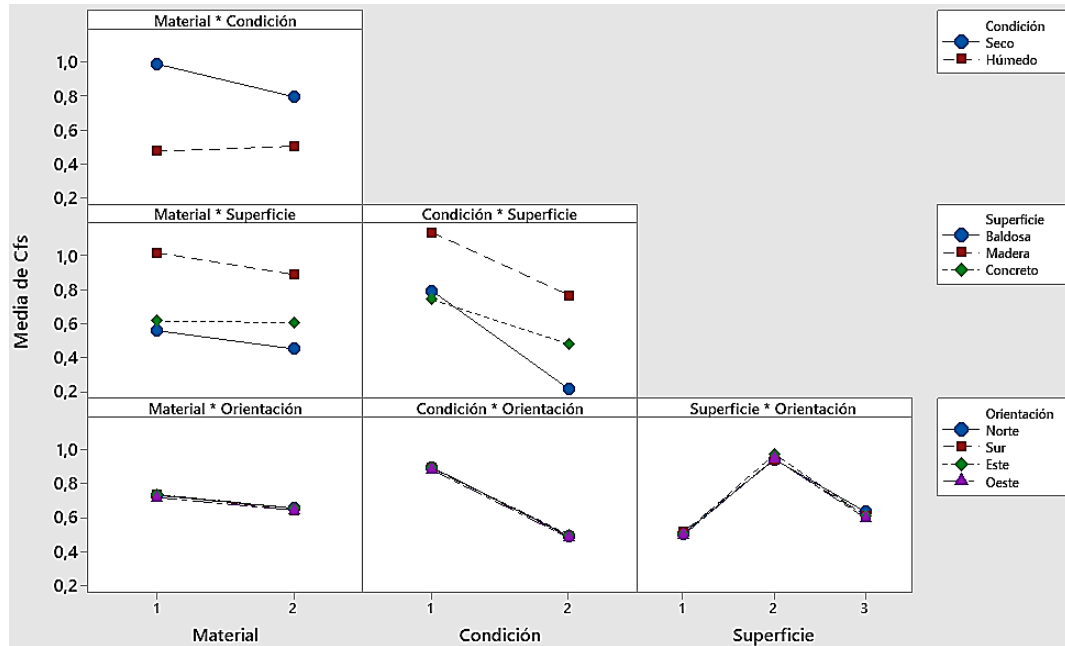


**Fig. 49.** Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción estático (Orientación)

**Fuente:** Minitab 19 Statistical Software

De la misma manera como se visualizaron los efectos principales, en la figura 50 se puede ver el comportamiento que presentan las interacciones entre los factores de nuestro modelo. Esta gráfica manifiesta que la interacción entre nuestra respuesta y un factor, están en dependencia de un segundo factor. Para entender de mejor manera analizamos las líneas de la gráfica, sabiendo que, cuando presentan líneas paralelas no hay una interacción significativa, mientras que, si las líneas no son paralelas mayor

interacción existe entre los factores y la respuesta. Dicho esto, se puede denotar que las interacciones del modelo más significativas son entre: material con condición, condición con superficie y material con superficie.



**Fig. 50.** Gráfica de interacciones para el coeficiente de fricción estático

**Fuente:** Minitab 19 Statistical Software

### 3.3.2. Análisis del coeficiente de fricción dinámico

#### 3.3.2.1. Análisis de varianza

De igual forma, por medio el software Minitab se ejecutó un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ . Por otra parte, hay que señalar que el diseño factorial general explica un 93,52% de la variabilidad del coeficiente de fricción dinámico. Este porcentaje indica qué tan bien se ajusta el modelo a los datos.

**Tabla 23.** Análisis de varianza para el coeficiente de fricción dinámico

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	47	32,4021	0,6894	88,37	0,000
Lineal	7	26,5140	3,7877	485,49	0,000
Material	1	0,2982	0,2982	38,22	0,000

Condición	1	25,5146	25,5146	3270,35	0,000
Superficie	2	0,6882	0,3441	44,11	0,000
Orientación	3	0,0130	0,0043	0,55	0,646
Interacciones de 2 términos	17	5,7494	0,3382	43,35	0,000
Material*Condición	1	0,6458	0,6458	82,77	0,000
Material*Superficie	2	0,4987	0,2494	31,96	0,000
Material*Orientación	3	0,0172	0,0057	0,73	0,532
Condición*Superficie	2	4,5192	2,2596	289,62	0,000
Condición*Orientación	3	0,0205	0,0068	0,88	0,454
Superficie*Orientación	6	0,0481	0,0080	1,03	0,408
Interacciones de 3 términos	17	0,1214	0,0071	0,92	0,557
Material*Condición*Superficie	2	0,0327	0,0163	2,09	0,125
Material*Condición*Orientación	3	0,0217	0,0072	0,93	0,428
Material*Superficie*Orientación	6	0,0287	0,0048	0,61	0,720
Condición*Superficie*Orientación	6	0,0383	0,0064	0,82	0,557
Interacciones de 4 términos	6	0,0173	0,0029	0,37	0,898
Material*Condición*Superficie*Orientación	6	0,0173	0,0029	0,37	0,898
Error	288	2,2469	0,0078		
Total	335	34,6490			

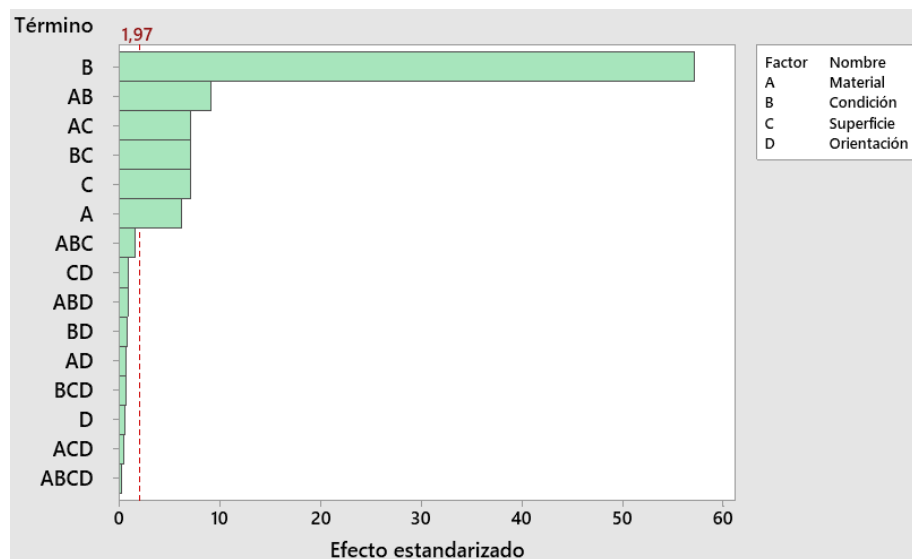
**Fuente:** Autor

En el análisis individual de los cuatro factores podemos darnos cuenta de que, para los tres primeros factores “Material, Condición y Superficie” el análisis nos brinda un Valor p de 0,000. Demostrando que estos factores son significativos dentro de la investigación. Por otro lado, el cuarto factor que es la “Orientación” no tiene efectos sobre la medición del coeficiente de fricción dinámico.

Asimismo, cuando se tiene la interacción entre dos factores, el análisis de varianza indica que, de las seis interacciones dables, tres de ellas son significativas y tres de ellas no son significativas, las no significativas se deben a los factores que están interactuando con el factor orientación, que como ya mencionamos es un factor que no incide en los resultados.

Para el caso de interacciones entre tres y cuatro factores en el análisis del coeficiente de fricción dinámico (Cfd), podemos ver que estas interacciones no son de significancia en el modelo. Ya que nos da un Valor p mayor a 0,005. Los valores se encuentran marcados en la tabla 23.

Para entender de mejor modo cada una de las fuentes de variación que se exponen en la tabla 23, en la figura 51 se presenta el diagrama de Pareto para el coeficiente de fricción dinámico, en la cual expresa que los factores A, B y C son de gran incidencia en la medición del coeficiente de fricción dinámico, así como también indica que el factor D no tiene efecto sobre el coeficiente dinámico. En adición a esto, el diagrama nos proporciona de manera graduada los factores que mayor incidencia, como se puede apreciar en la figura 51 el factor de mayor significancia es el factor B.

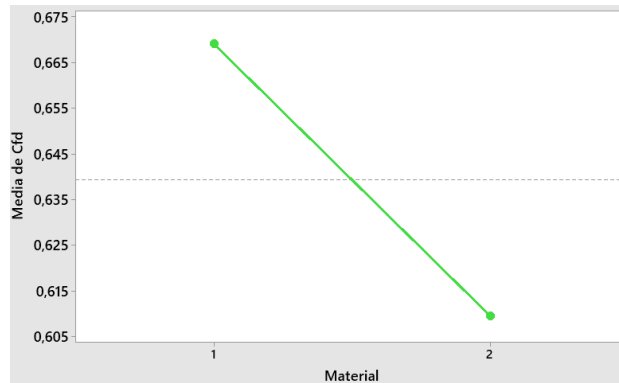


**Fig. 51.** Diagrama de Pareto de los efectos para el coeficiente de fricción dinámico

**Fuente:** Minitab 19 Statistical Software

Complementando al diagrama de Pareto, se presentan las gráficas factoriales que nos proporcionan las relaciones entre la respuesta y las variables. En la figura 52 se puede ver la comparación del valor del coeficiente de fricción dinámico (Cfd) entre los dos materiales elaborados para los ensayos. El nivel 1 representa al material simple, con este material obtuvimos un coeficiente de fricción promedio de 0,67. Mientras que el nivel 2 da un coeficiente de fricción de 0,60. Si lo comparamos con el coeficiente de fricción estáticos podemos decir que:

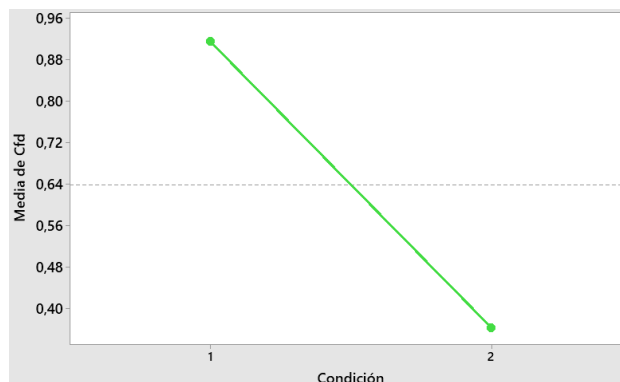
$$Cfd < Cfs$$



**Fig. 52.** Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción dinámico (Material)

**Fuente:** Minitab 19 Statistical Software

En la figura 53, se presenta la gráfica sobre la influencia de la condición en la que se ejecutaron los ensayos sobre el coeficiente de fricción dinámico. El nivel 1 indica una condición en seco de los ensayos, mientras que el nivel 2 indica condición en húmedo. Aquí podemos apreciar que para el nivel 1 el valor del coeficiente es 0,91 y para el nivel 2 posee un valor de 0,36. Como podemos apreciar la condición en seco nos brinda coeficientes de fricción dinámico superiores, llegando a ser más del doble en comparación a los coeficientes en condiciones húmedas.



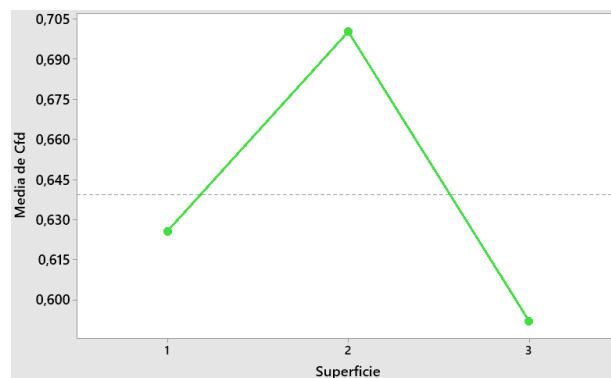
**Fig. 53.** Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción dinámico (Condición)

**Fuente:** Minitab 19 Statistical Software

En la figura 54, se aprecia la incidencia del tipo de superficie sobre el coeficiente de fricción dinámico, los niveles 1,2 y 3 representan a las superficies de baldosa, madera y concreto respectivamente. Como se observa en la gráfica, los valores de los coeficientes realizados sobre la superficie de baldosa tienen valor de 0,63 situándose entre los valores de los ensayos realizados en madera y concreto. Para el caso de la superficie de madera, esta presenta coeficientes dinámicos mayores en comparación a

la baldosa y concreto, llegando a tomar valores de 0,70 lo cual indica que existe una mayor adherencia entre el material y la superficie. Por otra parte, el concreto muestra un valor de 0,59 teniendo un valor por debajo de la superficie de madera y un valor por encima de la superficie de baldosa.

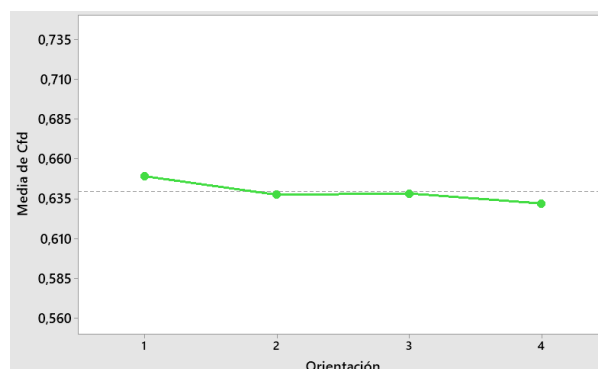
Si analizamos y comparamos los  $Cfs$  y  $Cfd$  en este punto, para la superficie 1 el  $Cfd > Cfs$  pero hay que señalar que aquí se está tomando en cuenta únicamente el efecto del factor C sobre el valor del coeficiente de fricción dinámico. Mientras que para las superficies 2 y 3 tenemos que los  $Cfd < Cfs$ .



**Fig. 54.** Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción dinámico (Superficie)

**Fuente:** Minitab 19 Statistical Software

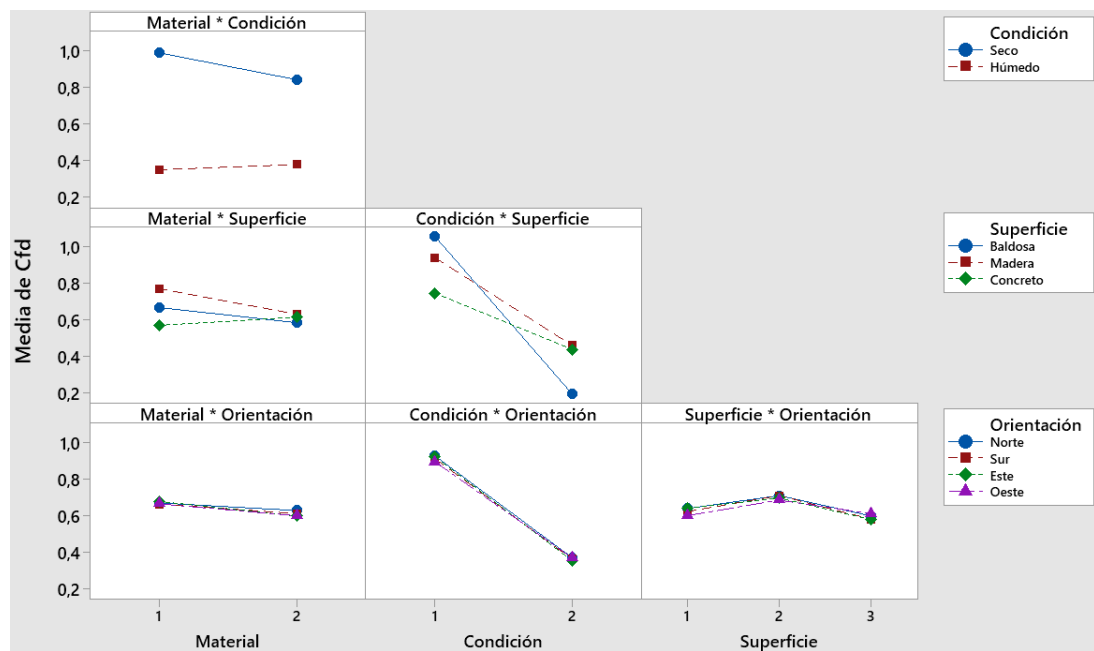
En la figura 55, se muestra la incidencia de la orientación en la medición del coeficiente de fricción dinámico. Los cuatro niveles representan a las mediciones realizadas en sentidos norte, sur, este y oeste. En este apartado, se puede considera que la orientación no incide sobre el valor del coeficiente de fricción ya que nos da valores de máximo y mínimo de 0,64 y 0,63. En este caso el  $Cfd < Cfs$ .



**Fig. 55.** Gráfica de efectos principales para el coeficiente de fricción dinámico (Orientación)

**Fuente:** Minitab 19 Statistical Software

De la misma manera como se visualizaron los efectos principales, en la figura 56 se puede ver el comportamiento que presentan las interacciones entre los factores de nuestro modelo. Esta gráfica manifiesta que la interacción entre nuestra respuesta y un factor, están en dependencia de un segundo factor. Para entender de mejor manera analizamos las líneas de la gráfica, sabiendo que, cuando presentan líneas paralelas no hay una interacción significativa, mientras que, si las líneas no son paralelas mayor interacción existe entre los factores y la respuesta. Dicho esto, se puede denotar que las interacciones del modelo más significativas son entre: material con condición, material con superficie y condición con superficie.



**Fig. 56.** Gráfica de interacciones para el coeficiente de fricción dinámico

**Fuente:** Minitab 19 Statistical Software

### 3.4.Verificación de hipótesis

Una vez obtenido todos los datos tabulados y posteriormente analizados e interpretados de todos los ensayos realizados. Procedemos a la verificación de las hipótesis que fueron planteadas tanto para los ensayos de fricción como inflamabilidad.

Cabe destacar que, para verificar cada hipótesis establecida previamente, se debe tener en cuenta que para rechazar o aceptar la hipótesis nula el Valor-p calculado u obtenido debe cumplir los siguientes criterios de relación que se

indican a continuación, además, estableciendo que el nivel de significancia es del 5%.

$$\text{Valor} - p > \alpha, \text{ Aceptamos } H_0$$

$$\text{Valor} - p \leq \alpha, \text{ Aceptamos } H_a$$

### 3.4.1. Verificación de hipótesis de ensayos de fricción

Para encontrar el Valor-p para este caso empleamos el software Minitab, el cual no brinda la facilidad de obtener este valor evitando realizar el cálculo manualmente. Las hipótesis planteadas para este apartado fueron las siguientes:

#### Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):

H<sub>0</sub>: La adición de gránulo de caucho reciclado como refuerzo, en la elaboración de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex no incide en el valor del coeficiente de fricción.

#### Hipótesis alternativa (H<sub>a</sub>):

H<sub>a</sub>: La adición de gránulo de caucho reciclado como refuerzo, en la elaboración de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex incide en el valor del coeficiente de fricción.

Además, se presenta la tabla 24 donde se expone el Valor -p encontrado de los modelos realizados para los coeficientes de fricción estáticos y dinámicos.

**Tabla 24.** Resumen del Valor-p del modelo de regresión para los coeficientes de fricción estáticos y dinámicos

COEFICIENTE DE FRICCIÓN ESTÁTICO					
Fuente	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	47	29,3817	0,6251	76,34	0,000
Error	288	2,3585	0,0082		
Total	335	31,7403			
COEFICIENTE DE FRICCIÓN DINÁMICO					



Fuente	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Modelo	47	32,4021	0,6894	88,37	0,000
Error	288	2,2469	0,0078		
Total	335	34,6490			

Fuente: Autor

Como se aprecia en la tabla 24 los valores del Valor-p para los dos casos son menores al valor de significación  $Valor - p < \alpha$ , en consecuencia, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptamos la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) que señala: *La adición de gránulo de caucho reciclado como refuerzo, en la elaboración de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex incide en el valor del coeficiente de fricción.*

### 3.4.2. Verificación de hipótesis de ensayos de inflamabilidad

Para verificación de la hipótesis para inflamabilidad se optó por emplear un método estadístico como es el T-Student.

Las hipótesis planteadas para fueron las siguientes:

#### **Hipótesis nula ( $H_0$ ):**

$H_0$ : La adición de gránulo de caucho reciclado como refuerzo, en la elaboración de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex no incide en el índice de inflamabilidad.

#### **Hipótesis alternativa ( $H_a$ ):**

$H_a$ : La adición de gránulo de caucho reciclado como refuerzo, en la elaboración de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex incide en el índice de inflamabilidad.

Aquí se comprobó la hipótesis empleando una prueba bilateral o de dos colas, con un nivel de confianza del 95% y nivel de significancia del 5%.

Cálculo de la probabilidad, empleando la ecuación (9)

$$P = \frac{\alpha}{100} \quad \text{Ec. ( 9)}$$

$$P = \frac{5}{100}$$

$$P = 0,05$$

Donde:

- $P$ : Probabilidad
- $\alpha$ : Nivel de significancia

Para la prueba bilateral dividimos la probabilidad para dos:

$$P = 0,025$$

Cálculo de los grados de libertad, empleando la ecuación (10)

$$Gl = n1 + n2 - 2 \quad \text{Ec. ( 10)}$$

$$Gl = 10 + 10 - 2$$

$$Gl = 18$$

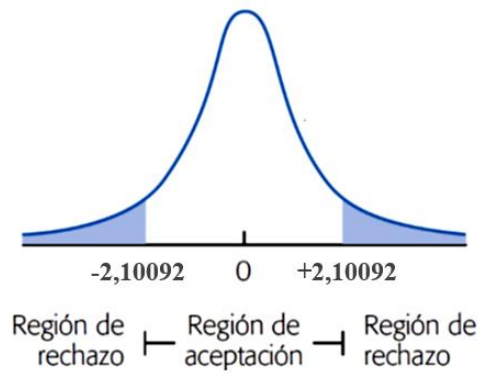
Donde:

- $Gl$ : Grados de libertad
- $n1$  y  $n2$ :
- $n1$  y  $n2$ : Numero de muestras

Con los datos calculados de Prueba bilateral y Grados de libertad, 0,025 y 18 respectivamente, encontramos el valor de t tabulado, utilizando la tabla de distribución T-Student que se muestra en el Anexo E.

$$t_{tab} = \pm 2,10092$$

La hipótesis nula ( $H_0$ ) se acepta si el valor de (t calculado) se halla dentro de la región de aceptación.



**Fig. 57.** Distribución T-Student

**Fuente:** Autor

Los datos de los valores de velocidad o tasa de combustión, desviación estándar y diferencia de promedios se resumen en la tabla 25:

**Tabla 25.** Datos de velocidad de combustión del ensayo de inflamabilidad

N° Probetas	Material simple Velocidad de quemado (mm/min)	Material compuesto Velocidad de quemado (mm/min)	
1	12,10	9,54	
2	5,04	10,55	
3	4,99	9,62	
4	6,29	8,35	
5	8,15	9,31	
6	7,48	10,85	
7	11,06	9,29	
8	10,20	9,49	
9	6,79	7,09	
10	7,35	8,20	
Promedio	7,94	9,23	<b>Diferencia de promedios</b> 1,28
Desviación Estándar	2,45	1,11	

**Fuente:** Autor

Cálculo de varianza, empleando la ecuación (11):

$$S_p = \sqrt{\frac{(n1 - 1) * s1^2 + (n2 - 1) * s2^2}{Gl}} \quad \text{Ec. ( 11)}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(10 - 1) * 2,45^2 + (10 - 1) * 1,11^2}{18}}$$

$$S_p = 5,66$$

Donde:

- $S_p$ : Varianza
- $s_1$  y  $s_2$ : Desviación estándar de grupo 1 y 2
- $Gl$ : Grados de libertad

Determinamos el valor de t calculado, empleando la ecuación (11)

$$t_{cal} = \frac{H}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad \text{Ec. ( 12)}$$

$$t_{cal} = \frac{1,28}{5,66 * \sqrt{\frac{1}{10} + \frac{1}{10}}}$$

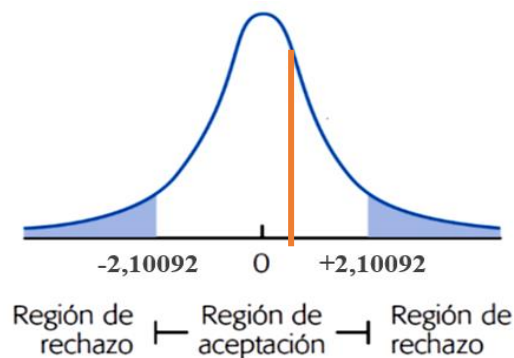
$$t_{cal} = 0,51$$

Donde:

- $t_{cal}$ : t calculado
- $H$ : Diferencia de promedios

En la figura 58 se puede apreciar que el valor de t calculado se encuentra entre el rango establecido por el t tabulado.

$$-2,10092 \geq t_{cal} = 0,51 \leq 2,10092$$



**Fig. 58.** Verificación de hipótesis utilizando la campana de distribución

**Fuente:** Autor

En consecuencia, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) que señala: *La adición de gránulo de caucho reciclado como refuerzo, en la elaboración de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex no incide en el índice de inflamabilidad.*

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- Los parámetros esenciales para los ensayos de fricción fueron el tipo de material, la condición del suelo, el tipo de suelo y la orientación. Por otro lado, para los ensayos de inflamabilidad se tomó en cuenta las dimensiones de las probetas, distancia y tiempo de quemado.
- El factor más influyente en la medición de los coeficientes estáticos y dinámicos es el factor B, que trata sobre la condición en la que se ejecutan los ensayos (seco y húmedo).
- El factor D (Orientación), no afecta en la medición del valor de los coeficientes de fricción, por lo que no es necesario realizar mediciones en distintas direcciones.
- Los mayores coeficientes de fricción estáticos alcanzaron valores de 0,73-0,89-0,95 según el material, condición y superficie de ensayo respectivamente, como se indica en las fig. 46-47 y 48.
- Los coeficientes de fricción dinámicos más altos, alcanzaron valores de 0,67-0,91-0,70 según el material, condición y superficie de ensayo respectivamente, como se indica en las fig. 52-53 y 54.
- Los coeficientes de fricción estáticos más bajos se presentaron sobre la superficie de baldosa con un valor de 0,50 como se muestra en la fig. 48, mientras que, en los ensayos de fricción dinámicos fueron en la superficie de concreto alcanzando un valor de 0,59 como indica la fig. 54.
- Existe una diferencia significativa en el valor de los coeficientes de fricción entre el material compuesto y simple, por lo que se concluye que los materiales comportan de distinta forma.
- El valor de los coeficientes de rozamiento ejecutados en condición seca llega a ser incluso dos veces mayor en comparación a los de condición húmeda, para el caso de los coeficientes estáticos toman valores desde 0,48 hasta 0,89. Mientras que en los coeficientes dinámicos son desde 0,36 hasta 0,91.

- No existe diferencia significativa en la velocidad de quemado entre el material compuesto y el material simple, por lo que el comportamiento de los dos materiales frente al fuego se considera el mismo.
- El índice de inflamabilidad del material compuesto y simple no sobrepasa el valor permisible establecido por la norma ISO 3795, la cual hace referencia a la norma US FMVSS 302 con un índice máximo de 100mm/min.
- El índice de inflamabilidad del material compuesto y simple no sobrepasa el valor permisible establecido por la norma NTE INEN 1668 “Vehículos De Transporte Público De Pasajeros Intrarregional Interprovincial E Interprovincial” con un índice máximo de 100mm/min.

#### **4.2.RECOMENDACIONES**

- Para conseguir una buena fusión entre matriz y refuerzo es importante verificar que el gránulo de caucho este completamente seco y no contenga ninguna clase impureza.
- En la fabricación de las probetas, en el proceso de vulcanización, se debe respetar el tiempo establecido, caso contrario el material no se cocina y se parte con facilidad.
- Durante la ejecución de los ensayos de fricción, se debe realizar la limpieza continua de la superficie utilizada, evitando la presencia de impurezas como polvo o partículas que afecten la ejecución de los ensayos.
- Para los ensayos de fricción en condiciones húmedas, se debe tener en cuenta que la película de agua formada debe ser continua, es decir no puede presentar interrupciones. Esto con el fin de evadir la toma de datos distorsionados.
- Utilizar equipos de protección personal durante la ejecución de ensayos de inflamabilidad, debido a que los gases que se producen son perjudiciales para la salud.
- Revisar periódicamente que la temperatura en la cámara de combustión y la porta probetas no exceda los 30 °C antes de empezar con la prueba siguiente.
- Verificar que la altura de la llama tenga 38 mm como se especifica en la Norma ISO 3795

## Bibliografía

- [1] F. G. P. Pérez, "Análisis de las características mecánicas de un material compuesto a partir de matriz elastomérica de látex reforzado con gránulo de caucho reciclado para elaboración de pisos.", Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2017.
- [2] J. A. B. Morales, "Elaboración de adoquines flexibles a partir de fibra de caucho de neumáticos reciclados para revestimientos de pisos", Ambato: Universidad Técnica de Ambato; Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2019.
- [3] A. M. Lázaro, "Problemática del resbalamiento en pavimentos cerámicos", Castelló de la Plana: Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales y Materiales, Escuela de Doctorado de la Universitat Jaume I, 2019.
- [4] I. D. James, «"Slip Resistance Tests for Flooring: Two Methods Compared",» *Polymer Testing*, vol. 5, nº 6, p. 23, 1985.
- [5] S. J. G. Idrobo, "Obtención de un material compuesto de matriz elástomérica y fibra de coco.", Quito: escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, 2011.
- [6] D. C. S. Garzón, "Fabricación de láminas impermeables a partir de caucho reciclado utilizando espuma de poliuretano", Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química, Carrera de Ingeniería Química: Quito, 2013.
- [7] A. F. M. Machado, "Caracterización mecánica del material compuesto de matriz elastomérica reforzado con fibra de cabuya para determinar las propiedades mecánicas en aplicaciones industriales", Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica., 2019.
- [8] J. Dávila, S. Galeas, V. Guerrero, P. Pontón, N. Rosas, V. Sotomayor y V. , "Nuevos Materiales: Aplicaciones Estructurales e Industriales", Quito: Primera Edición, 2011.



- [9] F. Stupenengo, "Materiales y materias primas", Buenos Aires, 2011.
- [10] J. Á. P. Nieblas, "Elaboración de materiales compuestos a base de fibras orgánicas con posibles aplicaciones aeronáuticas", México: Instituto Politécnico Nacional , 2015.
- [11] A. B. Dietrich, "Materiales Compuestos", Barcelona : Universidad Politécnica de Cataluña, 2005.
- [12] AIMPLAS, «"Tipos de materiales compuestos",» 30 11 2006. [En línea]. Available: <https://www.aimplas.es/blog/tipos-de-materiales-compuestos/>. [Último acceso: 22 10 2019].
- [13] J. M. Bayo, «Ingeniería de Materiales,» 10 08 2009. [En línea]. Available: <https://ingenieriademateriales.wordpress.com/2009/08/10/materiales-compuestos-de-matriz-termoplastica-estructura-quimica-y-propiedades/>. [Último acceso: 22 10 2019].
- [14] D. R. Rosas, "Estudio preliminar de un material compuesto de matriz termoplástica con adición particulada en caracterización", La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Mecánica. , 2015.
- [15] C. d. Costa, F. Velasco y J. Castelló, «"Materiales compuestos de matriz metálica: Tipos, propiedades, aplicaciones.",» *Revista de Metalurgia* , p. 14, 2000.
- [16] W. Callister y D. Rethwisch., "Materials Science and Engineering An Introduction", United States of America: John Wiley & Sons, 2014.
- [17] B. B. Pérez, "Comportamiento de Estructuras de Material Compuesto Sometidas a Cargas Impulsivas", Leganés: Universidad Carlos III de Madrid, Dpto. de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, 2012.

- [18] D. Juárez, R. Balart, S. Ferrándiz y D. García., «“Study, Analisis and Clasification of Thermoplastics Elastomers ”,» *Revista de investigación, Área de Innovación y Desarrollo, S.L.*, vol. 1, p. 22, 2012.
- [19] M. Jacoby, «"Plastificantes para caucho",» *SLT Caucho, Industria y tecnología en América Latina*, vol. 4, p. 84, 2014.
- [20] G. Castro, "Materiales y Compuestos Para la Industria del Neumático", Buenos Aires : Departamento de Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A., 2008.
- [21] L. O. T. Caal, "Calidad de Alfombra Fabricada de Deshechos de Hule Natural.", Guatemala: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, 2007.
- [22] E. Donoso., "Materiales de Ingeniería", Chile: Facultad de Cs. Físicas y Matemáticas, 2007.
- [23] A. Ramírez, "Materiales Compuestos (Composites)", Oaxaca, Mexico: Universidad del Papaloapan, 2012.
- [24] A. O. N. Chiguano, "Síntesis de un Material Compuesto a Partir de Caucho Reciclado y Poliuretano", Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. , 2018.
- [25] A. Santos, E. Córdoba, Z. Ramírez, C. Sierra y Y. Ortega, "Determination of the coefficient of dynamic friction between coatings of alumina and metallic materials", Colombia : Universidad Pontificia Bolivariana, 2017.
- [26] L. F. Espitia, "Determinación del coeficiente de fricción de deslizamiento para algunos materiales de uso común en ingeniería mediante el método de las oscilaciones armónicas", Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2013.
- [27] J. D. A. Fernández, "Experimental determination of the friction coefficient using a tilted plane", Monterrey : Tecnológico de Monterrey , 2015.
- [28] W. Pérez, J. Arroyave y S. Acevedo., "Experimental Determination of the Coefficient friction Using Movement Sensors", Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, 2010.

- [29] L. A. Lizeth, "Microscopía Óptica de la Gelacion del Policloruro de Vinilo.", Arequipa, Peru: Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería de Procesos., 2016.
- [30] D. C. Z. Estupiñan, "Plan de Negocios para la Producción y Comercialización de Gránulos de Caucho Reciclado en la Ciudad de Quito", Quito: Universidad de las Américas UDLA, 2015.
- [31] T. M. V. E. y. Á. M. Ilzarbe Laura, «"El diseño de experimentos como herramienta para la mejora de los procesos",» *Tecnura*, vol. 10, n° 20, pp. 127-138, 2007.
- [32] D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, Arizona : John Wiley & Sons, Inc., 2012.

## **ANEXOS.**

**Anexo A:** Tablas de rugosidades de las superficies de prueba

**Anexo B:** Planos individuales y general de los moldes para probetas de ensayos a fricción e inflamabilidad.

**Anexo C:** Guía de Uso del Inglés XL Tribómetro de Incidencia Variable.

**Anexo D:** Norma para ensayos de inflamabilidad ISO 3795.

**Anexo E:** Tabla de distribución T-Student.

**Anexo F:** Solicitud para ejecución de ensayos de inflamabilidad.

**Anexo G:** Factura sobre la adquisición de licencia para uso del software estadístico Minitab 19.

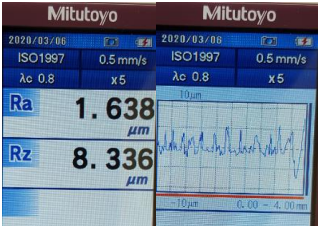


**Anexo A:** Tablas de rugosidades de las superficies de prueba

**Superficie de baldosa:**




BALDOSA			
N° medición	Ra (μm)	Rz (μm)	Fotografías
1	1,117	7,774	
2	1,051	5,686	
3	1,113	6,537	
4	1,224	7,767	
5	0,909	5,31	
<b>Promedio</b>	<b>1,083</b>	<b>6,615</b>	








**Superficie de madera:**

MADERA			
Nº medición	Ra (µm)	Rz (µm)	Fotografías
1	0,747	2,787	
2	0,646	2,685	
3	0,538	2,566	
4	1,018	5,353	
5	1,019	5,661	
6	1,34	6,622	
7	1,39	7,22	

8	1,638	8,336	
9	1,65	8,792	
10	1,65	8,558	
<b>Promedio</b>	<b>1,164</b>	<b>5,858</b>	

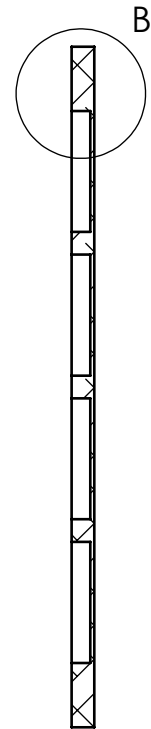
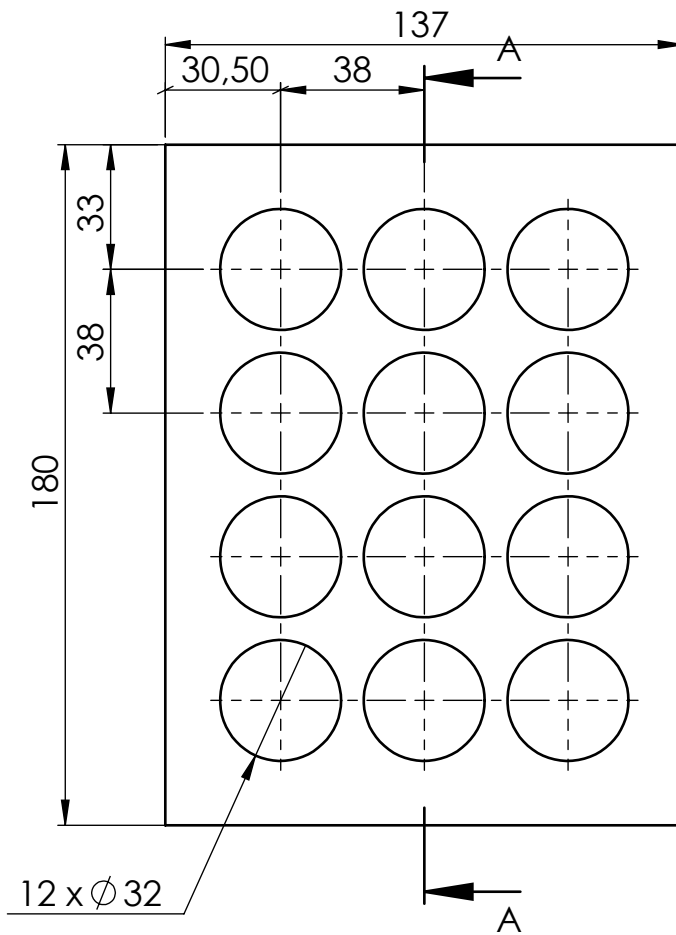
**Superficie de concreto:**

CONCRETO			
N° medición	Ra (μm)	Rz (μm)	Fotografías
1	1,039	5,647	
2	1,383	7,024	
3	0,669	4,426	

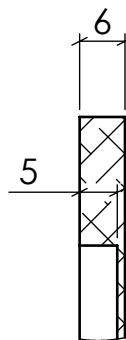
4	1,183	6,312	
5	1,482	7,083	
6	1,389	7,539	
7	0,653	3,816	
8	1,174	6,358	
9	0,844	5,181	
10	1,243	4,889	
<b>Promedio</b>	<b>1,106</b>	<b>5,828</b>	



Anexo B: Planos individuales y general de los moldes para probetas de ensayos a fricción e inflamabilidad.

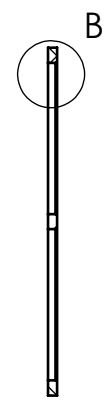
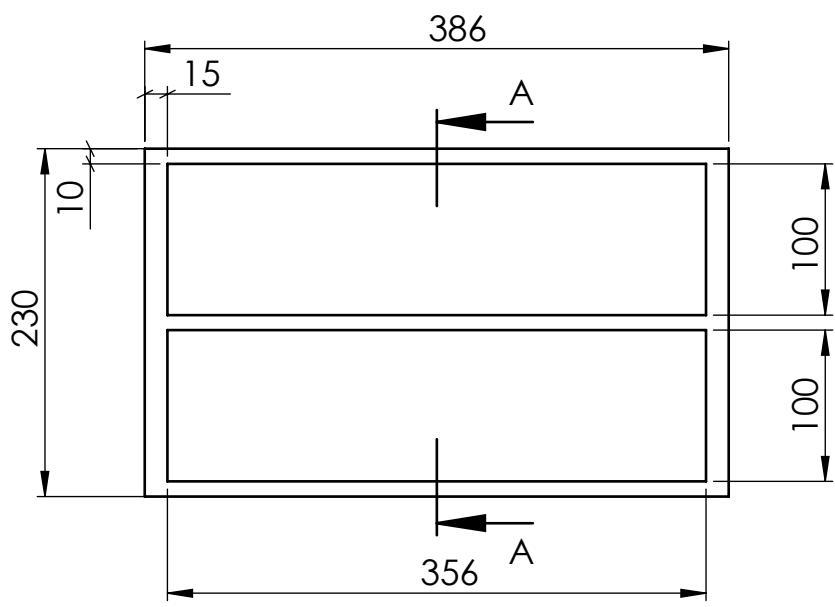


SECCIÓN A-A

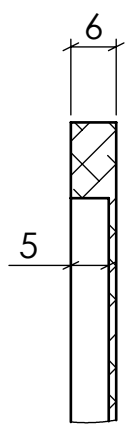


DETALLE B  
ESCALA 1 : 1

				Tolerancia: $\pm 0.5\text{mm}$	Peso: 279.17 gr	Material: Aleación de aluminio	
				Fecha	Nombre	Denominación: MOLDE DE PROBETAS PARA ENSAYO DE FRICCIÓN	Escala: 1:2
				Dibujó: 20/1/2020	Edison Bautista		
				Revisó: 20/1/2020	Ing. Cristian Perez		
				Aprobó: 20/1/2020	Ing. Cristian Perez		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		No. de Lámina: 1 de 3	Registro: 
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

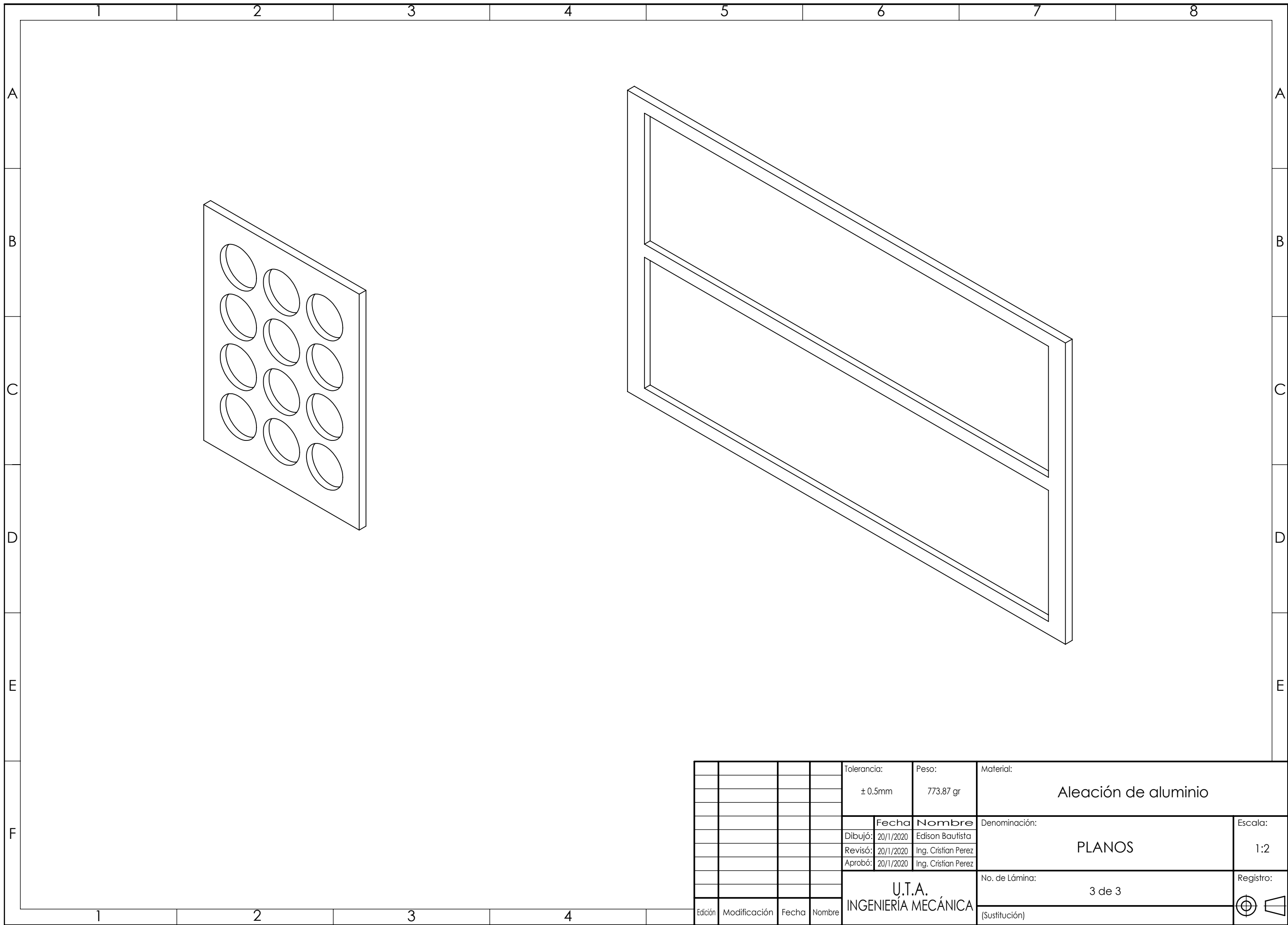


SECCIÓN A-A



DETALLE B  
ESCALA 1 : 1

				Tolerancia: ± 0.5mm	Peso: 494.7 gr	Material:  Aleación de aluminio	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 20/1/2020	Edison Bautista	MOLDE DE PROBETAS PARA ENSAYO DE INFLAMABILIDAD	1:5
				Revisó: 20/1/2020	Ing. Cristian Perez		
				Aprobó: 20/1/2020	Ing. Cristian Perez		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		No. de Lámina: 2 de 3	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia: ± 0.5mm	Peso: 773.87 gr	Material: Aleación de aluminio	
						Denominación: <b>PLANOS</b>	Escala: 1:2
						No. de Lámina: 3 de 3	Registro: ⊕ ◁
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

**EXCEL** TRIBOMETERS, LLC SLIPMETER SCIENCE, TECHNOLOGY, MANUFACTURE, SERVICE

## English XL™ VIT User Guide

Version 4, Released March 21, 2018



**EXCEL** TRIBOMETERS, LLC

237 Hanbury Road E, Suite 17 PMB 254

Chesapeake, VA 23322

[service@exceltribometers.com](mailto:service@exceltribometers.com) | [www.exceltribometers.com](http://www.exceltribometers.com)

PHONE: 757-897-2853 | FAX: 888-804-3727

INTERNATIONAL  
STANDARD

**ISO**  
**3795**

Second edition  
1989-10-15

**Vehículos de carretera y tractores y maquinaria para la agricultura y silvicultura**  
**Determinación de los comportamientos de combustión de los materiales interiores**

Vehículos y tractores de carretera y equipos agrícolas y forestales: determinación de las características de la  
combustión de materiales interiores



Licensed to  r. Castro  
ISO Store order #: 10-1337979/Downloaded: 2013-06-21  
Single user licence only, copying and networking prohibited

Reference number  
ISO 3795 : 1989 (E)

## **Prefacio**

ISO (la Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de estándares internacionales normalmente se lleva a cabo a través de comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en un tema para el cual se ha establecido un comité técnico tiene derecho a estar representado en ese comité. Las organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales, en colaboración con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todos los asuntos de normalización electrotécnica.

Los proyectos de normas internacionales adoptados por los comités técnicos se distribuyen a los organismos miembros para su aprobación antes de ser aceptados como normas internacionales por el Consejo ISO. Se aprueban de acuerdo con los procedimientos de la ISO que requieren al menos el 75% de aprobación por parte de los organismos miembros que votan.

La Norma Internacional ISO 3795 fue preparada conjuntamente por los Comités Técnicos ISO / TC 22, Vehículos de carretera e ISO / TC 23, Tractores y maquinaria para la agricultura y silvicultura.

Esta segunda edición cancela y reemplaza la primera edición (ISO 3795: 19761, cuyo alcance se ha ampliado para incluir tractores y maquinaria para la agricultura y silvicultura.

© ISO 1989

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Organization for Standardization

Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Switzerland

Printed in Switzerland

Licensed to University / Mr. Castro  
ISO Store order #: 10-1337979/Downloaded: 2013-06-2  
Single user license only. Copying and distribution prohibited.

## **Introducción**

La evaluación del comportamiento de combustión de los materiales interiores se basa en la suposición de que es poco probable que ocurra un incendio en el compartimento de pasajeros cuando la velocidad de combustión del material interior bajo la acción de una llama pequeña es cero o muy pequeña.

En el marco de las reglamentaciones internacionales para la seguridad de los vehículos de motor preparadas por los grupos competentes de la Comisión Económica para Europa (ECEDJNO), se solicitó a ISO que desarrollara un método para determinar el comportamiento de combustión de los materiales interiores de los vehículos de motor. Se recopiló y evaluó amplia información sobre los métodos de prueba existentes. En vista de los estándares de seguridad que ya son obligatorios, las consideraciones se basaron principalmente en el procedimiento de prueba definido en US-FMVSS 302.

Se prestó considerable atención al problema de la ventilación de la cámara de combustión. Se llevaron a cabo dos series de pruebas comparativas para investigar diferentes variaciones de diseño.

Luego de extensas discusiones, se decidió describirlo en esta Norma Internacional, para incorporar la cámara de combustión, además, se decidió requerir la presencia de cables de soporte como parte del equipamiento estándar para evitar interpretaciones subjetivas del comportamiento de la muestra por parte del personal de prueba.

## Vehículos de carretera y tractores y maquinaria para agricultura y silvicultura - Determinación del comportamiento de combustión de materiales interiores

### 1 Alcance

Esta norma internacional especifica un método para determinar la velocidad de combustión horizontal de los materiales utilizados en el compartimiento de los ocupantes de los vehículos de carretera (por ejemplo, automóviles, camiones, vagones, autocares) y de tractores y maquinaria para la agricultura y la silvicultura, después de exposición a una llama pequeña.

Este método permite probar materiales y partes del equipamiento interior del vehículo individualmente o en combinación hasta un grosor de 13 mm. Se usa para juzgar la uniformidad de los lotes de producción de tales materiales con respecto a su comportamiento de combustión.

Debido a las muchas diferencias entre la situación del mundo real (aplicación y orientación dentro del interior del vehículo, condiciones de uso, fuente de ignición, etc.) y las condiciones exactas de prueba especificadas en esta Norma Internacional, este método no puede considerarse adecuado para la evaluación

de todas las verdaderas características de combustión en el vehículo.

### 2 Referencia normativa

La siguiente norma contiene disposiciones que, mediante la referencia en este texto, constituyen disposiciones de esta Norma Internacional. En el momento de la publicación, la edición indicada era válida. Todas las normas están sujetas a revisión y se alienta a las partes de los acuerdos basados en esta norma internacional a investigar la posibilidad de aplicar la edición más reciente de la norma que se indica a continuación. Los miembros de IEC e ISO mantienen registros de las Normas Internacionales actualmente vigentes.

ISO 2763-1: 1989, *Tolerancias generales - Parte I: Tolerancias para dimensiones lineales y angulares sin indicaciones de tolerancia individual.*

### 3 Definiciones

A los fines de esta Norma Internacional, se aplican las siguientes definiciones.

3.1 tasa de combustión: cociente de la distancia quemada medida de acuerdo con esta Norma



Internacional y el tiempo necesario para quemar esta distancia. Se expresa en milímetros por minuto.

3.2 material compuesto: El material está compuesto por varias capas de materiales similares o diferentes íntimamente unidos en sus superficies mediante cementación, unión, revestimiento, soldadura, etc.

Cuando diferentes materiales se conectan de forma intermitente (por ejemplo, cosido, soldadura de alta frecuencia, remachado), entonces para permitir la preparación de muestras individuales de acuerdo con la cláusula 6, dichos materiales no se considerarán materiales compuestos.

3.3 lado expuesto: lado que mira hacia el compartimiento del ocupante cuando el material está montado en el vehículo.

#### **4 Principio**

Una muestra se sostiene horizontalmente en un soporte en forma de U y se expone a la acción de una llama definida de baja energía durante 15 s en una cámara de combustión, actuando la llama en el extremo libre de la muestra. La

prueba determina si y cuando la llama se extingue o el tiempo en que la llama pasa una distancia medida.

#### **5 Equipos**

5.1 Cámara de combustión (ver figura 11, preferiblemente de acero inoxidable y con las dimensiones indicadas en la figura 2. La parte frontal de la cámara contiene una ventana de observación resistente a las llamas, que puede cubrir el frente y que puede construirse como un panel de acceso.

La parte inferior de la cámara tiene orificios de ventilación, y la parte superior tiene una ranura de ventilación alrededor. La cámara de combustión se coloca en cuatro pies, 10 mm de alto.

La cámara puede tener un orificio en un extremo para la introducción de la porta muestras que contiene la muestra; en el extremo opuesto, se proporciona un orificio para la línea de gas. El material fundido se recoge en una bandeja (ver figura 3) que, en el fondo de la cámara, se coloca entre los orificios de ventilación sin cubrir ningún área de orificio de ventilación.

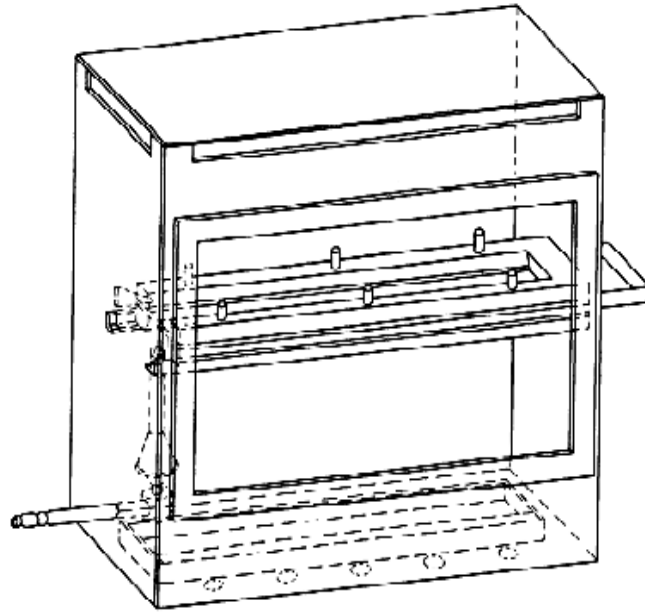


Figura 1. Ejemplo de cámara de combustión con soporte de muestra y bandeja de goteo

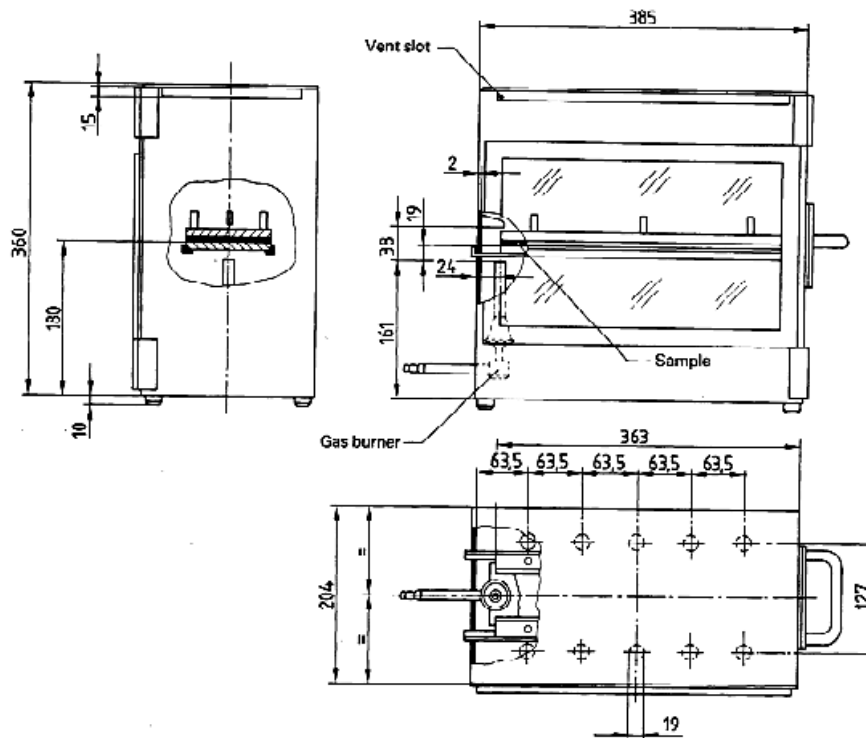


Figura 2. Ejemplo de cámara de combustión

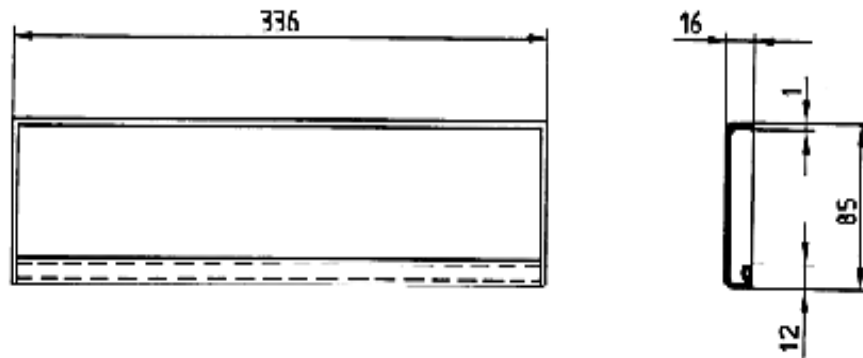


Figura 3. Bandeja de goteo típica

5.2 Soporte de muestra, que consta de dos placas de metal en forma de U o marcos de material resistente a la corrosión. Las dimensiones se dan en la figura 4.

La placa inferior está equipada con pasadores, el superior con los orificios correspondientes para garantizar la consistente sujeción de la muestra. Los pasadores también sirven como puntos de medición al comienzo y al final de la distancia del borde frontal del porta muestras desde el extremo de la cámara debe ser de 22 mm; la distancia de los lados longitudinales del soporte de muestras desde los lados de la cámara debe

ser de 50 mm (todas las dimensiones internas). (Ver figuras 1 y 2.)

5.3 Quemador de gas. La pequeña fuente de ignición es provista por un mechero Bunsen que tiene un diámetro interno de 9.5 mm. Está ubicado en el gabinete de prueba de modo que el centro de su boquilla esté a 19 mm por debajo del centro del borde inferior del extremo abierto de la muestra (consulte la figura 2).

5.4 Gas de prueba. El gas suministrado al quemador tendrá un poder calorífico de aproximadamente 38 MJ / m<sup>3</sup> (por ejemplo, gas natural).

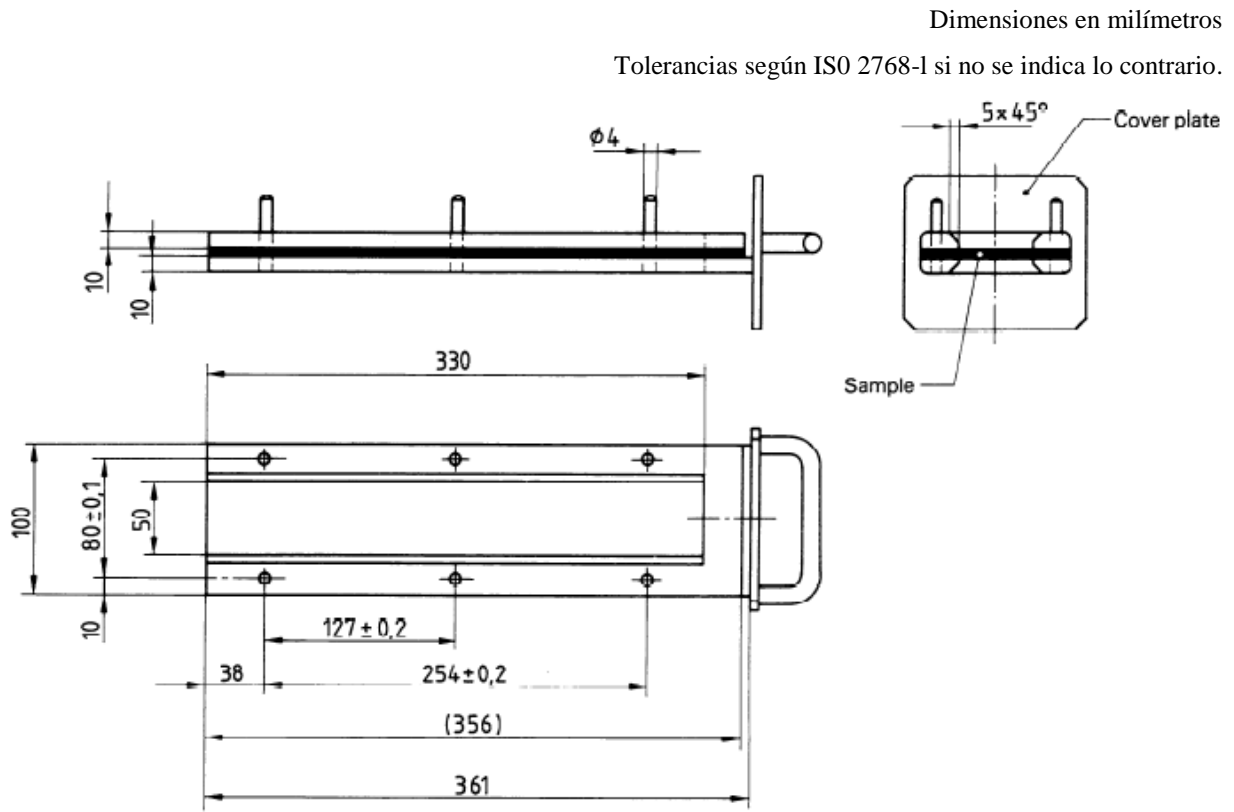


Figura 4. Ejemplo de portamuestras

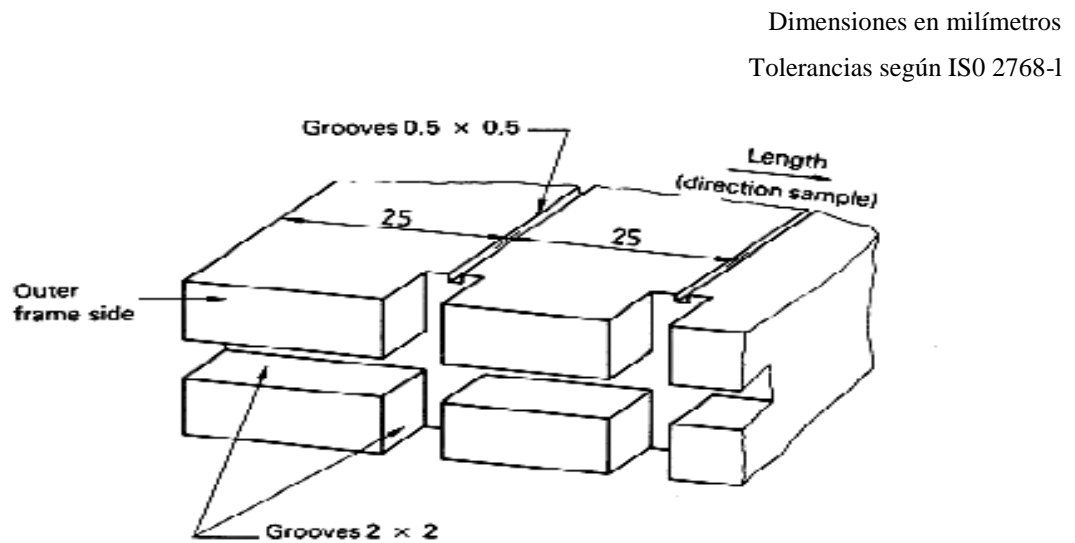


Figura 5. Ejemplo de sección de diseño de bastidor en U inferior para instalación de soporte de cables

5.5 Peine metálico, de al menos 110 mm de longitud, con siete a ocho dientes redondeados lisos por 25 mm.

5.6 Cronógrafo, con precisión de 0,5 s.

5.7 Armario de humos. La cámara de combustión puede colocarse en un conjunto de armario de humos siempre que el volumen interno sea al menos 20 veces, pero no más de 110 veces, mayor que el volumen de la cámara de combustión y siempre que no haya dimensiones de altura, ancho o longitud únicas. El armario de los humos es mayor de 2.5 veces cualesquiera de las otras dos dimensiones.

Antes de la prueba, la velocidad vertical del aire a través de la campana extractora se medirá 100 mm delante y detrás de la posición final donde se ubicará la cámara de combustión. Deberá estar entre 0.1 m / s y 0.3 m / s para evitar posibles molestias, por productos de combustión, al operador.

Es posible utilizar una campana extractora de humos con ventilación natural y una velocidad de aire adecuada.

## 6 Muestras

### 6.1 Forma y dimensiones

La forma y dimensiones de las muestras se muestran en la figura 6. El espesor de la muestra corresponde al espesor del producto a analizar. No debe ser más de 13 mm. Al tomar los permisos de muestra, la muestra debe tener una sección constante en toda su longitud.

Dimensiones en milímetros

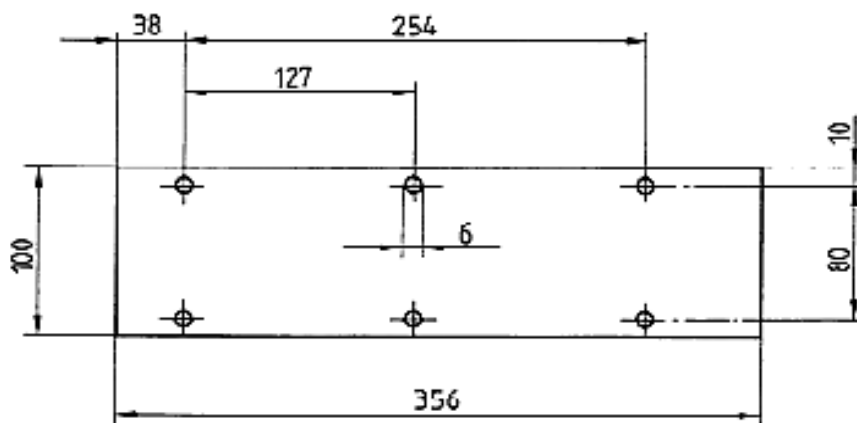


Figure 6 - Muestra

Cuando la forma y dimensiones de un producto no permitan tomar una muestra del tamaño dado, se mantendrán las siguientes dimensiones mínimas:

a) Para muestras que tengan un ancho de 3 mm a 60 mm, la longitud será de 356 mm. En este caso, el material se prueba en el ancho del producto.

b) Para muestras que tengan un ancho de 60 mm a 100 mm, la longitud deberá ser de al menos 138 mm. En este caso, la distancia de combustión potencial corresponde a la longitud de la muestra, comenzando la medición en el primer punto de medición.

c) Las muestras que tienen un ancho de menos de 60 mm y más cortas de 356 mm, y muestras que tienen un ancho de 60 mm a 100 mm y más cortas de 138 mm, no se pueden analizar de acuerdo con este método; tampoco pueden las muestras tener un ancho inferior a 3 mm.

## **6.2 Muestreo**

Se tomarán al menos cinco muestras del material bajo prueba. En materiales que tienen diferentes tasas de combustión en diferentes direcciones del material (las pruebas preliminares lo mostrarán), las cinco (o más) muestras deben tomarse y colocarse en el aparato de prueba de modo que se mida la tasa de combustión más alta.

Cuando el material se suministre en anchuras, se cortará una longitud de al menos 500 mm cubriendo todo el ancho. A partir de esto, las muestras se tomarán de modo que estén al

menos a 100 mm del borde del material y equidistantes entre sí.

Las muestras se tomarán de la misma manera de los productos terminados, cuando la forma del producto lo permita. Cuando el espesor del producto es de 13 mm o más, se reducirá a 13 mm mediante un proceso mecánico aplicado al lado que no mira al compartimento del ocupante.

Los materiales compuestos (véase la construcción uniforme.3.2) deben probarse como si estuvieran en el interior. En el caso de materiales hechos de capas superpuestas de diferente composición que no son materiales compuestos, todas las capas de material incluidas a una profundidad de 13 mm de la superficie mirando hacia el compartimento de los ocupantes se probarán individualmente.

## **6.3 Condicionamiento**

Las muestras deben acondicionarse durante al menos 24 h pero no más de 7 días a una temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa del  $50\% \pm 5\%$  y deben mantenerse bajo estas condiciones hasta inmediatamente antes de la prueba.

## **7 Procedimiento**

7.1 Coloque las muestras con las superficies cubiertas por la siesta o con mechones sobre una superficie plana y peine dos veces contra la siesta usando el peine (5.5).

7.2 Coloque la muestra en el porta muestras (5.2) de modo que el lado expuesto quede hacia abajo de la llama.

7.3 Ajuste la llama del gas a una altura de 38 mm utilizando la marca en la cámara, cerrándose la entrada de aire del quemador (5.3). Antes de comenzar la primera prueba, la llama debe arder al menos durante 1 minuto para estabilización.

7.4 Empuje el porta muestras (5.2) en la cámara de combustión (5.1) para que el extremo de la muestra quede expuesto a la llama, y después de 15 s corte el flujo de gas.

7.5 La medición del tiempo de combustión comienza en el momento en que el pie de la llama pasa el primer punto de medición. Observe la propagación de la llama en el lado que se quema más rápido que el otro (lado superior o inferior).

7.6 La medición del tiempo de combustión se completa cuando la llama llega al último punto de medición o cuando la llama se extingue antes de llegar al último punto de medición. Si la llama no llega al último punto de medición, mida la distancia quemada hasta el punto donde la llama se extinguió. La distancia quemada es la parte descompuesta de la muestra, que se destruye en su superficie o en el interior por combustión.

7.7 En la medida en que la muestra no se encienda o no continúe ardiendo después de que el quemador se haya extinguido, o cuando la llama se extinga antes de alcanzar el primer punto de medición, para que no se mida el tiempo de combustión, tenga en cuenta en el informe de prueba que la velocidad de combustión es de 0 mm / min.

7.8 Al ejecutar una serie de pruebas o repetir las pruebas, asegúrese de que la cámara de combustión y el porta muestras tengan una temperatura máxima de 30 °C antes de comenzar la siguiente prueba.

## 8 Cálculo

La tasa de combustión, B, en milímetros por minuto, viene dada por la formula

$$B = \frac{s}{t} \times 60$$

Donde

**s** la distancia quemada, en milímetros;

**t** el tiempo, en segundos, para quemar la distancia s.

## 9 Informe de prueba

El informe de prueba incluirá los siguientes datos:

- tipo, marcado y color de la muestra de prueba;
- si la muestra era un material compuesto o un material único
- dimensiones de la muestra que incluyen el valor máximo y mínimo de espesor
- La preparación de la muestra, incluido el método para reducir el espesor (si el espesor es mayor de 13 mm) de acuerdo con 6.2;
- posición de la muestra en el producto (longitudinal, transversal)
- número de muestras analizadas;
- resultados de la prueba:
  - distancia quemada, en milímetros, y tiempo de quemado, en segundos;
  - otras observaciones (auto extingible, etc.);

- h) todos los valores individuales calculados de velocidad de combustión, en milímetros por minuto;
- i) condiciones especiales de prueba (uso de humos, uso de ventilador, etc.);
- j) cualquier condición diferente a las especificadas en esta norma internacional;
- k) fecha de la prueba



**Anexo E:** Tabla de distribución T-Student.

Puntos críticos para la distribución T de Student.

Grados de libertad	Área a la derecha de los puntos, $P(X > x)$			
	0.10	0.05	0.025	0.015
1	3.0776835	6.3137515	12.706205	21.204949
2	1.8856181	2.9199856	4.3026527	5.6427784
3	1.6377444	2.3533634	3.1824463	3.8960459
4	1.5332063	2.1318468	2.7764451	3.2976297
5	1.475884	2.0150484	2.5705818	3.002875
6	1.4397557	1.9431803	2.4469119	2.8289279
7	1.4149239	1.8945786	2.3646243	2.714573
8	1.3968153	1.859548	2.3060041	2.6338144
9	1.3830287	1.8331129	2.2621572	2.573804
10	1.3721836	1.8124611	2.2281389	2.5274842
11	1.3634303	1.7958848	2.2009852	2.4906639
12	1.3562173	1.7822876	2.1788128	2.4607002
13	1.3501713	1.7709334	2.1603687	2.4358452
14	1.3450304	1.7613101	2.1447867	2.4148977
15	1.3406056	1.7530504	2.1314495	2.397005
16	1.3367572	1.7458837	2.1199053	2.3815454
17	1.3333794	1.7396067	2.1098156	2.3680548
18	1.3303909	1.7340636	2.100922	2.35618
19	1.3277282	1.7291328	2.0930241	2.3456475
20	1.3253407	1.7247182	2.0859634	2.3362422
21	1.3231879	1.7207429	2.0796138	2.3277923
22	1.3212367	1.7171444	2.0738731	2.3201596
23	1.3194602	1.7138715	2.0686576	2.313231
24	1.3178359	1.7108821	2.0638986	2.3069134
25	1.3163451	1.7081408	2.0595386	2.3011295
26	1.3149719	1.7056179	2.0555294	2.2958145
27	1.3137029	1.7032884	2.0518305	2.2909136
28	1.3125268	1.7011309	2.0484071	2.2863802
29	1.3114336	1.699127	2.0452296	2.2821746
30	1.310415	1.6972609	2.0422725	2.2782623

**Anexo F:** Solicitud para ejecución de ensayos de inflamabilidad.

	<b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b>		
	<b>SOLICITUD PARA ENSAYOS</b>		
	Código: R-LIM-SE	Versión: 00	Fecha: 27/1/2020

Página 1 de 3

Ambato, 27/1/2020

Ingeniero

Christian Byron Castro Miniguano. Mg

**Director General**

Laboratorio de Investigación para Ensayos de Inflamabilidad "LIM"

Presente. -

Yo, Edison Fabricio Bautista Velasco, en calidad de Estudiante, de la Universidad Técnica de Ambato, con cédula N° 0503162893, solicito se realice el ensayo de Inflamabilidad **Horizontal** bajo los requisitos de la norma **ISO 3795**, de los materiales detallados en el Anexo técnico.

**ÍTEMS DE CUMPLIMIENTO**

El solicitante se compromete a:

1. Cumplir cada una de las disposiciones que establece el Laboratorio de Investigación para ensayos de inflamabilidad durante el proceso.
2. No usar información ni hacer declaraciones indebidas del ensayo, de tal manera que cause desmerito al Laboratorio.
3. Brindar información adicional de los materiales a ser ensayados según solicite el Laboratorio.
4. No usar los informes de resultados de manera engañosa.
5. Brindar mayor número de muestras si el laboratorio considera pertinente.

**ÍTEMS DEL ENSAYO**

El solicitante deberá garantizar que el material:

1. Tenga un espesor máximo de 13 mm.
2. Posea dimensiones de 300 mm x 76 mm, caso contrario escribir las dimensiones: 350 mm x 100 mm x 5 mm
3. Tenga en una de sus esquinas un asterisco (\*) identificando el lado expuesto al ensayo.
4. No tenga deformaciones (Arrugas, rayones, roturas, etc.) ni afectaciones caso contrario el Laboratorio informará oportunamente.
5. Sea transportado en condiciones adecuadas.
6. Tenga toda la información necesaria si se ha realizado otros procedimientos (curaciones, tiempos, mezclas, porcentajes, etc.)

**DERECHOS Y RESPONSABILIDADES DEL SOLICITANTE**

El solicitante tiene el deber de:

1. Cancelar los valores correspondientes al ensayo oportunamente.



LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD

SOLICITUD PARA ENSAYOS

Código: R-LIM-SE

Versión: 00

Fecha: 27/1/2020

Página 2 de 3

2. Conocer y cumplir las normas, reglamentos y especificaciones referentes al ensayo.
3. Solicitar los servicios del laboratorio siempre y cuando éste cumpla las condiciones del ensayo.
4. Presentar quejas, apelaciones o sugerencias del proceso de ensayo, en caso de ser necesario.

El personal del Laboratorio de Investigación garantiza la calidad del servicio basándose en tres factores principales: confiabilidad, imparcialidad y responsabilidad.

Los documentos para la realización del ensayo están disponibles en la página web de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato [www.ficm.uta.edu.ec](http://www.ficm.uta.edu.ec)

Expreso que como solicitante conozco los ítems de cumplimiento, ítems del ensayo y los derechos y responsabilidades los cuales ayudarán que el ensayo se realice en condiciones óptimas, además que la información adicional que brinde de los materiales a ser ensayados están bajo mi responsabilidad.

Por la favorable atención que se dé al presente, agradezco y suscribo

Atentamente,

.....

Edison Fabricio Bautista Velasco  
Estudiante  
**0503162893**  
**Universidad Técnica de Ambato**

Además, el solicitante deberá detallar lo siguiente.

Fecha para la realización del ensayo 27/2/2020

Correo electrónico para facturación: edybautista111013@hotmail.com

Números de contacto: 0999978159

El personal del Laboratorio deberá detallar.

Responsable revisión de la solicitud	Fecha	Firma	Observaciones
 CAROLINA PEREZ	27/01/2020		NINGUNA





SOLICITUD PARA ENSAYOS

Código: R-LIM-SE

Versión: 00

Fecha: 27/1/2020

Página 3 de 3

ANEXO TÉCNICO PARA REALIZAR EL ENSAYO

Nombre del material

Nombre comercial del material

1. Tipo de material a ensayar

Simple: Mismo material, una capa

Tela  Esponja  Plástico

Moqueta  Madera  Corosil

Otro, detalle

Compuesto: Diferente material, varias capas

Detalle los elementos que conforman el material,  
100% Látex sintético

2. Origen del material

Elaborado por el solicitante

Elaborado nacionalmente

Elaborado internamente

3. Medio de envío

Entrega personal

Transporte de encomienda

4. Tipo de transporte en que se va a utilizar

Intraprovincial  Otro

Interprovincial

Turismo

Urbano

Institucional, escolar

5. Material usado en:

Interiores  Otro

Exteriores

Otro, detalle

6. Dimensiones del material a ensayar

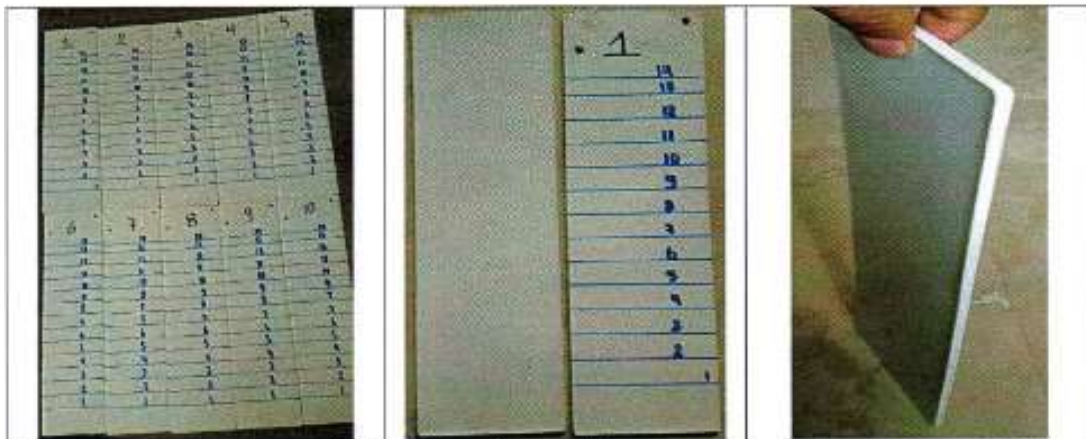
10 muestras con dimensiones de 350x100x5 mm

7. Etapa del ensayo

Ensayo Inicial

Reproceso de ensayo

8. Fotografías del material a ensayar



Nota: En caso de que sean distintos tipos de materiales repetir el anexo para cada material

	<b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b>		
	<b>SOLICITUD PARA ENSAYOS</b>		
	Código: R-LIM-SE	Versión: 00	Fecha: 27/1/2020

Ambato, 27/1/2020

Ingeniero

Christian Byron Castro Miniguano. Mg

**Director General**

Laboratorio de Investigación para Ensayos de Inflamabilidad "LIM"

Presente. -

Yo, Edison Fabricio Bautista Velasco, en calidad de Estudiante, de la Universidad Técnica de Ambato, con cédula N° 0503162893, solicito se realice el ensayo de Inflamabilidad **Horizontal** bajo los requisitos de la norma **ISO 3795**, de los materiales detallados en el Anexo técnico.

#### ÍTEMS DE CUMPLIMIENTO

El solicitante se compromete a:

1. Cumplir cada una de las disposiciones que establece el Laboratorio de Investigación para ensayos de inflamabilidad durante el proceso.
2. No usar información ni hacer declaraciones indebidas del ensayo, de tal manera que cause desmerito al Laboratorio.
3. Brindar información adicional de los materiales a ser ensayados según solicite el Laboratorio.
4. No usar los informes de resultados de manera engañosa.
5. Brindar mayor número de muestras si el laboratorio considera pertinente.

#### ÍTEMS DEL ENSAYO

El solicitante deberá garantizar que el material:

1. Tenga un espesor máximo de 13 mm.
2. Posea dimensiones de 300 mm x 76 mm, caso contrario escribir las dimensiones: 350 mm x 100 mm x 5 mm
3. Tenga en una de sus esquinas un asterisco (\*) identificando el lado expuesto al ensayo.
4. No tenga deformaciones (Arrugas, rayones, roturas, etc.) ni afectaciones caso contrario el Laboratorio informará oportunamente.
5. Sea transportado en condiciones adecuadas.
6. Tenga toda la información necesaria si se ha realizado otros procedimientos (curaciones, tiempos, mezclas, porcentajes, etc.)

#### DERECHOS Y RESPONSABILIDADES DEL SOLICITANTE

El solicitante tiene el deber de:

1. Cancelar los valores correspondientes al ensayo oportunamente.

	<b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN PARA ENSAYOS DE INFLAMABILIDAD</b>		
	<b>SOLICITUD PARA ENSAYOS</b>		
	Código: R-LIM-SE	Versión: 00	Fecha: 27/1/2020

2. Conocer y cumplir las normas, reglamentos y especificaciones referentes al ensayo.
3. Solicitar los servicios del laboratorio siempre y cuando éste cumpla las condiciones del ensayo.
4. Presentar quejas, apelaciones o sugerencias del proceso de ensayo, en caso de ser necesario.

El personal del Laboratorio de Investigación garantiza la calidad del servicio basándose en tres factores principales: confiabilidad, imparcialidad y responsabilidad.

Los documentos para la realización del ensayo están disponibles en la página web de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato [www.ficm.uta.edu.ec](http://www.ficm.uta.edu.ec)

Expreso que como solicitante conozco los ítems de cumplimiento, ítems del ensayo y los derechos y responsabilidades los cuales ayudarán que el ensayo se realice en condiciones óptimas, además que la información adicional que brinde de los materiales a ser ensayados están bajo mi responsabilidad.

Por la favorable atención que se dé al presente, agradezco y suscribo

Atentamente,

.....  
 Edison Fabricio Bautista Velasco  
 Estudiante  
**0503162893**  
**Universidad Técnica de Ambato**

Además, el solicitante deberá detallar lo siguiente.

Fecha para la realización del ensayo 27/2/2020

Correo electrónico para facturación: edybautista111013@hotmail.com

Números de contacto: 0999978159

El personal del Laboratorio deberá detallar.

Responsable revisión de la solicitud	Fecha	Firma	Observaciones
	27/01/2020		NINGUNA





ANEXO TÉCNICO PARA REALIZAR EL ENSAYO

Transporte de encomienda

**Nombre del material**

Nombre comercial del material

**1. Tipo de material a ensayar**

Simple: Mismo material, una capa

Tela  Esponja  Plástico

Moqueta  Madera  Corrosil

Otro, detalle

Compuesto: Diferente material, varias capas

Detalle los elementos que conforman el material

40% Granulo de caucho reciclado, 60% Látex

sintético.

**2. Origen del material**

Elaborado por el solicitante

Elaborado nacionalmente

Elaborado internacionalmente

**3. Medio de envío**

Entrega personal

**4. Tipo de transporte en que se va a utilizar**

Intraprovincial  Otro

Interprovincial

Turismo

Urbano

Institucional, escolar

**5. Material usado en:**

Interiores  Otro

Exteriores

Otro, detalle

**6. Dimensiones del material a ensayar**

10 muestras con dimensiones de 350x100x5 mm

**7. Etapa del ensayo**

Ensayo Inicial

Reproceso de ensayo

**8. Fotografías del material a ensayar**



**Nota:** En caso de que sean distintos tipos de materiales repetir el anexo para cada material

**Anexo G:** Factura sobre la adquisición de licencia para uso del software estadístico Minitab 19.

Estimado Edison Bautista:

Gracias por el pedido.

Todos los detalles sobre su pedido, incluido cualquier clave del producto, código de activación o vínculo de descarga necesarios (si es el caso), están disponibles en su tienda web en [Su cuenta/Pedidos](#).

Si es redirigido a la página de inicio de sesión interna de su organización, tendrá que iniciar sesión con las credenciales proporcionadas por su organización.

Resumen de pedido	Información del pedido
Número de pedido: 100675592520 Fecha del pedido: 2020-02-17 15:13 Hora estándar del Este	Nombre: Edison Bautista Correo electrónico: ebautista2893@uta.edu.ec Tarjeta de crédito: Visa *****2745 Esta transacción puede reflejarse como "estore.onthehub.com" en su estado de su cuenta.
<b>Dirección de facturación</b>	
Edison Bautista UTA Ambato 180101 Ecuador	
Ítems (Todos los precios están en Dólares estadounidenses)	

[Vea los detalles para recuperar los artículos de su pedido.](#)

	Cantidad	Precio unitario	Importe
1. <a href="#">Minitab 19 for Windows (Multilanguage) (06-Month Rental) - Descargar</a>	1	\$29.99	\$29.99
<b>Subtotal:</b>			\$29.99
<b>Impuestos:</b>			--
<b>Total:</b>			\$29.99