



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

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

TEMA:

**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA LÁMINA PARA PISTA
ATLÉTICA A PARTIR DE CAUCHO RECICLADO UTILIZANDO
POLIURETANO”**

AUTOR: Diego Andrés Llerena Pico

TUTOR: Ing. Mg. Alejandra Lascano

Ambato – Ecuador

2020

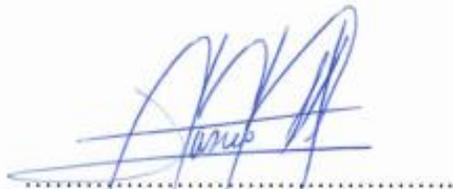
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, bajo el tema: **“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA LAMINA PARA PISTA ATLÉTICA A PARTIR DE CAUCHO RECICLADO UTILIZANDO POLIURETANO”**, elaborado por el señor, DIEGO ANDRES LLERENA PICO, portador de la cédula de ciudadanía 1803815438, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico que:

- Que la presente tesis es original de su autoría.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.
- Esta concluido y puede continuar con los tramites correspondiente.

Ambato, noviembre del 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'AL', is written over a horizontal dotted line.

Ing. Alejandra Lascano Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Diego Andrés Llerena Pico portador de la C.I. 1803815438, declaro que los criterios emitidos en este trabajo experimental con el tema: **“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA LAMINA PARA PISTA ATLÉTICA A PARTIR DE CAUCHO RECICLADO UTILIZANDO POLIURETANO”**, son auténticos y de absoluta responsabilidad de mi autoría, excepto de las fuentes bibliográficas que se encuentran citadas en este trabajo de investigación.

Los contenidos, ideas, ensayos, análisis, conclusiones y recomendaciones emitidas son exclusiva responsabilidad de mi persona como autor del presente trabajo experimental.

Ambato, noviembre del 2019



.....

Diego Andrés Llerena Pico

1803815438

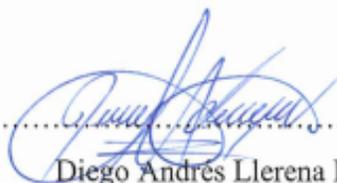
AUTOR

DERECHO DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que hagan uso del presente Trabajo Experimental a parte de él, como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la institución.

Cedo los derechos de mi trabajo experimental con fines de difusión pública, además, apruebo la reproducción de este dentro de los reglamentos de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no tenga ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, noviembre del 2019



Diego Andrés Llerena Pico

1803815438

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO

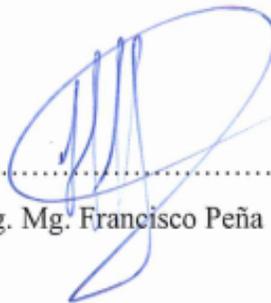
Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del trabajo experimental realizado por el egresado Diego Andrés Llerena Pico, de la Carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: **“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA LAMINA PARA PISTA ATLÉTICA A PARTIR DE CAUCHO RECICLADO UTILIZANDO POLIURETANO”**.

Ambato, noviembre del 2019

Para constancia firman:



.....
Ing. Mg. Christian Castro



.....
Ing. Mg. Francisco Peña

DEDICATORIA

Es imprescindible agradecer a Dios y a su infinita bondad ya que todo lo que tengo en la vida es gracias a él, por ser mi compañero incondicional en momentos difíciles.

A mis padres Pedro y Silvia, quienes supieron enseñarme el valor de la perseverancia, a no rendirme nunca, apoyándome para alcanzar una de mis metas más anheladas.

A mis hermanos Daniel, Diana, Silvia y Frank, por estar presente en los buenos y malos momentos, por instruirme que con empeño se puede llegar muy lejos.

A mis abuelitos Francisco, Hilda, Salvador y Carmen, por sus cuidados, por estar siempre presentes en el lugar y en el instante correcto, dispuestos ayudarme cuando más lo necesito.

A mis sobrinas Emily, Ariana, por ser mi alegría y la razón de alcanzar este logro, por ser mi motivación para convertirme en un excelente profesional.

A mis primos Francisco, Vito, por estar presentes en mi vida diaria, por brindarme su apoyo indiscutiblemente para ser frente a las dificultades que se me presenten en la vida.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Pedro y Silvia, quienes con sacrificio me brindaron su apoyo incondicional, por encaminarme e inspirarme a seguir por el camino correcto, convirtiéndome en quien soy ahora.

A mi hermano Daniel, quien me demostró madurez y responsabilidad en mis momentos de inseguridad ayudándome a tomar mejores decisiones en la vida.

A la Ing. Mg. Alejandra Lascano, quien confió en mi para la realización de esta investigación, quien me compartió sus conocimientos y enseñanzas con infinita paciencia.

A la distinguida Universidad Técnica de Ambato y a las docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Ingeniería Mecánica, quienes formaron mi vida estudiantil con ética y respeto, alcanzando la excelencia académica para convertirme en un excelente profesional.

A mis amigos y familiares, por todo lo que han hecho para llegar donde estoy, juntos hemos alcanzado a superar un objetivo, ahora puedo afirmar que junto podemos llegar a ser grandes logros en nuestras vidas.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHO DEL AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
RESUMEN EJECUTIVO	XVI
EXECUTIVE SUMMARY.....	XVII
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.2.3. Fundamentación Teórica.....	4
1.2.3.1. Ciencia e Ingeniería de Materiales.....	4
1.2.3.2. Material Compuesto	5
1.2.3.3. Clasificación de los Materiales Compuestos	5
1.2.3.4. Componentes de un Material Compuesto.....	9
1.2.3.5. Elastómeros.....	10
1.2.3.6. Materiales Compuestos y sus Propiedades Mecánicas	12
1.2.3.7. Caucho Reciclado.....	13
1.2.3.8. Características Mecánicas y Ensayos Destructivos Aplicados en Materiales Compuestos.	15
CAPÍTULO II.....	18
2. METODOLOGÍA	18
2.1. Materiales	18
2.2. Métodos	23

2.2.1. Nivel o Tipo de Investigación	23
2.2.1.1. Investigación Exploratoria.....	23
2.2.1.2. Investigación Descriptiva	24
2.2.1.3. Investigación Explicativa	24
2.2.1.4. Investigación Bibliográfica.....	24
2.2.2. Población y Muestra	24
2.2.2.1. Población	24
2.2.2.2. Muestra	25
2.2.3. Plan de Recolección de Información	25
2.2.3.1. Documental.....	25
2.2.3.2. Observación	25
2.2.4. Plan de Procesamiento y Análisis.....	25
2.2.4.1. Diagrama de procesos	25
2.2.4.2. Obtención de la materia prima.....	28
2.2.4.3. Determinación de la densidad del Poliuretano y de las partículas de caucho ...	28
2.2.4.4. Dimensionamiento y construcción de los moldes bajo la normativa ASTM	30
2.2.4.5. Determinación de las fracciones volumétricas de Poliuretano con partículas de caucho reciclado	33
2.2.4.6. Elaboración de Probetas	36
2.2.4.7. Corte de las probetas mediante la normativa ASTM	42
2.3. Hipótesis.....	49
2.3.1. Señalamiento de Variables de la Hipótesis	49
2.3.1.1. Variable Independiente.....	49
2.3.1.2. Variable Dependiente	49
CAPÍTULO III	50
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
3.1. Análisis y Discusión de los Resultados.....	50
3.1.1. Tabulación de Datos	50
3.1.2. Análisis de Resultados	68
3.1.3. Análisis de Datos	70
3.1.4. Análisis del Esfuerzo Máximo a la Tracción	72
3.1.4.1. Verificación de Supuestos	72

3.1.4.2. Análisis de Varianza.....	74
3.1.5. Análisis del Módulo de Elasticidad a Tracción.....	75
3.1.5.1. Verificación de supuestos del Módulo de Elasticidad a Tracción	75
3.1.5.2. Análisis de Varianza.....	77
3.1.6. Análisis del % de Elongación a Tracción	78
3.1.6.1. Verificación del supuesto del % de Elongación a Tracción	78
3.1.6.2. Análisis de Varianza.....	80
3.1.7. Análisis del Esfuerzo Máximo a la Compresión	81
3.1.7.1. Verificación de Supuestos del Esfuerzo Máximo a la Compresión.....	81
3.1.7.2. Análisis de Varianza.....	83
3.1.8. Análisis del Esfuerzo de Fluencia a la Compresión	84
3.1.8.1. Verificación de Supuestos del Esfuerzo de Fluencia a la Compresión.....	84
3.1.8.2. Análisis de Varianza.....	86
3.1.9. Análisis del % de Deformación a la Compresión.....	87
3.1.9.1. Verificación de Supuestos del % de Deformación a la Compresión	87
3.1.9.2. Análisis de Varianza.....	89
3.1.10. Análisis del Módulo de Elasticidad a la Compresión	90
3.1.10.1. Verificación de Supuestos del Módulo de Elasticidad a la Compresión.....	90
3.1.10.2. Análisis de Varianza.....	92
3.1.11. Análisis de la Dureza Shore D	93
3.1.11.1. Verificación de Supuestos de la Dureza Shore D	93
3.1.11.2. Análisis de Varianza.....	95
3.2. Verificación de la Hipótesis	96
3.2.1. Aplicación Industrial.....	98
3.2.2. Presupuesto.....	100
CAPÍTULO IV	102
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
4.1. Conclusiones.....	102
4.2. Recomendaciones	103
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXOS.....	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Materiales y equipos	18
Tabla 2. 2. Número de Probetas y su composición.....	25
Tabla 2. 5. Dimensionamiento de los moldes según la norma ASTM	30
Tabla 2. 6. Resultado de las áreas y volúmenes de las probetas y moldes.....	34
Tabla 2. 7. Valores de volumen y masa por probeta.....	35
Tabla 2. 8. Valores de volumen y masa por molde.....	36
Tabla 2. 9. Fracción volumétrica de las probetas a tracción	43
Tabla 2. 10. Fracción volumétrica de las probetas a compresión.....	44
Tabla 2. 11. Fracción volumétrica de las probetas de dureza.....	45
Tabla 2. 12. Nomenclatura del tipo de falla evaluado	47
Tabla 3.1. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (70% Poliuretano - 30% Partículas de Caucho) del Ensayo a Tracción.....	51
Tabla 3.2. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (60% Poliuretano - 40% Partículas de Caucho) del Ensayo a Tracción.	53
Tabla 3.3. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (50% Poliuretano - 50% Partículas de Caucho) del Ensayo a Tracción.	55
Tabla 3.4. Recopilación de información del material compuesto de las cantidades promedio del ensayo a Tracción.....	57
Tabla 3.5. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (70% Poliuretano - 30% Partículas de Caucho) del Ensayo a Compresión.	58
Tabla 3.6. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (60% Poliuretano - 40% Partículas de Caucho) del Ensayo a Compresión.	60
Tabla 3.7. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (50% Poliuretano - 50% Partículas de Caucho) del Ensayo a Compresión.....	62
Tabla 3.8. Recopilación de información del material compuesto de las cantidades promedio del ensayo a Compresión.....	64
Tabla 3.9. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (70% Poliuretano - 30% Partículas de Caucho) del Ensayo de Dureza.....	65

Tabla 3. 10. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (60% Poliuretano - 40% Partículas de Caucho) del Ensayo de Dureza.	66
Tabla 3. 11. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (50% Poliuretano - 50% Partículas de Caucho) del Ensayo de Dureza.	67
Tabla 3. 12. Recopilación de información del material compuesto de las cantidades promedio del ensayo de Dureza Shore D.....	68
Tabla 3. 13. Ficha Técnica de información del material compuesto de análisis de resultados.....	69
Tabla 3. 14. Datos obtenidos de los ensayos	71
Tabla 3. 15. Comprobación de los supuestos del esfuerzo máximo a tracción.	73
Tabla 3. 16. ANOVA aplicada al esfuerzo máximo a tracción	74
Tabla 3. 17. Coeficiente de determinación del esfuerzo máximo a tracción.....	74
Tabla 3. 18. Comparaciones en parejas de Turkey	75
Tabla 3. 19. Comprobación de los supuestos del módulo de elasticidad a tracción.	76
Tabla 3. 20. ANOVA aplicada al módulo de elasticidad a tracción.....	77
Tabla 3. 21. Coeficiente de determinación del módulo de elasticidad a tracción.	78
Tabla 3. 22. Comparaciones en parejas de Turkey	78
Tabla 3. 23. Comprobación de los supuestos del % de elongación a tracción.	79
Tabla 3. 24. ANOVA aplicada al % de elongación a tracción	80
Tabla 3. 25. Coeficiente de determinación del módulo de elasticidad a tracción.	80
Tabla 3. 26. Comparaciones en parejas de Turkey	81
Tabla 3. 27. Comprobación de los supuestos del esfuerzo máximo a la compresión.....	82
Tabla 3. 28. ANOVA aplicado al esfuerzo máximo a la compresión.....	83
Tabla 3. 29. Coeficiente de determinación del esfuerzo máximo a la compresión.	83
Tabla 3. 30. Comparaciones en parejas de Turkey	84
Tabla 3. 31. Comprobación de los supuestos del esfuerzo de fluencia a la compresión.....	85
Tabla 3. 32. ANOVA aplicado al esfuerzo de fluencia a la compresión	86
Tabla 3. 33. Coeficiente de determinación del esfuerzo de fluencia a la compresión. ...	86
Tabla 3. 34. Comparaciones en parejas de Turkey	87
Tabla 3. 35. Comprobación de los supuestos del % de deformación a la compresión. ..	88
Tabla 3. 36. ANOVA aplicado al % de deformación a la compresión	89

Tabla 3. 37. Coeficiente de determinación del esfuerzo de fluencia a la compresión. ...	90
Tabla 3. 38. Comparaciones en parejas de Turkey	90
Tabla 3. 39. Comprobación de los supuestos del módulo de elasticidad a la compresión.	91
Tabla 3. 40. ANOVA aplicado al módulo de elasticidad a la compresión	92
Tabla 3. 41. Coeficiente de determinación del esfuerzo de fluencia a la compresión. ...	92
Tabla 3. 42. Comparaciones en parejas de Turkey	93
Tabla 3. 43. Comprobación de los supuestos de la dureza Shore D	94
Tabla 3. 44. ANOVA aplicado a la dureza Shore D	95
Tabla 3. 45. Coeficiente de determinación del esfuerzo de fluencia a la compresión. ...	95
Tabla 3. 46. Comparaciones en parejas de Turkey	96
Tabla 3. 47. Límites para la primera réplica de la deseabilidad global.....	96
Tabla 3. 48. Límites para la segunda réplica de la deseabilidad global	97
Tabla 3. 49. Con dos replicas se procede a efectuar el análisis de la varianza.....	97
Tabla 3. 50. Análisis de Varianza	98
Tabla 3. 51. Propiedades Mecánicas de los pisos de caucho.....	100
Tabla 3. 52. Costo de fabricación de una lámina para pista atlética.....	101
Tabla 3. 53. Costo total de inversión para la fabricación de la lámina de pista atlética	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Aplicación del tetraedro de la ciencia e ingeniería de los materiales de las hojas de acero de un chasis de automóviles	4
Figura 1. 2. Clasificación de los materiales compuestos	6
Figura 1. 3. Refuerzo de las partículas.....	6
Figura 1. 4. Refuerzo y Alineación con Fibras.....	7
Figura 1. 5 Compuesto Laminar	8
Figura 1. 6. Refuerzos Estructurales tipo sándwich	8
Figura 1. 7. Combinación básica de un material compuesto.....	9
Figura 1. 8. Componentes de un material compuesto.....	10
Figura 1. 9. Sistema segmentado del Poliuretano Termoplástico	11
Figura 1. 10. Proceso de Trituración.....	14
Figura 1. 11. Morfología de la Partícula de Caucho D1	14
Figura 2. 1. Diagrama de Procesos.....	27
Figura 2. 2. Proveedores de la materia prima.....	28
Figura 2. 3. Densidad de las partículas de caucho.....	29
Figura 2. 4. Dimensiones de la probeta de tracción aplicando la norma ASTM D3039-2015.....	30
Figura 2. 5. Dimensiones de la probeta a compresión aplicando la norma ASTM D695	31
Figura 2. 6. Dimensiones de la probeta de dureza según la norma ASTM D2240-15 ...	31
Figura 2. 7. Dimensionamiento del molde de Tracción.....	32
Figura 2. 8. Nepló PVC para realizar las probetas a compresión.....	32
Figura 2. 9. Dimensionamiento del molde de dureza	33
Figura 2. 10. Pesaje del Caucho Reciclado y del Poliuretano.....	36
Figura 2. 11. Incorporación del Caucho Reciclado y del Poliuretano	37
Figura 2. 12. Aplicar cera desmoldante en el molde	37
Figura 2. 13. Colocación del material en el molde.....	38
Figura 2. 14. Ajuste del molde	38
Figura 2. 15. Secado del material	38
Figura 2. 16. Lamina del molde de tracción.....	39

Figura 2. 17. Molde de Compresión	39
Figura 2. 18. Aplicación de la cera desmoldante.....	39
Figura 2. 19. Vertiendo el material en el molde con embudo	40
Figura 2. 20. Sellado del molde.....	40
Figura 2. 21. Desmolde de la probeta de compresión.....	41
Figura 2. 22. corte con sierra circular	41
Figura 2. 23. Lijado de la probeta.....	41
Figura 2. 24. probeta de compresión.....	42
Figura 2. 25. Corte a láser de las probetas	42
Figura 2. 26. Máquina de ensayo a tracción.....	47
Figura 2. 27. Máquina de ensayo a compresión	48
Figura 2. 28. Máquina para ensayo de dureza Shore D	48
Figura 3. 0. Cantidades Promedio del Ensayo a Tracción.....	57
Figura 3. 1. Cantidades Promedio del Ensayo a Tracción	57
Figura 3. 2. Cantidades Promedio del Ensayo a Compresión.	64
Figura 3. 3. Cantidades Promedio del Ensayo de Dureza Shore.	68

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA LÁMINA PARA PISTA ATLÉTICA A PARTIR DE CAUCHO RECICLADO UTILIZANDO POLIURETANO”

AUTOR: Diego Andrés Llerena Pico

TUTOR: Ing. Mg. Alejandra Lascano

En el proyecto de investigación se realizó el análisis de las propiedades mecánicas a distintas configuraciones volumétricas de un material compuesto que está constituido por una matriz de poliuretano y reforzado con partículas de caucho reciclado, esto con la finalidad de alcanzar un material que posea particularidades excelentes para la fabricación de láminas de pistas atléticas, reemplazando a los materiales habitual de fabricación por materiales compuestos a bajo costo y afables con el medio.

En el trabajo se propuso la elaboración de un material compuesto con poliuretano y gránulos de caucho a distintas fracciones volumétricas que van de 70 por ciento de poliuretano-30 por ciento de partículas de caucho, 60 por ciento poliuretano- 40 por ciento partículas de caucho, 50 por ciento poliuretano-50 por ciento de partículas de caucho, con un tamaño de partículas de caucho de 0,05 mm-1 mm, donde los moldes y probetas a utilizar en los ensayos fueron elaboradas con las características dimensionales establecidas en la normativa ASTM, las cuales se utilizaron para tracción ASTM D3039-2015, compresión ASTM D695 y dureza ASTM D2240-15.

Se logró obtener valores óptimos para conseguir las propiedades mecánicas necesarias para la realización del material compuesto, donde la fracción volumétrica que posee mejores características mecánicas es la de 70 por ciento poliuretano-30 por ciento partículas de caucho, con un esfuerzo máximo a la tracción de 12,28 MPa, módulo de elasticidad a la tracción de 282,69 MPa, elongación de 8,08 por ciento, esfuerzo máximo a la compresión de 28,4 MPa, esfuerzo de fluencia 23 MPa, deformación de 37,11 por ciento, módulo de elasticidad a la compresión de 76,51 MPa y dureza Shore D 72,75.

Palabras claves: Propiedades mecánicas, fracción volumétrica, poliuretano, partículas de caucho.

EXECUTIVE SUMMARY

TOPIC: “STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE SHEET FOR ATHLETIC TRACK FROM RECYCLED RUBBER USING POLYURETHANE”

AUTHOR: Diego Andrés Llerena Pico

ADVISOR: Ing. Mg. Alejandra Lascano

In the research project, the analysis of the mechanical properties at different volumetric configurations of a composite material that is constituted by a polyurethane matrix and reinforced with recycled rubber particles was carried out, this in order to achieve a material that has excellent characteristics for the manufacture of sheets of athletic tracks, replacing the usual manufacturing materials with composites at low cost and friendly with the environment.

The work proposed the preparation of a composite material with polyurethane and rubber granules at different volumetric fractions ranging from 70 percent polyurethane-30 percent rubber particles, 60 percent polyurethane-40 percent particles of rubber, 50 percent polyurethane-50 percent rubber particles, with a rubber particle size of 0.05 mm-1 mm, where the molds and probes used in the tests were made with the dimensional characteristics established in the ASTM standard, which will be used for ASTM D3039-2015 traction, ASTM D695 compression and ASTM D2240-15 hardness.

The obtaining of optimal values was obtained to achieve the mechanical properties necessary for the realization of the composite material, where the volumetric fraction that has the best mechanical characteristics is that of 70 percent polyurethane-30 percent of rubber particles, with a maximum effort to tensile of 12.28 MPa, modulus of tensile elasticity of 282.69 MPa, elongation of 8.08 percent, maximum compressive stress of 28.4 MPa, creep stress 23 MPa, deformation of 37, 11 percent, modulus of elasticity to compression of 76.51 MPa and Shore D hardness 72.75

Keywords: Mechanical properties, volumetric fraction, polyurethane, rubber particles.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

Para la elaboración de la presente investigación, se consideró investigaciones con antecedentes ya estudiados tanto Nacionales como Internacionales, teniendo una correlación con materiales compuestos elastoméricos y partículas de caucho reciclado de neumáticos fuera de uso, siendo estas un aporte informativo útil para el desarrollo de nuestro estudio.

En el presente estudio se demuestra que a partir de la incorporación de partículas de caucho de los neumáticos fuera de uso con poliuretano generan cambios significativos en su estructura. En la actualidad se han convertido en una mezcla valiosa y positiva para nuevas aplicaciones industriales tales como la fabricación de láminas impermeables, asfaltos, aislamiento acústico, etc. mejorando sus propiedades mecánicas estáticas, densidad y su estabilidad térmica, reduciendo considerablemente la huella ecológica que deja este tipo de desechos [1].

Se han empleado nuevos métodos de reciclaje de neumáticos que se encuentran en desuso reduciendo el impacto ambiental, donde utilizan nuevas tecnologías de molienda criogénica dando como resultado dos nuevas aplicaciones a base de espuma de poliuretano flexible y caucho reciclado, estos tienen particularidades y propiedades distintas mejorando significativamente la densidad y la absorción de tensión de compresión, de la investigación dio la creación de bandejas flotante que tienen como función soportar plantas, donde sus raíces realizan un tratamiento de agua contaminada en lagunas, estanques o cuencas, etc. y las boyas absorbentes de compresión que actúan como amortiguadores en los barcos al arribar a los puertos [2].

La reutilización de partículas de caucho y espuma de poliuretano se han convertido en una gran opción para nuevas investigaciones que dan como resultado excelentes propiedades

mecánicas debido a la interacción interfacial entre las partículas de caucho y el poliuretano, mejorando considerablemente el rendimiento del material compuesto. En la actualidad la crisis ambiental y la contaminación acústica va en aumento en los últimos años, siendo esta una de las razones por la cual se han realizado estudios para disminuir este tipo de contaminantes, dando como resultado la creación de un material con excelentes propiedades de aislamiento y absorción acústicos es decir mientras más partículas de caucho se utilice en la mezcla las propiedades de aislamiento acústico mejoran, esto debido a que sus propiedades tienen características viscoelásticas [3].

De acuerdo con la investigación se estudia la influencia de las propiedades mecánicas y térmicas al integrar gránulos de caucho reciclado como soporte a una matriz de poliuretano termoplástico dando como resultado un aumento en la elasticidad y en la dureza, pero disminuyendo las propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción, desgarre y abrasión, esto se dio debido a las variables que se consideró como la granulometría del caucho que va desde 840, 500, 177 μ m y de su concentración 10, 20, 25 wt% [4].

De acuerdo con la investigación se presenta un estudio de fabricación de láminas impermeables con la utilización de partículas de caucho reciclado y espuma de Poliuretano siendo esta última una mezcla entre el polioli e isocianato dando como resultado una compatibilidad en la reacción para la fabricación de este tipo de productos. Se tomo en cuenta las valorizaciones del caucho y de la espuma de poliuretano las mismas que corresponden al 70% de partículas de caucho reciclado con un tamaño de entre los 0.360-0.7225 mm y 30% de espuma de poliuretano sometidas a una agitación constante de 900 rpm por cinco minutos continuando con un proceso de prensado de treinta minutos dando como resultado final una lámina impermeable las mismas que están abiertas a un estudio de ensayos físicos y mecánicos [5].

Se presenta un proyecto de reciclaje de los neumáticos que se encuentran fuera de uso promoviendo nuevas aplicaciones investigativas disminuyendo la huella ambiental siendo este estudio la incrustación de partículas de caucho reciclado y resina poliéster dando como resultado un material con propiedades mecánicas que soportan excelentemente las deformaciones tanto en flexión y compresión pero influyen negativamente en dureza, esfuerzos máximos, módulo de elasticidad de flexión y compresión respectivamente, pero este tipo de material compuesto es ideal para aplicaciones metalmecánicas como la

elaboración de cercos de faros para los buses Hino AK, con excelentes condiciones aerodinámicas [6].

De acuerdo con la presente investigación se emplea un análisis de una matriz polimérica de látex con una combinación de partículas de caucho reciclado, con el fin de obtener un material compuesto que sea óptimo para la elaboración de pisos esto teniendo en cuenta su composición volumétrica tanto de la matriz como la del refuerzo que en este caso va de entre el 60% de látex y 40% de caucho con un tamaño de granulo que va en el rango de 0 - 0,841 mm dando como resultado características mecánicas necesarias para la elaboración de pisos [7].

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Caracterizar el material de caucho reciclado con poliuretano para determinar las propiedades mecánicas aplicadas en la elaboración de láminas de una pista atlética.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características mecánicas de la lámina de caucho reciclado con poliuretano mediante ensayos utilizando las normativas vigentes.

Mediante la aplicación de las normas correspondientes a cada uno de los ensayos en base al material a utilizar se aplicará las normativas vigentes para las láminas de caucho reciclado y el poliuretano, la ASTM D3039 para tracción, ASTM D695-15 para compresión y ASTM D2240-05 para dureza, con las cuales se obtendrán sus propiedades mecánicas.

- Analizar el comportamiento del material mediante ensayos a diferente composición y estructura.

Con base a la composición volumétrica y la estructura del material, este se comportará de manera diferente según va variando el porcentaje de mezcla del nuevo material, donde se seleccionará el más adecuado para el diseño de las láminas para pistas atléticas.

- Evaluar las propiedades mecánicas obtenidas del material de caucho reciclado con poliuretano.

Se evaluará las propiedades mecánicas obtenidas de las láminas para pistas atléticas, seleccionando las que poseen mejores propiedades para su elaboración, donde se utilizará un análisis estadístico en base a los criterios de su resistencia máxima.

1.2.3. Fundamentación Teórica

1.2.3.1. Ciencia e Ingeniería de Materiales

La ciencia e ingeniería de materiales tiene un campo amplio e interdisciplinario encargado de estudiar y manipular tanto composiciones químicas como físicas en la estructura de los materiales, controlando propiedades mediante síntesis y procesamientos, enfocadas en la transformación de materiales en instrumentos o estructuras útiles. En ingeniería de materiales es importante disponer relaciones entre el material y el rendimiento de un mecanismo donde se tomará en cuenta la microestructura, composición y la forma a la que se redujo y se procesó el material [8]. La ciencia de materiales es la encargada del estudio básico de los materiales, entretanto la ingeniería de materiales es la encargada de aplicar el conocimiento sobre las mismas. La ciencia e ingeniería de materiales consta de tres materiales principales aplicados en tecnologías actuales, como son los metálicos, cerámicos y poliméricos, pero existen también dos materiales importantes para investigaciones modernas tales como son los materiales compuestos y electrónicos, siendo esto motivo de competición entre los mercados actuales, fomentando la innovación continua de nuevos materiales y de sus procesos de fabricación orientadas al descubrimiento de nuevas tecnologías como se muestra en la Figura 1.1 [9].

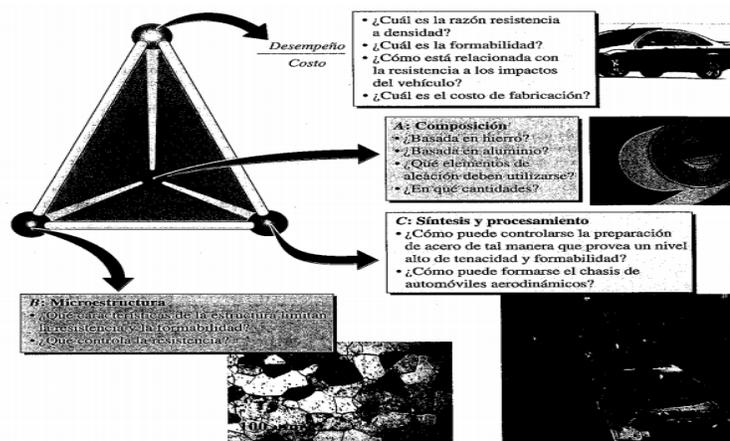


Figura 1. 1. Aplicación del tetraedro de la ciencia e ingeniería de los materiales de las hojas de acero de un chasis de automóviles [8]

1.2.3.2. Material Compuesto

Se define como material compuesto a la combinación de dos o más materiales de dimensiones microscópicas que forman un tercer material de proporciones diferentes. Una de las grandes ventajas que poseen estos materiales al homogeneizarse es que actúan juntos diseñando un material con mejores propiedades en sus componentes. Estas son algunas propiedades que se mejoran al formar un material compuesto

- Dureza
- Aislamiento térmico
- Resistencia al desgaste
- Conductividad térmica
- Absorción acústica
- Impermeabilidad

Evidentemente, no siempre se obtiene estos resultados al mismo tiempo esto es debido al diseño que se realiza al compuesto, esto quiere decir que las propiedades no mejoran todas a la vez. De hecho, existen propiedades que no pueden actuar juntas, como es el caso de la conductividad térmica y la absorción acústica. El objetivo principal de los materiales compuestos es la creación de un material que posea peculiaridades necesarias para ejecutar la labor diseñada [10].

1.2.3.3. Clasificación de los Materiales Compuestos

A. Por el tipo de matriz

Compuesto de matriz metálica. Las características de este tipo de material es su elevada resistencia y peso relativamente bajo. Dependiendo del tipo de refuerzo integrado estos se clasifican en tres grupos que son: reforzadas con fibras sucesivas, no continuas y con partículas.

Compuesto de matriz cerámica. Este tipo de matriz tiene excelentes propiedades mecánicas en comparación a los cerámicos habituales, trabaja a temperaturas muy bajas. Dependiendo de la composición que tenga este se clasifica en: reforzadas con fibras sucesivas, no continuas y con partículas.

Compuesto de matriz polimérica. Los materiales con este tipo de compuesto tienen propiedades mecánicas superiores, son anticorrosivos y tienen una alta resistencia a los

compuestos químicos debido a las intervenciones físicas, debido a su complejidad son fáciles de moldear. Estos materiales están constituidos por una matriz polimérica en combinación de una fibra ya sea esta orgánicas o inorgánicas, pero también sobresalen por ser termoestables y termoplásticos [11].

B. Por la forma que posee el refuerzo

La clasificación de los materiales compuestos se basa en los principios de la composición de la microestructura de la etapa dispersa donde se establecen en tres grupos esenciales como muestra la Figura 1.2.

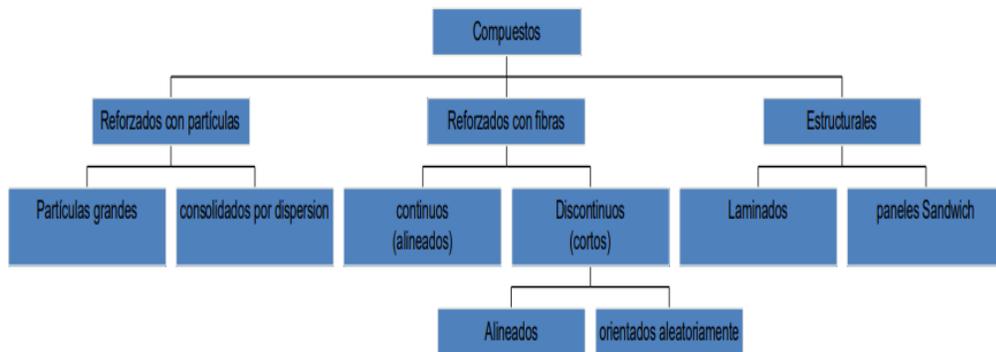


Figura 1. 2. Clasificación de los materiales compuestos [6]

Reforzados con partículas. Este tipo de materiales se catalogan en materiales con fracciones grandes y consolidados por dispersión. Las partículas grandes se interaccionan entre partícula-matriz donde no se puede explicar a un nivel atómico sino aplicando la mecánica sucesiva. Una de las aplicaciones más comunes para las partículas grandes es en el hormigón. Los consolidados por dispersión son partículas pequeñas que van en un rango de: 10 a 100 nm. Como se muestra en la Figura 1.3.

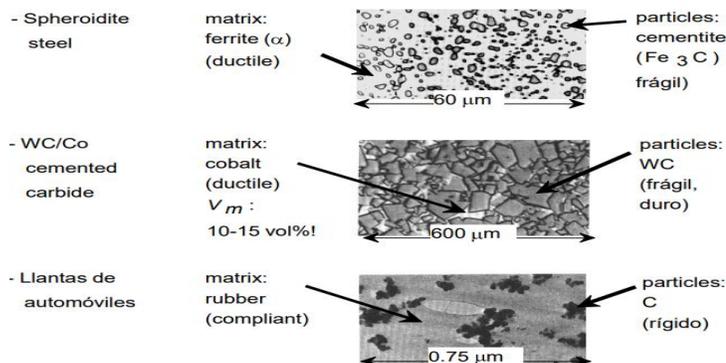


Figura 1. 3. Refuerzo de las partículas [7]

Reforzados con fibras. Este es uno de los materiales compuestos más comunes en la industria debido a su alto rendimiento mecánico y a la elevada efectividad añadido del componente final. Los materiales reforzados con fibras en la actualidad tienen un gran avance tecnológico debido a sus propiedades mecánicas como la alta resistencia y la rigidez a densidades bajas, esto debido a las características del módulo específico: módulo de elasticidad y el peso específico. Este tipo de reforzamientos consisten en fibras que tienen una microestructura demasiado anisotrópica, filamento o cilindro que constan de un diámetro que va de entre los 2-10 μm y una longitud de 1mm. Las propiedades mecánicas de este reforzamiento son anisotrópicas y tienden a variar considerablemente debido al nivel al que están ordenadas las fibras en el intrínseco del material, en la Figura 1.4 se muestra el comportamiento de las fibras ordenadas, semi ordenadas y caóticas [12].

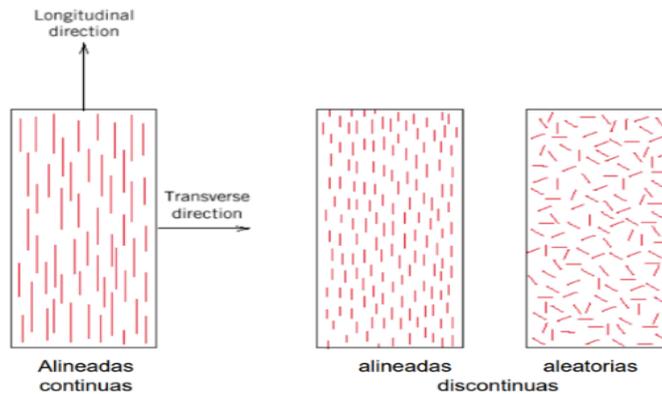


Figura 1. 4. Refuerzo y Alineación con Fibras [7]

Compuestos Estructurales. Este tipo de refuerzos constan de materiales compuestos como de materiales homogéneos, donde sus propiedades están relacionadas entre el material que lo constituye y el diseño geométrico de los componentes estructurales. Los compuestos estructurales se clasifican en: compuestos laminares, estructura no laminar y paneles sándwich.

Los compuestos laminares tienen como característica una alta resistencia en todas las trayectorias, siendo más eficientes y con un costo menor en comparación a las otras estructuras. Consta de propiedades térmicas admirables donde se las diseña con excelentes propiedades abrasivas y anticorrosivas como se muestra en la Figura 1.5.

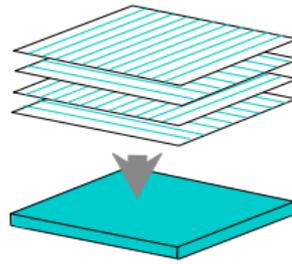


Figura 1. 5 Compuesto Laminar [7]

Los paneles sándwich consta de una lámina reforzada con un núcleo de panel interno de baja densidad siendo su principal función el separar las caras exteriores, aislando térmicamente y transmitiendo esfuerzos cortantes de un lado al otro entre las caras exteriores, las dos caras exteriores son resistentes y de alta flexión como se muestra en la Figura1.6 [11].

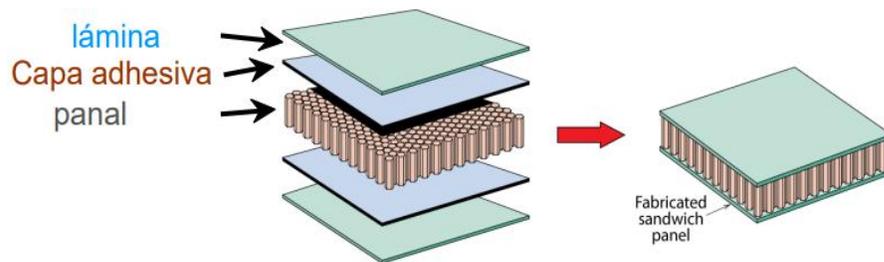


Figura 1. 6. Refuerzos Estructurales tipo sándwich [7]

Una de las particularidades más sobresalientes de los materiales reforzados con fibras es que a medida que se las va desarrollando se las puede diseñar para tolerar situaciones adversas a distintas cargas. En este tipo de compuestos se puede adherir a la matriz fibras en distinta composición y dirección ya sean largas, continuas o perpendiculares esto dará como resultado una excelente resistencia.

- Composición de las fibras: la cantidad de fibras tiene una relación con las propiedades mecánicas mientras más sea su proporción volumétrica más se incrementa la resistencia y la rigidez mecánica, pero en muchos de los casos no es recomendable que las fibras posean más del 80% del volumen debido a que no se compactan en su totalidad perdiendo así su eficiencia de carga.
- Características de las fibras: a medida que se trata este tema cave recalcar que las fibras son parte fundamental al momento de realizar un estudio, esto debido a que proporcionan propiedades mecánicas necesarias para un buen rendimiento del producto final, teniendo

en cuenta las diferentes presentaciones que suministran este tipo de fibras como son las de (vidrio, carbono y kevlar).

- Características de la matriz: una de las funciones que cumple la matriz es la de sostener a la fibra en una posición correcta y la de transmitir las cargas a la fibra, también suministra al producto final características químicas, térmicas y eléctricas [11].

1.2.3.4. Componentes de un Material Compuesto

Los materiales compuestos son principalmente una estructura formada de varias fases diferentes, cuya composición da como resultado una mejora en sus características con relación a las que se las constituían anteriormente. Un material compuesto es considerado un elemento multifacético debido a la importancia de su combinación, es decir, si la composición es la adecuada sus propiedades mecánicas se elevan considerablemente. En la Figura 1.7. se muestra la combinación básica de un material compuesto.

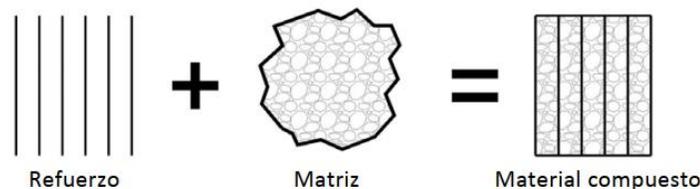


Figura 1. 7. Combinación básica de un material compuesto [13]

En la actualidad los materiales compuestos son diseñados tanto para mejorar sus propiedades como para aplicaciones tecnológicas satisfaciendo las exigencias a las que van a hacer aplicadas según sus componentes. Los materiales compuestos hoy en día son una parte esencial de ingeniería debido a que sus aplicaciones actualmente se encuentran en campos aeroespaciales, energías, nanopartículas, construcciones, etc.

De modo más puntual, los elementos de un material compuesto se las conoce como: matriz, refuerzo e interfaz, pero adicionalmente se suele agregar un relleno tiendo como finalidad elevar la zona de interfaz del compuesto, de tal manera que sus propiedades suban considerablemente en vez de perjudicarlo. En la Figura 1.8 se muestra los componentes que conforma un material compuesto.

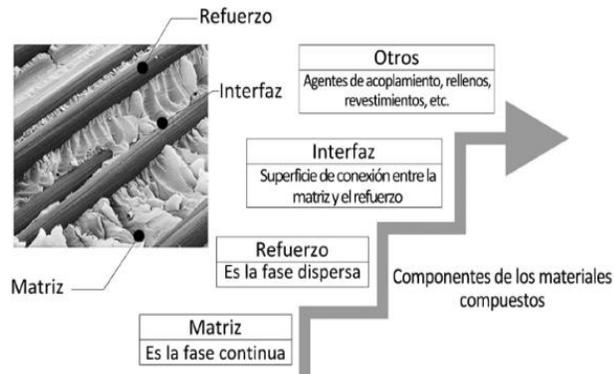


Figura 1. 8. Componentes de un material compuesto [14]

1.2.3.5. Elastómeros

Los elastómeros son polímeros que pueden ser naturales o sintéticos que constan de una baja elasticidad, que trabaja a una temperatura ambiente soportando elongaciones variables cuando están aplicadas a un procedimiento reticulado. Los elastómeros se aplican en la mezcla con la finalidad de dar mejores propiedades físicoquímicas y otras propiedades indispensables resolviendo la problemática que presenta al aplicar los mismo en distintos campos investigativos, debido a que en muchos de los casos los elastómeros están aplicados físicamente en estructuras (partes metálicas) es necesario la integración en estos compuestos.

En la actualidad los elastómeros se están aplicando con más frecuencia en la industria constructora debido a su bajo costo, buenas propiedades y confort. Los elastómeros tienen características intrínsecas dando soluciones a distintas investigaciones presentes en la industria de la construcción siendo un complemento para distintos materiales en aplicaciones específicas ligado a la conducta físicoquímica de su estructura. A continuación, se enlista algunas de las funciones que tienen los elastómeros:

- Anti-vibraciones
- Anti-sismo
- Aislador sonoro
- Absorción acústica
- Impermeables [18].

Para la investigación de este tema se estudiará los polímeros que tienen características elastómeras como es el caso del poliuretano.

a) Poliuretano

La formación del poliuretano es por medio de una reacción química entre el isocianato y el polioliol, dando como resultado una resina que puede optar por formas duras que se las puede utilizar como recubrimientos sólidos y flexibles. En la actualidad los poliuretanos se establecen en el sexto lugar del mercado plástico ocupando el 5% en ventas mundialmente, donde se confirma que estos materiales son indispensables en la industria por el poco tiempo en su reacción.

El poliuretano tiene una gran capacidad aislante con relación a otros materiales que comúnmente se utilizan en la fabricación de materiales compuestos, esto debido a que constan de articulaciones pequeñas que forman una espuma debido al gas. El gas presente en esta reacción puede o no mantenerse en la estructura del poliuretano, esto dependiendo del producto final al que va a ser aplicado, en el caso de estar presente el gas la espuma permanecerá rígida y en el caso de que no esté presente el gas la espuma será flexible. Debido a baja conductividad térmica que presentan los poliuretanos, estos poseen un mayor aislamiento sin importar el nivel de espesor que este tenga por más mínimo que sea.

Los poliuretanos de espumas flexibles son compuestos de baja densidad con un excelente soporte de carga, este tipo de poliuretanos son más utilizados en la industria debido a que su agente reaccionante es el agua, pero al ser combinadas con elementos terciarios poseen una consistencia en su estructura donde resisten esfuerzos mecánicos constantes. Este tipo de poliuretanos constan de buenas propiedades mecánicas que son aplicables al tema que se va a estudiar en esta investigación como es la dureza, densidad y la resiliencia. En la figura 1.9. se muestra el sistema de segmentos del poliuretano [19] [20].

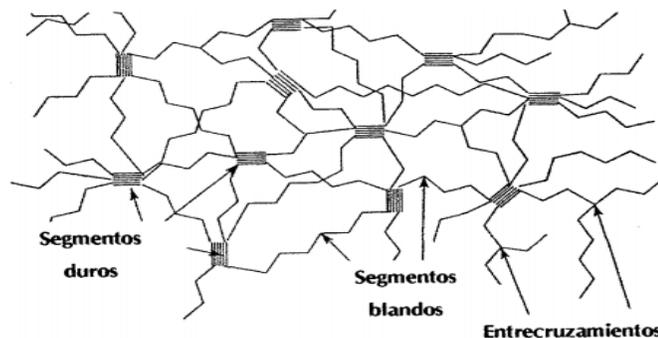


Figura 1. 9. Sistema segmentado del poliuretano termoplástico [21]

1.2.3.6. Materiales Compuestos y sus Propiedades Mecánicas

Los materiales compuestos están constituidos en su mayoría por mínimo dos componentes necesarios como la matriz y la fase dispersa. Las propiedades mecánicas de un material compuesto son relativas al material que se las constituyen dependiendo de su geometría ya sea en forma, dimensiones, reparto y orientación.

En ingeniería las estructuras están constantemente sujetas a cargas mecánicas y térmicas, por ende, están sometidas a esfuerzos y deformaciones. La ciencia que es la responsable de estudiar dichos sucesos es la mecánica de los materiales debido a que en muchos de los casos son materiales que se comportan homogénea e isotrópicamente esto quiere decir, que sus componentes no tienen cambio alguno con respecto a la dirección de las cargas aplicadas.

En la actualidad los materiales compuestos se han convertido en una parte esencial de la tecnología moderna esto debido a la aplicación de nuevos materiales, sujeta a nuevos campos laborales como la naval, aeroespacial, automotriz, etc. creando elementos apropiados a las exigencias y necesidades actuales. Debido al elevado consumo de combustibles fósiles la industria automotriz tiene la iniciativa de utilizar plástico y polímeros en sus procesos como táctica para disminuir el peso de los vehículos y disminuyendo la huella ambiental que afecta considerablemente al planeta [22].

A) Materiales Compuestos Reforzados con Partículas y sus Propiedades Mecánicas

Para el estudio de los compuestos reforzados con partículas la geometría de las partículas puede estar colocadas indistintamente, pero sus magnitudes deben estar en un mismo rango. Se debe tomar en consideración que para que exista un reforzamiento superior es necesario que el tamaño de las partículas sea minúsculo y que se encuentren en perfecta sincronía en la matriz. Las siguientes ecuaciones matemáticas son las que relacionan las propiedades mecánicas del compuesto, y se las denomina “regla de las mezclas” siendo estas las que revelan la conducta elástica [22].

➤ Ecuación de las mezclas:

$$\text{Máximo: } E_{C(\mu)} = E_m * V_m + E_p * V_p \quad \text{Ec. (1)}$$

$$\text{Mínimo: } E_{C(l)} = \frac{E_m * E_p}{V_m * E_p - V_p * E_m} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad

V = Fracción Volumétrica

μ = Máximo

l = Mínimo

Los afijos: *c*, *m*, *p*, retribuyen a compuesto, matriz y partícula respectivamente.

También se la expresa de la siguiente forma:

$$\rho_c = \sum f_i * \rho_i \quad \text{Ec. (3)}$$

$$\rho_c = f_m * \rho_m + f_p * \rho_p \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

ρ_c = densidad

f = fracción volumétrica

i = contituyente

Normalmente, se emplean este tipo de dimensiones a los refuerzos con el fin de que el material soporte el trabajo a elevadas temperaturas y a un tiempo prolongado. Este tipo de partículas reduce la contracción al momento del desmoldeo, ya que mientras más sea la cantidad del refuerzo y más pequeña sean las partículas, esta poseerá una mejor dureza y resistencia a la compresión. En el caso de que las partículas sean ligeras, se aumentara la lubricación y mejora la resistencia al desgaste. Estas partículas poseen una solubilidad despreciable en la matriz y es considerable que no deben existir reacción química. La inyección de estas partículas hacia la matriz es realizada por un tratamiento mecánico [23].

1.2.3.7. Caucho Reciclado

El caucho es un elemento polimérico que está compuesto por un material visco elástico conocido como látex, de los cuales suelen ser naturales o sintéticos, estos poseen características elásticas, son impermeables y por ser aislantes eléctricos.

Para obtener los gránulos de caucho los neumáticos pasan por un procedimiento netamente mecánico conocido como trituración, donde da como resultado partículas de caucho en distintas composiciones y dimensiones esto dependiendo del proceso al que haya sido sometido. Mediante el proceso se procede a separar el acero triturado de las partes textiles del neumático. En la Figura 1.10. se muestra el proceso de trituración de los neumáticos.

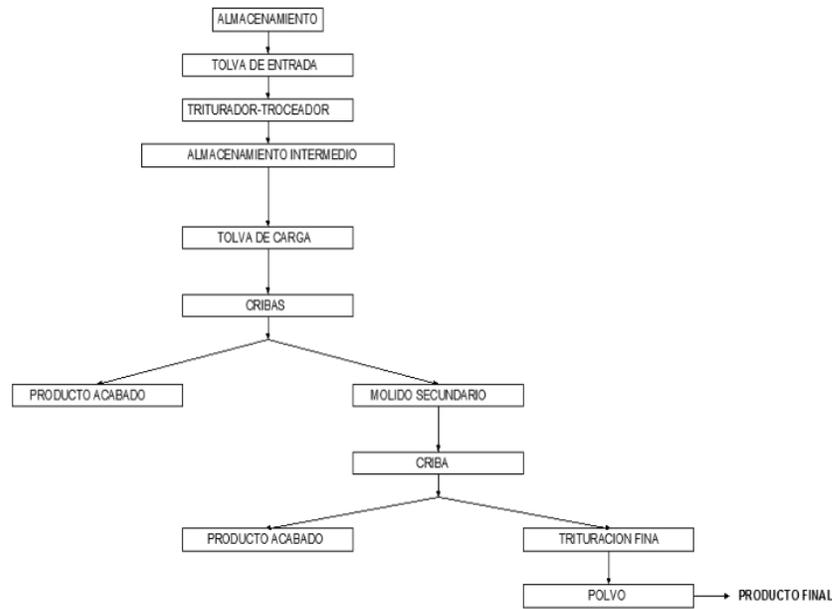


Figura 1. 10. Proceso de Trituración [24]

a) Granulometría del Caucho

Para la determinación de la granulometría se tomó como referencia investigaciones posteriores donde se destaca que los mejores resultados obtenidos y con características mecánicas superiores es la que se encuentra en el rango de 0,05 mm – 0,60 mm, independientemente de la composición volumétrica de la matriz y del refuerzo. Para la actual investigación se utilizará el tamaño de partículas de caucho con la siguiente denominación, como se muestra en la Figura 1.11.

- Para D1: 0,05 mm - 1 mm.

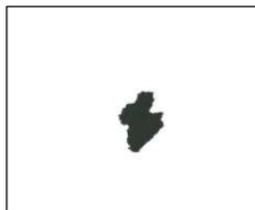


Figura 1. 11. Morfología de la Partícula de Caucho D1 [6]

b) Mezcla Caucho-Polímeros

Las partículas de caucho reciclados se incorporan con los polímeros como un método de reutilización. El caucho reciclado se agrupa en polímeros que pueden ser termoestable, termoplásticos y goma, pero en mucho de los casos la compatibilidad de estos compuestos es un dilema debido a que al momento de realizar la mezcla estos pierden propiedades mecánicas debido a la interfaz. El caucho reciclado tiene problemas de compatibilidad con la matriz polimérica ocasionando inconvenientes en las propiedades finales del compuesto, por lo consiguiente se procede a mejorar la mezcla promoviendo el traslado de tensiones, siendo esta la que varía la superficie del caucho reciclado.

Estas mezclas son compactadas por medio de procesos físicos entre dos polímeros, donde el responsable de las propiedades mecánicas es la matriz continua, por lo tanto, la excelencia en la mezcla es la compactación entre los polímeros donde los resultados serán los deseables. Aplicando una reacción dinámica entre el caucho reciclado y el polímero mejora significativamente las propiedades del material, elevando la adherencia y disminuyendo las tensiones que existe entre las caras y alcanzando una separación más delgada del caucho al momento de la mezcla. Pero también se puede realizar una combinación química, esto debido que tiene una excelente adherencia en la composición caucho-polímero mejorando la transmisión de tensiones y se los puede realizar por medio de métodos reactivos y no reactivos [25].

c) Caucho-Poliuretano

La utilización del poliuretano se a incrementado considerablemente esto debido a que son muy flexibles, y al ser combinadas con un buen adicinante, garantiza la existencia de una buena aleación en cauchos y plásticos, dando como resultado un esfuerzo notable. El caucho es utilizado en el campo del calzado para la formación de las suelas esto debido a la aleación con poliuretano. Sin embargo, en muchos de los casos la adhesión no es favorable, de los cuales se investigaron los inconvenientes que se suscitaron, dando como solución diferentes tratamientos superficiales a el caucho para que este tenga una elevada mejora en sus propiedades y en su adherencia con los distintos tipos de poliuretano. [26]

1.2.3.8. Características Mecánicas y Ensayos Destructivos Aplicados en Materiales Compuestos.

Las características mecánicas de los materiales compuestos se las determina aplicando ensayos destructivos, donde dichos ensayos consisten en estudiar una porción del material y efectuar un número determinado de ensayos para determinar la conducta de los mismos. Los pruebas se ejecutan en condiciones simuladas y con equipamiento e instrumentación apropiada, con el fin de obtener resultados confiables y avalados. Para la realización de estos estudios se aplica normativa de consolidación mecánica. En esta investigación se utilizará la ASTM (La Sociedad Americana de Ensayos y Materiales) por su abreviatura en inglés [14].

a. Ensayo de Tracción

Para la realización del ensayo a tracción se empleó la norma ASTM D3039: “*Standard Test Method For Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*”, siendo su significado en español “Método de prueba estándar para las propiedades de tracción de los materiales compuestos de matriz polimérica”. Este método indica que para la realización de los ensayos existen distintos tipos de fabricación de. En la figura se establece sus dimensiones de acuerdo con la norma.

b. Ensayo de Compresión

Para la realización del ensayo a compresión se empleó la norma ASTM D695-15: “*Standard Test Method For Compressive Properties of Rigid Plastic*”, donde su significado en español es “Método de prueba estándar para las propiedades de compresión del plástico rígido”. La aplicación de esta norma tiene como función la determinación de las características mecánicas de los plásticos, donde se incluyen también el módulo de elasticidad, deformación y tensión. En el caso de que el material no falle con ninguna de las características antes mencionadas quiere decir que se considera un fallo completo en la composición del material.

Para calcular las propiedades mecánicas se estableció la siguiente ecuación

➤ **Esfuerzo Máximo a la compresión**

$$\sigma_c = \frac{4P}{\pi d^2} \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

σ_c : esfuerzo máximo [MPa]

P : carga [N]

d : diámetro [mm]

➤ **Fluencia**

$$S_{yc} = \frac{4P_y}{\pi d^2} \quad \text{Ec. (6)}$$

Donde:

S_{yc} : fluencia [MPa]

P_y : Carga/fuerza [N]

➤ **Deformación**

$$\epsilon_c = \frac{L_f - L_o}{L_o} \quad \text{Ec. (7)}$$

Donde:

ϵ : deformación [mm/mm]

L_f : Longitud final [mm]

L_o : Longitud inicial [mm]

➤ **Módulo de elasticidad**

$$E_c = \sigma_c \epsilon_c \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

E_c : módulo de elasticidad

c. Ensayo de Dureza

Para la realización del ensayo de dureza se empleó la norma ASTM D2240-05: “*Standard Test Method For Rubber Property – Durometer*”, donde su significado en español es “Método de prueba estándar para propiedades de Caucho - Durómetro”, este método es más utilizado para materiales con propiedades más flexibles como el caucho, elastómeros termoplásticos y plásticos.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. Materiales

En la Tabla 2.1. se precisa los materiales y equipos a utilizar para la elaboración de las probetas del material compuesto a estudiar en la investigación, así como los equipos para realizar los ensayos.

Tabla 2. 1. Materiales y equipos

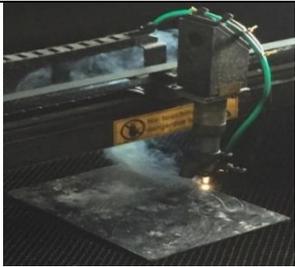
Material/Equipo	Ilustración
Gránulos de Caucho (0,05 – 1) mm	
Poliuretano	
Cera Desmoldante	

<p>Balanza Digital</p>	
<p>Vaso de precipitación de 500 ml</p>	
<p>Recipientes</p>	
<p>Molde</p>	

<p>Neplo de ½ in x 6 cm</p>	
<p>Tapones hembra de ½ in</p>	
<p>Espátula</p>	
<p>Varilla lisa de ½ in</p>	
<p>Palo mezclador</p>	

<p>Embudo</p>	
<p>Lijas de Agua</p>	
<p>Mandil</p>	
<p>Guantes</p>	
<p>Mascarilla</p>	

<p>Gafas Protectoras</p>	
<p>Cierra circular</p>	
<p>Metrotec Serie MET-50</p>	
<p>Durómetro Shore tipo D</p>	

Cortadora láser	
Llave de tuercas	
Guaípe	

Fuente: Autor

2.2. Métodos

La perspectiva utilizada en el presente estudio experimental es el preeminente cuantitativo ya que se desarrollaron ensayos que proporcionaron la determinación de las propiedades mecánicas del mismo, del cual está constituido por el material compuesto de caucho reciclado y poliuretano.

2.2.1. Nivel o Tipo de Investigación

Para la realización de este estudio se enfocó en la disposición de aplicar los siguientes tipos de investigación.

2.2.1.1. Investigación Exploratoria

Este estudio fue exploratorio debido a que se procedió a la compilación de datos informativos con correlación al tema de investigación, el cual es el que precisó las variables y parámetros de la composición del material, donde el mismo determinó la cantidad de probetas a realizar para las pruebas propuestas en la investigación con la

finalidad de obtener excelentes resultados aplicando de manera competente la norma ASTM.

2.2.1.2. Investigación Descriptiva

Con la aplicación de este tipo de investigación a medida que se realizaron los ensayos esté estableció las características mecánicas del material. De las pruebas realizadas (Tracción, Compresión y Dureza) se obtuvieron datos que facultaron el estudio de estos, delineando la conducta descriptiva del nuevo material estudiado.

2.2.1.3. Investigación Explicativa

Es de tipo explicativa debido a que se aplica una investigación cuantitativa, ya que de los ensayos adquiridos experimentalmente se especificó las características del material apropiado para la investigación la cual se comprobaba estadísticamente su hipótesis con la finalidad de averiguar las variables.

2.2.1.4. Investigación Bibliográfica

Se utilizó la investigación bibliográfica debido a que permite extender la información del estudio que se está realizando mediante fuentes verídicas tales como: artículos técnicos, libros, documentos de sitios web y trabajos de titulación (tesis), que están sincronizados con el material compuesto que se está estudiando.

2.2.2. Población y Muestra

2.2.2.1. Población

En el presente trabajo experimental la población a considerar fueron las probetas del material compuesto conformado con poliuretano y partículas de caucho reciclado a distintas variaciones, donde se trabajó bajo las condiciones establecidas en la normativa ASTM para las propiedades mecánicas ASTM D3039 para tracción, ASTM D695-15 para compresión y ASTM D2240-05 para dureza. Para la conformación de las fracciones volumétricas del poliuretano están en el rango de 50%, 60% y 70% del porcentaje total de la composición del material y con un porcentaje de partículas de caucho reciclado de 50%, 40% y 30% respectivamente, el tamaño de la partícula de caucho a utilizar en la investigación es la que esta denominada D y está en el rango de (0,05 - 1) mm.

2.2.2.2. Muestra

Para el estudio de la presente investigación la muestra a considerar será un mínimo de 5 probetas por prueba tanto para tracción, compresión y dureza, se considerará 2 probetas adicionales en caso de que exista alguna contrariedad dando un total de 63 probetas como se muestra en la tabla 2.2, de tal manera que los resultados obtenidos en cada ensayo fueron puntualizados en fichas para proceder a su pertinente estudio y analizar e interpretar los datos realizados.

Tabla 2. 2. Número de Probetas y su composición

GRANULOMETRÍA	No.	CONFIGURACIÓN	FRACCIÓN VOLUMÉTRICA	NÚMERO DE PROBETAS		
				TRACCIÓN	COMPRESIÓN	DUREZA SHORE
TIPO D (0,05 - 1) mm	1	A1	70% Poliuretano 30% Partículas de Caucho	7	7	7
	2	A2	60% Poliuretano 40% Partículas de Caucho	7	7	7
	3	A3	50% Poliuretano 50% Partículas de Caucho	7	7	7
TOTAL DE PROBETAS				21	21	21

Fuente: Autor

2.2.3. Plan de Recolección de Información

2.2.3.1. Documental

Se realizó mediante la exploración en sitios informativos como son las fuentes bibliográficas, libros, artículos técnicos, desarrollos investigativos (tesis) y revistas, con la finalidad de obtener y aplicar correctamente los métodos teóricos en el desarrollo de las pruebas del material compuesto.

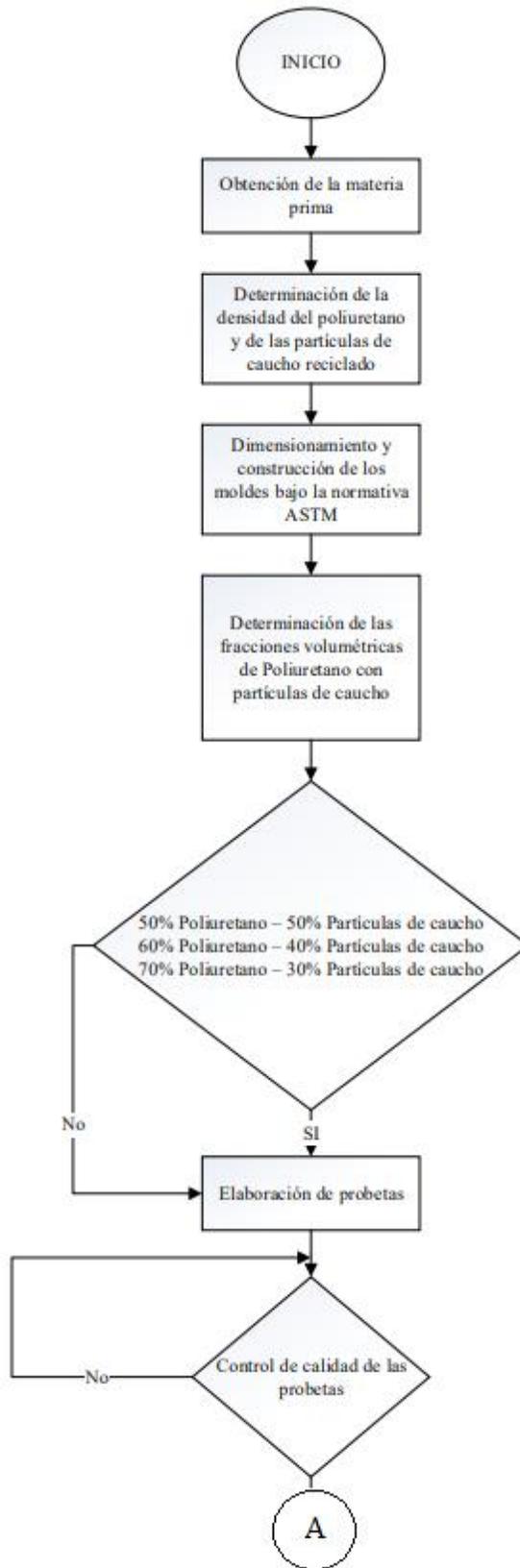
2.2.3.2. Observación

Se empleó la observación directa ya que al momento de elaborar las probetas se mantuvo un contacto directo con las mismas, permitiendo analizar parámetros para su respectivo estudio, de igual manera al realizar los ensayos se recolectó información para su respectivo análisis mecánico y posteriormente ser comparadas a través de gráficas y tablas.

2.2.4. Plan de Procesamiento y Análisis

2.2.4.1. Diagrama de procesos

En el diagrama de procesos mostrada en la Figura 2.1, muestra los procedimientos a seguir para desarrollar el presente trabajo experimental, el mismo que especifica la estructura para la obtención del material compuesto, resultados y comprobación de hipótesis.



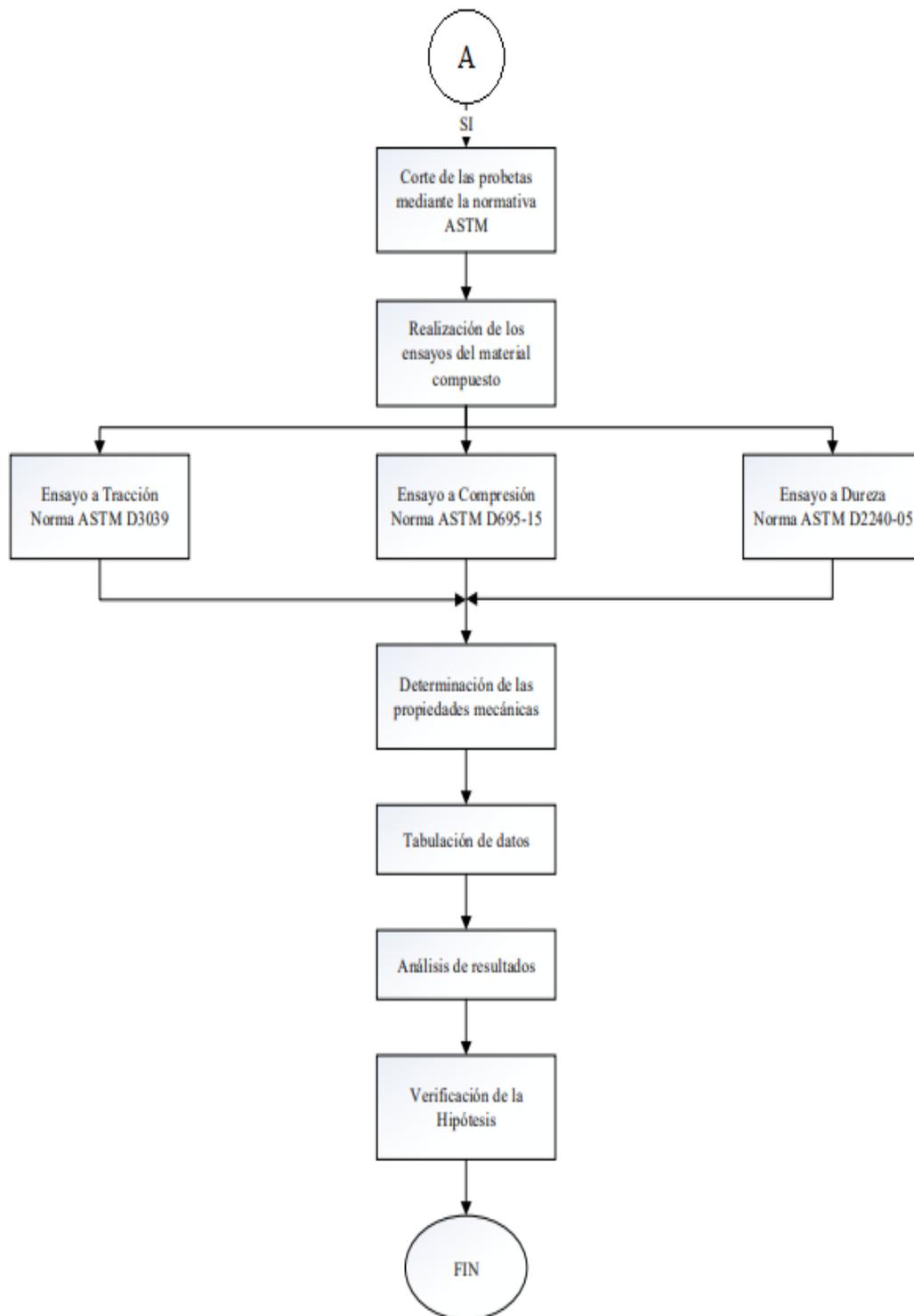


Figura 2. 1. Diagrama de Procesos

Fuente: Autor

2.2.4.2. Obtención de la materia prima

Para la elaboración del nuevo material compuesto la materia prima que se utilizó fue:

- a) Poliuretano
- b) Gránulos de caucho reciclado

El Poliuretano se lo consiguió en el cantón Salcedo en la empresa Resina, donde se realizó un análisis previo del producto siendo este óptimo para la fabricación del material compuesto.

Las partículas de caucho reciclado se las adquirió en la empresa Proneumacosa la misma que está dedicada al reciclaje de neumáticos fuera de servicio, teniendo como finalidad dar usos prácticos a dichos residuos disminuyendo la huella ambiental que dejan estos productos.

El caucho que se adquirió tiene una granulometría de:

- Tipo D: 0,05 mm - 1 mm.



Figura 2. 2. Proveedores de la materia prima

Fuente: Proneumacosa

2.2.4.3. Determinación de la densidad del Poliuretano y de las partículas de caucho

La densidad del poliuretano y de las partículas de caucho se las obtuvo de manera experimental. Los cálculos se los realizo con la ecuación 9, la misma que se utiliza para determinar la densidad.

$$\delta = \frac{m}{v} \quad \text{Ec. (9)}$$

Donde:

δ = densidad ($\frac{g}{cm^3}$)

m = masa (g)

v = volumen (cm^3)

- Densidad del Poliuretano

La densidad del poliuretano se determinó mediante la aplicación del procedimiento de la gravimetría, para el caso de la matriz se elaboró una probeta sólida de poliuretano la misma que se pesa en la balanza para determinar su masa, luego es sumergida en agua para ver su volumen y así poder sacar la diferencia de volúmenes la misma que se calculó con su respectiva densidad aplicando la ecuación 9, dando un valor de $1,133 \frac{g}{cm^3}$.

- Densidad de las Partículas de Caucho

Para la determinación de la densidad de las partículas de caucho se aplicó el procedimiento de la gravimetría la cual consta de tomar tres muestras de distinta composición volumétrica de partículas de caucho reciclado y sumergirlas en agua tal como se muestra en la Figura 2.3. Para el proceso se utilizó una balanza digital y un vaso de precipitación de 250 ml, la misma que contiene el mismo volumen de agua para los tres tipos de mediciones, pero variando la masa de las partículas volumétricas, dando como resultado $0,99 \frac{g}{cm^3}$ de la densidad de la partícula de caucho.



Figura 2. 3. Densidad de las partículas de caucho

Fuente: Autor

2.2.4.4. Dimensionamiento y construcción de los moldes bajo la normativa ASTM

En la Tabla 2.3. que se presenta a continuación, determina los ensayos y las normas a utilizar, así como el dimensionamiento y el número de probetas a realizar para cada ensayo.

Tabla 2. 3. Dimensionamiento de los moldes según la norma ASTM

Ensayo	Norma	Dimensiones	Número de Probetas
Tracción	ASTM D3039-2015	Largo: 250 <i>mm</i> Ancho: 25 <i>mm</i> Espesor: 3 <i>mm</i>	5
Compresión	ASTM D695-15	Diámetro: 12,7 <i>mm</i> Longitud: 25,4 <i>mm</i>	5
Dureza	ASTM D2240-05	Cuadrado: 40 <i>mm</i> Espesor: 6 <i>mm</i>	5

Fuente: Autor

De acuerdo con la descripción de la Tabla 2.5. a continuación, se muestran las Figuras 2.4, 2.5, 2.6, de las probetas que se van a realizar y sus dimensiones en *mm* para los ensayos de tracción, compresión y dureza respectivamente.

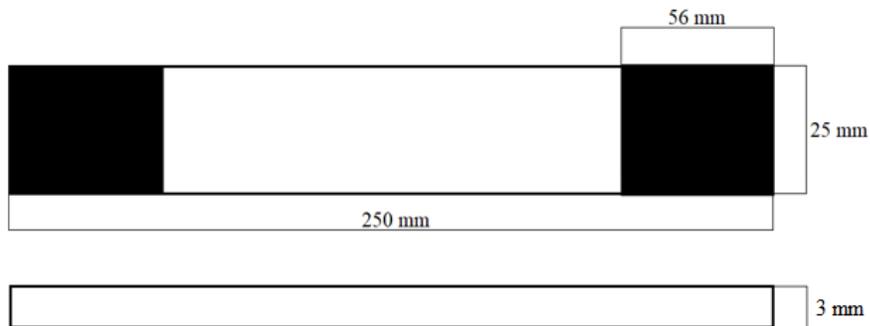


Figura 2. 4. Dimensiones de la probeta de tracción aplicando la norma ASTM D3039-2015

Fuente: Autor

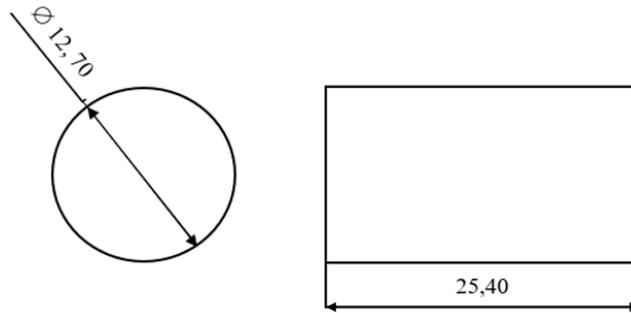


Figura 2. 5. Dimensiones de la probeta a compresión aplicando la norma ASTM D695

Fuente: Autor

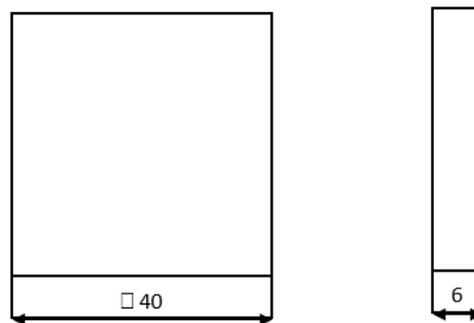


Figura 2. 6. Dimensiones de la probeta de dureza según la norma ASTM D2240-15

Fuente: Autor

Una vez establecido el dimensionamiento y la estructura geométrica de las probetas descritas anteriormente, el molde del ensayo de dureza se lo diseño con relación al número de probetas a realizar, en el caso de los ensayos a tracción se utilizó un molde diseñados para una sola probeta debido a su geometría, para el ensayo de compresión se utilizó como moldes neplos de PVC debido a que su diseño se acopla perfectamente a lo establecido en la norma. A continuación, se describe el diseño de los moldes:

1) Molde de Tracción

El molde de tracción está elaborado de acuerdo con las especificaciones de las probetas que se van a ensayar, la misma que consta de tres partes que son: tapa, base y marco. Se tomo en cuenta la cantidad de probetas a realizar la cual se diseñó con un área de ($A = 67,5 \text{ cm}^2$), como se muestra en la Figura 2.7.

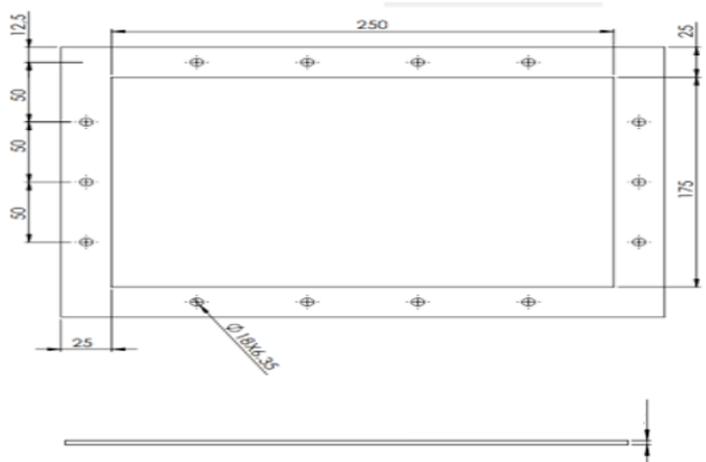


Figura 2. 7. Dimensionamiento del molde de Tracción

Fuente: Autor

2) Molde de Compresión

Debido a la estructura geométrica que poseen las probetas a compresión el molde que se consideró para la elaboración de las probetas fueron neoplos cilíndricos de PVC de $\frac{1}{2}$ in de diámetro con un largo de 6 cm y para sellar se utilizó tapones hembra en los extremos del neoplo como se observa en la Figura 2.8. Debido a que en este molde se puede elaborar solamente una probeta, se utilizó 10 neoplos para sacar las probetas necesarias para los ensayos con la finalidad de que si existe imperfecciones en alguna de las probetas realizadas esta se desechara hasta quedar con las 7 probetas que son necesarias para los ensayos.



Figura 2. 8. Neoplo PVC para realizar las probetas a compresión

Fuente: Autor

3) Molde de dureza

Para la elaboración del molde de dureza se diseñó tomando en cuenta la cantidad de probetas que se van a ensayar. Debido a las dimensiones que tiene cada una de las probetas de dureza se elaboró un molde considerando el área de cada una de ellas, dando un molde

con un área total de ($A = 199,8 \text{ cm}^2$) como se muestra en la Figura 2.9, donde se consiguió 7 probetas indistintamente para realizar los análisis.

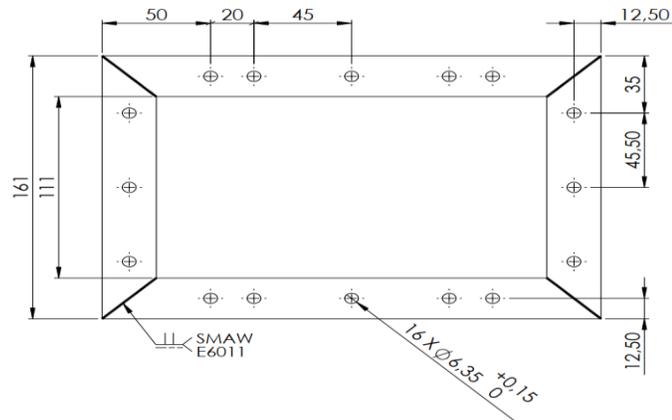


Figura 2. 9. Dimensionamiento del molde de dureza

Fuente: Autor

2.2.4.5. Determinación de las fracciones volumétricas de Poliuretano con partículas de caucho reciclado

Cálculo del área y del volumen de las probetas y los moldes

Para determinar el área y el volumen de las probetas y los moldes para cada uno de los ensayos se utilizó las ecuaciones de área y volumen con respecto a la figura geométrica que estas poseen. En la Tabla 2.6, se detalla los resultados obtenidos de acuerdo con las dimensiones especificadas en la Tabla 2.5.

- Para los ensayos a tracción se utilizó las siguientes formulas:

$$A = b \times h \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde:

A: área

b: base

h: altura

$$V = LWH \quad \text{Ec. (11)}$$

Donde:

V: volumen

L: largo

W: ancho

H: altura

- Para los ensayos a compresión se utilizó las siguientes formulas:

$$A = \pi r^2 \quad \text{Ec. (12)}$$

Donde:

A: área

r: radio

$$V = Axh \quad \text{Ec. (13)}$$

Donde:

V: volumen

A: área

h: altura

- Para los ensayos de dureza de utilizo las fórmulas de las ecuaciones 10 y 11.

Tabla 2. 4. Resultado de las áreas y volúmenes de las probetas y moldes

-	PROBETA		MOLDE	
	ÁREA	VOLUMEN	ÁREA	VOLUMEN
Tracción	62,5 cm ²	18,75 cm ³	437,5 cm ²	131,25 cm ³
Compresión	1,27 cm ²	3,23 cm ³	1,27 cm ²	7,62 cm ³
Dureza	16 cm ²	9,6 cm ³	199,8 cm ²	119,88 cm ³

Fuentes: Autor

Cálculo del volumen

El cálculo del volumen se determinó con las ecuaciones 14 y 15, para cada una de las probetas -tanto de la matriz como de la del refuerzo, esto con respecto a su composición volumétrica, la mismas que están detalladas en las Tablas 2.5 y 2.6.

$$V_p = fp * V. probeta \quad \text{Ec. (14)}$$

$$V_m = fm * V. probeta \quad \text{Ec. (15)}$$

Donde:

V_p : volumen de la partícula

V_m : volumen de la matriz

f_p : fracción volumétrica de la partícula

f_m : fracción volumétrica de la matriz

$V_{\text{ probeta}}$: volumen de la probeta

Cálculo de la masa

El cálculo de la masa se la determino con las ecuaciones 16 y 17, tanto para la matriz como para la del refuerzo, en las Tablas 2.5 y 2.6, se especifican los resultados obtenidos.

$$P_p = V_p * \delta_p \quad \text{Ec. (16)}$$

$$P_m = V_m * \delta_m \quad \text{Ec. (17)}$$

Donde:

P_p : peso en masa de la partícula

P_m : peso en masa de la matriz

δ_p : densidad de la partícula

δ_m : densidad de la matriz

Tabla 2. 5. Valores de volumen y masa por probeta

ENSAYO	FRACCIÓN VOLUMÉTRICA		Volumen Probeta	δ_p (g/cm3)	δ_m (g/cm3)	V_p (cm3)	V_m (cm3)	P_p (g)	P_m (g)				
	f_p	f_m											
Tracción	0,30	0,70	18,75	0,99	1,133	5,625	13,125	5,569	14,871				
	0,40	0,60				7,500	11,250	7,425	12,746				
	0,50	0,50				9,375	9,375	9,281	10,622				
Compresión	0,30	0,70	3,23			0,99	1,133	0,969	2,261	0,959	2,562		
	0,40	0,60						1,292	1,938	1,279	2,196		
	0,50	0,50						1,615	1,615	1,599	1,830		
Dureza	0,30	0,70	9,6					0,99	1,133	2,880	6,720	2,851	7,614
	0,40	0,60								3,840	5,760	3,802	6,526
	0,50	0,50								4,800	4,800	4,752	5,438
TOTAL DE VOLUMEN Y MASA POR PROBETA										37,896	56,844	37,517	64,404

Fuente: Autor

Tabla 2. 6. Valores de volumen y masa por molde

ENSAYO	FRACCIÓN VOLUMÉTRICA		Volumen Molde	δp (g/cm ³)	δm (g/cm ³)	V_p (cm ³)	V_m (cm ³)	P_p (g)	P_m (g)
	f_p	f_m							
Tracción	0,30	0,70	131,25	0,99	1,133	39,375	91,875	38,981	104,094
	0,40	0,60				52,500	78,750	51,975	89,224
	0,50	0,50				65,625	65,625	64,969	74,353
Compresión	0,30	0,70	7,62			2,286	5,334	2,263	6,043
	0,40	0,60				3,048	4,572	3,018	5,180
	0,50	0,50				3,810	3,810	3,772	4,317
Dureza	0,30	0,70	119,88			35,964	83,916	35,604	95,077
	0,40	0,60				47,952	71,928	47,472	81,494
	0,50	0,50				59,940	59,940	59,341	67,912
TOTAL DE VOLUMEN Y MASA POR MOLDE						310,500	465,750	307,395	527,695

Fuente: Autor

Los valores que se presentan en la Tabla 2.6, corresponden a las cantidades que debe estar conformada el material compuesto, garantizando que el material resultante sea el ideal para la elaboración de las probetas sin que estas afecten las propiedades mecánicas.

2.2.4.6. Elaboración de Probetas

A. Probetas a Tracción

1. Para la elaboración de las probetas se tomaron en cuenta las fracciones volumétricas determinadas en la Tabla 2.6, tanto de la matriz como la del refuerzo. Como se puede visualizar en la Figura 2.10, se procede al respectivo pesaje del Caucho Reciclado y la del Poliuretano utilizando la balanza electrónica.



Figura 2. 10. Pesaje del Caucho Reciclado y del Poliuretano

Fuente: Autor

2. Se procede a realizar la mezcla homogénea tanto de la matriz como la del refuerzo en un recipiente de plástico para evitar que esta se derrame o se desperdicie, con la ayuda de un mezclador debemos asegurar de que el material se combine de la mejor manera para obtener mejores resultados de la mezcla como se puede visualizar en la Figura 2.11.



Figura 2. 11. Incorporación del Caucho Reciclado y del Poliuretano

Fuente: Autor

3. Es necesario la utilización de cera desmoldante para que el material no se adhiera al molde y poder sustraer de manera adecuada las probetas sin que esta perjudique al material tal como se ve en la Figura 2.12.



Figura 2. 12. Aplicar cera desmoldante en el molde

Fuente: Autor

4. Se vierte el material en el molde de manera uniforme y con una espátula se va dando forma en el molde, llegando a las partes de difícil acceso como son los filos del molde como se muestra en la Figura 2.13.



Figura 2. 13. Colocación del material en el molde

Fuente: Autor

5. Se procede a cerrar el molde colocando su tapa en los agujeros de los pernos y ajustar las tuercas para evitar que el material se deforme al momento de moverlo de un lugar al otro como se detalla en la Figura 2.14.



Figura 2. 14. Ajuste del molde

Fuente: Autor

6. Es necesario dejarlo secar por un periodo de 24 a 36 horas antes de desmoldarlo, una vez transcurrido este lapso se procede a repetir el proceso hasta obtener las láminas con las especificaciones de la norma ASTM D3039-2015 en la Figura 2.15.



Figura 2. 15. Secado del material

Fuente: Autor

7. El proceso se repetirá hasta obtener las láminas con las diferentes composiciones volumétricas como se puede observar en la Figura 2.16.



Figura 2. 16. Lamina del molde de tracción

Fuente: Autor

B. Probetas a Compresión

1. Se repite los 2 primeros pasos descritos anteriormente en la elaboración de las probetas a tracción.



Figura 2. 17. Molde de Compresión

Fuente: Autor

2. Se procede aplicar cera desmoldante en el molde de compresión de manera uniforme para que al momento de desmoldar no se complique su extracción véase la Figura 2.18.



Figura 2. 18. Aplicación de la cera desmoldante

Fuente: Autor

3. Se vierte el material en el molde de compresión una vez hecha la mezcla, es necesario la utilización de un embudo para evitar que el material se desperdicie y este pueda ingresar al interior de del molde (neplo), para evitar que exista vacíos o poros al momento del ingreso del material es necesario utilizar una varilla de ½ pulgada para compactar de manera uniforme el material como muestra la Figura 2.19.



Figura 2. 19. Vertiendo el material en el molde con embudo

Fuente: Autor

4. Una vez que esté lleno el molde con el material se procedo a tapar, pero es esencial que en la rosca no quede material ya que si esto pasa será decil de sacar la tapa, la cual también debe tener cera desmoldante para su fácil desenroscado de la manera que se muestra en la Figura 2.20.



Figura 2. 20. Sellado del molde

Fuente: Autor

5. Es necesario esperar un tiempo de 36 a 48 horas para que se seque totalmente debido a que en el interior de la probeta todavía no se seca completamente, se procede a desmoldar quedando los moldes como en la Figura 2.21.



Figura 2. 21. Desmolde de la probeta de compresión

Fuente: Autor

6. Se procede a cortar de manera manual las probetas con una sierra circular con las dimensiones establecidas en la norma ASTM D695-2015 como se observa en la Figura 2.22.



Figura 2. 22. corte con sierra circular

Fuente: Autor

7. Debido a que los extremos de la probeta quedan desiguales debido al corte, es necesario lijarlos como se muestra en la Figura 2.23, hasta dejarlos de manera uniforme para después proceder al control de calidad.



Figura 2. 23. Lijado de la probeta

Fuente: Autor

8. El proceso se lo repite hasta obtener las probetas establecidas anteriormente quedando como las que se muestran en la Figura 2.24.



Figura 2. 24. probeta de compresión

Fuente: Autor

C. Probetas de Dureza

Para la elaboración de las probetas de dureza se utiliza el mismo procedimiento de elaboración que el de las probetas a tracción, con la diferencia que el molde que se utiliza para su fabricación es de acuerdo con las especificaciones de la norma ASTM D2240-15.

2.2.4.7. Corte de las probetas mediante la normativa ASTM

Las probetas fueron cortadas según las especificaciones de las normas ASTM establecidas, con la ayuda de una cortadora láser como muestra la Figura 2.25. Los métodos utilizados para el corte respectivo fueron:

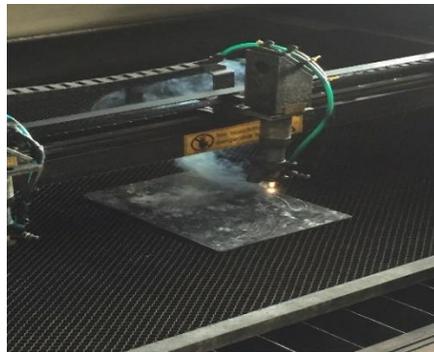


Figura 2. 25. Corte a láser de las probetas

Fuente: Autor

1. Las probetas a tracción fueron cortadas con la ayuda de una cortadora laser debido a que sus dimensiones deben ser las que se encuentran establecidas en la norma ASTM D3039-2015. En la Tabla 2.7, se observa las distintas fracciones volumétricas de las probetas a tracción.

Tabla 2. 7. Fracción volumétrica de las probetas a tracción

PROBETAS DE TRACCION
50% de Matriz + 50% de Refuerzo 
60% de Matriz + 40% de Refuerzo 
70% de Matriz + 30% de Refuerzo



Fuente: Autor

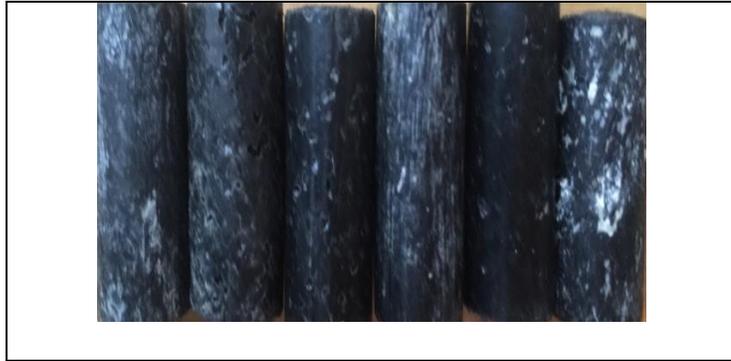
2. Las probetas a compresión fueron cortadas con una cierra circular debido a su fácil geometría, primero se cortó una probeta con las características y dimensionamientos establecidos en la norma ASTM D695 y se la utilizó como guía para el corte de las otras probetas, las mismas que se observa en la Tabla 2.8.

Tabla 2. 8. Fracción volumétrica de las probetas a compresión

PROBETAS DE COMPRESION
50% de Matriz + 50% de Refuerzo

60% de Matriz + 40% de Refuerzo

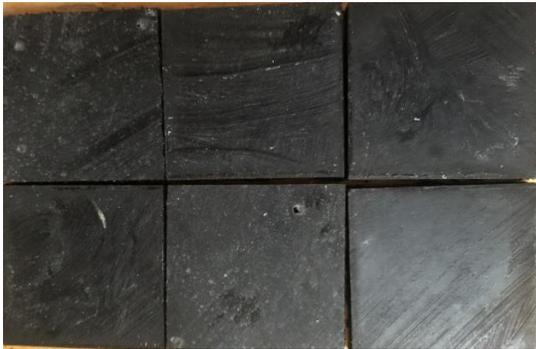
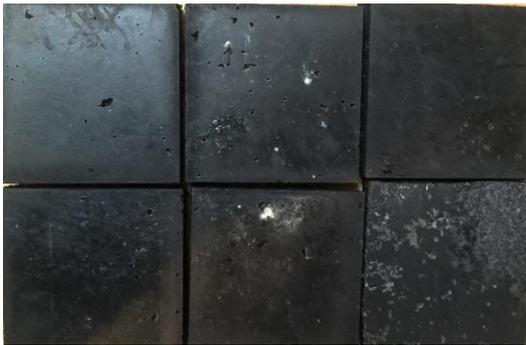
70% de Matriz + 30% de Refuerzo

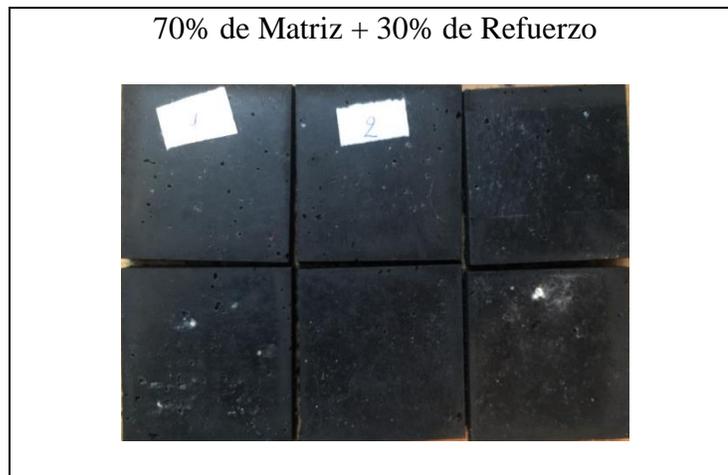


Fuente: Autor

3. Las probetas de dureza Shore al igual que las de tracción se las corto a láser debido a sus dimensiones y geometría establecida en la norma ASTM D2240-15, las cuales se las puede observar en la Tabla 2.9.

Tabla 2. 9. Fracción volumétrica de las probetas de dureza

PROBETAS DE DUREZA
<p>50% de Matriz + 50% de Refuerzo</p> 
<p>60% de Matriz + 40% de Refuerzo</p> 



2.2.4.8. Realización de los Ensayos del Material Compuesto

Para la realización de los ensayos a tracción, compresión y dureza, se los desarrollo en la ciudad de Ambato en las instalaciones del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua, donde se aplicó las normas correspondientes para cada uno de los ensayos indicando el equipo a utilizar, los procedimientos y resultados finales para proceder a realizar el informe final.

A. Ensayo a Tracción

El ensayo a tracción se trabajó bajo la Norma ASTM D3039: “*Standart Test Method For Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*”, la que consiste en colocar la probeta en una célula de carga las cuales se acoplan los utillajes para la realizacionj del ensayo.

Mediante el ensayo a tracción se obtuvo la fuerza máxima, esfuerzo máximo a la tracción, módulo de elasticidad y el porcentaje de elongación, donde se obtuvo cálculos estadístico de los mismo tales como el promedio (\bar{x}), desviación estándar (S_{n-1}) y el coeficiente de variación (CV).

La nomenclatura del tipo de falla evaluado se la especifica en la Tabla 2.10, la misma que se realiza con los criterios de la norma ASTM D3039-2015.

Tabla 2. 10. Nomenclatura del tipo de falla evaluado

Primer Carácter	Tipo de falla	Segundo Carácter	Área de falla	Tercer Carácter	Localización de la falla
L	Lateral	A	En el agarre	T	Parte superior
G	Agarre	I	Dentro del agarre	U	Desconocido
A	Angular	G	Zona calibrada	M	Medio

Fuente: Autor

La máquina utilizada para la realización de los ensayos a tracción es la máquina de ensayos universal Metrotec Serie MTE-50, con la serie 8210M002 y una velocidad de 10 mm/min, con una precarga de 0,01 N, la misma que es utilizada para ensayar materiales compuestos con la ayuda de un sofisticado sistema computarizado como se muestra en la Figura 2.26



Figura 2. 26. Máquina de ensayo a tracción

Fuente: Autor

B. Ensayo a Compresión

Para la realización del ensayo a compresión se aplicó la Norma ASTM D695-2015: *“Standard Test Method For Compressive Properties of Rigid Plastic”*, al igual que el ensayo a tracción se utiliza el mismo procedimiento de medición y las mismas características de la máquina universal Metrotec Serie MTE50, con la única diferencia que en las células se coloca los platos, los mismos que realizan la compresión. La serie que se utilizó para la realización de este ensayo es la 8210M002 y con una velocidad de 1,3 mm/min, tal como muestra la Figura 2.27.

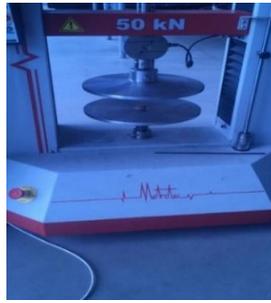


Figura 2. 27. Máquina de ensayo a compresión

Fuente: Autor

Al realizar el ensayo a compresión se pudo obtener los resultados requeridos para su respectivo análisis, de los cuales se determinaron la fuerza máxima, fuerza de fluencia, el esfuerzo máximo de compresión, esfuerzo de fluencia, el porcentaje de elongación y el módulo de elasticidad, de los resultados obtenidos se obtuvo sus valores estadísticos de los cuales se calculó el promedio (\bar{x}), desviación estándar (S_{n-1}) y el coeficiente de variación (CV).

C. Ensayo de Dureza

En el ensayo de dureza se empleó la Norma ASTM D2240-05: “*Standard Test Method For Rubber Property – Durometer*”, debido a que existe dos tipos de dureza shore en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua, se hizo pruebas con la Dureza Shore A y la Dureza Shore D, dando mejores valores en la escala de dureza Shore D, debido a que esta escala trabaja con materiales como el caucho. Este tipo de ensayo se lo realizó manualmente y la serie para este ensayo es el 2806201802, con un intervalo de tiempo de indentación de 1 segundo para mejor obtención de información. En la Figura 2.28, se muestra el equipo utilizado para el ensayo de Dureza Shore D.



Figura 2. 28. Máquina para ensayo de dureza Shore D

Fuente: Autor

2.3. Hipótesis

La variación de la fracción volumétrica del material compuesto de matriz de poliuretano y refuerzo de partículas de caucho influye en las propiedades mecánicas de la lámina para pista atlética.

2.3.1. Señalamiento de Variables de la Hipótesis

2.3.1.1. Variable Independiente

Variación de la fracción volumétrica del material compuesto.

2.3.1.2. Variable Dependiente

Propiedades Mecánica

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

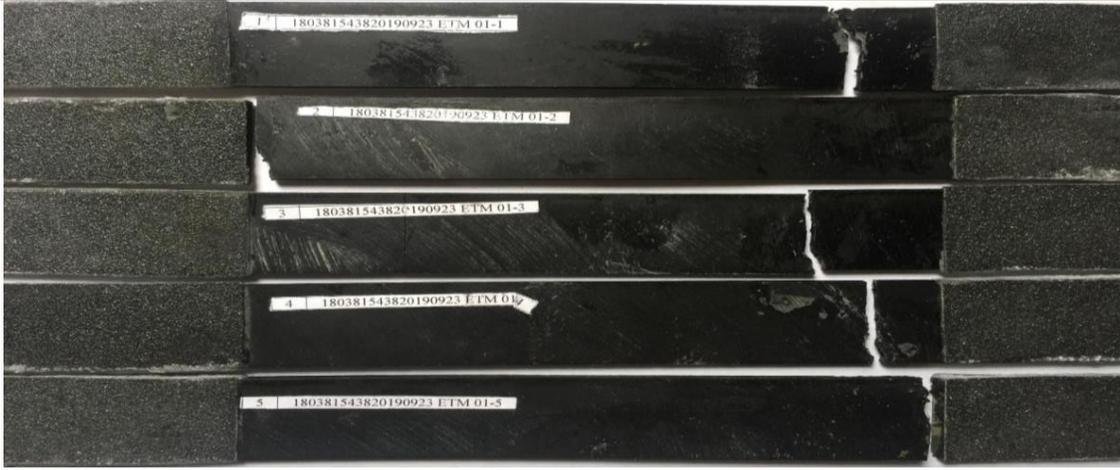
3.1. Análisis y Discusión de los Resultados

3.1.1. Tabulación de Datos

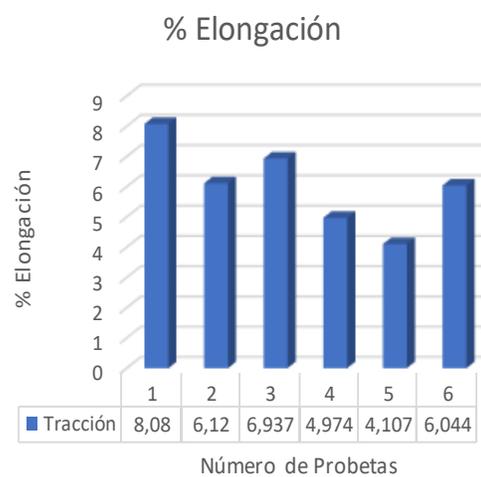
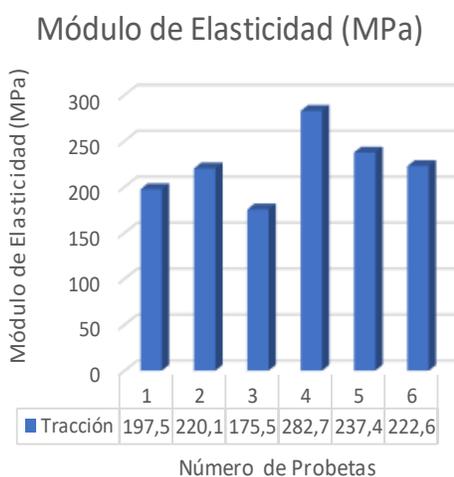
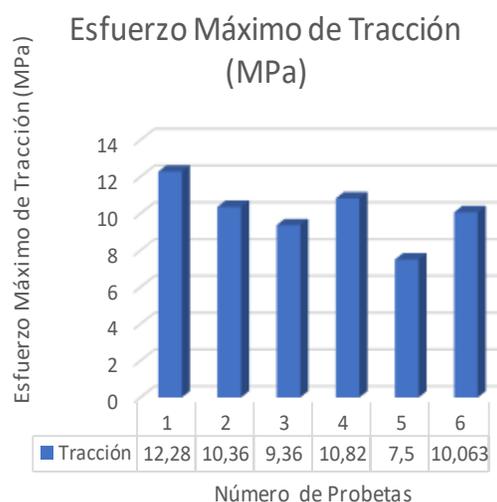
Los resultados conseguidos en la realización de los ensayos de compresión, tracción y dureza se los comparará mediante gráficas y estadísticamente recopiladas en fichas técnicas, entre las distintas fracciones volumétricas tanto de la matriz como de la del refuerzo, para así analizar las propiedades mecánicas del material compuesto validando la hipótesis planteada.

Los datos obtenidos realizados en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero de Tungurahua a continuación se los representan en las Tablas 3.1 a la 3.12 de las fichas técnicas correspondientes:

Tabla 3. 1. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (70% Poliuretano - 30% Partículas de Caucho) del Ensayo a Tracción.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ENSAYO A TRACCIÓN							
Fecha de inicio:		17/10/2019	Fecha de finalización:		20/10/2019		
Ciudad:		Ambato	Identificación del grupo:		180381543820190923-ETC 01		
Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua					
Norma:		ASTM D3039-2015	Tipo de ensayo:		Cuantitativo	Probetas:	No. 5
Velocidad de ensayo:		10 mm/min	Precarga:		0,01 N	Tipo de probeta: Plana	
Matriz:		Poliuretano	Refuerzo:		Partículas de caucho	Tamaño de la partícula: 0,05-1 mm	
Fracción Volumétrica :		70% de Poliuretano 30% de Partículas de caucho		Orientación de las partículas:		Aleatoria	
Dimensiones:		250 x 25 mm		Espesor promedio (e):		3 mm	
Estratificación:		Compresión	Temperatura:		24,5 °C	Humedad Relativa: 48,50%	
RESULTADO DEL ENSAYO A TRACCIÓN							
No.	Dimensiones (mm)		Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo máximo de Tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	% Elongación	Tipo de Falla
	Ancho	Espesor					
1	24,38	2,91	870,95	12,28	197,51	8,08	LGT
2	24,63	3,03	773,12	10,36	220,06	6,12	LGT
3	24,62	3,23	744,72	9,36	175,5	6,937	LGT
4	24,96	3,08	831,5	10,82	282,69	4,974	LGT
5	24,83	3,11	579,05	7,5	237,35	4,107	LGT
Promedio (x)			759,868	10,063	222,622	6,044	-
Desviación Estándar (Sn-1)			112,44	1,776	40,873	1,569	-
Coeficiente de Variación (CV)			14,797	17,649	18,36	25,959	-
EVIDENCIAS							
							

GRÁFICAS



OBSERVACIÓN

- . La composición del material presentó una buena adherencia de la matriz como del refuerzo.
- . Para este ensayo se utilizó 5 probetas, las mismas que especifica la norma ASTM D3039-2015.
- . En las probetas 3 y 5 muestran las fracturas en los extremos de las probetas, tanto en el agarre superior como inferior.

EVALUACIÓN

- . Para la determinación de los ensayos, las probetas constan con un espesor promedio de 3 mm.
- . Los valores promedio obtenidos en el ensayo se presenta a continuación:
 - . Fuerza Máxima: 759,9 (N).
 - . Esfuerzo Máximo de tracción: 10,063 (MPa).
 - . Módulo de Elasticidad: 222,6 (MPa).
 - . % de Elongación: 6,044.

Elaborado por: Diego Llerena

Aprobado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano

Revisado por: Ing. Esteban López

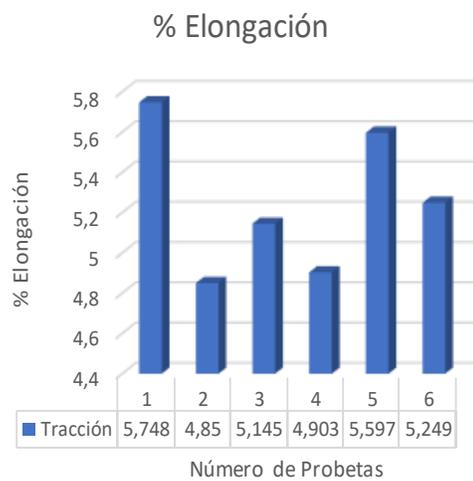
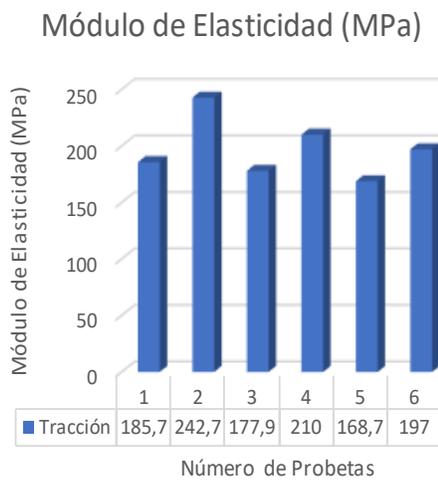
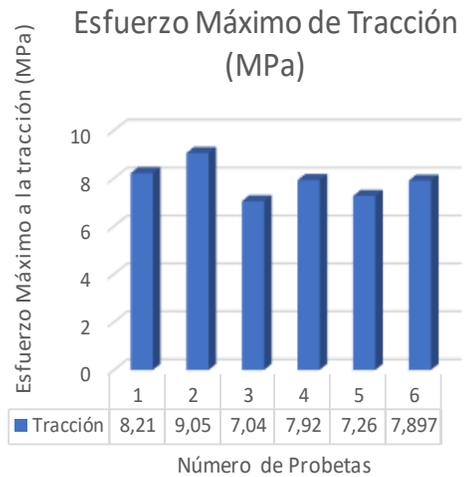
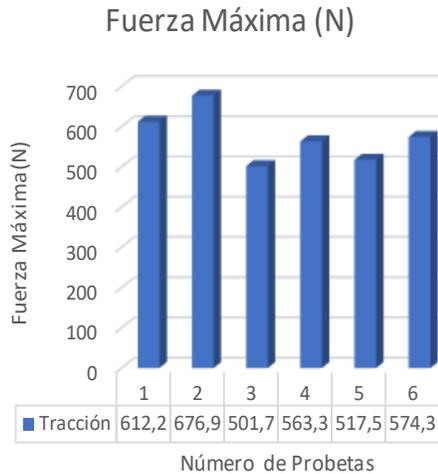
Validado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano

Fuente: Autor

Tabla 3. 2. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (60% Poliuretano - 40% Partículas de Caucho) del Ensayo a Tracción.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ENSAYO A TRACCIÓN							
Fecha de inicio:		17/10/2019	Fecha de finalización:		20/10/2019		
Ciudad:	Ambato	Identificación del grupo:		180381543820190923-ETC 02			
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua						
Norma:	ASTM D3039-2015	Tipo de ensayo:		Cuantitativo	Probetas:	No. 5	
Velocidad de ensayo:	10 mm/min	Precarga:	0,01 N	Tipo de probeta:		Plana	
Matriz:	Poliuretano	Refuerzo:	Partículas de caucho	Tamaño de la partícula:		0,05-1 mm	
Fracción Volumétrica :	60% de Poliuretano 40% de Partículas de caucho		Orientación de las partículas:		Aleatoria		
Dimensiones:	250 x 25 mm		Espesor promedio (e):		3 mm		
Estratificación:	Compresión	Temperatura:	23,8 °C	Humedad Relativa:		47,80%	
RESULTADO DEL ENSAYO A TRACCIÓN							
No.	Dimensiones (mm)		Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo máximo de Tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	% Elongación	Tipo de Falla
	Ancho	Espesor					
1	24,45	3,05	612,19	8,21	185,67	5,748	LGT
2	24,51	3,05	676,88	9,05	242,7	4,85	LGT
3	24,66	2,89	501,74	7,04	177,89	5,145	LGT
4	24,87	2,86	563,28	7,92	209,97	4,903	LGT
5	24,66	2,89	517,52	7,26	168,66	5,597	LGT
Promedio (x)			574,322	7,897	196,979	5,249	-
Desviación Estándar (Sn-1)			71,709	0,802	29,805	0,406	-
Coeficiente de Variación (CV)			12,486	10,161	15,131	7,738	-
EVIDENCIAS							
							

GRÁFICAS



OBSERVACIÓN

- . En la probeta 1, 4 y 5 muestra una rotura en la zona lateral derecha.
- . La probeta 2 muestra una fractura en la zona de agarre en el extremo superior izquierdo.
- . Las probetas 3 presentan fallas en la zona lateral izquierda.

EVALUACIÓN

- . Este grupo de probetas trabajan con un espesor promedio de 2,9484 mm.
- . Los valores promedios obtenidos en el ensayo se presenta a continuación:
 - . Fuerza Máxima: 574,3 (N).
 - . Esfuerzo Máximo de Tracción: 7,897 (MPa).
 - . Módulo de Elasticidad: 197 (MPa).
 - . % de Elongación: 5,249.

Elaborado por: Diego Llerena
Revisado por: Ing. Esteban López

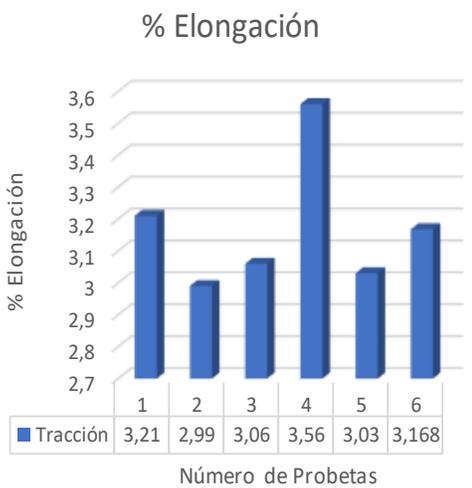
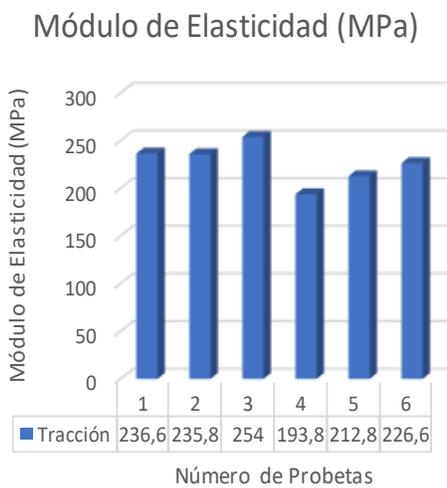
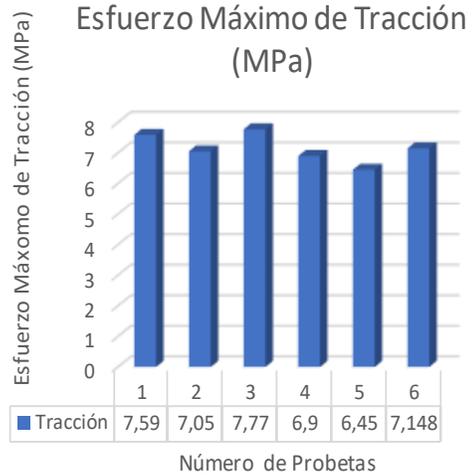
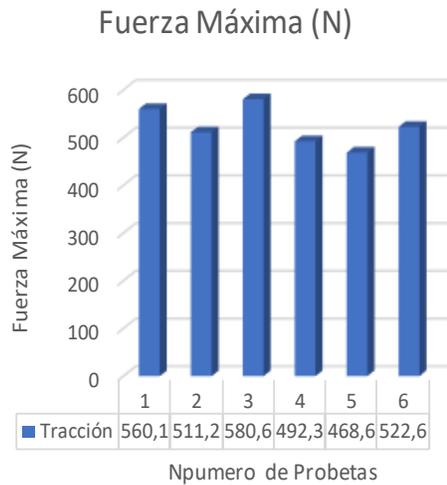
Aprobado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano
Validado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano

Fuente: Autor

Tabla 3. 3. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (50% Poliuretano - 50% Partículas de Caucho) del Ensayo a Tracción.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ENSAYO A TRACCIÓN							
Fecha de inicio:		17/10/2019	Fecha de finalización:		20/10/2019		
Ciudad:	Ambato	Identificación del grupo:		180381543820190923-ETC 03			
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua						
Norma:	ASTM D3039-2015		Tipo de ensayo:	Cuantitativo	Probetas:	No. 5	
Velocidad de ensayo:	10 mm/min	Precarga:	0,01 N	Tipo de probeta:	Plana		
Matriz:	Poliuretano	Refuerzo:	Partículas de caucho	Tamaño de la partícula:		0,05-1 mm	
Fracción Volumétrica :	50% de Poliuretano 50% de Partículas de caucho		Orientación de las partículas:		Aleatoria		
Dimensiones:	250 x 25 mm		Espesor promedio (e):		3 mm		
Estratificación:	Compresión	Temperatura:	20,8 °C	Humedad Relativa:	59,60%		
RESULTADO DEL ENSAYO A TRACCIÓN							
No.	Dimensiones (mm)		Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo máximo de Tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	% Elongación	Tipo de Falla
	Ancho	Espesor					
1	24,53	3,01	560,12	7,59	236,61	3,21	LGT
2	24,68	2,94	511,21	7,05	235,81	2,99	LGT
3	24,67	3,03	580,63	7,77	253,97	3,06	LGT
4	24,61	2,9	492,27	6,9	193,79	3,56	LGT
5	24,48	2,97	468,61	6,45	212,77	3,03	LGT
Promedio (x)			522,568	7,148	226,592	3,168	-
Desviación Estándar (Sn-1)			46,743	0,535	23,462	0,234	-
Coeficiente de Variación (CV)			8,945	7,478	10,354	7,374	-
EVIDENCIAS							
							

GRÁFICAS



OBSERVACIÓN

- . Las probetas 1 y 4 indican una rotura en la zona centro de las probetas.
- . Las probetas 2, 3 y 5 fallan en la zona lateral derecha.

EVALUACIÓN

- . Los valores obtenidos son ideales de acuerdo a su fracción volumétrica.
- . Los valores promedios obtenidos en el ensayo se presenta a continuación:
 - . Fuerza Máxima: 522,6(N).
 - . Esfuerzo Máximo de Tracción: 7,148 (MPa).
 - . Módulo de Elasticidad: 226,6 (MPa).
 - . % de Elongación: 3,168.

Elaborado por: Diego Llerena

Aprobado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano

Revisado por: Ing. Esteban López

Validado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano

Fuente: Autor

En la Tabla 3.4, se muestra los datos promedios de las propiedades mecánicas adquiridas en el ensayo a tracción. Los resultados obtenidos en la investigación se tabulan obteniendo los valores promedios de las propiedades mecánicas calculadas, como es la fuerza máxima, esfuerzo máximo de tracción, módulo de elasticidad y el porcentaje de elongación.

Tabla 3. 4. Recopilación de información del material compuesto de las cantidades promedio del ensayo a Tracción.

PROPIEDADES MECÁNICAS					
Granulometría	Fracción Volumétrica	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (Mpa)	Módulo de Elasticidad (Mpa)	% de Elongación
D1: 0,05 - 1 mm	70% - 30%	759,9	10,063	222,6	6,044
	60% - 40%	574,3	7,897	197	5,249
	50% - 50%	522,6	7,148	226,6	3,168

Fuente: Autor

Se representa gráficamente los valores promedios obtenidos de las propiedades mecánicas en el ensayo a tracción, de los cuales están interpretados el esfuerzo máximo de tracción y el módulo de elasticidad. La granulometría utilizada en la investigación va desde los 0,05 – 1 mm donde se evidencia que el valor más alto en el esfuerzo máximo es el de la fracción volumétrica 70% - 30%, mientras que en el módulo de elasticidad el valor más alto es el de la fracción volumétrica 50% - 50%, como se evidencia en la Figura 3.1.

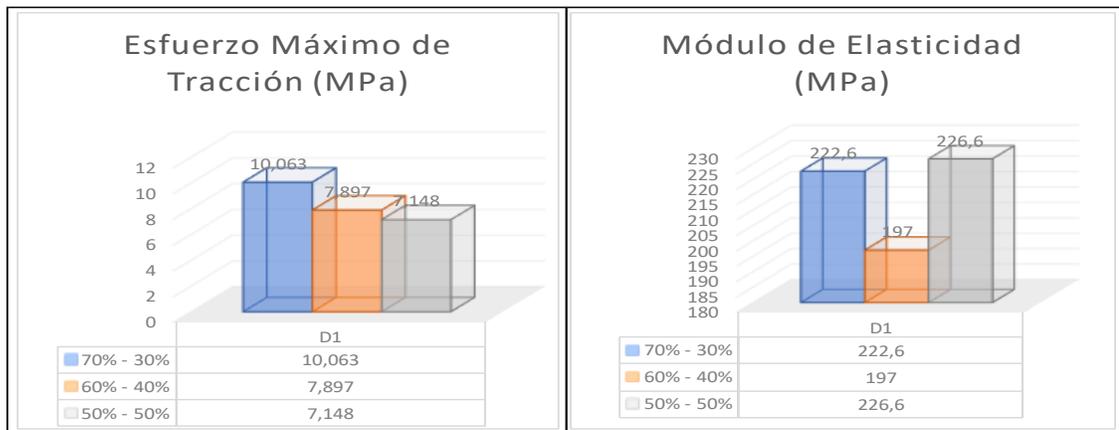


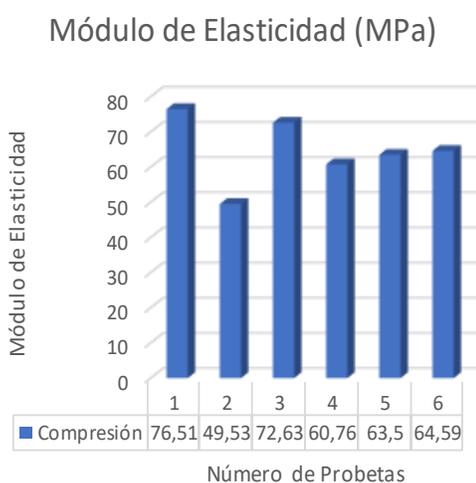
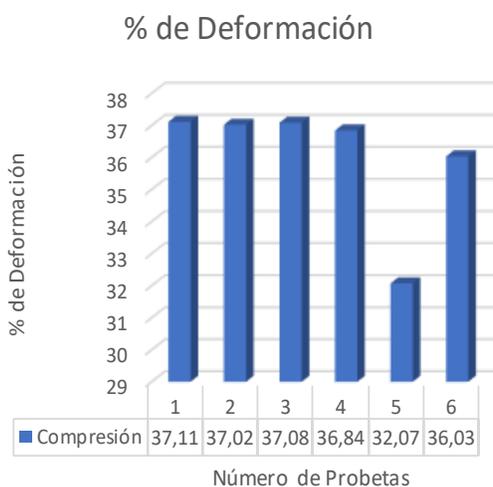
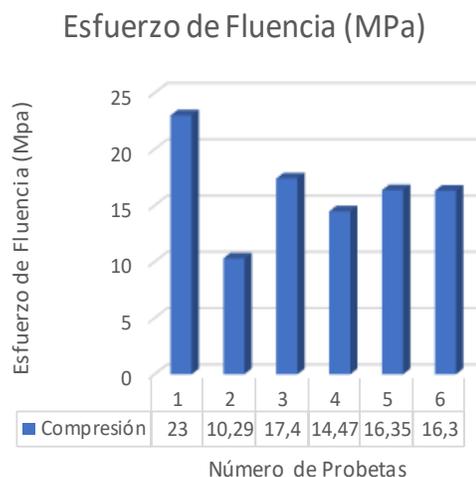
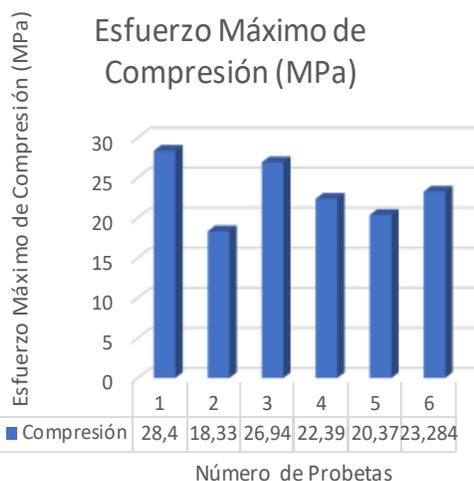
Figura 3. 1. Cantidades Promedio del Ensayo a Tracción

Fuente: Autor

Tabla 3. 5. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (70% Poliuretano - 30% Partículas de Caucho) del Ensayo a Compresión.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA								
ENSAYO A COMPRESIÓN								
Fecha de inicio:		21/10/2019	Fecha de finalización:		24/10/2019			
Ciudad:	Ambato	Identificación del grupo:		180381543820190909-ECP 01				
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua							
Norma:	ASTM D695-2015	Tipo de ensayo:	Cuantitativo	No. Probetas:	5			
Velocidad de ensayo:	1,3 mm/min	Precarga:	0 N	Tipo de probeta:	Cilíndricas			
Matriz:	Poliuretano	Refuerzo:	Partículas de caucho	Tamaño de la partícula:	0,05-1 mm			
Fracción Volumétrica :	70% de Poliuretano 30% de Partículas de caucho		Orientación de las partículas:		Aleatoria			
Dimensiones:	Ø 12,7 x 25 mm		Espesor promedio (e):		-			
Estratificación:	Compresión	Temperatura	24,3 °C	Humedad Relativa:	45,20%			
RESULTADO DEL ENSAYO A COMPRESIÓN								
No.	Dimensiones (mm)		Fuerza Máxima (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	% de Deformación	Módulo de Elasticidad (MPa)
	Diámetro	Longitud						
1	12,58	25,4	3529,55	2858,99	28,4	23	37,11	76,51
2	12,67	25,55	2311,49	1296,96	18,33	10,29	37,02	49,53
3	12,61	25,61	3363,88	2172,64	26,94	17,4	37,08	72,63
4	12,61	25,78	2795,87	1806,59	22,39	14,47	36,84	60,76
5	12,61	25,6	2543,42	2041,68	20,37	16,35	32,07	63,5
Promedio (x)			2908,842	2035,37	23,284	16,3	36,03	64,59
Desviación Estándar (Sn-1)			523,322	568,95	4,281	4,63	2,21	10,6
Coeficiente de Variación (CV)			17,991	27,95	18,385	28,39	6,14	16,41
EVIDENCIAS								
								

GRÁFICAS



OBSERVACIÓN

- . Para la realización del ensayo a compresión se utilizó 5 probetas cilíndricas tal como especifica la norma ASTM D695.
- . Las probetas presentan una excelente adherencia de la matriz y del refuerzo para la realización del ensayo de compresión.
- . Las probetas 3, 4 y 5 presentan roturas al momento de aplicar la carga.

EVALUACIÓN

- . Los valores promedios obtenidos en el ensayo de compresión se presenta a continuación:
- . Esfuerzo Máximo de Compresión: 23,284 Mpa.
- . Esfuerzo de Fluencia: 16,3 Mpa.
- . % de Deformación: 36,03.
- . Módulo de Elasticidad :64,59 Mpa.

Elaborado por: Diego Llerena
Revisado por: Ing. Esteban López

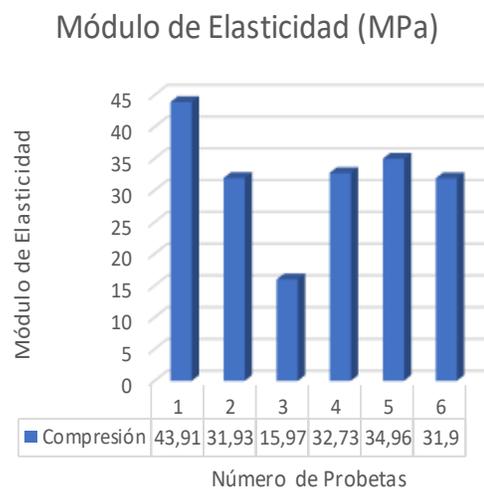
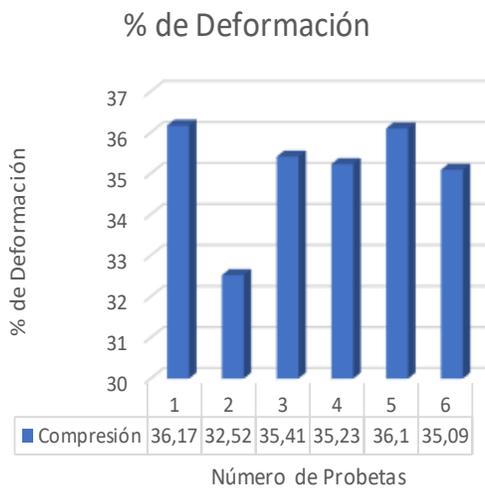
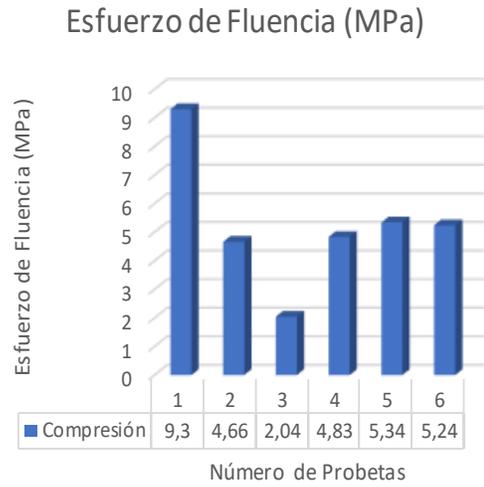
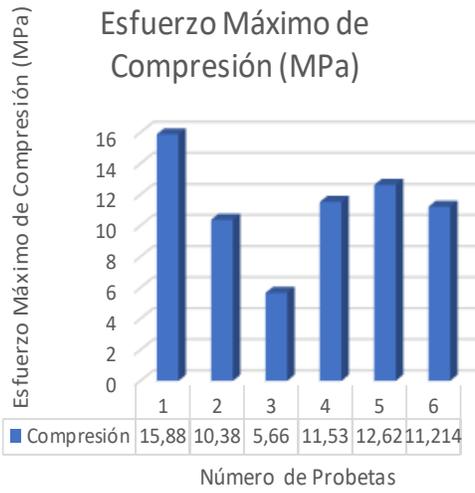
Aprobado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano
Validado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano

Fuente: Autor

Tabla 3. 6. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (60% Poliuretano - 40% Partículas de Caucho) del Ensayo a Compresión.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
ENSAYO A COMPRESIÓN									
Fecha de inicio:		21/10/2019		Fecha de finalización:		24/10/2019			
Ciudad:		Ambato		Identificación del grupo:		180381543820190909-ECP 02			
Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua							
Norma:		ASTM D695-2015		Tipo de ensayo:		Cuantitativo	No. Probetas:	5	
Velocidad de ensayo:		1,3 mm/min	Precarga:		0 N		Tipo de probeta:		Cilíndricas
Matriz:		Poliuretano		Refuerzo:		Partículas de caucho	Tamaño de la partícula:		0,05-1 mm
Fracción Volumétrica :		60% de Poliuretano 40% de Partículas de caucho		Orientación de las partículas:		Aleatoria			
Dimensiones:		Ø 12,7 x 25 mm		Espesor promedio (e):		-			
Estratificación:		Compresión		Temperatura		24,2 °C	Humedad Relativa:		44,10%
RESULTADO DEL ENSAYO A COMPRESIÓN									
No.	Dimensiones (mm)		Fuerza Máxima (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	% de Deformación	Módulo de Elasticidad (Mpa)	
	Diámetro	Longitud							
1	12,58	26,18	1973,84	1156,53	15,88	9,3	36,17	43,91	
2	12,61	26,34	1296,96	582,21	10,38	4,66	32,52	31,93	
3	12,43	26,49	686,35	247,71	5,66	2,04	35,41	15,97	
4	12,55	26,73	1426,34	597,99	11,53	4,83	35,23	32,73	
5	12,49	26,3	1546,25	654,79	12,62	5,34	36,1	34,96	
Promedio (x)			1385,948	647,85	11,214	5,24	35,09	31,9	
Desviación Estándar (Sn-1)			466,45	326,23	3,723	2,61	1,49	10,1	
Coeficiente de Variación (CV)			33,656	50,26	33,195	49,85	4,25	31,66	
EVIDENCIAS									
									

GRÁFICAS



OBSERVACIÓN

. La velocidad con la que se realizó el ensayo de compresión es de 1,3 mm/min.
 . Todas las probetas presentan un daño en su estructura debido a la aplicación de la carga.
 . Las probetas presentan una excelente adherencia de la matriz y del refuerzo para la realización del ensayo de compresión.

EVALUACIÓN

Los valores promedios obtenidos en el ensayo de compresión se presenta a continuación:
 . Esfuerzo Máximo de Compresión: 11,214 Mpa.
 . Esfuerzo de Fluencia: 5,24 Mpa.
 . % de Deformación: 35,09.
 . Módulo de Elasticidad : 31,9 Mpa.

Elaborado por: Diego Llerena

Revisado por: Ing. Esteban López

Aprobado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano

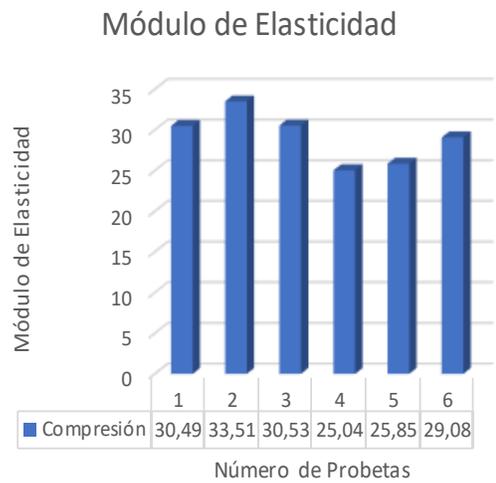
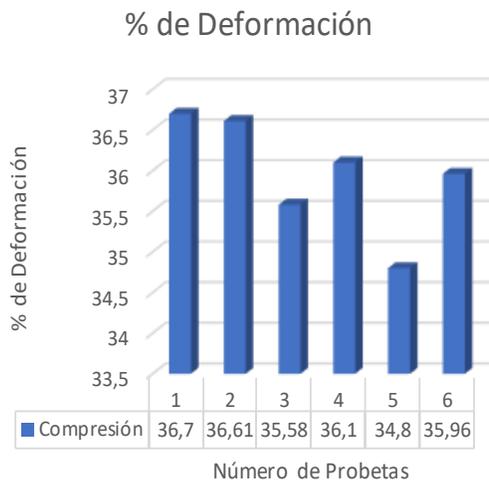
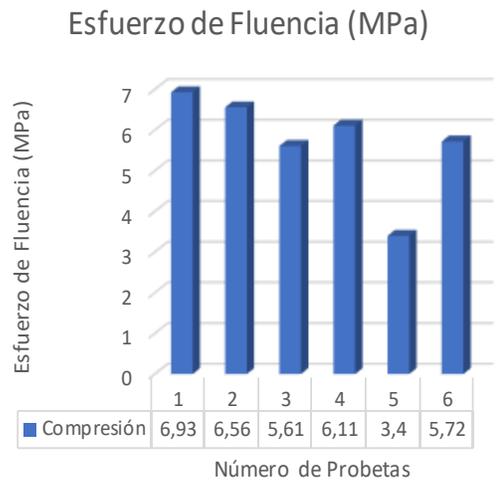
Validado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano

Fuente: Autor

Tabla 3. 7. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (50% Poliuretano - 50% Partículas de Caucho) del Ensayo a Compresión.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
ENSAYO A COMPRESIÓN								
Fecha de inicio:		21/10/2019	Fecha de finalización:		24/10/2019			
Ciudad:	Ambato	Identificación del grupo:		180381543820190909-ECP 03				
Laboratorio:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua							
Norma:	ASTM D695-2015	Tipo de ensayo:	Cuantitativo	No. Probetas:	5			
Velocidad de ensayo:	1,3 mm/min	Precarga:	0 N	Tipo de probeta:	Cilíndricas			
Matriz:	Poliuretano	Refuerzo:	Partículas de caucho	Tamaño de la partícula:	0,05-1 mm			
Fracción Volumétrica :	50% de Poliuretano 50% de Partículas de caucho		Orientación de las partículas:		Aleatoria			
Dimensiones:	Ø 12,7 x 25 mm		Espesor promedio (e):		-			
Estratificación:	Compresión	Temperatura	23,9 °C	Humedad Relativa:	42,70%			
RESULTADO DEL ENSAYO A COMPRESIÓN								
No.	Dimensiones (mm)		Fuerza Máxima (N)	Fuerza de Fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	% de Deformación	Módulo de Elasticidad (Mpa)
	Diámetro	Longitud						
1	12,59	25,87	1393,2	863,06	11,19	6,93	36,7	30,49
2	12,5	25,91	1505,23	804,68	12,27	6,56	36,61	33,51
3	12,47	25,79	1326,93	684,77	10,86	5,61	35,58	30,53
4	12,58	26,32	1123,4	758,92	9,04	6,11	36,1	25,04
5	12,6	25,87	1121,82	424,43	9	3,4	34,8	25,85
Promedio (x)			1294,116	707,17	10,471	5,72	35,96	29,08
Desviación Estándar (Sn-1)			169,037	170,98	1,425	1,39	0,78	3,55
Coeficiente de Variación (CV)			13,062	24,18	13,607	24,25	2,18	12,21
								

GRÁFICAS



OBSERVACIÓN

- . La velocidad con la que se realizó el ensayo de compresión es de 1,3 mm/min.
- . La probeta 3 presenta rotura en su estructura debido a la carga aplicada.
- . Las probetas presentan una excelente adherencia de la matriz y del refuerzo para la realización del ensayo de compresión.

EVALUACIÓN

- Los valores promedios obtenidos en el ensayo de compresión se presenta a continuación:
- . Esfuerzo Máximo de Compresión: 10,471 Mpa.
 - . Esfuerzo de Fluencia: 5,72 Mpa.
 - . % de Deformación: 35,96.
 - . Módulo de Elasticidad: 29,08 Mpa.

Elaborado por:	Diego Llerena	Aprobado por:	Ing. Mg. Alejandra Lascano
Revisado por:	Ing. Esteban López	Validado por:	Ing. Mg. Alejandra Lascano

Fuente: Autor

En la Tabla 3.8, se muestra los datos promedios de las propiedades mecánicas adquiridas en el ensayo a compresión. Los resultados obtenidos en la investigación se tabulan obteniendo los valores promedios de las propiedades mecánicas calculadas, como el esfuerzo máximo de compresión, esfuerzo de fluencia, porcentaje de deformación y el módulo de elasticidad.

Tabla 3. 8. Recopilación de información del material compuesto de las cantidades promedio del ensayo a Compresión.

PROPIEDADES MECÁNICAS					
Granulometría	Fracción Volumétrica	Esfuerzo Máximo de Compresión (Mpa)	Esfuerzo de Fluencia (Mpa)	% de Deformación	Módulo de Elasticidad (Mpa)
D1: 0,05 - 1 mm	70% - 30%	23,284	16,3	36,03	64,59
	60% - 40%	11,214	5,24	35,09	31,9
	50% - 50%	10,471	5,72	35,96	29,08

Fuente: Autor

Se representa gráficamente los valores promedios obtenidos de las propiedades mecánicas en el ensayo de compresión, de los cuales están interpretados en barras el esfuerzo máximo de tracción y el módulo de elasticidad. En el gráfico se evidencia que el valor más alto en el esfuerzo máximo de compresión el de la fracción volumétrica 70% - 30%, al igual que en el módulo de elasticidad el valor más alto es el de la fracción volumétrica 70% - 30%, como se evidencia en la Figura 3.2.

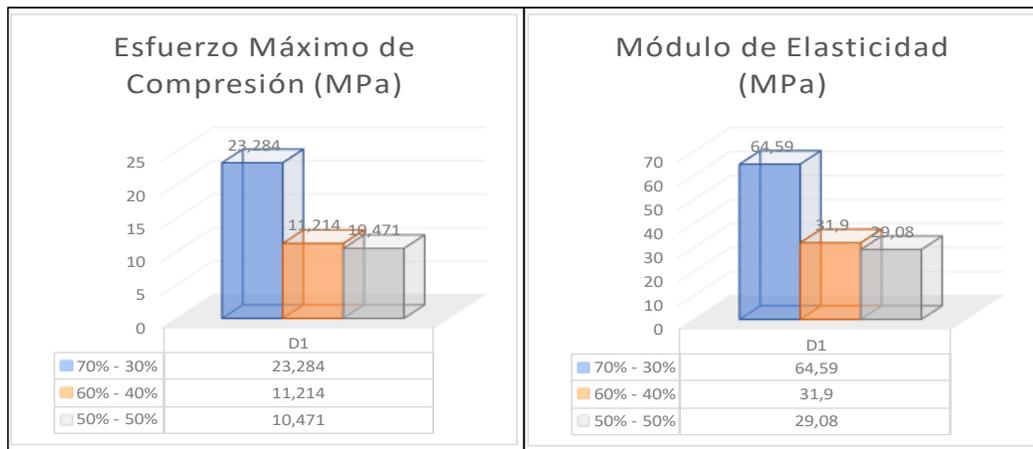


Figura 3. 2. Cantidades Promedio del Ensayo a Compresión.

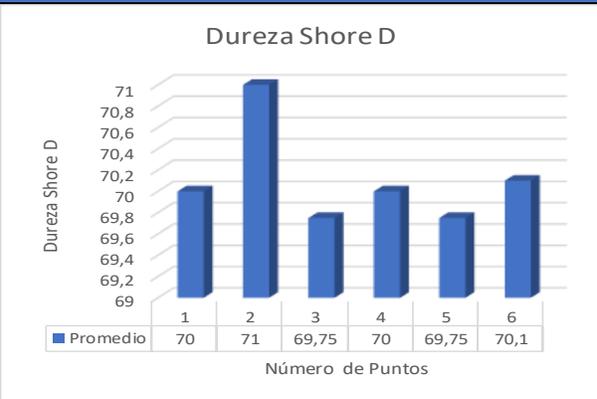
Fuente: Autor

Tabla 3. 9. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (70% Poliuretano - 30% Partículas de Caucho) del Ensayo de Dureza.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																															
ENSAYO DE DUREZA																																	
Fecha de inicio:		25/10/2019		Fecha de finalización:																													
29/10/2019																																	
Ciudad:		Ambato		Identificación del grupo:																													
				180381543820190909-EDSD 01																													
Laboratorio: Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero de Tungurahua																																	
Norma:		ASTM D2240		Tipo de ensayo: Cuantitativo																													
				Probetas: No. 5																													
Equipo utilizado:		Durómetro Shore		Tipo de probeta: Plana																													
		Tipo: D																															
Matriz:		Poliuretano		Refuerzo: Partículas de caucho																													
				Tamaño de la partícula: 0,05-1 mm																													
Fracción Volumétrica :		70% de Poliuretano 30% de Partículas de caucho		Orientación de las partículas: Aleatoria																													
Dimensiones:		40 x 40 mm		Espesor promedio (e): 6 mm																													
Intervalo de tiempo de indentación:		1 segundo		Temperatura: 20,6 °C																													
				Humedad Relativa: 60,20%																													
RESULTADO DEL ENSAYO DE DUREZA																																	
No.	Espesor	Medición 1	Medición 2	Promedio																													
1	5,96	71,5	71	71,25																													
2	5,96	73	73	73																													
3	5,96	74	71,5	72,75																													
4	5,96	75	71	73																													
5	5,96	72,5	70,5	71,5																													
Promedio (x)		73,2	71,4	72,3																													
Desviación Estándar (Sn-1)		1,35	0,96	1,155																													
Coeficiente de Variación (CV)		1,85	1,35	1,6																													
EVIDENCIAS			GRÁFICAS																														
			 <table border="1"> <caption>DUREZA SHORE D</caption> <thead> <tr> <th>Número de Puntos</th> <th>Medición 1</th> <th>Medición 2</th> <th>Promedio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>71,5</td> <td>71</td> <td>71,25</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>73</td> <td>73</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>74</td> <td>71,5</td> <td>72,75</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>75</td> <td>71</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>72,5</td> <td>70,5</td> <td>71,5</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>73,2</td> <td>71,4</td> <td>72,3</td> </tr> </tbody> </table>			Número de Puntos	Medición 1	Medición 2	Promedio	1	71,5	71	71,25	2	73	73	73	3	74	71,5	72,75	4	75	71	73	5	72,5	70,5	71,5	6	73,2	71,4	72,3
Número de Puntos	Medición 1	Medición 2	Promedio																														
1	71,5	71	71,25																														
2	73	73	73																														
3	74	71,5	72,75																														
4	75	71	73																														
5	72,5	70,5	71,5																														
6	73,2	71,4	72,3																														
OBSERVACIÓN			EVALUACIÓN																														
<p>. En el análisis de Dureza Shore D, el ensayo se lo realizó en dos probetas con las especificaciones de la norma ASTM D2240.</p> <p>. Cada una de las probetas consta con una medición de 5 puntos.</p> <p>. Se analizó el valor promedio de medición de la Dureza Shore D.</p>			<p>. En la realización del ensayo de dureza se obtuvo el valor promedio de medición que equivale a 72,3 Shore D.</p>																														
Elaborado por:		Diego Llerena		Aprobado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano																													
Revisado por:		Ing. Esteban López		Validado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano																													

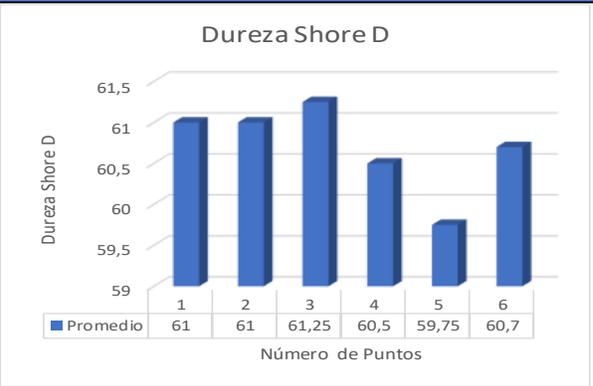
Fuente: Autor

Tabla 3. 10. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (60% Poliuretano - 40% Partículas de Caucho) del Ensayo de Dureza.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
ENSAYO DE DUREZA					
Fecha de inicio:		25/10/2019		Fecha de finalización: 29/10/2019	
Ciudad: Ambato		Identificación del grupo: 180381543820190909-EDSD 02			
Laboratorio: Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero de Tungurahua					
Norma: ASTM D2240		Tipo de ensayo: Cuantitativo		Probetas: No. 5	
Equipo utilizado: Durómetro Shore		Tipo: D		Tipo de probeta: Plana	
Matriz: Poliuretano		Refuerzo: Partículas de caucho		Tamaño de la partícula: 0,05-1 mm	
Fracción Volumétrica : 60% de Poliuretano 40% de Partículas de caucho		Orientación de las partículas:		Aleatoria	
Dimensiones: 40 x 40 mm		Espesor promedio (e): 6 mm			
Intervalo de tiempo de indentación: 1 segundo		Temperatura: 20,7 °C		Humedad Relativa: 59,80%	
RESULTADO DEL ENSAYO DE DUREZA					
No.	Espesor	Medición 1	Medición 2	Promedio	
1	5,68	69,5	70,5	70	
2	5,68	70,5	71,5	71	
3	5,68	71	68,5	69,75	
4	5,68	71	69	70	
5	5,68	69,5	70	69,75	
Promedio (x)		70,3	69,9	70,1	
Desviación Estándar (Sn- 1)		0,76	1,19	0,975	
Coeficiente de Variación (CV)		1,08	1,71	1,395	
EVIDENCIAS			GRÁFICAS		
					
OBSERVACIÓN			EVALUACIÓN		
<p>. En el análisis de Dureza Shore D, el ensayo se lo realizó en dos probetas con las especificaciones de la norma ASTM D 2240.</p> <p>. Las probetas presentan una excelente adherencia de la matriz y del refuerzo para la realización del ensayo de Dureza Shore D.</p>			<p>. En la realización del ensayo de dureza se obtuvo el valor promedio de medición que equivale a 70,1 Shore D.</p>		
Elaborado por: Diego Llerena		Aprobado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano			
Revisado por: Ing. Esteban López		Validado por: Ing. Mg. Alejandra Lascano			

Fuente: Autor

Tabla 3. 11. Ficha Técnica de información del material compuesto con fracción volumétrica (50% Poliuretano - 50% Partículas de Caucho) del Ensayo de Dureza.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DUREZA						
Fecha de inicio:		25/10/2019	Fecha de finalización:		29/10/2019	
Ciudad:		Ambato	Identificación del grupo:		180381543820190909-EDSD 03	
Laboratorio:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua				
Norma:		ASTM D2240	Tipo de ensayo:		Cuantitativo	Probetas: No. 5
Equipo utilizado:		Durómetro Shore	Tipo:		D	Tipo de probeta: Plana
Matriz:		Poliuretano	Refuerzo:		Partículas de caucho	Tamaño de la partícula: 0,05- 1 mm
Fracción Volumétrica :		50% de Poliuretano 50% de Partículas de caucho		Orientación de las partículas:		Aleatoria
Dimensiones:		40 x 40 mm		Espesor promedio (e):		6 mm
Intervalo de tiempo de indentación:		1 segundo	Temperatura:		20,9 °C	Humedad Relativa: 59,80%
RESULTADO DEL ENSAYO DE DUREZA						
No.	Espesor	Medición 1		Medición 2		Promedio
1	5,8	60,5		61,5		61
2	5,8	61		61		61
3	5,8	62		60,5		61,25
4	5,8	60,5		60,5		60,5
5	5,8	58,5		61		59,75
Promedio (x)		60,5		60,9		60,7
Desviación Estándar (Sn-1)		1,27		0,42		0,845
Coeficiente de Variación (CV)		2,11		0,69		1,4
EVIDENCIAS			GRÁFICAS			
						
OBSERVACIÓN			EVALUACIÓN			
<p>. En el análisis de la Dureza Shore D, el ensayo se lo realizó en dos probetas con las especificaciones de la norma ASTM D2240.</p> <p>. Cada una de las probetas consta con una medición de 5 puntos.</p> <p>. Se analizó el valor promedio de medición de la Dureza Shore D.</p>			<p>. En la realización del ensayo de dureza se obtuvo el valor promedio de medición que equivale a 60,7 Shore D.</p>			
Elaborado por:		Diego Llerena		Aprobado por:		Ing. Mg. Alejandra Lascano
Revisado por:		Ing. Esteban López		Validado por:		Ing. Mg. Alejandra Lascano

Fuente: Autor

En la Tabla 3.12, se muestra los datos promedios de las propiedades mecánicas adquiridas en el ensayo de dureza Shore D. Los resultados obtenidos en la investigación se tabulan obteniendo los valores promedios de las propiedades mecánicas calculadas.

Tabla 3. 12. Recopilación de información del material compuesto de las cantidades promedio del ensayo de Dureza Shore D.

Granulometría	Fracción Volumétrica	Dureza Shore D
D1: 0,05 - 1 mm	70% - 30%	72,3
	60% - 40%	70,1
	50% - 50%	60,7

Fuente: Autor

Se representa gráficamente el valor promedio obtenido de las propiedades mecánicas en el ensayo de dureza Shore D, de los cuales están interpretados en barras. En el gráfico se evidencia que el valor más alto en Dureza Shore D es el de la fracción volumétrica 70% - 30%, como se evidencia en la Figura 3.3.

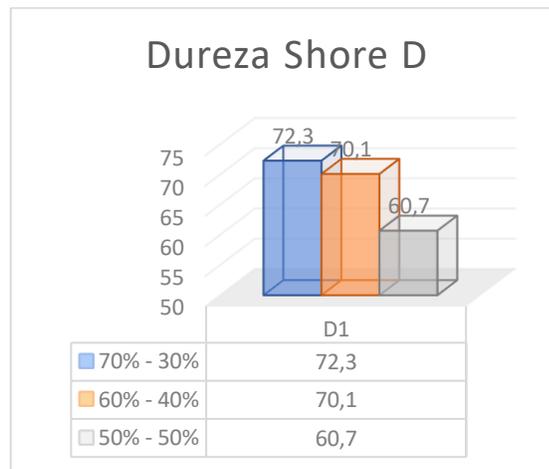


Figura 3. 3. Cantidades Promedio del Ensayo de Dureza Shore D.

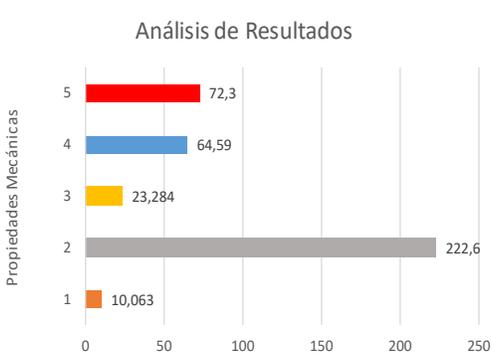
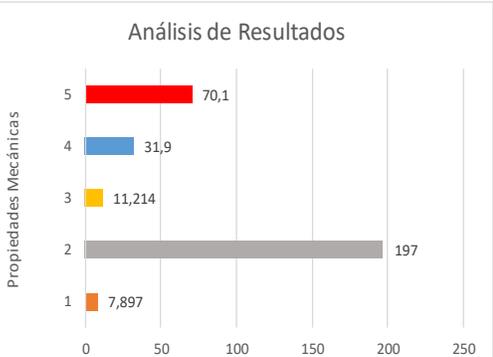
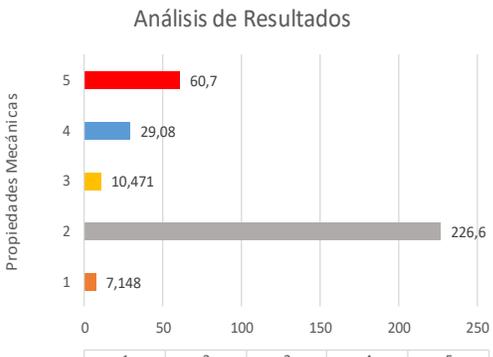
Fuente: Autor

3.1.2. Análisis de Resultados

Una vez realizado la tabulación de datos en fichas técnicas se procede analizar los resultados promedios obtenidos de los ensayos a tracción, compresión y dureza Shore, donde se analizará y se seleccionará el material con las mejores propiedades mecánicas de acuerdo con sus fracciones volumétricas presentadas en la Tabla 3.13.

Tabla 3. 13. Ficha Técnica de información del material compuesto de análisis de resultados

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ANÁLISIS DE RESULTADOS							
PROPIEDADES MECÁNICAS							
Granulometría	Fracción Volumetrica	ENSAYO A TRACCIÓN		ENSAYO A COMPRESIÓN		ENSAYO DE DUREZA	
		Esfuerzo Máximo (Mpa)	Módulo de Elasticidad (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Módulo de Elasticidad (Mpa)	Dureza Shore D	
D1: 0,05 - 1 mm	70% - 30%	10,063	222,6	23,284	64,59	72,3	
	60% - 40%	7,897	197	11,214	31,9	70,1	
	50% - 50%	7,148	226,6	10,471	29,08	60,7	

GRÁFICAS																											
<p>Análisis de Resultados</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Propiedades Mecánicas</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>70% - 30%</td> <td>10,063</td> <td>222,6</td> <td>23,284</td> <td>64,59</td> <td>72,3</td> </tr> </tbody> </table> <p> 5.- Dureza Shore D 4.- Módulo de Elasticidad de Compresión 3.- Esfuerzo Máximo de Compresión 2.- Módulo de Elasticidad de Tracción 1.- Esfuerzo máximo de Tracción </p>		Propiedades Mecánicas	1	2	3	4	5	70% - 30%	10,063	222,6	23,284	64,59	72,3	<p>Análisis de Resultados</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Propiedades Mecánicas</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>60% - 40%</td> <td>7,897</td> <td>197</td> <td>11,214</td> <td>31,9</td> <td>70,1</td> </tr> </tbody> </table> <p> 5.- Dureza Shore D 4.- Módulo de Elasticidad de Compresión 3.- Esfuerzo Máximo de Compresión 2.- Módulo de Elasticidad de Tracción 1.- Esfuerzo máximo de Tracción </p>		Propiedades Mecánicas	1	2	3	4	5	60% - 40%	7,897	197	11,214	31,9	70,1
Propiedades Mecánicas	1	2	3	4	5																						
70% - 30%	10,063	222,6	23,284	64,59	72,3																						
Propiedades Mecánicas	1	2	3	4	5																						
60% - 40%	7,897	197	11,214	31,9	70,1																						
<p>Análisis de Resultados</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Propiedades Mecánicas</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50% - 50%</td> <td>7,148</td> <td>226,6</td> <td>10,471</td> <td>29,08</td> <td>60,7</td> </tr> </tbody> </table> <p> 5.- Dureza Shore D 4.- Módulo de Elasticidad de Compresión 3.- Esfuerzo Máximo de Compresión 2.- Módulo de Elasticidad de Tracción 1.- Esfuerzo máximo de Tracción </p>		Propiedades Mecánicas	1	2	3	4	5	50% - 50%	7,148	226,6	10,471	29,08	60,7														
Propiedades Mecánicas	1	2	3	4	5																						
50% - 50%	7,148	226,6	10,471	29,08	60,7																						

Fuente: Autor

En la Tabla 3.13, se muestran los valores promedios obtenidos en los ensayos de tracción, compresión y dureza Shore D, de los cuales se procede a escoger los mejores resultados para después determinar que fracción volumétrica es la ideal para la aplicación de este proyecto de investigación, donde el esfuerzo máximo a la tracción tiene un valor de 10,063 MPa y el esfuerzo máximo a la compresión con un valor de 23,284 MPa, siendo estos los mejores resultados de las probetas ensayadas correspondientes a la fracción volumétrica 70% Matriz- 30% Refuerzo.

Los mejores resultados obtenidos del módulo de elasticidad obtenidos en los ensayos a tracción y compresión equivalen a 226,6 MPa correspondiente al módulo de elasticidad a la tracción teniendo una fracción volumétrica de 50% Matriz- 50% Refuerzo, y 64,59 MPa el módulo de elasticidad a la compresión correspondiente a la fracción volumétrica 70% Matriz- 30% Refuerzo.

El mejor resultado promedio obtenido en el ensayo de dureza equivale a 72,3 dureza Shore D correspondiente a la fracción volumétrica 70% Matriz- 30% Refuerzo, teniendo una excelente resistencia a la penetración.

3.1.3. **Análisis de Datos**

De acuerdo con el análisis de resultados la mejor composición para la realización del material compuesto es la fracción volumétrica 70% Matriz - 30% Refuerzo, debido a que sus propiedades mecánicas son las mejores.

Para el análisis de los factores de entrada y la respuesta experimental, se realizará la verificación de la hipótesis planteada con la aplicación del método ANOVA de un factor, el cual se aplica para las propiedades mecánicas obtenidas en los ensayos de tracción, compresión y dureza Shore D. En la Tabla 3.14, se muestran los valores con tres niveles para la verificación de la hipótesis.

Tabla 3. 14. Datos obtenidos de los ensayos

No.	ENSAYO DE TRACCIÓN			ENSAYO DE COMPRESIÓN				ENSAYO DE DUREZA			
	Fracción Volumétrica	Esfuerzo Máximo de Tracción (Mpa)	Módulo de Elasticidad (Mpa)	% de Elongación	Esfuerzo Máximo de Compresión (Mpa)	Esfuerzo de Fluencia (Mpa)	% de Deformación	Módulo de Elasticidad (Mpa)	Medición 1	Medición 2	Dureza Shore D
1	70% - 30%	12,28	197,51	8,08	28,4	23	37,11	76,51	71,5	71	71,25
2	70% - 30%	10,36	220,06	6,12	18,33	10,29	37,02	49,53	73	73	73
3	70% - 30%	9,36	175,5	6,937	26,94	17,4	37,08	72,63	74	71,5	72,75
4	70% - 30%	10,82	282,69	4,974	22,39	14,47	36,84	60,76	75	71	73
5	70% - 30%	7,5	237,35	4,107	20,37	16,35	32,07	63,5	72,5	70,5	71,5
1	60% - 40%	8,21	185,67	5,748	15,88	9,3	36,17	43,91	69,5	70,5	70
2	60% - 40%	9,05	242,7	4,85	10,38	4,66	32,52	31,93	70,5	71,5	71
3	60% - 40%	7,04	177,89	5,145	5,66	2,04	35,41	15,97	71	68,5	69,75
4	60% - 40%	7,92	209,97	4,903	11,53	4,83	35,23	32,73	71	69	70
5	60% - 40%	7,26	168,66	5,597	12,62	5,34	36,1	34,96	69,5	70	69,75
1	50% - 50%	7,59	236,61	3,21	11,19	6,93	36,7	30,49	60,5	61,5	61
2	50% - 50%	7,05	235,81	2,99	12,27	6,56	36,61	33,51	61	61	61
3	50% - 50%	7,77	253,97	3,06	10,86	5,61	35,58	30,53	62	60,5	61,25
4	50% - 50%	6,9	193,79	3,56	9,04	6,11	36,1	25,04	60,5	60,5	60,5
5	50% - 50%	6,45	212,77	3,03	9	3,4	34,8	25,85	58,5	61	59,75

Fuente: Autor

3.1.4. Análisis del Esfuerzo Máximo a la Tracción

3.1.4.1. Verificación de Supuestos

Para la realización de la aplicación de la investigación, es necesario primero proceder a la realización de las pruebas planteadas y el análisis respectivo a cada uno de los ensayos a tracción, con la aplicación de pruebas paramétricas, donde se asegurará el cumplimiento de los supuestos que consten de una distribución normal, una igualdad de varianzas e independencia de los residuos, dando como resultado la veracidad de estos.

Hipótesis de supuestos del esfuerzo máximo de tracción

H_0 : El esfuerzo máximo a la tracción del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho posee una distribución normal.

H_1 : El esfuerzo máximo de tracción del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho no posee una distribución normal.

Tabla 3. 15. Comprobación de los supuestos del esfuerzo máximo a tracción.

Supuesto de Normalidad del Esfuerzo Máximo de Tracción	
<p>Gráfica de probabilidad de Esf. Max. Trac Normal</p> <p>Media 8,371 Desv.Est. 1,674 N 15 KS 0,206 Valor p 0,085</p>	Significancia Predefinida
	0,05
	Valor-p
	0,085
	No se rechaza la Hipótesis Nula
Los datos del esfuerzo máximo de tracción constan de una distribución normal.	
Supuesto de Igualdad de Varianzas del Esfuerzo Máximo de Tracción	
<p>Prueba de igualdad de varianzas: Esf. Max. Trac vs. Fracc. Vol. Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar, $\alpha = 0,05$</p> <p>Comparaciones múltiples Valor p 0,138 Prueba de Levene Valor p 0,204</p> <p><i>Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente diferentes.</i></p>	Significancia Predefinida
	0,05
	Valor-p
	0,204
	No se rechaza la Hipótesis Nula
Los tratamientos del esfuerzo máximo de tracción constan de una igualdad de varianzas.	
Supuesto de independencia de Residuos	
<p>vs. orden (la respuesta es Esf. Max. Trac)</p>	<p>Para confirmar la existencia de supuestos de independencia de residuos versus el orden de observación del esfuerzo máximo de tracción, el cual se demuestra en la gráfica no tener una tendencia o un patrón definido, dando como resultado la existencia de una independencia de residuos.</p>

Fuente: Autor

Una vez realizado la comprobación de los supuestos, se procede a comprobar la variabilidad del esfuerzo máximo a tracción, dando como resultado la generación de la tabla con los valores estadísticos de ANOVA los cuales verifican la correcta aclaración de los resultados obtenidos.

3.1.4.2. Análisis de Varianza

La aplicación del análisis de varianza demostrada en la Tabla 3.16, permite definir la existencia de las distintas significancias en los procedimientos. Con la obtención del valor- p se procede a determinar que si existe una disparidad significativa entre las fracciones volumétricas.

Tabla 3. 16. ANOVA aplicada al esfuerzo máximo a tracción

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor-p
Fracc. Vol.	2	22,89	11,445	8,40	0,005
Error	12	16,35	1,362		
Total	14	39,24			

Fuente: Autor

Una vez obtenido el valor- p , es necesario considerar el valor de R^2 coeficiente de determinación se detallan en la Tabla 3.17, con la finalidad de escoger la mejor decisión en el instante de seleccionar el mejor acoplamiento.

Tabla 3. 17. Coeficiente de determinación del esfuerzo máximo a tracción.

R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
58,34%	51,39%

Fuente: Autor

En la Tabla 3.18 se agrupa la información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%, el cual nos indica que el mejor resultado de la fracción volumétrica es la de (70% - 30%) corroborando la información anteriormente especificada en el literal 3.1.2., siendo este el mejor valor individual de la agrupación.

Tabla 3. 18. Comparaciones en parejas de Turkey

Fracc. Vol.	N	Media	Agrupación	
70% - 30%	5	10,064	A	
60% - 40%	5	7,896		B
50% - 50%	5	7,152		B

Fuente: Autor

3.1.5. Análisis del Módulo de Elasticidad a Tracción

3.1.5.1. Verificación de supuestos del Módulo de Elasticidad a Tracción

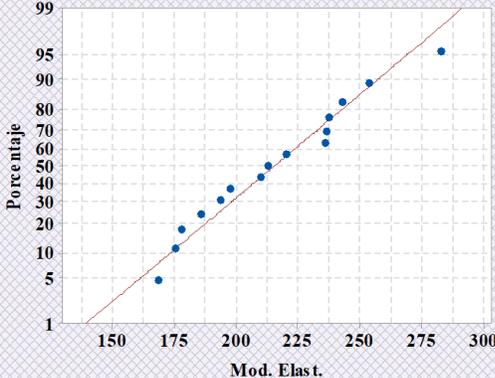
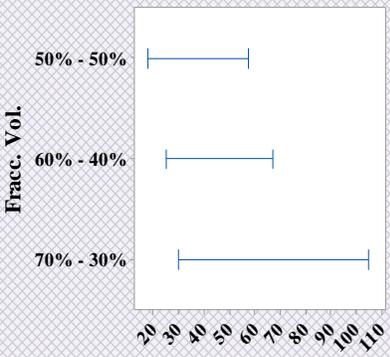
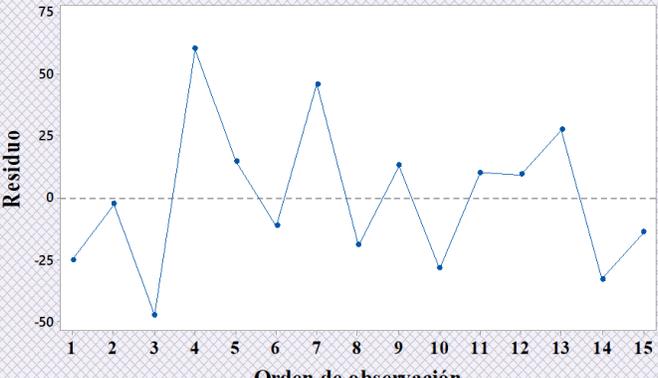
Para la realización de la aplicación de la investigación, es necesario primero proceder a la realización de las pruebas planteadas y el análisis respectivo a cada uno de los ensayos a tracción, con la aplicación de pruebas paramétricas, donde se asegurará el cumplimiento de los supuestos que consten de una distribución normal, una igualdad de varianza e independencia de los residuos, dando como resultado la veracidad de estos.

Hipótesis de supuestos del módulo de elasticidad de tracción

H_0 : El módulo de elasticidad a tracción del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho posee una distribución normal.

H_1 : El módulo de elasticidad a tracción del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho no posee una distribución normal.

Tabla 3. 19. Comprobación de los supuestos del módulo de elasticidad a tracción.

Supuesto de Normalidad del Módulo de Elasticidad de Tracción	
<p>Gráfica de probabilidad de Mod. Elast. Normal</p>  <p>Media 215,4 Desv.Est. 32,76 N 15 KS 0,133 Valor p >0,150</p>	<p>Significancia Predefinida</p> <hr/> <p>0,05</p> <hr/> <p>Valor-p</p> <hr/> <p>0,15</p> <hr/> <p>No se rechaza la Hipótesis Nula</p> <hr/> <p>Los datos del módulo de elasticidad a tracción constan de una distribución normal.</p>
Supuesto de Igualdad de Varianzas del Módulo de Elasticidad de Tracción	
<p>Prueba de igualdad de varianzas: Mod. Elast. vs. Fracc. Vol. Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar, $\alpha = 0,05$</p>  <p>Comparaciones múltiples Valor p 0,533 Prueba de Levene Valor p 0,653</p> <p><i>Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente diferentes.</i></p>	<p>Significancia Predefinida</p> <hr/> <p>0,05</p> <hr/> <p>Valor-p</p> <hr/> <p>0,653</p> <hr/> <p>No se rechaza la Hipótesis Nula</p> <hr/> <p>Los tratamientos del módulo de elasticidad a tracción constan de una igualdad de varianzas.</p>
Supuesto de independencia de Residuos	
<p>vs. orden (la respuesta es Mod. Elast.)</p> 	<p>Para confirmar la existencia de supuestos de independencia de residuos versus el orden de observación del módulo de elasticidad a tracción, el cual se demuestra en la gráfica no tener una tendencia o un patrón definido, dando como resultado la existencia de una independencia de residuos.</p>

Fuente: Autor

Una vez realizado la comprobación de los supuestos, se procede a comprobar la variabilidad del módulo de elasticidad a tracción, dando como resultado la generación de la tabla con los valores estadísticos de ANOVA los cuales verifican la correcta aclaración de los resultados obtenidos.

3.1.5.2. Análisis de Varianza

La aplicación del análisis de varianza demostrada en la Tabla 3.20, permite definir la existencia de las distintas significancias en los procedimientos. Con la obtención del valor- p se procede a determinar que si existe una disparidad significativa entre las fracciones volumétricas.

Tabla 3. 20. ANOVA aplicada al módulo de elasticidad a tracción

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	2	2583.7	1291.86	1.25	0.322
Fracc. Vol.	1	39.4	39.36	0.04	0.849
Fracc. Vol.*Fracc. Vol.	1	2544.4	2544.35	2.45	0.143
Error	12	12438.1	1036.51		
Total	14	15021.8			

Fuente: Autor

Se analiza un modelo que desglosa las fuentes de variabilidad detalladamente, en este modelo se considera la variabilidad de la fracción volumétrica y la variabilidad de la fracción volumétrica al cuadrado, con todo esto se evidencia que no existen términos que aporten significativamente al cambio en la media global del módulo de elasticidad.

Se puede afirmar que, de acuerdo con la evidencia analizada, la variación de la fracción volumétrica en los niveles anteriormente mencionados, no producen un cambio significativo en el módulo de elasticidad.

Tabla 3. 21. Coeficiente de determinación del módulo de elasticidad a tracción.

R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
17,20%	3,40%

Fuente: Autor

En la Tabla 3.22 se agrupa la información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%, el cual nos indica que no se puede obtener un caso optimo debido a que todos los casos son similares.

Tabla 3. 22. Comparaciones en parejas de Turkey

Fracc. Vol.	N	Media	Agrupación
50% - 50%	5	226,6	A
70% - 30%	5	222,6	A
60% - 40%	5	197,0	A

Fuente: Autor

3.1.6. Análisis del % de Elongación a Tracción

3.1.6.1. Verificación del supuesto del % de Elongación a Tracción

Para la realización de la aplicación de la investigación, es necesario primero proceder a la realización de las pruebas planteadas y el análisis respectivo a cada uno de los ensayos a tracción, con la aplicación de pruebas paramétricas, donde se asegurará el cumplimiento de los supuestos que consten de una distribución normal, una igualdad de varianza e independencia de los residuos, dando como resultado la veracidad de estos.

Hipótesis de supuestos del módulo de elasticidad de tracción

H_0 : El % de elongación a tracción del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho posee una distribución normal.

H_1 : El % de elongación a tracción del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho no posee una distribución normal.

Tabla 3. 23. Comprobación de los supuestos del % de elongación a tracción.

Supuesto de Normalidad del % de Elongación de Tracción	
<p>Gráfica de probabilidad de % de Elongación Normal</p>	<p>Significancia Predefinida</p> <p>0,05</p> <p>Valor-p</p> <p>0,15</p> <p>No se rechaza la Hipótesis Nula</p> <p>Los datos del % de elongación a tracción constan de una distribución normal.</p>
Supuesto de Igualdad de Varianzas del % de Elongación de Tracción	
<p>Prueba de igualdad de varianzas: % de Elongación vs. Fracc. Vol. Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar, $\alpha = 0,05$</p> <p><i>Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente</i></p>	<p>Significancia Predefinida</p> <p>0,05</p> <p>Valor-p</p> <p>0,017</p> <p>Se rechaza la Hipótesis Nula</p> <p>Los tratamientos del % de elongación a tracción no constan de una igualdad de varianza.</p>
Supuesto de independencia de Residuos	
<p>vs. orden (la respuesta es % de Elongación)</p>	<p>Para confirmar la existencia de supuestos de independencia de residuos versus el orden de observación del % de elongación a tracción, el cual se demuestra en la gráfica no tener una tendencia o un patrón definido, dando como resultado la existencia de una independencia de residuos.</p>

Fuente: Autor

Una vez realizado la comprobación de los supuestos, se procede a comprobar la variabilidad del % de elongación a tracción, dando como resultado la generación de la tabla con los valores estadísticos de ANOVA los cuales verifican la correcta aclaración de los resultados obtenidos.

3.1.6.2. Análisis de Varianza

La aplicación del análisis de varianza demostrada en la Tabla 3.24, permite definir la existencia de las distintas significancias en los procedimientos. Con la obtención del valor- p se procede a determinar que si existe una disparidad significativa entre las fracciones volumétricas.

Tabla 3. 24. ANOVA aplicada al % de elongación a tracción

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Fracc. Vol.	2	22,02	11,0085	12,32	0,001
Error	12	10,72	0,8936		
Total	14	32,74			

Fuente: Autor

Una vez obtenido el valor- p , es necesario considerar el valor de R^2 coeficiente de determinación se detallan en la Tabla 3.25, con la finalidad de escoger la mejor decisión en el instante de seleccionar el mejor acoplamiento.

Tabla 3. 25. Coeficiente de determinación del módulo de elasticidad a tracción.

R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
67,25%	61,79%

Fuente: Autor

En la Tabla 3.26 se agrupa la información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%, el cual nos indica que el mejor resultado de la fracción volumétrica es la de (70%

- 30%) corroborando la información anteriormente especificada en el literal 3.1.2., siendo este el mejor valor individual de la agrupación.

Tabla 3. 26. Comparaciones en parejas de Turkey

Fracc. Vol.	N	Media	Agrupación	
70% - 30%	5	6,044	A	
60% - 40%	5	5,249	A	
50% - 50%	5	3,170		B

Fuente: Autor

3.1.7. Análisis del Esfuerzo Máximo a la Compresión

3.1.7.1. Verificación de Supuestos del Esfuerzo Máximo a la Compresión

Para la realización de la aplicación de la investigación, es necesario primero proceder a la realización de las pruebas planteadas y el análisis respectivo a cada uno de los ensayos a compresión, con la aplicación de pruebas paramétricas, donde se asegurará el cumplimiento de los supuestos que consten de una distribución normal, una igualdad de varianza e independencia de los residuos, dando como resultado la veracidad de estos.

Hipótesis de supuestos del esfuerzo máximo a la compresión

H_0 : El esfuerzo máximo a la compresión del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho posee una distribución normal.

H_1 : El esfuerzo máximo a la compresión del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho no posee una distribución normal.

Tabla 3. 27. Comprobación de los supuestos del esfuerzo máximo a la compresión.

Supuesto de Normalidad del Esfuerzo Máximo de Compresión	
<p>Gráfica de probabilidad de Esf. Max. Comp</p> <p>Normal</p> <p>Media 14,99 Desv.Est. 6,837 N 15 KS 0,236 Valor p 0,033</p>	<p>Significancia Predefinida</p> <p>0,05</p> <p>Valor-p</p> <p>0,033</p> <p>Se rechaza la Hipótesis Nula</p> <p>Los datos del esfuerzo máximo a compresión no constan de una distribución normal.</p>
Supuesto de Igualdad de Varianzas del Esfuerzo Máximo de Compresion	
<p>Prueba de igualdad de varianzas: Esf. Max. Comp vs. Fracc. Vol.</p> <p>Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar, $\alpha = 0,05$</p> <p>Comparaciones múltiples Valor p 0,066 Prueba de Levene Valor p 0,252</p> <p>Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente</p>	<p>Significancia Predefinida</p> <p>0,05</p> <p>Valor-p</p> <p>0,252</p> <p>No se rechaza la Hipótesis Nula</p> <p>Los tratamientos del esfuerzo máximo a compresión constan de una igualdad de varianzas.</p>
Supuesto de independencia de Residuos	
<p>vs. orden</p> <p>(la respuesta es Esf. Max. Comp)</p> <p>Orden de observación</p>	<p>Para confirmar la existencia de supuestos de independencia de residuos versus el orden de observación del esfuerzo máximo a compresión, el cual se demuestra en la gráfica no tener una tendencia o un patrón definido, dando como resultado la existencia de una independencia de residuos.</p>

Fuente: Autor

Una vez realizado la comprobación de los supuestos, se procede a comprobar la variabilidad del esfuerzo máximo a la compresión, dando como resultado la generación de la tabla con los valores estadísticos de ANOVA los cuales verifican la correcta aclaración de los resultados obtenidos.

3.1.7.2. Análisis de Varianza

La aplicación del análisis de varianza demostrada en la Tabla 3.28, permite definir la existencia de las distintas significancias en los procedimientos. Con la obtención del valor- p se procede a determinar que si existe una disparidad significativa entre las fracciones volumétricas.

Tabla 3. 28. ANOVA aplicado al esfuerzo máximo a la compresión

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Fracc. Vol.	2	517,5	258,74	22,68	0,000
Error	12	136,9	11,41		
Total	14	654,4			

Fuente: Autor

Una vez obtenido el valor- p , es necesario considerar el valor de R^2 coeficiente de determinación se detallan en la Tabla 3.29, con la finalidad de escoger la mejor decisión en el instante de seleccionar el mejor acoplamiento.

Tabla 3. 29. Coeficiente de determinación del esfuerzo máximo a la compresión.

R-cuad.	R-cuad.(ajustado)
79,08%	75,60%

Fuente: Autor

En la Tabla 3.30 se agrupa la información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%, el cual nos indica que el mejor resultado de la fracción volumétrica es la de (70% - 30%) corroborando la información anteriormente especificada en el literal 3.1.2., siendo este el mejor valor individual de la agrupación.

Tabla 3. 30. Comparaciones en parejas de Turkey

Fracc. Vol.	N	Media	Agrupación	
70% - 30%	5	23,29	A	
60% - 40%	5	11,21		B
50% - 50%	5	10,472		B

Fuente: Autor

3.1.8. Análisis del Esfuerzo de Fluencia a la Compresión

3.1.8.1. Verificación de Supuestos del Esfuerzo de Fluencia a la Compresión

Para la realización de la aplicación de la investigación, es necesario primero proceder a la realización de las pruebas planteadas y el análisis respectivo a cada uno de los ensayos a compresión, con la aplicación de pruebas paramétricas, donde se asegurará el cumplimiento de los supuestos que consten de una distribución normal, una igualdad de varianza e independencia de los residuos, dando como resultado la veracidad de estos.

Hipótesis de supuestos del esfuerzo de fluencia a la compresión

H_0 : El esfuerzo de fluencia a la compresión del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho posee una distribución normal.

H_1 : El esfuerzo de fluencia a la compresión del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho no posee una distribución normal.

Tabla 3. 31. Comprobación de los supuestos del esfuerzo de fluencia a la compresión.

Supuesto de Normalidad del Esfuerzo de Fluencia de Compresión	
<p>Gráfica de probabilidad de Esf. Fluencia Normal</p>	<p>Significancia Predefinida</p> <hr/> <p>0,05</p> <hr/> <p>Valor-p</p> <hr/> <p>0,029</p> <hr/> <p>Se rechaza la Hipótesis Nula</p> <hr/> <p>Los datos del esfuerzo de fluencia a compresión no constan de una distribución normal.</p>
Supuesto de Igualdad de Varianzas del Esfuerzo de Fluencia de Compresión	
<p>Prueba de igualdad de varianzas: Esf. Fluencia vs. Fracc. Vol. Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar, $\alpha = 0,05$</p> <p><i>Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente</i></p>	<p>Significancia Predefinida</p> <hr/> <p>0,05</p> <hr/> <p>Valor-p</p> <hr/> <p>0,288</p> <hr/> <p>No se rechaza la Hipótesis Nula</p> <hr/> <p>Los tratamientos del esfuerzo de fluencia a compresión constan de una igualdad de varianza.</p>
Supuesto de independencia de Residuos	
<p>vs. orden (la respuesta es Esf. Fluencia)</p>	<p>Para confirmar la existencia de supuestos de independencia de residuos versus el orden de observación del esfuerzo de fluencia a compresión, el cual se demuestra en la gráfica no tener una tendencia o un patrón definido, dando como resultado la existencia de una independencia de residuos.</p>

Fuente: Autor

Una vez realizado la comprobación de los supuestos, se procede a comprobar la variabilidad del esfuerzo de fluencia a la compresión, dando como resultado la generación de la tabla con los valores estadísticos de ANOVA los cuales verifican la correcta aclaración de los resultados obtenidos.

3.1.8.2. Análisis de Varianza

La aplicación del análisis de varianza demostrada en la Tabla 3.32, permite definir la existencia de las distintas significancias en los procedimientos. Con la obtención del valor- p se procede a determinar que si existe una disparidad significativa entre las fracciones volumétricas.

Tabla 3. 32. ANOVA aplicado al esfuerzo de fluencia a la compresión

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Fracc. Vol.	2	391,1	195,56	19,47	0,000
Error	12	120,5	10,04		
Total	14	511,7			

Fuente: Autor

Una vez obtenido el valor- p , es necesario considerar el valor de R^2 coeficiente de determinación se detallan en la Tabla 3.33, con la finalidad de escoger la mejor decisión en el instante de seleccionar el mejor acoplamiento.

Tabla 3. 33. Coeficiente de determinación del esfuerzo de fluencia a la compresión.

R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
76,44%	72,52%

Fuente: Autor

En la Tabla 3.34, se agrupa la información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%, el cual nos indica que el mejor resultado de la fracción volumétrica es la de (70% - 30%) corroborando la información anteriormente especificada en el literal 3.1.2., siendo este el mejor valor individual de la agrupación.

Tabla 3. 34. Comparaciones en parejas de Turkey

Fracc. Vol.	N	Media	Agrupación	
70% - 30%	5	16,30	A	
50% - 50%	5	5,722		B
60% - 40%	5	5,23		B

Fuente: Autor

3.1.9. Análisis del % de Deformación a la Compresión

3.1.9.1. Verificación de Supuestos del % de Deformación a la Compresión

Para la realización de la aplicación de la investigación, es necesario primero proceder a la realización de las pruebas planteadas y el análisis respectivo a cada uno de los ensayos a compresión, con la aplicación de pruebas paramétricas, donde se asegurará el cumplimiento de los supuestos que consten de una distribución normal, una igualdad de varianza e independencia de los residuos, dando como resultado la veracidad de estos.

Hipótesis de supuestos del % de deformación a la compresión

H_0 : El % de deformación a la compresión del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho posee una distribución normal.

H_1 : El % de deformación a la compresión del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho no posee una distribución normal.

Tabla 3. 35. Comprobación de los supuestos del % de deformación a la compresión.

Supuesto de Normalidad del % de Deformación de Compresión	
<p>Gráfica de probabilidad de % de Deformación Normal</p>	<p>Significancia Predefinida</p>
	0,05
	Valor-p
	0.09
	No se rechaza la Hipótesis Nula
	Los datos del % de deformación a compresión constan de una distribución normal.
Supuesto de Igualdad de Varianzas del % de Deformación de Compresión	
<p>Prueba de igualdad de varianzas: % de Deformación vs. Fracc. Vol. Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar, $\alpha = 0,05$</p> <p><i>Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente</i></p>	<p>Significancia Predefinida</p>
	0,05
	Valor-p
	0.873
	No se rechaza la Hipótesis Nula
	Los tratamientos del % de deformación a compresión constan de una igualdad de varianza.
Supuesto de independencia de Residuos	
<p>vs. orden (la respuesta es % de Deformación)</p>	<p>Para confirmar la existencia de supuestos de independencia de residuos versus el orden de observación del % de deformación a compresión, el cual se demuestra en la gráfica no tener una tendencia o un patrón definido, dando como resultado la existencia de una independencia de residuos.</p>

Fuente: Autor

Una vez realizado la comprobación de los supuestos, se procede a comprobar la variabilidad del % de deformación a la compresión, dando como resultado la generación de la tabla con los valores estadísticos de ANOVA los cuales verifican la correcta aclaración de los resultados obtenidos.

3.1.9.2. Análisis de Varianza

La aplicación del análisis de varianza demostrada en la Tabla 3.36, permite definir la existencia de las distintas significancias en los procedimientos. Con la obtención del valor- p se procede a determinar que si existe una disparidad significativa entre las fracciones volumétricas.

Tabla 3. 36. ANOVA aplicado al % de deformación a la compresión

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	2	2.7410	1.37049	0.53	0.601
Fracc. Vol.	1	0.0109	0.01089	0.00	0.949
Fracc. Vol.*Fracc. Vol.	1	2.7301	2.73008	1.06	0.324
Error	12	30.9795	2.58163		
Total	14	33.7205			

Fuente: Autor

Se analiza un modelo que desglosa las fuentes de variabilidad detalladamente, en este modelo se considera la variabilidad de la fracción volumétrica y la variabilidad de la fracción volumétrica al cuadrado, con todo esto se evidencia que no existen términos que aporten significativamente al cambio en la media global del porcentaje de deformación.

Se puede afirmar que, de acuerdo con la evidencia analizada, la variación de la fracción volumétrica en los niveles anteriormente mencionados, no producen un cambio significativo en el porcentaje de deformación.

Tabla 3. 37. Coeficiente de determinación del esfuerzo de fluencia a la compresión.

R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
8,13%	0,00%

Fuente: Autor

En la Tabla 3.38, se agrupa la información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%, el cual nos indica que no se puede obtener un caso óptimo debido a que todos los casos son similares.

Tabla 3. 38. Comparaciones en parejas de Turkey

Fracc. Vol.	N	Media	Agrupación
70% - 30%	5	36,024	A
50% - 50%	5	35,958	A
60% - 40%	5	35,086	A

Fuente: Autor

3.1.10. Análisis del Módulo de Elasticidad a la Compresión

3.1.10.1. Verificación de Supuestos del Módulo de Elasticidad a la Compresión

Para la realización de la aplicación de la investigación, es necesario primero proceder a la realización de las pruebas planteadas y el análisis respectivo a cada uno de los ensayos a compresión, con la aplicación de pruebas paramétricas, donde se asegurará el cumplimiento de los supuestos que consten de una distribución normal, una igualdad de varianzas e independencia de los residuos, dando como resultado la veracidad de estos.

Hipótesis de supuestos del módulo de elasticidad a la compresión

H_0 : El módulo de elasticidad a la compresión del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho posee una distribución normal.

H_1 : El módulo de elasticidad a la compresión del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho no posee una distribución normal.

Tabla 3. 39. Comprobación de los supuestos del módulo de elasticidad a la compresión.

Supuesto de Normalidad del Módulo de Elasticidad de Compresión	
<p>Gráfica de probabilidad de Mod. Elast. Comp Normal</p>	<p>Significancia Predefinida</p> <p>0,05</p> <p>Valor-p</p> <p>0,023</p> <p>Se rechaza la Hipótesis Nula</p> <p>Los datos del módulo de elasticidad a compresión no constan de una distribución normal.</p>
Supuesto de Igualdad de Varianzas del Módulo de Elasticidad de Compresión	
<p>Prueba de igualdad de varianzas: Mod. Elast. Comp vs. Fracc. Vol. Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar, $\alpha = 0,05$</p> <p><i>Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente diferentes.</i></p>	<p>Significancia Predefinida</p> <p>0,05</p> <p>Valor-p</p> <p>0,382</p> <p>No se rechaza la Hipótesis Nula</p> <p>Los tratamientos del módulo de elasticidad a compresión constan de una igualdad de varianzas.</p>
Supuesto de independencia de Residuos	
<p>vs. orden (la respuesta es Mod. Elast. Comp)</p>	<p>Para confirmar la existencia de supuestos de independencia de residuos versus el orden de observación del módulo de elasticidad a compresión, el cual se demuestra en la gráfica no tener una tendencia o un patrón definido, dando como resultado la existencia de una independencia de residuos.</p>

Fuente: Autor

Una vez realizado la comprobación de los supuestos, se procede a comprobar la variabilidad del módulo de elasticidad a la compresión, dando como resultado la generación de la tabla con los valores estadísticos de ANOVA los cuales verifican la correcta aclaración de los resultados obtenidos.

3.1.10.2. Análisis de Varianza

La aplicación del análisis de varianza demostrada en la Tabla 3.40, permite definir la existencia de las distintas significancias en los procedimientos. Con la obtención del valor- p se procede a determinar que si existe una disparidad significativa entre las fracciones volumétricas.

Tabla 3. 40. ANOVA aplicado al módulo de elasticidad a la compresión

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Fracc. Vol.	2	3894,5	1947,25	25,74	0,000
Error	12	907,9	75,66		
Total	14	4802,4			

Fuente: Autor

Una vez obtenido el valor- p , es necesario considerar el valor de R^2 coeficiente de determinación se detallan en la Tabla 3.41, con la finalidad de escoger la mejor decisión en el instante de seleccionar el mejor acoplamiento.

Tabla 3. 41. Coeficiente de determinación del esfuerzo de fluencia a la compresión.

R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
81,09%	77,94%

Fuente: Autor

En la Tabla 3.42 se agrupa la información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%, el cual nos indica que el mejor resultado de la fracción volumétrica es la de (70% - 30%) corroborando la información anteriormente especificada en el literal 3.1.2., siendo este el mejor valor individual de la agrupación.

Tabla 3. 42. Comparaciones en parejas de Turkey

Fracc. Vol.	N	Media	Agrupación	
70% - 30%	5	64,59	A	
60% - 40%	5	31,90		B
50% - 50%	5	29,08		B

Fuente: Autor

3.1.11. Análisis de la Dureza Shore D

3.1.11.1. Verificación de Supuestos de la Dureza Shore D

Para la realización de la aplicación de la investigación, es necesario primero proceder a la realización de las pruebas planteadas y el análisis respectivo del ensayo de dureza shore D, con la aplicación de pruebas paramétricas, donde se asegurará el cumplimiento de los supuestos que consten de una distribución normal, una igualdad de varianza e independencia de los residuos, dando como resultado la veracidad de estos.

Hipótesis de supuestos de la dureza Shore D

H_0 : La dureza Shore D del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho posee una distribución normal.

H_1 : La dureza Shore D del material compuesto de matriz poliuretano reforzado con partículas de caucho no posee una distribución normal.

Tabla 3. 43. Comprobación de los supuestos de la dureza Shore D

Supuesto de Normalidad de Dureza Shore D	
<p>Gráfica de probabilidad de Dureza Normal</p>	<p>Significancia Predefinida</p> <hr/> <p>0,05</p> <hr/> <p>Valor-p</p> <hr/> <p>0,01</p> <hr/> <p>Se rechaza la Hipótesis Nula</p> <hr/> <p>Los datos de dureza shore D no constan de una distribución normal.</p>
Supuesto de Igualdad de Varianzas de Dureza Shore D	
<p>Prueba de igualdad de varianzas: Dureza vs. Fracc. Vol. Múltiples intervalos de comparación para la desviación estándar, $\alpha = 0,05$</p> <p><i>Si los intervalos no se superponen, las Desv.Est. correspondientes son significativamente</i></p>	<p>Significancia Predefinida</p> <hr/> <p>0,05</p> <hr/> <p>Valor-p</p> <hr/> <p>0,593</p> <hr/> <p>No se rechaza la Hipótesis Nula</p> <hr/> <p>Los tratamientos de dureza shore D constan de una igualdad de varianzas.</p>
Supuesto de independencia de Residuos	
<p>vs. orden (la respuesta es Dureza)</p>	<p>Para confirmar la existencia de supuestos de independencia de residuos versus el orden de observación de dureza shore D, el cual se demuestra en la gráfica no tener una tendencia o un patrón definido, dando como resultado la existencia de una independencia de residuos.</p>

Fuente: Autor

Una vez realizado la comprobación de los supuestos, se procede a comprobar la variabilidad de la dureza Shore D, dando como resultado la generación de la tabla con los valores estadísticos de ANOVA los cuales verifican la correcta aclaración de los resultados obtenidos.

3.1.11.2. Análisis de Varianza

La aplicación del análisis de varianza demostrada en la Tabla 3.44, permite definir la existencia de las distintas significancias en los procedimientos. Con la obtención del valor- p se procede a determinar que si existe una disparidad significativa entre las fracciones volumétricas.

Tabla 3. 44. ANOVA aplicado a la dureza Shore D

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Fracc. Vol.	2	379,600	189,800	419,83	0,000
Error	12	5,425	0,452		
Total	14	385,025			

Fuente: Autor

Una vez obtenido el valor- p , es necesario considerar el valor de R^2 coeficiente de determinación se detallan en la Tabla 3.45, con la finalidad de escoger la mejor decisión en el instante de seleccionar el mejor acoplamiento.

Tabla 3. 45. Coeficiente de determinación del esfuerzo de fluencia a la compresión.

R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
98,59%	98,36%

Fuente: Autor

En la Tabla 3.46, se agrupa la información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%, el cual nos indica que el mejor resultado de la fracción volumétrica es la de (70% - 30%) corroborando la información anteriormente especificada en el literal 3.1.2., siendo este el mejor valor individual de la agrupación.

Tabla 3. 46. Comparaciones en parejas de Turkey

Fracc. Vol.	N	Media	Agrupación		
70% - 30%	5	72,300	A		
60% - 40%	5	70,100		B	
50% - 50%	5	60,700			C

Fuente: Autor

3.2. Verificación de la Hipótesis

Para probar la hipótesis:

H₀: La variación de la fracción volumétrica del material compuesto de matriz de poliuretano y refuerzo de partículas de caucho no influye en las propiedades mecánicas de la lámina para pista atlética.

H₁: La variación de la fracción volumétrica del material compuesto de matriz de poliuretano y refuerzo de partículas de caucho influye en las propiedades mecánicas de la lámina para pista atlética.

Se emplea un análisis basado en la función de deseabilidad para englobar las 8 propiedades mecánicas en un único análisis objetivo, la deseabilidad global se estima mediante dos grupos de límites para generar dos réplicas y poder contar un modelo de ANOVA de un factor o Diseño Completamente Aleatorizado (DCA). En la Tabla 3.47, se establece los límites para la primera replica de la deseabilidad global.

Tabla 3. 47. Límites para la primera réplica de la deseabilidad global

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior
Esf. Max. Trac	Maximizar	6.45	12.28	
Mod. Elastic.	Maximizar	168.66	282.69	
% de Elongación	Minimizar		2.99	8.08
Esf. Max. Comp	Maximizar	5.66	28.40	

Esf. Fluencia	Maximizar	2.04	23.00	
% de Deformación	Minimizar		32.07	37.11
Mod. Elast. Comp	Maximizar	15.97	76.51	
Dureza	Maximizar	59.75	73.00	

Fuente: Autor

Tabla 3. 48. Límites para la segunda réplica de la deseabilidad global

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior
Esf. Max. Trac	Máximo	6.45	10.064	
Mod. Elastic.	Máximo	168.66	226.590	
% de Elongación	Mínimo		3.170	8.08
Esf. Max. Comp	Máximo	5.66	23.286	
Esf. Fluencia	Máximo	2.04	16.302	
% de Deformación	Mínimo		35.086	37.11
Mod. Elast. Comp	Máximo	15.97	64.586	
Dureza	Máximo	59.75	72.300	

Fuente: Autor

Tabla 3. 49. Con dos replicas se procede a efectuar el análisis de la varianza.

Fracc. Vol.	Deseabilidad Global
70% - 30%	0.563354
70% - 30%	0.821435
60% - 40%	0.318261
60% - 40%	0.464061
50% - 50%	0.229837
50% - 50%	0.335130

Fuente: Autor

Tabla 3. 50. Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	1	0.16803	0.16803	10.87	0.030
Fracc. Vol.	1	0.16803	0.16803	10.87	0.030
Error	4	0.06183	0.01546		
Falta de ajuste	1	0.01236	0.01236	0.75	0.450
Error puro	3	0.04948	0.01649		
Total	5	0.22986			

Fuente: Autor

Mediante un modelo que explica la variabilidad en un 73.10% y un valor-p de 0.030, en base a la evidencia analizada, se rechaza la hipótesis nula, aceptando la alternativa, la cual explica que:

H₁: La variación de la fracción volumétrica del material compuesto de matriz de poliuretano y refuerzo de partículas de caucho influye en las propiedades mecánicas de la lámina para pista atlética.

Esto da paso a encontrar una configuración óptima, siendo el caso ideal el que combina una fracción volumétrica 70% de la matriz - 30% del refuerzo.

3.2.1. Aplicación Industrial

Con respecto a la aplicación del proyecto de investigación “Estudio De Las Propiedades Mecánicas de la Lamina para Pista Atlética a Partir de Caucho Reciclado Utilizando Poliuretano”, el material compuesto formado con matriz de poliuretano y reforzado con partículas de caucho reciclado, donde la fracción volumétrica que posee mejores resultados se presenta a continuación:

Fracción volumétrica de 70% Poliuretano – 30% Partículas de caucho

Esfuerzo máximo de tracción: 12,28 MPa

Módulo de elasticidad: 282,69 Mpa

Porcentaje de elongación: 8,08

Esfuerzo máximo de compresión: 28,4 MPa

Esfuerzo de fluencia: 23 MPa

Porcentaje de deformación: 37,11

Módulo de elasticidad: 76,51 MPa

Dureza Shore D: 72,75

El material compuesto formado por la matriz de poliuretano y el refuerzo de partículas de caucho se considera como una alternativa viable para la fabricación de las láminas de 1 m² para pistas atléticas debido a que posee mejores propiedades mecánicas con referencia a la dureza Shore D calculada que es de 72,75, donde se las comparó con investigaciones anteriores realizadas por Cardona, L. y Sánchez, L. dando un valor de dureza en un rango de 80±5 y la dureza calculado por Criollo, A. donde da un valor de 60. De los valores de dureza comparados se establece que una de las alternativas para la elaboración de las láminas de 1 m² para pistas atléticas es la que está compuesta por la fracción volumétrica 70% Poliuretano – 30% Partículas de caucho.

Comparación con otras Investigaciones

Los datos alcanzados en la reciente investigación serán necesarios como referencia comparativa con las investigaciones descrita con los temas de “Aprovechamiento de llantas usadas para la fabricación de pisos decorativos” elaborado por Cardona, L. Y Sánchez, L. y “Caracterización de caucho reciclado proveniente de Scrap y de neumáticos fuera de uso para su potencial aplicación como materia prima” elaborado por Criollo, A. donde presentan los valores obtenidos en sus investigaciones, los cuales se escogieron los resultados que poseen excelentes propiedades mecánicas para la fabricación de pisos con la utilización de caucho. En el Anexo 4, literal 5. Tipos de pavimentos, especifica los requisitos de fabricación de los campos de atletismo establecidas bajo la norma UNE 41958 IN “pavimentos deportivos”.

Tabla 3. 51. Propiedades Mecánicas de los pisos de caucho

PROPIEDADES	NEGRO	OTROS COLORES	PRUEBA ICONTEC
Dureza	80+ 5	80+5	467
Densidad g/cm ³	1.57+0.1g/cc	1.57+0.1g/cc	456
Carga de ruptura psi	1200 mínimo	800 mínimo	444
Rasgado psi	200 mínimo	200 mínimo	445
Resistencia al desgaste 5%	60 mínimo	40 mínimo	502
Deformación por compresión %	40 mínimo	50 mínimo	724
Resistencia al marcado	Excelente	Excelente	
Resistencia eléctrica ohm cm	10 (13)	10(13)	Din51961
Aislamiento acústico db	25 mínimo	25 mínimo	Din 52210
Aislamiento térmico m ² kb	0.016	0.016	Din 52612

PROPIEDADES	RANGOS
Densidad	60pcf – 0.96g/cm ³
Dureza	(Shore A) 60
Resistencia al desgarro	80pli
Elongación	145 – 300%
Resistencia a la tensión	220PSI
Flexibilidad	¼” cilíndrica

Fuente: Autor

En la reciente investigación dispone que el material compuesto que posee mejores propiedades mecánicas es la que está constituida por la fracción volumétrica (70% - 30%), que está conformada por 70% de matriz (poliuretano) y el 30% de refuerzo (partículas de caucho reciclado) con una esfuerzo máximo a la tracción de 12,28 MPa y un porcentaje de deformación de 37,11%, en donde se establece que los resultados obtenidos en el trabajo experimental tienen relación con la ficha técnica “campos grandes y atletismo” localizada en el Anexo 4, con una resistencia a la tracción en pavimentos porosos de ≥ 0.4 MPa, para pavimentos no porosos ≥ 0.5 MPa y un alargamiento a la rotura de (E_r) de ≥ 40 %, siendo esta una de las alternativas para la fabricación de láminas para pistas atléticas debido a que cumple con las características mecánicas antes mencionadas.

3.2.2. Presupuesto

En la Tabla 3.52. se detalla el costo total de fabricación de una lámina para pista atlética de 1m² que está compuesta por la fracción volumétrica 70% - 30% la misma que posee las mejores propiedades mecánicas, donde se detalla los materiales con las cantidades exactas a utilizar y los gastos tanto directos como indirectos que intervienen en el proceso de fabricación.

Tabla 3. 52. Costo de fabricación de una lámina para pista atlética

Materia Prima	Detalle	Cantidad utilizada	Costo Total (\$)
Poliuretano	Resina de Poliuretano Cronodur PU-90 (A+B)	3,8 (kg)	50
Partícula de Caucho Reciclado	Granulometría: 0,05 mm - 1 mm.	3,564 (kg)	2,28
Cera Desmoldante	Diseñada para procesos de laminado por contacto.	20 (g)	0,533
Recipientes	-	1	5
Espatula	-	1	3
SUB TOTAL			60,813
Mano de obra directa			Costo Total (\$)
Obrero			1,64
SUB TOTAL			
Gastos Indirectos			Costo Total (\$)
Transporte			10
Alimentación			15
SUB TOTAL			25
IMPREVISTOS			15
TOTAL LÁMINA TERMINADO			100,813

Fuente: Autor

En la Tabla 3.53. se detalla el costo total de inversión que se requiere para la fabricación de los moldes con un área de 1m², donde se analiza los gastos de la materia prima, materiales y gastos directos e indirectos que intervienen en el proceso de fabricación.

Tabla 3. 53. Costo total de inversión para la fabricación de la lámina de pista atlética

Materia Prima	Detalle	Cantidad (u)	Costo (u)	Costo Total (\$)
Acero A36 de 1000x1000x6 mm	Para la fabricación de la tapa y la base del molde	2	43,5	87
Acero A36 de 1000x1000x12 mm	Se utilizó el acero A36 con el espesor de 12 mm para la realización del marco del molde.	1	95,67	95,67
Brocas	Se utilizó para agujerar las partes del molde.	2	3	6
Pernos	Se utilizan para sellar y ajustar el molde.	40	0,1	4
Tuercas		40	0,05	2
SUB TOTAL				194,67
Mano de obra directa				Costo Total (\$)
Soldadura				10
Taladrado				5
SUB TOTAL				14
Gastos Indirectos				Costo Total (\$)
Transporte				10
Alimentación				15
SUB TOTAL				25
Imprevistos				20
TOTAL PROYECTO TERMINADO				253,67

Fuente: Autor

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Las propiedades mecánicas obtenidas del material compuesto se las analizó con respecto a la granulometría y a la fracción volumétrica para los ensayos de tracción, compresión y dureza. Las propiedades mecánicas del ensayo a tracción al incrementar la concentración de poliuretano el esfuerzo máximo aumenta, al igual que el porcentaje de elongación, pero en el módulo de elasticidad existe un comportamiento inusual en la fracción volumétrica en el del 60% y el 50% de matriz respectivamente debido a un comportamiento creciente-decreciente, dando valores más altos en la fracción volumétrica del 50% de matriz que en los del 60% de matriz. Las propiedades mecánicas en el ensayo a compresión a razón que se incrementa la concentración de poliuretano el esfuerzo máximo aumenta, al igual que el esfuerzo de fluencia, el porcentaje de deformación y el módulo de elasticidad. Para el ensayo a dureza a media que la concentración de poliuretano es mayor los valores de dureza aumentan, dando un material compuesto resistente.
- El material compuesto se obtuvo a través de la aplicación de la normativa ASTM donde se determinó las propiedades mecánicas para tracción, compresión y dureza Shore D, la cual está constituida por partículas de caucho reciclado y poliuretano, con un tamaño granulométrico de D1 (0,05-1) mm, las cuales se evaluaron a tres fracciones volumétricas (70%, 60%, 50%) de matriz (poliuretano) y (30%, 40%, 50%) de refuerzo (partículas de caucho), donde las mejores propiedades equivalen a la fracción volumétrica de 70 % matriz - 30 % refuerzo, con un esfuerzo máximo a la tracción de 12,28 MPa, módulo de elasticidad a la tracción de 282,69 MPa, elongación de 8,08 %, esfuerzo máximo a la compresión de 28,4 MPa, esfuerzo de fluencia 23 MPa, deformación de 37,11 %, módulo de elasticidad a la compresión de 76,51 MPa y dureza Shore D 72,75.

- Se realizó el análisis de las propiedades mecánicas del material compuesto, donde la fracción volumétrica con mejores propiedades es la que está constituida por 70% poliuretano – 30% de partículas de caucho, esto debido a que las dimensiones de las partículas de caucho tienen el tamaño adecuado de 0,05 a 1 mm y la cantidad necesaria para adherirse de mejor manera al poliuretano, alcanzando un rendimiento óptimo y mejorando los resultados obtenidos en esta fracción volumétrica en comparación con las otras fracciones.
- A medida que la cantidad de partículas de caucho aumentan en la matriz de poliuretano estas afectan negativamente en las propiedades mecánicas, disminuyendo el esfuerzo máximo tanto a la tracción como a la compresión, el porcentaje de elongación, el esfuerzo de fluencia, y la dureza Shore D, pero también a medida que se aumenta la cantidad de partículas de caucho en la matriz de poliuretano aumenta el módulo de elasticidad y la deformación.

4.2. Recomendaciones

- De acuerdo con la normativa ASTM las probetas se las fabricó con las especificaciones necesarias para cada ensayo, donde se elaboraron 21 probetas a tracción bajo la norma ASTM D3039, 21 probetas a compresión bajo la norma ASTM D695 y 21 probetas de dureza bajo la norma ASTM D2240-15, de las cuales se escogieron 5 probetas de mejor calidad para la realización de los ensayos, donde las 2 restantes se las utiliza como medio de calibración de los equipos y en caso de que cualquier probeta de las 5 fallase o de valor sea irreales con respecto a los demás resultados, la probeta se utilizará para realizar nuevamente el ensayo.
- Calcular la masa y el volumen tanto de la matriz como la del refuerzo, debido a que estas son las que agilitan la fabricación de las probetas dando las cantidades exactas del material a utilizar en moldes y probetas, evitando de esta manera la pérdida innecesaria del material.
- Los moldes deben tener las dimensiones establecidas en las normas ASTM para evitar la existencia de desigualdad en las probetas al momento de cortarlas, siendo necesario una revisión previa de los moldes con la finalidad de que no posean grietas ni fisuras,

ya que esto ocasionaría una desigualdad en el material y consecuentemente no se contaría con las propiedades necesaria para que el ensayo de resultados óptimos.

- Se debe aplicar de manera igualitaria varias capas de cera desmoldante, debido a que el material al secarse es muy adherente, por lo tanto, es necesario la aplicación de 3 a 4 capas de cera para que al momento de desmoldar no exista complicaciones y evitar que partes del material se queden pegados en las paredes del molde, es recomendable esperar de 36 a 48 horas antes de desmoldar debido a que el material se seca al ambiente y existe pequeñas partes de la probeta que no se secan rápidamente ocasionando roturas al material.
- Acoplar de manera uniforme los moldes debido a que al momento de ajustar los pernos existe un desequilibrio en el molde ocasionando presión en un solo lado, ocasionando que el molde se desestabilice y el material se derrame, por lo tanto, es necesario un ajuste aleatorio en los pernos.
- Para mejor compactación del material en las probetas de compresión es necesario la utilización de una varilla de $\frac{1}{2}$ in, debido a que al introducir el material en el molde este no queda compactado en su totalidad, ocasionando poros y bolsas de aire dejando estropeado al material, siendo necesario la utilización de la varilla para realizar presión en el material y este se disperse de manera homogénea en el molde.
- Las probetas de tracción y dureza deben ser cortadas a láser debido a su forma plana y de fácil acceso de corte, si a la lámina se le aplica mucha fuerza esta tiende a romperse, por tanto, no se recomienda cortar manualmente, con respecto a las probetas de compresión estas deben ser cortadas con la ayuda de una sierra eléctrica debido a su geometría, pero es necesario la utilización de una probeta guía con las dimensiones establecidas en la norma ASTM D695 para que el corte de las otras probetas sea igualitario, no se recomienda cortar a laser debido a sus dimensiones y forma ya que esta no tiene estabilidad al momento de corte y puede ocasionar daños en el material.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. H. K. F. M. D. M. S. L. Piszczyk, «EFFECT OF GROUND TIRE RUBBER ON STRUCTURAL, MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF FLEXIBLE POLYURETHANE FOAMS,» Iranian Polymer Journal, vol. 24, n° 1, pp. 75-84, 2015.
- [2] M. D. A. M. L. P. A. G. Cachaco, «NEW APPLICATION FOR FOAM COMPOSITES OF POLYURETHANE AND RECYCLED RUBBER,» Journal of Applied Polymer Science, vol. 129, n° 5, pp. 2873-2881, 2013.
- [3] Z. L. D. T. H. L. C. L. X. Zhang, «MECHANOCHEMICAL DEVULCANIZATION OF GROUND TIRE RUBBER AND ITS APPLICATION IN ACOUSTIC ABSORBENT POLYURETHANE FOAMED COMPOSITES,» Journal of Applied Polymer Science, vol. 127, n° 5, pp. 4006-4014, 2013.
- [4] A. Chiguano, SÍNTESIS DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE UN CAUCHO RECICLADO Y POLIURETANO, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2018.
- [5] D. Santamaría, FABRICACIÓN DE LÁMINAS IMPERMEABLES A PARTIR DE CAUCHO RECICLADO UTILIZANDO ESPUMA DE POLIURETANO, Quito: Universidad Central del Ecuador, 2013.
- [6] C. Acosta, ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON PARTÍCULAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [7] F. Palacios, 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, 2017.
- [8] P. F. W. J. W. D. R. Askeland, THE SCIENCE AND ENGINEERING OF MATERIALS, Australia: Cengage Learning, 2011.
- [9] J. H. W. SMITH, FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA E INGENIERIA DE MATERIALES, Mexico: The McGraw Hill, 2006.
- [10] R. M. Jones, MECHANICS OF COMPOSITE MATERIALS, United States of America: Taylor y Francis Group, 1999.

- [11] C. Pérez, *NAVAL COMPOSITES: LOS MATERIALES COMPUESTOS Y LA INDUSTRIA NAVAL*, Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2016.
- [12] L. Montañez, *CIENCIA DE MATERIALES*, Colombia: Universidad del Atlántico, 2004/2005.
- [13] S. Mazumdar, "COMPOSITES MANUFACTURING: MATERIALS, PRODUCT AND PRECESS ENGINEERING", Estados Unidos: 1ra. ed., 2003.
- [14] J. D. S. G. P. P. N. R. V. S. C. V. V. H. Guerrero, "NUEVOS MATERIALES: APLICACIONES ESTRUCTURALES E INDUSTRIALES ", Quito: Victor Hugo Guerrero, 2011.
- [15] J. A. H. G. E. Espinoza, "CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS PARA LA APLICACIÓN EN LA CARROCERÍA DEL VEHÍCULO MONOPLAZA TIPO FORMULA SAE", Cuenca: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA, 2016.
- [16] P. Mallick, "FIBER-REINFORCED COMPOSITES: MATERIALS, MANUFACTURING AND DESIGN", Estados Unidos: CRC Press, 2008.
- [17] E. R. Gaibor, "CARACTERIZACION DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ DE RESINA DE POLIÉSTER REFORZADO CON PARTÍCULAS DE TOTORA", Universidad Internacional SEK, 2017.
- [18] G. Alcuri, «"LOS ELASTÓMEROS EN LA CONSTRUCCION: APLICACIONES Y VALORIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL",» Memoria Investigaciones en Ingeniería, nº 16, pp. 2301-1106, 2018.
- [19] J. Ocampo, "CRITERIOS DE FORMULACIÓN DE ESPUMAS FLEXIBLES DE POLIURETANO MDI BASADOS EN LA EVALUACIÓN CUALITATIVA DE PROPIEDADES FINALES REALIZADAS A NIVEL LABORATORIO", Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2012.
- [20] D. Pérez, "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ESPUMAS FLEXIBLES DE POLIURETANO EN LA CIUDAD DE AMBATO", Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2015.
- [21] F. A. Aís, "SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE POLIURETANOS TERMOPLÁSTICOS QUE CONTIENEN RESINAS DE COLOFONIA Y SU APLICACIÓN COMO ADHESIVOS", Alicante: Universidad de Alicante, 2000.

- [22] W. Callister, "MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING: AN INTRODUCTION", Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- [23] B. Larson, «"NDT RESOURCE CENTER",» Octubre 2011. [En línea]. Available: https://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Materials/Structure/composite_classes.htm. [Último acceso: 28 Mayo 2019].
- [24] R. Veintimilla, "ARQUITECTURA DE RECICLAJE: UTILIZACIÓN DE LOS NEUMATICOS EN DESUSO, COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN", Loja: Universidad Técnica Partículas de Loja, 2014.
- [25] S. Ramarad, "IMPROVING THE PROPERTIES OF RECLAIMED WASTE TIRE RUBBER BY BLENDING WITH POLY(ETHYLENE-CO-VINYL ACETATE) AND ELECTRON BEAM IRRADIATION", United Kingdom: The University of Nottingham, 2016.
- [26] J. C. Fernández, "ANÁLISIS DEL PROCESO DE ADHESIÓN EN EL SISTEMA CAUCHO SINTÉTICO-ADHESIVO DE POLIURETANO", Alicante: Universidad de Alicante, 1991.
- [27] ASTM, Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials.
- [28] L. y. S. L. Cardona, Aprovechamiento de llantas usadas para la fabricación de pisos decorativos, Medellín: Especialización en PML, 2011.
- [29] A. Criollo, Caracterización de caucho reciclado proveniente de Scrap y de neumáticos fuera de uso para su potencial aplicación como materia prima, Cuenca, 2014.

ANEXOS

ANEXO 1: Informe Técnico del Ensayo a Tracción

ANEXO 2: Informe Técnico del Ensayo a Compresión

ANEXO 3: Informe Técnico del Ensayo de Dureza

ANEXO 4: Campos Grandes y Atletismo

ANEXO 1: Informe Técnico del Ensayo a Tracción



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180381543820190923-ETC	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Diego Andres Llerena Pico	
Dirección: Pelileo, El Tambo	
Núm. de cédula / RUC: 1803815438	Teléfono: 0998388731
E-mail: diego77748@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales
Designación del material: Caucho reciclado con poliuretano.
Método de ensayo: ASTM D3039-2015 Método de prueba estándar para propiedades de tracción de Polímeros de matriz de material compuesto.

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Poliuretano	Caucho	Probetas a Ensayar
1	180381543820190923-ETC 01	70%	30%	5
2	180381543820190923-ETC 02	60%	40%	5
3	180381543820190923-ETC 03	50%	50%	5
Total				15

Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180381543820190923-ETC 01-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
2	180381543820190923-ETC 01-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
3	180381543820190923-ETC 01-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
4	180381543820190923-ETC 01-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
5	180381543820190923-ETC 01-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
6	180381543820190923-ETC 02-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
7	180381543820190923-ETC 02-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
8	180381543820190923-ETC 02-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
9	180381543820190923-ETC 02-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
10	180381543820190923-ETC 02-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
11	180381543820190923-ETC 03-1	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
12	180381543820190923-ETC 03-2	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
13	180381543820190923-ETC 03-3	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
14	180381543820190923-ETC 03-4	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21
15	180381543820190923-ETC 03-5	Cumple con los criterios dimensionales	2019/09/21

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180381543820190923-ETC

DATOS GENERALES

DATOS INFORMATIVOS:

N° de proforma: RM_2019_061

Empresa / Cliente: Diego Andrés Llerena Pico

RUC/C.I.: 1803815438

Ciudad: Pelileo.

Dirección: Pelileo, El Tambo

Teléfono: 0998388731

Correo: diego77748@gmail.com

DATOS DEL ENSAYO:

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.

Dirección: Ambato/Catiglatá. Toronto y Río de Janeiro.

Método de ensayo: ASTM D3039-2015: Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz de polimérica.

Tipo de ensayo: Cuantitativo

Tipo de probeta: Plana

Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50KN

Modelo: MTE-50.

Serie: 8210M002

Velocidad de ensayo: 10 mm/min

Precarga: 0,01 N.

Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/10/01. Fecha de Finalización de Ensayo: 2019/10/01.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de **caucho reciclado con poliuretano**. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

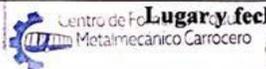
Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Poliuretano	Caucho	Probetas a Ensayar
1	180381543820190923-ETC 01	70%	30%	5
2	180381543820190923-ETC 02	60%	40%	5
3	180381543820190923-ETC 03	50%	50%	5
Total				15

Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.

Observaciones: Ninguna.

Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López E. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC



Lugar y fecha de emisión de informe: Ambato, 30 de septiembre de 2019

N° de Factura: 001-002-000007952



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor						
1	180381543820190923-ETC 01-1	24,5	48,5	24,38	2,91	870,95	12,28	197,51	8,08	LGT	
2	180381543820190923-ETC 01-2	24,5	48,5	24,63	3,03	773,12	10,36	220,06	6,12	LGT	
3	180381543820190923-ETC 01-3	24,5	48,5	24,62	3,23	744,72	9,36	175,50	6,937	LGT	
4	180381543820190923-ETC 01-4	24,5	48,5	24,96	3,08	831,5	10,82	282,69	4,974	LGT	
5	180381543820190923-ETC 01-5	24,5	48,5	24,83	3,11	579,05	7,50	237,35	4,107	LGT	
				Promedio \bar{X}		759,868	10,063	222,622	6,044		
				Desviación estándar S_{n-1}		112,440	1,776	40,873	1,569		
				Coeficiente de variación CV		14,797	17,649	18,360	25,959		

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor						
6	180381543820190923-ETC 02-1	23,8	47,8	24,45	3,05	612,19	8,21	185,67	5,748	LGT	
7	180381543820190923-ETC 02-2	23,8	47,8	24,51	3,05	676,88	9,05	242,70	4,85	LGT	
8	180381543820190923-ETC 02-3	23,8	47,8	24,66	2,89	501,74	7,04	177,89	5,145	LGT	
9	180381543820190923-ETC 02-4	23,8	47,8	24,87	2,86	563,28	7,92	209,97	4,903	LGT	
10	180381543820190923-ETC 02-5	23,8	47,8	24,66	2,89	517,52	7,26	168,66	5,597	LGT	
				Promedio \bar{X}		574,322	7,897	196,979	5,249		
				Desviación estándar S_{n-1}		71,709	0,802	29,805	0,406		
				Coeficiente de variación CV		12,486	10,161	15,131	7,738		



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor						
11	180381543820190923-ETC 03-1	20,8	59,6	24,53	3,01	560,12	7,59	236,61	3,21	LGT	
12	180381543820190923-ETC 03-2	20,8	59,6	24,68	2,94	511,21	7,05	235,81	2,99	LGT	
13	180381543820190923-ETC 03-3	20,8	59,6	24,67	3,03	580,63	7,77	253,97	3,06	LGT	
14	180381543820190923-ETC 03-4	20,8	59,6	24,61	2,9	492,27	6,90	193,79	3,56	LGT	
15	180381543820190923-ETC 03-5	20,8	59,6	24,48	2,97	468,61	6,45	212,77	3,03	LGT	
				Promedio \bar{X}		522,568	7,148	226,592	3,168		
				Desviación estándar S_{n-1}		46,743	0,535	23,462	0,234		
				Coeficiente de variación CV		8,945	7,478	10,354	7,374		

Nomenclatura:

De tipo de falla evaluado: El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D3039-2015.

Primer carácter	Tipo de falla	Segundo carácter	Área de la falla	Tercer carácter	Localización de falla
L	Lateral	A	En el agarre	T	Parte superior
G	Agarre	I	Dentro del agarre	U	Desconocido
A	Angular	G	Zona calibrada	M	Medio

Código: RG-RM-004
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 21-06-2017
Revisión: 7



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180381543820190923-ETC	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Diego Andrés Llerena Pico	
Dirección: Pelileo, El Tambo	
Núm. de cédula / RUC: 1803815438	Teléfono: 0998388731
E-mail: diego77748@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales
Designación del material: Caucho reciclado con poliuretano.
Método de ensayo: ASTM D3039-2015 Método de prueba estándar para propiedades de tracción de Polímeros de matriz de material compuesto.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180381543820190923-ETC 01-1	2019/09/21	2019/09/31	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180381543820190923-ETC 01-2	2019/09/21	2019/09/31	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180381543820190923-ETC 01-3	2019/09/21	2019/09/31	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180381543820190923-ETC 01-4	2019/09/21	2019/09/31	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180381543820190923-ETC 01-5	2019/09/21	2019/09/31	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Página 1 de 3



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180381543820190923-ETC 02-1	2019/09/23	2019/10/01	Cliente	Se entrega al cliente	
7	180381543820190923-ETC 02-2	2019/09/23	2019/10/01	Cliente	Se entrega al cliente	
8	180381543820190923-ETC 02-3	2019/09/23	2019/10/01	Cliente	Se entrega al cliente	
9	180381543820190923-ETC 02-4	2019/09/23	2019/10/01	Cliente	Se entrega al cliente	
10	180381543820190923-ETC 02-5	2019/09/23	2019/10/01	Cliente	Se entrega al cliente	
11	180381543820190923-ETC 03-1	2019/09/23	2019/10/01	Cliente	Se entrega al cliente	
12	180381543820190923-ETC 03-2	2019/09/23	2019/10/01	Cliente	Se entrega al cliente	
13	180381543820190923-ETC 03-3	2019/09/23	2019/10/01	Cliente	Se entrega al cliente	
14	180381543820190923-ETC 03-4	2019/09/23	2019/10/01	Cliente	Se entrega al cliente	
15	180381543820190923-ETC 03-5	2019/09/23	2019/10/01	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Página 2 de 3



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Todas las muestras del grupo por acuerdo, son entregadas al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

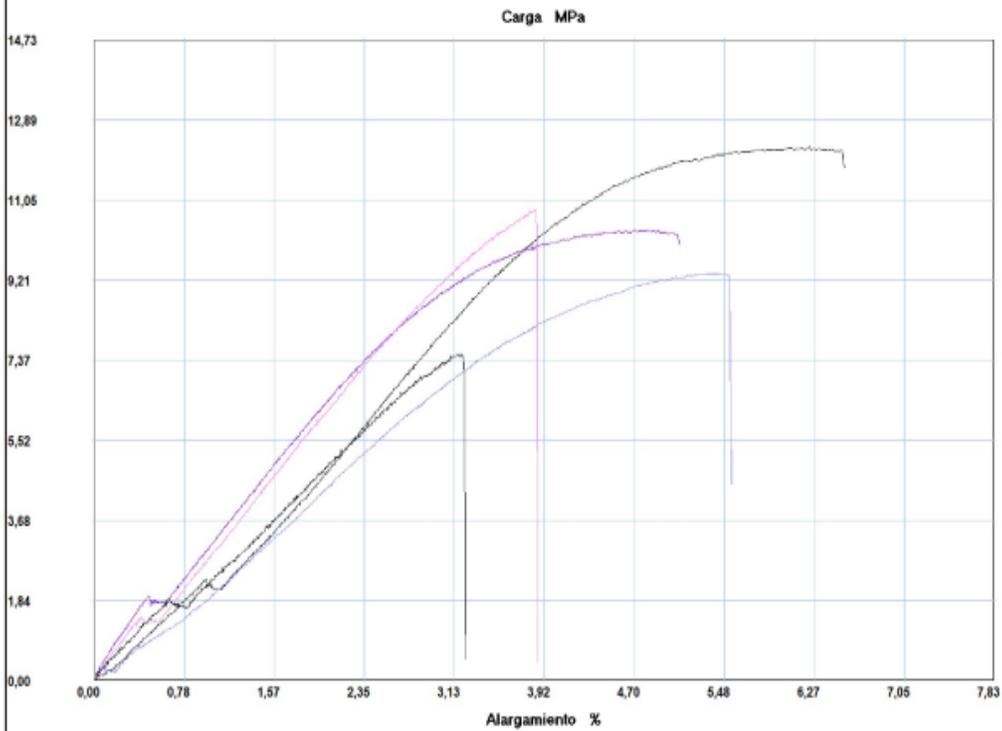
Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban Lopez Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	

INFORME :
 ENSAYO :

ETC 01
 TRACCION



Referencia : MATERIAL COMPUESTO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039-2015
 Fecha : 01/10/2019
 Hora : 14:38:30
 Temperatura : 24,5
 H.R.% : 48,5
 Pedido : 180381543820190923



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	FRot N	CRot MPa
■ 1	870,95	77,31	12,28	1,09	864,64	12,19
■ 2	773,12	137,27	10,36	1,84	765,24	10,25
■ 3	744,72	67,84	9,36	0,85	741,57	9,33
■ 4	831,50	107,29	10,82	1,40	829,93	10,80
■ 5	579,05	75,73	7,50	0,98	574,32	7,44
Media	759,868	93,088	10,063	1,232	755,140	10,000
Desv. Std	112,440	28,903	1,776	0,395	112,434	1,768
Coef. V.	0,148	0,310	0,176	0,320	0,149	0,177
+3 Sigma	1097,187	179,796	15,391	2,415	1092,443	15,304

Parametros

Precarga	=	0,01	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	500,00	mm

Velocidades

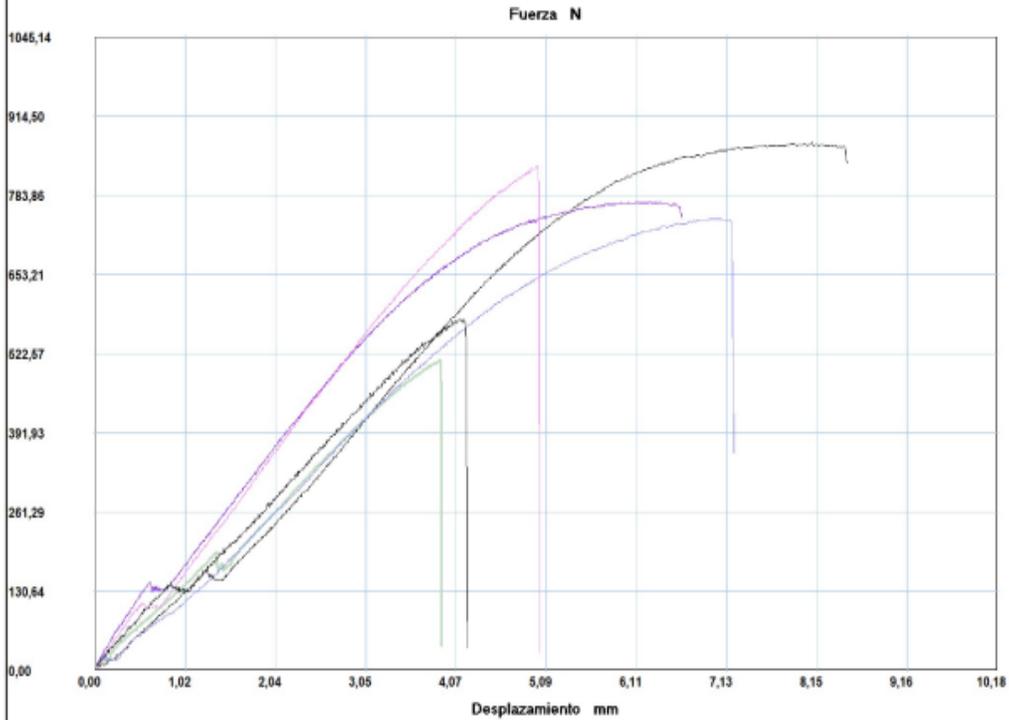
Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	50,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

INFORME :
 ENSAYO :

ETC 01
 TRACCION



Referencia : MATERIAL COMPUESTO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039-2015
 Fecha : 01/10/2019
 Hora : 14:38:30
 Temperatura : 24,5
 H.R. % : 48,5
 Pedido : 180381543820190923



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	FRot N	CRot MPa
■ 1	870,95	77,31	12,28	1,09	864,64	12,19
■ 2	773,12	137,27	10,36	1,84	765,24	10,25
■ 3	744,72	67,84	9,36	0,85	741,57	9,33
■ 4	831,50	107,29	10,82	1,40	829,93	10,80
■ 5	579,05	75,73	7,50	0,98	574,32	7,44
Media	759,868	93,088	10,063	1,232	755,140	10,000
Desv. Std	112,440	28,903	1,776	0,395	112,434	1,768
Coef. V.	0,148	0,310	0,176	0,320	0,149	0,177
+3 Sigma	1097,187	179,796	15,391	2,415	1092,443	15,304

Parametros

Precarga	=	0,01	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	500,00	mm

Velocidades

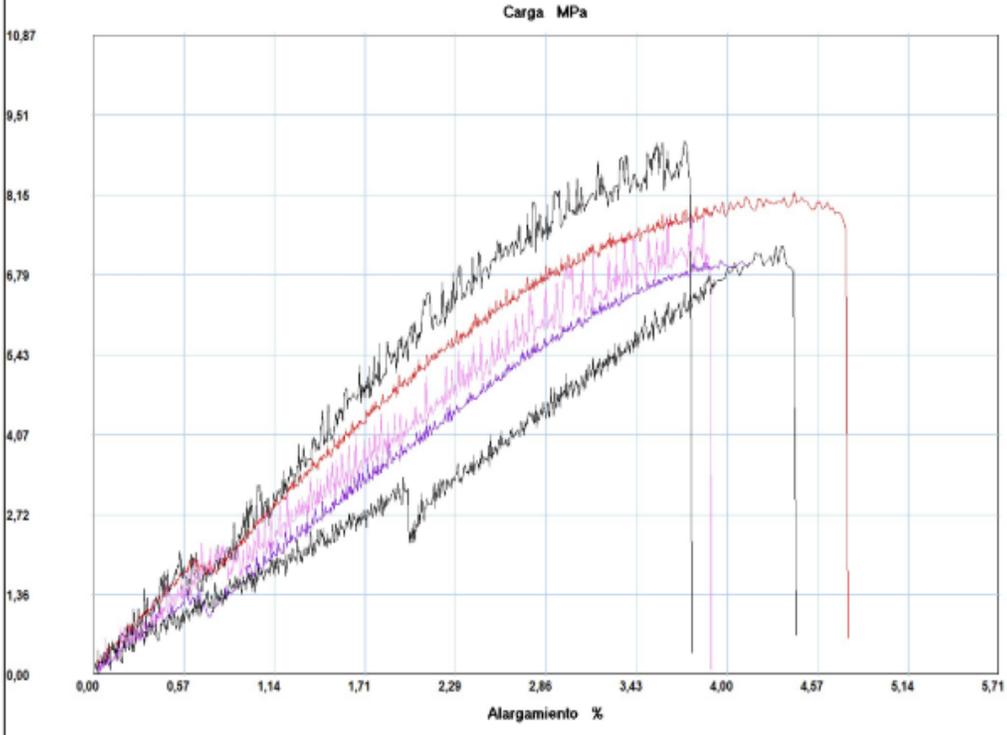
Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	50,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

INFORME :
 ENSAYO :

ETC 02
 TRACCION



Referencia : MATERIAL COMPUESTO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Técnico 1
 Norma : ASTM D3039-2015
 Fecha : 01/10/2019
 Hora : 15:34:43
 Temperatura : 23,0
 H.R.% : 47,8
 Pedido : 180381543820190923



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	FRot N	CRot MPa
■ 1	612,19	99,40	8,21	1,33	154,62	2,07
■ 2	676,88	108,87	9,05	1,46	132,53	1,77
■ 3	501,74	77,31	7,04	1,08	93,09	1,51
■ 4	563,28	91,51	7,89	1,28	157,78	2,21
■ 5	517,52	66,27	7,26	0,93	115,18	1,62
Media	574,322	88,672	7,891	1,217	130,640	1,836
Desv. Std	71,709	17,044	0,802	0,209	27,222	0,299
Coef. V.	0,125	0,192	0,102	0,172	0,208	0,163
+3 Sigma	789,449	139,805	10,299	1,844	212,307	2,733

Parametros

Precarga	=	0,01	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	500,00	mm

Velocidades

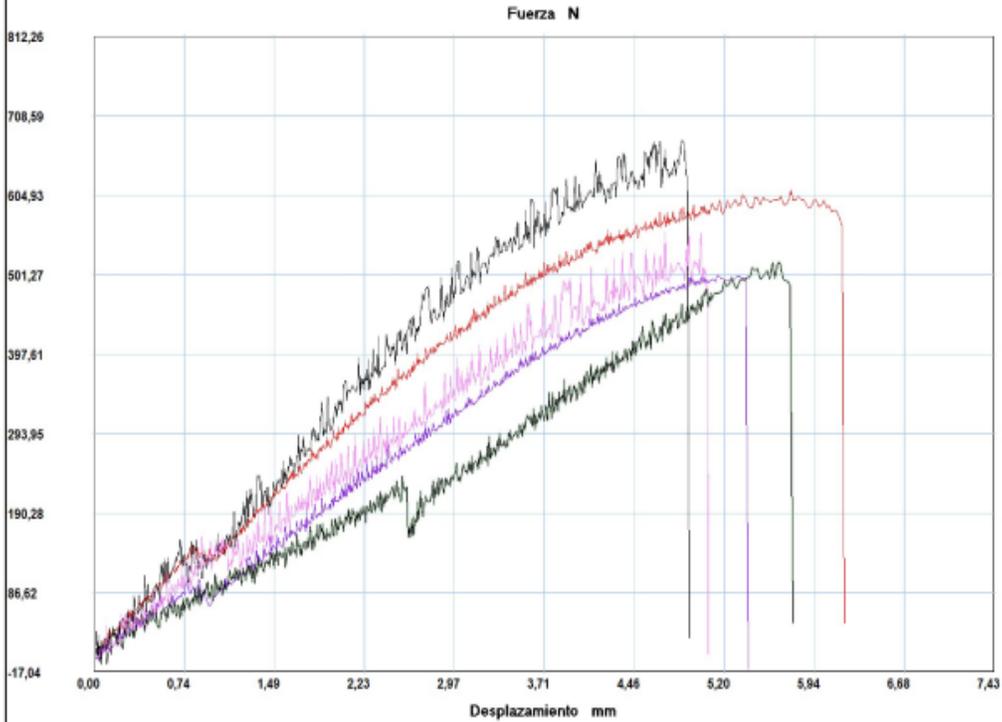
Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	50,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

INFORME :
 ENSAYO :

ETC 02
 TRACCION



Referencia : MATERIAL COMPUESTO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039-2015
 Fecha : 01/10/2019
 Hora : 15:34:43
 Temperatura : 23,0
 H.R.% : 47,8
 Pedido : 180381543820190923



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	FRot N	CRot MPa
■ 1	612,19	99,40	8,21	1,33	154,62	2,07
■ 2	676,88	108,87	9,05	1,46	132,53	1,77
■ 3	501,74	77,31	7,04	1,08	93,09	1,51
■ 4	563,28	91,51	7,89	1,28	157,78	2,21
■ 5	517,52	66,27	7,26	0,93	115,18	1,62
Media	574,322	88,672	7,891	1,217	130,640	1,836
Desv. Std	71,709	17,044	0,802	0,209	27,222	0,299
Coef. V.	0,125	0,192	0,102	0,172	0,208	0,163
+3 Sigma	789,449	139,805	10,299	1,844	212,307	2,733

Parametros

Precarga	=	0,01	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	500,00	mm

Velocidades

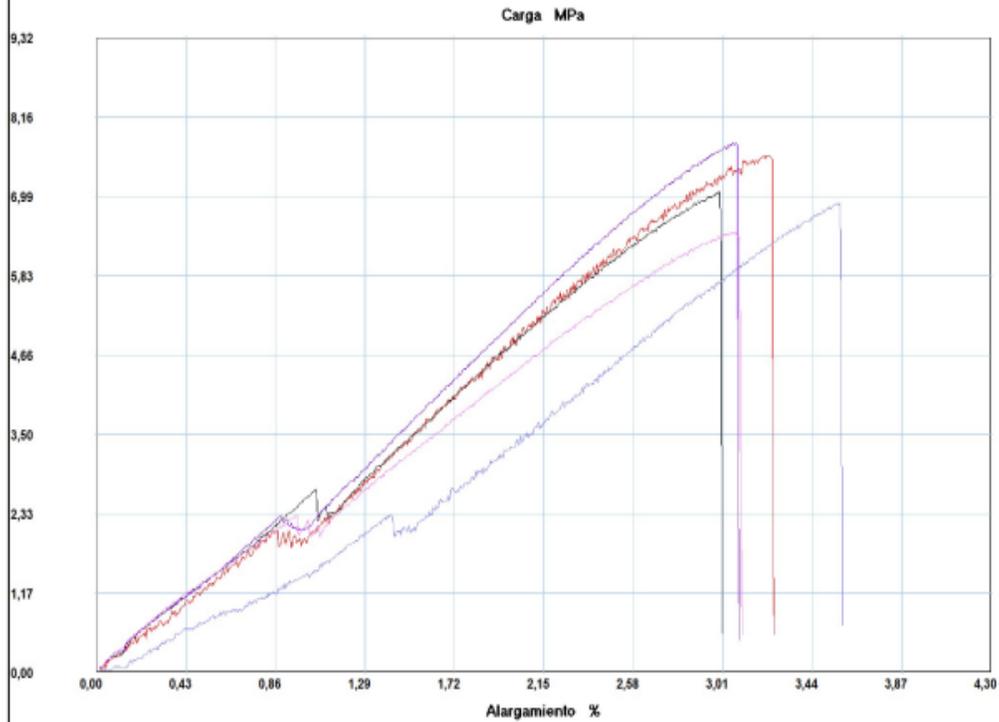
Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	50,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

INFORME :
 ENSAYO :

ETC 03
 TRACCION



Referencia : MATERIAL COMPUESTO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039-2015
 Fecha : 01/10/2019
 Hora : 16:24:26
 Temperatura : 20,8
 H.R.% : 59,6
 Pedido : 180381543820190923



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	FRot N	CRot MPa
1	560,12	66,27	7,59	0,90	556,96	7,54
2	511,21	66,27	7,05	0,91	511,21	7,05
3	580,63	71,00	7,77	0,95	579,05	7,75
4	492,27	41,02	6,90	0,57	492,27	6,90
5	468,61	71,00	6,45	0,98	462,30	6,36
Media	522,568	63,112	7,148	0,862	520,358	7,118
Desv. Std	46,743	12,574	0,535	0,164	47,507	0,549
Coef. V.	0,089	0,199	0,075	0,190	0,091	0,077
+3 Sigma	662,798	100,835	8,752	1,354	662,880	8,766

Parametros

Precarga	=	0,01	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	500,00	mm

Velocidades

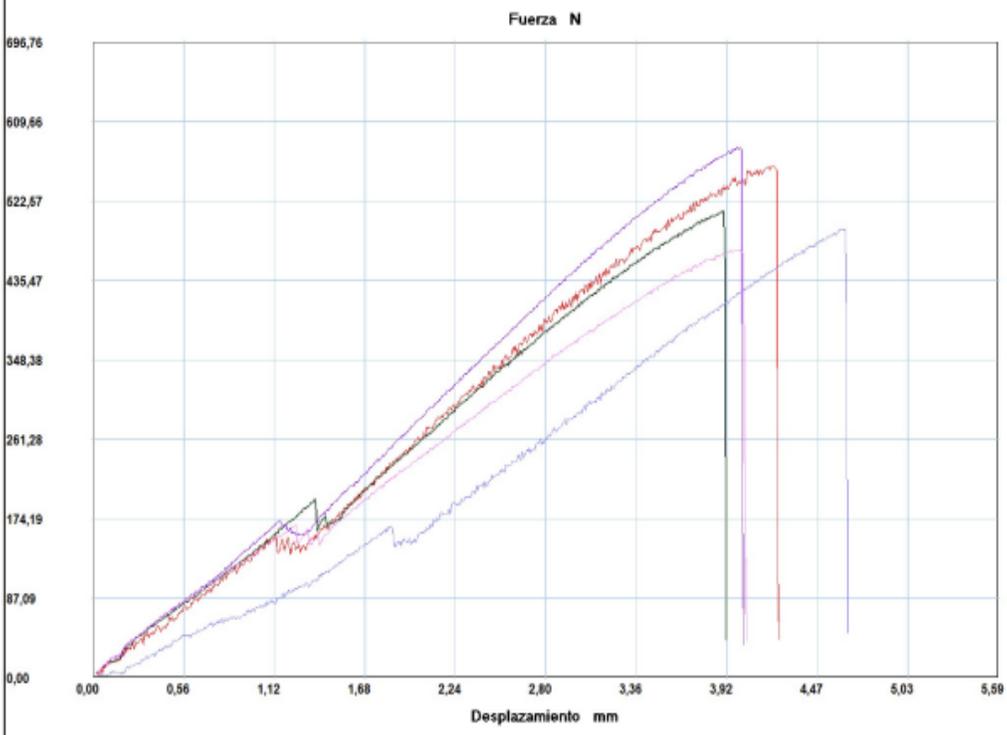
Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	50,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

INFORME :
 ENSAYO :

ETC 03
 TRACCION



Referencia : MATERIAL COMPUESTO
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039-2015
 Fecha : 01/10/2019
 Hora : 16:24:26
 Temperatura : 20,8
 H.R.% : 59,6
 Pedido : 180381543820190923



Probeta	FMax N	FYield N	CMax MPa	C.Yield MPa	FRot N	CRot MPa
1	560,12	66,27	7,59	0,90	556,96	7,54
2	511,21	66,27	7,05	0,91	511,21	7,05
3	580,63	71,00	7,77	0,95	579,05	7,75
4	492,27	41,02	6,90	0,57	492,27	6,90
5	468,61	71,00	6,45	0,98	462,30	6,36
Media	522,568	63,112	7,148	0,862	520,358	7,118
Desv. Std	46,743	12,574	0,535	0,164	47,507	0,549
Coef. V.	0,089	0,199	0,075	0,190	0,091	0,077
+3 Sigma	662,798	100,835	8,752	1,354	662,880	8,766

Parametros

Precarga	=	0,01	N
Caida %	=	80,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	45000,00	N
Limite Desplazamiento	=	500,00	mm
Stop Ext	=	500,00	mm

Velocidades

Precarga	=	10,00	mm/min
Ensayo	=	10,00	mm/min
Retorno	=	50,00	mm/min
Posicionamiento	=	100,00	mm/min

ANEXO 2: Informe Técnico del Ensayo a Compresión



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180381543820190909-ECP	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Diego Andrés Llerena Pico.	
Dirección: Pelileo, El Tambo.	
Núm. de cédula / RUC: 1803815438	Teléfono: 0998388731
E-mail: diego77748@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Materiales de caucho con poliuretano
Método de ensayo: ASTM D695: Método de prueba estándar para propiedades de compresión de plásticos rígidos

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Poliuretano	Caucho	Probetas a Ensayar
1	180381543820190909-ECP 01	70%	30%	5
2	180381543820190909-ECP 02	60%	40%	5
3	180381543820190909-ECP 03	50%	50%	5
Total				15

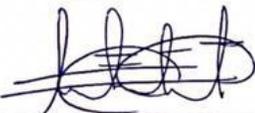
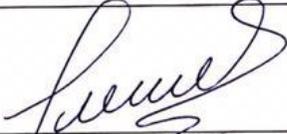
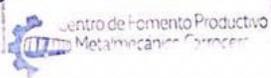
Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180381543820190909-ECP 01-1	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
2	180381543820190909-ECP 01-2	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
3	180381543820190909-ECP 01-3	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
4	180381543820190909-ECP 01-4	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
5	180381543820190909-ECP 01-5	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
6	180381543820190909-ECP 02-1	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
7	180381543820190909-ECP 02-2	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
8	180381543820190909-ECP 02-3	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
9	180381543820190909-ECP 02-4	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
10	180381543820190909-ECP 02-5	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
11	180381543820190909-ECP 03-1	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
12	180381543820190909-ECP 03-2	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
13	180381543820190909-ECP 03-3	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
14	180381543820190909-ECP 03-4	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09
15	180381543820190909-ECP 03-5	Cumple criterios dimensionales.	2019/09/09

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

	
Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
 Cliente	



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PLÁSTICOS RÍGIDOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180381543820190909-ECP

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM-2019_057
Empresa / Cliente: Sr. Diego Andrés Llerena Pico,
RUC/C.I.: 1803815438 **Ciudad:** Pelileo.
Dirección: El Tambo.
Teléfono: 0998388731 **Correo:** diego77748@gmail.com
DATOS DEL ENSAYO:
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catigлата, Toronto y Río de Janeiro.
Método de ensayo: ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.
Tipo de ensayo: Cuantitativo. **Tipo de probeta:** Cilíndricas.
Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50KN
Modelo: MTE 50. **Serie:** 8210M002
Velocidad de ensayo: 1,3 mm/min. **Precarga:** 0 N.
Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/09/16. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/09/16.
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *materiales de caucho con poliuretano*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua,

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Poliuretano	Caucho	Probetas a Ensayar
1	180381543820190909-ECP 01	70%	30%	5
2	180381543820190909-ECP 02	60%	40%	5
3	180381543820190909-ECP 03	50%	50%	5
Total				15

Observaciones: Ninguna,

Elaborado por:		Aprobado por:
Ing. Fernando Galarza Mg.	Ing. Fernando Tibán R.	Ing. Esteban López Espinel MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 18 de septiembre de 2019
N°. Factura: 001-002-000007817

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	% de deformación	Módulo de elasticidad
				Diámetro	Longitud						
1	180381543820190909-ECP 01-1	24,3	45,2	12,58	25,4	3529,55	2858,99	28,40	23,00	37,11	76,51
2	180381543820190909-ECP 01-2	24,3	45,2	12,67	25,55	2311,49	1296,96	18,33	10,29	37,02	49,53
3	180381543820190909-ECP 01-3	24,3	45,2	12,61	25,61	3363,88	2172,64	26,94	17,40	37,08	72,63
4	180381543820190909-ECP 01-4	24,3	45,2	12,61	25,78	2795,87	1806,59	22,39	14,47	36,84	60,76
5	180381543820190909-ECP 01-5	24,3	45,2	12,61	25,6	2543,42	2041,68	20,37	16,35	32,07	63,50
				Promedio \bar{X}		2908,842	2035,37	23,284	16,30	36,03	64,59
				Desviación estándar S_{n-1}		523,322	568,95	4,281	4,63	2,21	10,60
				Coeficiente de variación CV		17,991	27,95	18,385	28,39	6,14	16,41

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	% de deformación	Módulo de elasticidad
				Diámetro	Longitud						
6	180381543820190909-ECP 02-1	24,2	44,1	12,58	26,18	1973,84	1156,53	15,88	9,30	36,17	43,91
7	180381543820190909-ECP 02-2	24,2	44,1	12,61	26,34	1296,96	582,21	10,38	4,66	32,52	31,93
8	180381543820190909-ECP 02-3	24,2	44,1	12,43	26,49	686,35	247,71	5,66	2,04	35,41	15,97
9	180381543820190909-ECP 02-4	24,2	44,1	12,55	26,73	1426,34	597,99	11,53	4,83	35,23	32,73
10	180381543820190909-ECP 02-5	24,2	44,1	12,49	26,3	1546,25	654,79	12,62	5,34	36,10	34,96
				Promedio \bar{X}		1385,948	647,85	11,214	5,24	35,09	31,90
				Desviación estándar S_{n-1}		466,450	326,23	3,723	2,61	1,49	10,10
				Coeficiente de variación CV		33,656	50,36	33,195	49,85	4,25	31,66

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm			Fuerza máxima (N)	Fuerza de fluencia (N)	Esfuerzo máximo de compresión (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	% de deformación	Módulo de elasticidad
				Diámetro	Longitud							
11	180381543820190909-ECP 03-1	23,9	42,7	12,59	25,87	1393,2	863,06	11,19	6,93	36,70	30,49	
12	180381543820190909-ECP 03-2	23,9	42,7	12,5	25,91	1505,23	804,68	12,27	6,56	36,61	33,51	
13	180381543820190909-ECP 03-3	23,9	42,7	12,47	25,79	1326,93	684,77	10,86	5,61	35,58	30,53	
14	180381543820190909-ECP 03-4	23,9	42,7	12,58	26,32	1123,4	758,92	9,04	6,11	36,10	25,04	
15	180381543820190909-ECP 03-5	23,9	42,7	12,6	25,87	1121,82	424,43	9,00	3,40	34,80	25,85	
				Promedio \bar{X}			1294,116	707,17	10,471	5,72	35,96	29,08
				Desviación estándar S_{n-1}			169,037	170,98	1,425	1,39	0,78	3,55
				Coeficiente de variación CV			13,062	24,18	13,607	24,25	2,18	12,21



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180381543820190909-ECP
DATOS DEL CLIENTE
Empresa / Cliente: Diego Andrés Llerena Pico.
Dirección: Pelileo, El Tambo.
Núm. de cédula / RUC: 1803815438
E-mail: diego77748@gmail.com
Teléfono: 0998388731

DATOS INFORMATIVOS.

Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material:
Materiales de caucho con poliuretano.
Método de ensayo:
ASTM D695-2015: Método de prueba estándar para Propiedades de Compresión de Plásticos Rígidos.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180381543820190909-ECP 01-1	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180381543820190909-ECP 01-2	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180381543820190909-ECP 01-3	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180381543820190909-ECP 01-4	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180381543820190909-ECP 01-5	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

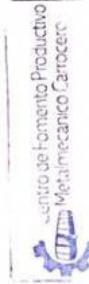
HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180381543820190909-ECP 02-1	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
7	180381543820190909-ECP 02-2	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
8	180381543820190909-ECP 02-3	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
9	180381543820190909-ECP 02-4	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
10	180381543820190909-ECP 02-5	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
11	180381543820190909-ECP 03-1	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
12	180381543820190909-ECP 03-2	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
13	180381543820190909-ECP 03-3	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
14	180381543820190909-ECP 03-4	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	
15	180381543820190909-ECP 03-5	2019/09/09	2019/09/18	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las probetas de los grupos por acuerdo son entregadas al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	

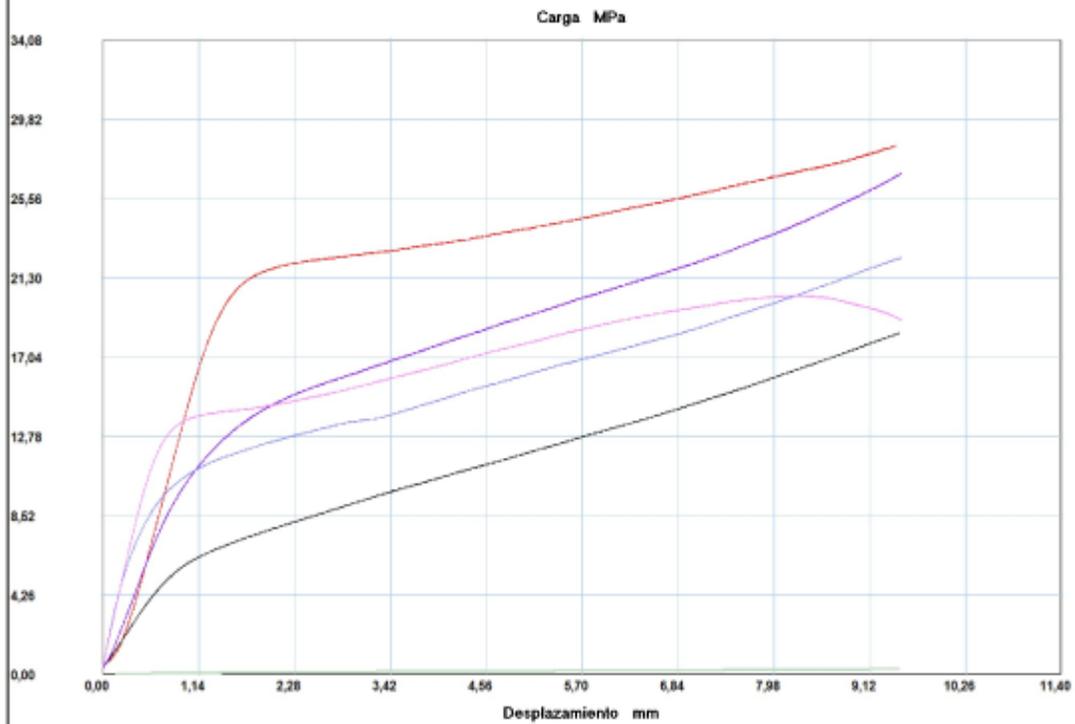


INFORME :
 ENSAYO :

ECP 01
 COMPRESION



Referencia : PLASTICOS
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D695
 Fecha : 16/09/2019
 Hora : 10:32:17
 Temperatura : 24,3
 H.R.% : 45,2
 Pedido : 180381543820190909



Probeta	FMax N	CMax MPa	FYield N	C.Yield MPa
1	3529,55	28,40	2858,99	23,00
2	2311,49	18,33	1296,96	10,30
3	3363,88	26,94	2172,64	17,40
4	2795,87	22,39	1806,59	14,47
5	2543,42	20,37	2041,68	16,35
Media	2908,842	23,284	2035,372	16,302
Desv. Std	523,322	4,281	568,951	4,623
Coef. V.	0,180	0,184	0,280	0,284
+3 Sigma	4478,808	36,126	3742,226	30,172

Parametros

Precarga	=	50,00	N
Caida %	=	20,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	20000,00	N
Limite Desplazamiento	=	9,50	mm

Velocidades

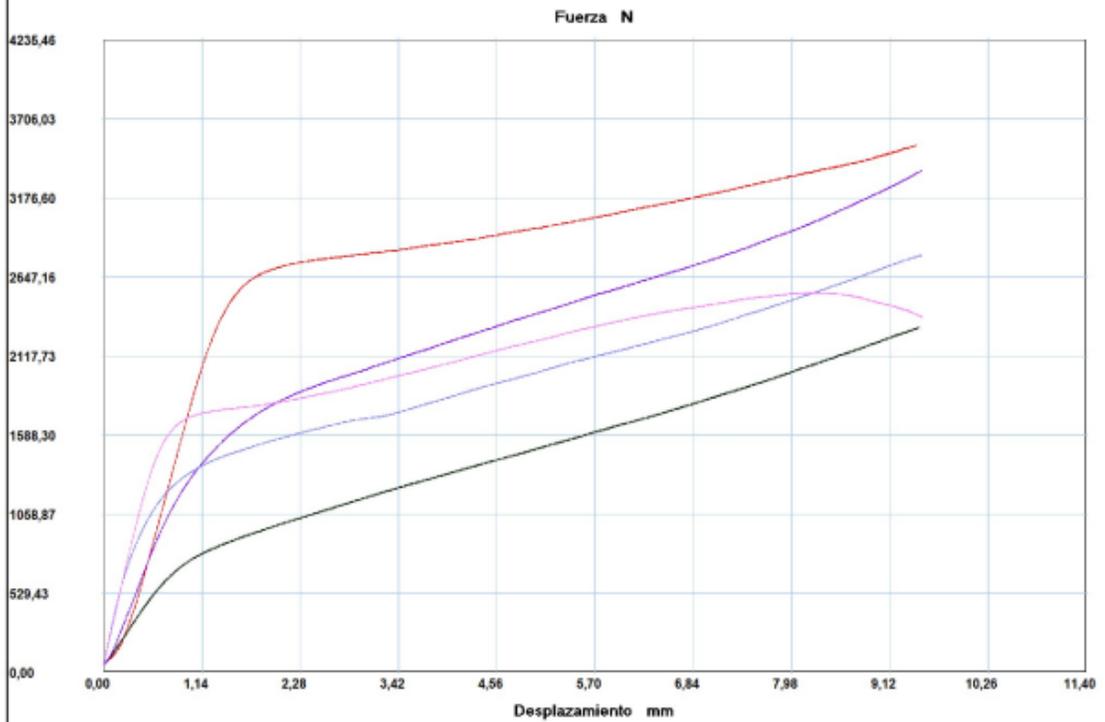
Precarga	=	1,30	mm/min
Ensayo	=	1,30	mm/min
Retorno	=	10,00	mm/min
Posicionamiento	=	10,00	mm/min

INFORME :
ENSAYO :

ECP 01
COMPRESION



Referencia : PLASTICOS
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D695
 Fecha : 16/09/2019
 Hora : 10:32:17
 Temperatura : 24,3
 H.R.% : 45,2
 Pedido : 180381543820190909



Probeta	FMax N	CMax MPa	FYield N	C.Yield MPa
1	3529,55	28,40	2858,99	23,00
2	2311,49	18,33	1296,96	10,30
3	3363,88	26,94	2172,64	17,40
4	2795,87	22,39	1806,59	14,47
5	2543,42	20,37	2041,68	16,35
Media	2908,842	23,284	2035,372	16,302
Desv. Std	523,322	4,281	568,951	4,623
Coef. V.	0,180	0,184	0,280	0,284
+3 Sigma	4478,808	36,126	3742,226	30,172

Parametros

Precarga	=	50,00	N
Caida %	=	20,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	20000,00	N
Limite Desplazamiento	=	9,50	mm

Velocidades

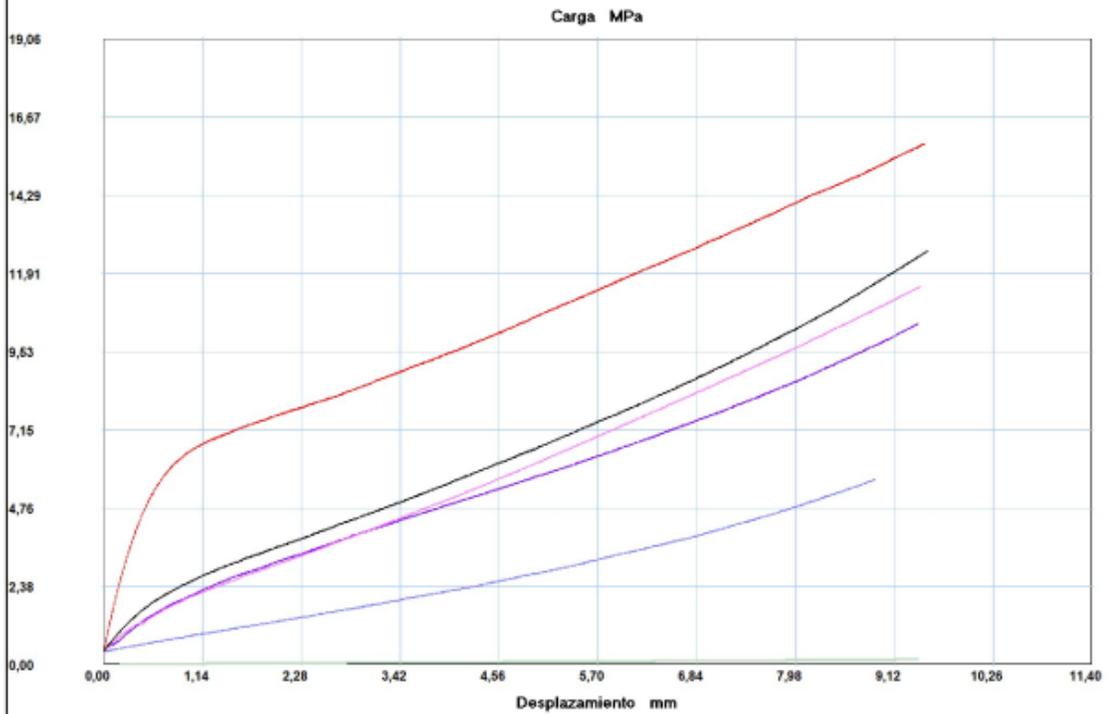
Precarga	=	1,30	mm/min
Ensayo	=	1,30	mm/min
Retorno	=	10,00	mm/min
Posicionamiento	=	10,00	mm/min

INFORME :
ENSAYO :

ECP 02
COMPRESION



Referencia : PLASTICOS
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D695
 Fecha : 16/09/2019
 Hora : 12:43:06
 Temperatura : 24,2
 H.R. % : 44,1
 Pedido : 180381543820190909



Probeta	FMax N	CMax MPa	FYield N	C.Yield MPa
■ 1	1973,84	15,88	1156,53	9,30
■ 2	1296,96	10,39	582,21	4,66
■ 3	686,35	5,66	247,71	2,04
■ 4	1426,34	11,53	597,99	4,83
■ 5	1546,25	12,62	654,79	5,34
Media	1385,948	11,214	647,846	5,237
Desv. Std	466,450	3,723	326,232	2,611
Coef. V.	0,337	0,332	0,504	0,498
+3 Sigma	2785,297	22,382	1626,543	13,069

Parametros

Precarga	=	50,00	N
Caida %	=	20,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	20000,00	N
Limite Desplazamiento	=	9,50	mm

Velocidades

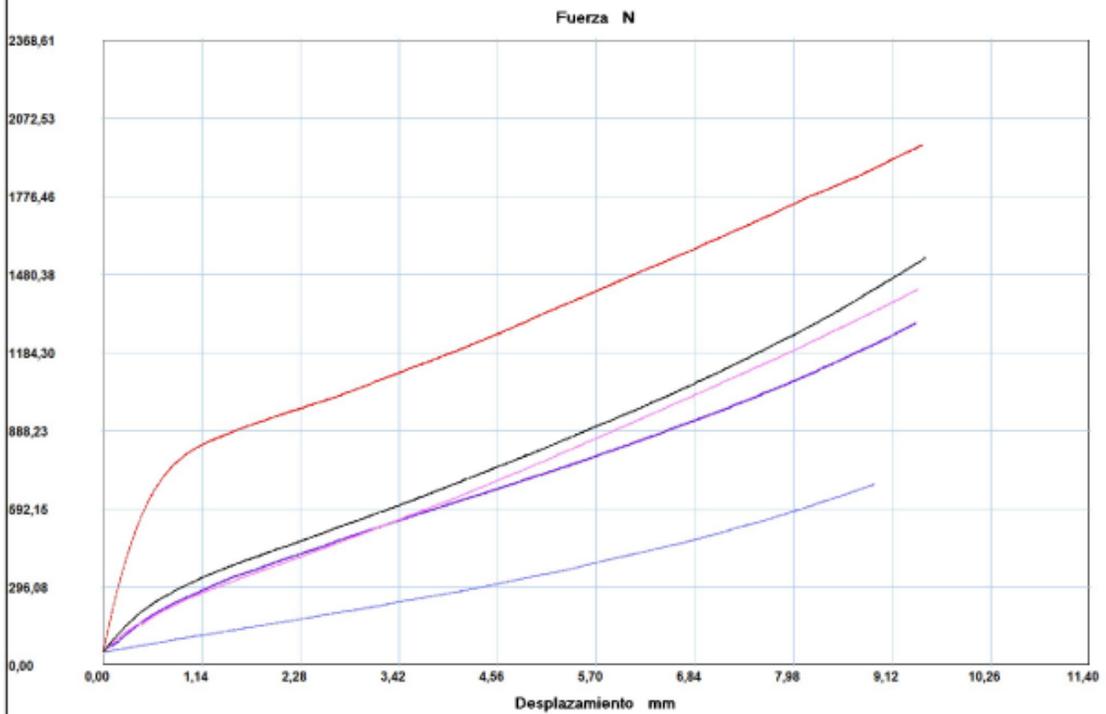
Precarga	=	1,30	mm/min
Ensayo	=	1,30	mm/min
Retorno	=	10,00	mm/min
Posicionamiento	=	10,00	mm/min

INFORME :
ENSAYO :

ECP 02
COMPRESION



Referencia : PLASTICOS
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D695
 Fecha : 16/09/2019
 Hora : 12:43:06
 Temperatura : 24,2
 H.R.% : 44,1
 Pedido : 180381543820190909



Probeta	FMax N	CMax MPa	FYield N	C.Yield MPa
■ 1	1973,84	15,88	1156,53	9,30
■ 2	1296,96	10,39	582,21	4,66
■ 3	686,35	5,66	247,71	2,04
■ 4	1426,34	11,53	597,99	4,83
■ 5	1546,25	12,62	654,79	5,34
Media	1385,948	11,214	647,846	5,237
Desv. Std	466,450	3,723	326,232	2,611
Coef. V.	0,337	0,332	0,504	0,498
+3 Sigma	2785,297	22,382	1626,543	13,069

Parametros

Precarga	=	50,00	N
Caída %	=	20,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	20000,00	N
Limite Desplazamiento	=	9,50	mm

Velocidades

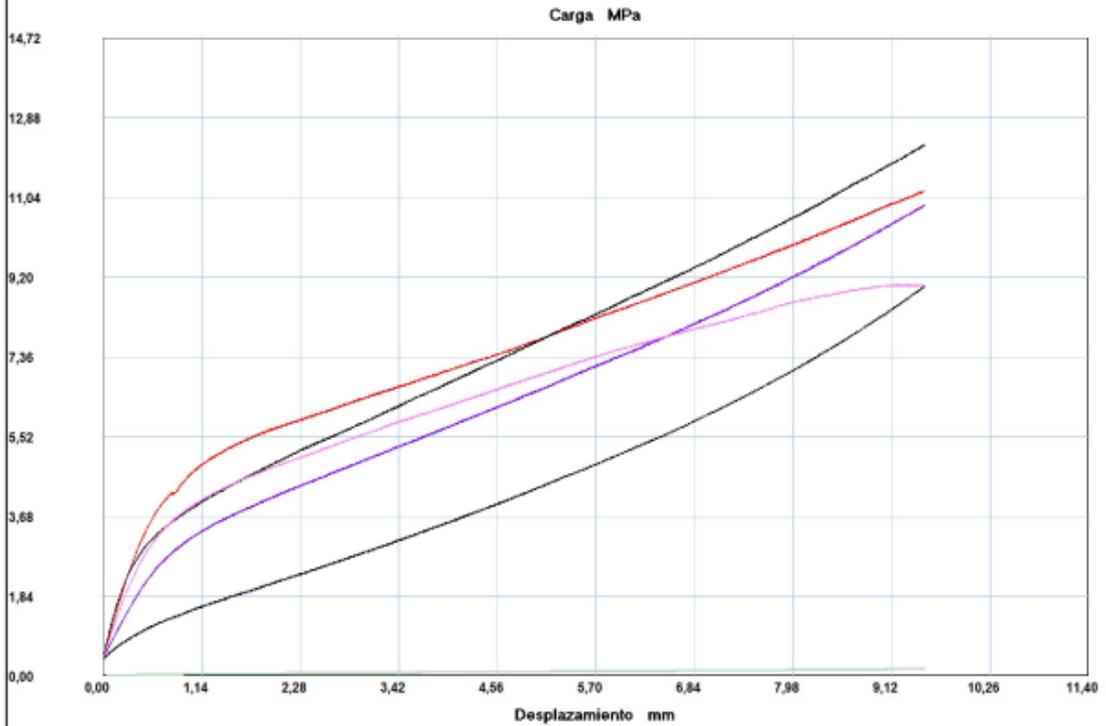
Precarga	=	1,30	mm/min
Ensayo	=	1,30	mm/min
Retorno	=	10,00	mm/min
Posicionamiento	=	10,00	mm/min

INFORME :
 ENSAYO :

ECP 03
 COMPRESION



Referencia : PLASTICOS
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D695
 Fecha : 16/09/2019
 Hora : 14:56:11
 Temperatura : 23,9
 H.R.% : 42,7
 Pedido : 180381543820190909



Probeta	FMax N	CMax MPa	FYield N	C.Yield MPa
■ 1	1393,20	11,19	863,06	6,93
■ 2	1505,23	12,27	804,68	6,56
■ 3	1326,93	10,86	684,77	5,61
■ 4	1123,40	9,04	758,92	6,11
■ 5	1121,82	9,00	424,43	3,40
Media	1294,116	10,471	707,172	5,721
Desv. Std	169,037	1,425	170,976	1,387
Coef. V.	0,131	0,136	0,242	0,242
+3 Sigma	1801,226	14,746	1220,101	9,883

Parametros

Precarga	=	50,00	N
Caida %	=	20,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	20000,00	N
Limite Desplazamiento	=	9,50	mm

Velocidades

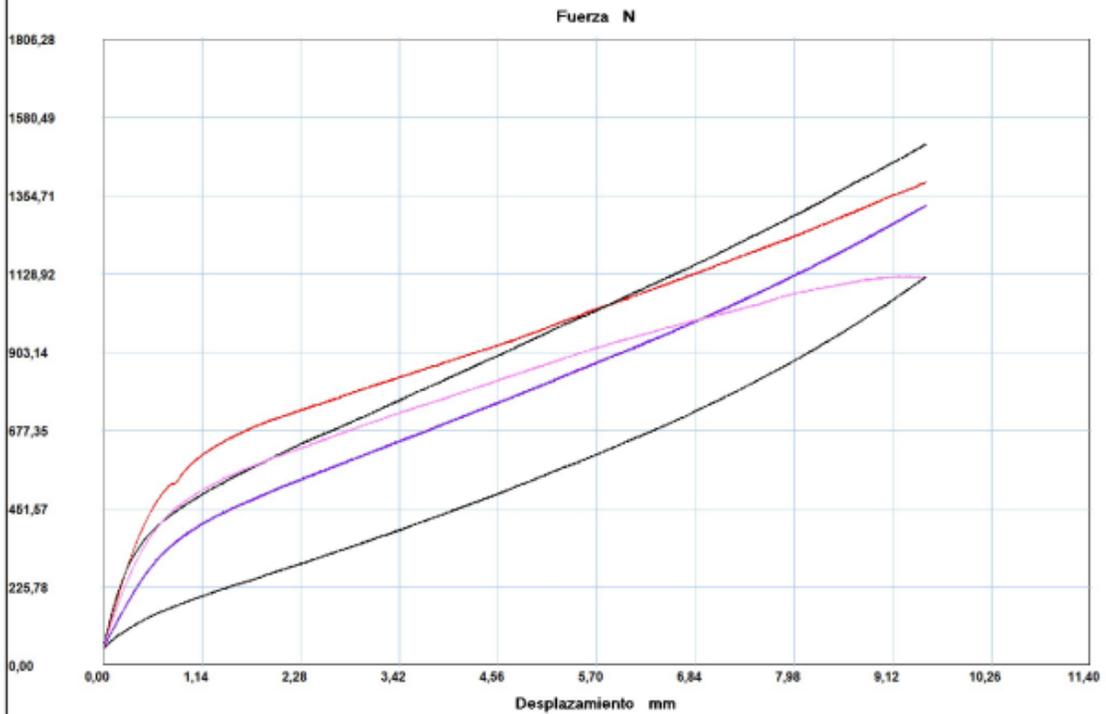
Precarga	=	1,30	mm/min
Ensayo	=	1,30	mm/min
Retorno	=	10,00	mm/min
Posicionamiento	=	10,00	mm/min

INFORME :
 ENSAYO :

ECP 03
 COMPRESION



Referencia : PLASTICOS
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D695
 Fecha : 16/09/2019
 Hora : 14:56:11
 Temperatura : 23,9
 H.R.% : 42,7
 Pedido : 180381543820190909



Probeta	FMax N	CMax MPa	FYield N	C.Yield MPa
■ 1	1393,20	11,19	863,06	6,93
■ 2	1505,23	12,27	804,68	6,56
■ 3	1326,93	10,86	684,77	5,61
■ 4	1123,40	9,04	758,92	6,11
■ 5	1121,82	9,00	424,43	3,40
Media	1294,116	10,471	707,172	5,721
Desv. Std	169,037	1,425	170,976	1,387
Coef. V.	0,131	0,136	0,242	0,242
+3 Sigma	1801,226	14,746	1220,101	9,883

Parametros

Precarga	=	50,00	N
Caida %	=	20,00	
Retorno Automatico	=	1,00	
Limite Fuerza	=	20000,00	N
Limite Desplazamiento	=	9,50	mm

Velocidades

Precarga	=	1,30	mm/min
Ensayo	=	1,30	mm/min
Retorno	=	10,00	mm/min
Posicionamiento	=	10,00	mm/min

ANEXO 3: Informe Técnico del Ensayo de Dureza



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180381543820190909-EDSD	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa / Cliente: Diego Andrés Llerena Pico.	
Dirección: El Tambo, Pelileo.	
Núm. de cédula / RUC: 1803815438	Teléfono: 0998388731
E-mail: diego77748@gmail.com	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Análisis Metalográfico
Designación del material: Material compuesto de caucho con poliuretano
Método de ensayo: ASTM D2240 – 15.- Método de prueba estándar para la propiedad del caucho: dureza.

Número de Probetas cuantificadas:

N°	Identificación del grupo	Poliuretano	Caucho	Probetas a Ensayar
1	180381543820190909-EDSD 01	70%	30%	2
2	180381543820190909-EDSD 02	60%	40%	2
3	180381543820190909-EDSD 03	50%	50%	2
Total				6

Nota: La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



Código: RG-AM-008
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1

CamScanner

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE
MUESTRAS

Página 1 de 2



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHA RECEPCIÓN
1	180381543820190909-EDSD 01-1	Cumple criterios dimensionales	2019/09/09
2	180381543820190909-EDSD 01-2	Cumple criterios dimensionales	2019/09/09
3	180381543820190909-EDSD 02-1	Cumple criterios dimensionales	2019/09/09
4	180381543820190909-EDSD 02-2	Cumple criterios dimensionales	2019/09/09
5	180381543820190909-EDSD 03-1	Cumple criterios dimensionales	2019/09/09
6	180381543820190909-EDSD 03-2	Cumple criterios dimensionales	2019/09/09

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente		





LABORATORIO DE ANÁLISIS METALOGRAFICO
ENSAYO DE DUREZA SHORE D PARA ELASTÓMEROS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180381543820190909-EDSD

DATOS GENERALES

Datos informativos

N° de proforma: AM_2019_022

Empresa / Cliente: Diego Andrés Llerena Pico.

RUC/C.I.: 1803815438

Dirección: El Tambo.

Correo: diego77748@gmail.com

Ciudad: Pelileo

Teléfono: 0998388731

Datos del ensayo:

Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Análisis metalográfico.

Dirección: Ambato/Catiglata. Rio de Janeiro y Toronto.

Método de ensayo: ASTM D2240: Método de prueba estándar para propiedades de caucho - Dureza.

Tipo de ensayo: Cuantitativo.

Equipo utilizado: Durómetro Shore Tipo: D Número de serie: 2806201802

Medio de prueba: Manual Intervalo de tiempo de indentación: 1s

Fecha de Inicio de Ensayo: 2019/09/12 Fecha de Finalización de Ensayo: 2019/09/12.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *Material compuesto de caucho con poliuretano*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Análisis Metalográfico del CFPMC del H.G.P. de Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas.

N°	Identificación del grupo	Poliuretano	Caucho	Probetas a Ensayar
1	180381543820190909-EDSD 01	70%	30%	2
2	180381543820190909-EDSD 02	60%	40%	2
3	180381543820190909-EDSD 03	50%	50%	2
			Total	6

La fabricación de las probetas y su configuración, están de acuerdo según especificaciones declaradas por el cliente.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.

Elaborado por:		Aprobado por:
Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Esteban Lopez Espinel MEng Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y Fecha de emisión de Informe: Ambato, 16 de septiembre de 2019.
N° Factura:001-002-000007818.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrasco



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Espesor (mm)	Dureza SHORE (D)
1	180381543820190909-EDSD 01-1	20,6	60,2	5,96	71,5 73 74 75 72,5 73,20
				Promedio \bar{X}	1,35
				Desviación estándar S_{n-1}	1,85
				Coefficiente de variación CV	
Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Espesor (mm)	Dureza SHORE (D)
2	180381543820190909-EDSD 01-2	20,6	60,2	5,72	71 73 71,5 71 70,5 71,40
				Promedio \bar{X}	0,96
				Desviación estándar S_{n-1}	1,35
				Coefficiente de variación CV	

Código: RG-AM-007
Fecha de Elaboración: 15-03-2018
Fecha de última aprobación: 20-04-2018
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA SHORE D

Página 2 de 4



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Espesor (mm)	Dureza SHORE (D)
3	180381543820190909-EDSD 02-1	20,7	59,8	5,68	69,5
					70,5
					71
					71
					69,5
				Promedio \bar{X}	70,30
				Desviación estándar S_{n-1}	0,76
				Coefficiente de variación CV	1,08

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Espesor (mm)	Dureza SHORE (D)
4	180381543820190909-EDSD 02-2	20,7	59,8	5,98	70,5
					71,5
					68,5
					69
					70
				Promedio \bar{X}	69,90
				Desviación estándar S_{n-1}	1,19
				Coefficiente de variación CV	1,71

Código: RG-AM-007
Fecha de Elaboración: 15-03-2018
Fecha de última aprobación: 20-04-2018
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE DUREZA SHORE D

Página 3 de 4

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Espesor (mm)	Dureza SHORE (D)
5	180381543820190909-EDSD 03-1	20,9	59,8	5,8	60,5 61 62 60,5 58,5
				Promedio \bar{X}	60,50
				Desviación estándar S_{n-1}	1,27
				Coefficiente de variación CV	2,11

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Espesor (mm)	Dureza SHORE (D)
6	180381543820190909-EDSD 03-2	20,9	59,8	5,71	61,5 61 60,5 60,5
				Promedio \bar{X}	60,90
				Desviación estándar S_{n-1}	0,42
				Coefficiente de variación CV	0,69

Observaciones: Ninguna.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180381543820190909-EDSD
DATOS DEL CLIENTE
Empresa / Cliente: Diego Andrés Llerena Pico.
DIRECCIÓN: El Tambo, Pelileo.
NUM. DE CEDULA / RUC: 1803815438
E-MAIL: diego77748@gmail.com
TELÉFONO: 0998388731

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Análisis Metalográfico

Designación del material:

Material compuesto de caucho con poliuretano.

Método de ensayo: ASTM D2240 – 15.- Método de prueba estándar para la propiedad del caucho: dureza.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180381543820190909-EDSD 01-1	2019/09/09	2019/09/19	Cliente	Se entrega al cliente	
	180381543820190909-EDSD 01-2	2019/09/09	2019/09/19	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-AM-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS



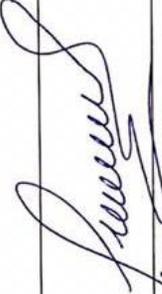
Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Nº	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
2	180381543820190909-EDSD 02-1	2019/09/09	2019/09/19	Cliente	Se entrega al cliente	
	180381543820190909-EDSD 02-2	2019/09/09	2019/09/19	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180381543820190909-EDSD 03-1	2019/09/09	2019/09/19	Cliente	Se entrega al cliente	
	180381543820190909-EDSD 03-2	2019/09/09	2019/09/19	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las muestras de los grupos por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

		
Elaborado por: Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Esteban López Espinel MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
		
Cliente		

Código: RG-AM-009
Fecha de Elaboración: 22-05-2018
Fecha de última aprobación: 22-05-2018
Revisión: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

ANEXO 4: Campos Grandes y Atletismo

6

Campos grandes y Atletismo

■ ATLETISMO: CARRERAS EN RECTAS

1. Tamaño de la pista

El tamaño reglamentario de una Recta para Carreras es un rectángulo que dispone de una longitud y una anchura determinada en función de la zona de salidas, de la máxima distancia sobre la que se compita, de la zona de frenada y del número de atletas que simultáneamente puedan competir.

Para competiciones se exige un mínimo de 6 calles. Para otros niveles (deporte escolar, deporte recreativo) se puede disponer un mínimo de 4 calles. Cuando la recta está integrada en la pista circular de 400 metros tendrá un mínimo de 6 calles, en Campeonatos nacionales e internacionales tendrá un mínimo de 8 calles. Véase la norma NIDE de Atletismo carreras en pista **ATL.pt**.

Las distancias de las carreras en recta, tanto para competición al aire libre como en pista cubierta, se corresponden con la categoría según los cuadros siguientes:

CARRERAS EN RECTA (PISTA AL AIRE LIBRE)			
TIPO	Distancia (m)	CATEGORÍA	
		HOMBRES	MUJERES
LISOS	100	Sénior, Promesa, Júnior, Juvenil, Cadete	
	80	Infantil	
	60	Alevín	
	50	Benjamín	
VALLAS	110	Sénior, Promesa, Júnior, Juvenil	
	100	Cadete	Sénior, Promesa, Júnior, Juvenil, Cadete
	80	Infantil	Infantil

CARRERAS EN RECTA (PISTA CUBIERTA)			
TIPO	Distancia (m)	CATEGORÍA	
		HOMBRES	MUJERES
LISOS	60	Sénior, Promesa, Júnior, Juvenil, Cadete, infantil, Alevín	
	50	Benjamín	
VALLAS	60	Sénior, Promesa, Júnior, Juvenil, Cadete, Infantil	

En el cuadro siguiente se indican las dimensiones de las rectas de velocidad de competición de interior y de exterior:

RECTA DE VELOCIDAD ATLETISMO							
CARRERAS	DIMENSIONES (m)						
	LONGITUDES				ANCHURAS		
	Zona de salida	Distancia	Zona frenada	Total	4 calles	6 calles	8 calles
60	3,00	60,00	15,00 /17,00	78,00/80,00	4,88	7,32	9,76
110	3,00	110,00	17,00	131,50			

2. Bandas exteriores y seguridad

Para facilitar el desarrollo de la competición y la seguridad de los atletas, se reservarán bandas mínimas de espacios libres de obstáculos de 1,50 m de anchura mínima en los laterales de la pista.

3. Altura libre de obstáculos

La altura entre el pavimento y el obstáculo más próximo (líneas eléctricas en instalaciones al aire libre; cara inferior de techo, cuelgue de viga, luminaria, conducto de aire acondicionado, en instalaciones cubiertas) tanto sobre la recta como sobre las bandas exteriores, deberá quedar totalmente libre y tener un mínimo de 4 m.

4. Orientación solar

El eje longitudinal de las recta debe coincidir con la dirección geográfica N-NO (salida), S-SE (llegada), admitiéndose su variación dentro del entorno comprendido entre N y NO. Es preciso tener en cuenta además la dirección de los vientos dominantes para no correr en contra de ellos.

5. Tipo de pavimento

La Recta dispondrá de un pavimento de características normalmente distintas a las de sus bandas exteriores. La superficie al aire libre deberá ser completamente llana, admitiéndose para la evacuación superficial de las aguas una pendiente transversal máxima del 1 por 100 hacia el interior y otra longitudinal máxima (dirección de la carrera) del 1 por 1000. El pavimento deberá tener resuelto el drenaje profundo, así como no ser abrasivo ni deslizante y sí elástico aunque dotado de seguridad a la pisada. El pavimento será sintético, prefabricado o "in situ", sobre una base de zahorras (arenas y gravas) de 15 cm de espesor mínimo y dos capas de aglomerado asfáltico de 40 mm (máx. árido: 20 mm) y 25 mm (máx. árido: 5 mm) de espesor mínimo respectivamente. Cumplirá los siguientes requisitos de acuerdo con UNE 41958 IN "Pavimentos deportivos":

REQUISITOS PAVIMENTO DEPORTIVO PARA PISTAS DE ATLETISMO		
Absorción de impactos (Reducción de fuerza)	50% \geq RF \geq 35%	Competiciones ámbito internacional y nacional
	35% \geq RF \geq 20%	Competiciones ámbito regional, local, recreativo, escolar
Deformación	STV \leq 3 mm.	
Fricción	0,5 \leq μ	
Planicidad	Diferencias de nivel inferiores a 3 mm medidos con regla de 3 m (1/1000)	
Pendientes	Pendiente radial máxima 1:250	
Resistencia a impactos	Sin fisuras, grietas o deformaciones mayores de 0,5 mm para impactos de 8 Nm	
Resistencia a clavos*	Máxima pérdida de peso 10 %	
Resistencia a tracción	Pavimentos porosos: \geq 400 kPa Pavimentos no porosos: \geq 500 kPa Alargamiento de rotura (Er): \geq 40%	
Espesores	12 mm; pista 20 mm; zonas de salto (pértiga, longitud, altura, triple salto) lanzamiento de jabalina y foso de la ría	

* Reglamentariamente la suela y el tacón de las zapatillas podrán tener hasta un máximo de 11 clavos. Para pavimentos sintéticos la parte del clavo que sobresalga de la suela o tacón no debe exceder de 9 mm, excepto para salto de altura y lanzamiento de jabalina que no excederá de 12 mm. El diámetro máximo de los clavos será de 4 mm. En otro tipo de pavimentos la máxima longitud del clavo será de 25 mm y el diámetro máximo será de 4 mm.

6. Iluminación

La iluminación artificial será uniforme y de manera que no provoque deslumbramiento de atletas, jueces ni espectadores. Cumplirá la norma UNE-EN 12193 "Iluminación de instalaciones deportivas" y contará con los siguientes niveles mínimos de iluminación:

NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN. ATLETISMO al exterior (todas las actividades)		
NIVEL DE COMPETICIÓN	Iluminancia horizontal	
	E med (lux)	Uniformidad E min / E med
Competiciones internacionales y nacionales	500	0,7
Competiciones regionales y locales, entrenamiento alto nivel	200	0,5
Entrenamiento, deporte escolar y recreativo	100(1)	0,5

(1) La iluminación horizontal puede reducirse a 75 lux para carreras.

La iluminación vertical en la línea de llegada deberá ser de 1.000 lux para el equipo de foto-finish.

Para retransmisiones de TV color y grabación de películas se requiere un nivel de iluminancia vertical de al menos 1.000 lux y de 1.400 lux en competiciones internacionales, no obstante este valor puede aumentar con la distancia de la cámara al objeto. Para mayor información en cuanto a iluminancia vertical, uniformidad, temperatura de color e índice de rendimiento de color debe consultarse la norma citada.

7. Trazado de la recta

El trazado de la recta se realizará de acuerdo con los dibujos **ATLr-1** y **ATLr-2**. La anchura de las líneas será de 5 cm a excepción de los trazos de colocación de las vallas que serán de 1,5 cm de anchura.

Todas las líneas forman parte de las superficies que delimitan a excepción de la "línea de llegada" y de los "trazos de colocación de las vallas". El color de las líneas será blanco, a excepción de las "líneas de salida" intermedias y de los "trazos de colocación de las vallas" que serán de otro color. El marcaje de las líneas sobre pavimentos sintéticos debe quedar perfectamente adherido, ser de carácter permanente, así como enrasar con la superficie.

Del trazado completo pueden especificarse los siguientes detalles:

Bordillo

El borde o linde interior (el situado a la izquierda del atleta que corre) será una línea blanca de 5 cm de anchura y cuando la recta se encuentra integrada en la pista en anillo, irá provisto de un encintado o bordillo de aluminio o de otro material apropiado, de aproximadamente 5 cm de altura y un mínimo de 5 cm de anchura, colocado horizontalmente en toda su longitud. En cualquier caso, la pista deberá estar limitada tanto interior como exteriormente por sendos bordillos de hormigón u otro material apropiado que limitaran la caja de la pista (bordillos enrasados). Véase la norma NIDE de Atletismo carreras en pista **ATL pt**.

Líneas de salida y de llegada

La salida de cada distancia a recorrer y la llegada de todas ellas, se trazaran perpendicularmente a la línea o bordillo interior. Serán continuas, tendrán sus extremos en las "líneas interior y exterior" y serán de una longitud coincidente con la anchura de la recta. Cada distancia a recorrer se medirá incluyendo completa la "línea de salida" y sin incluir el grosor de la "línea de llegada". Para ayudar a la alineación del equipo de Foto-Finish y para facilitar la lectura de la película de Foto-Finish las intersecciones de las líneas de las calles con la línea de llegada estarán pintadas en color negro con un diseño adecuado.

Línea límite de pasillo o calle

La línea límite de cada pasillo se trazará paralelamente al bordillo o línea interior a una distancia determinada multiplicando el número de calles que la separan de dicho bordillo por la anchura de una calle. Cada participante dispondrá de un pasillo independiente para realizar toda su carrera, de un ancho de 1,22 m ($\pm 0,01$ m), incluida la línea límite situada a la derecha en dirección de carrera.

Zona de frenada

Más allá de la "línea de llegada" en dirección de carrera, existirá una zona en la que el corredor una vez atravesada la llegada podrá decelerar en un espacio suficiente. Esta zona deberá tener una longitud mínima de 12,50 m en instalaciones dedicadas a deporte escolar y recreativo, en atletismo de interior la longitud mínima será de 15,00 m. La longitud idónea de la zona de frenada es de 17 m.

Zona de llegada

Para facilitar la visión de la llegada por parte de espectadores, periodistas y jueces, es optativo el trazado en los últimos 5 m de carrera de una "parrilla" de llegada compuesta por una serie de líneas paralelas a la "línea de llegada". Pueden trazarse cinco líneas continuas separadas 1 m entre sí y con la línea de llegada o bien cuatro líneas (tres continuas y una discontinua) separadas 5, 3, 2 y 1m de la llegada. Las calles pueden estar señalizadas con números de altura mínima de 0,50 m leídos en la dirección de la carrera.

Trazos de colocación de vallas

Se trazarán perpendicularmente a las "líneas límite de pasillo" los trazos que indican la colocación de las vallas para las distintas categorías. Estos trazos tendrán 1,5 cm de anchura y sobresaldrán a ambos lados de cada "línea límite de pasillo" una longitud de 10 cm. La distancia exacta a la que habrá de colocarse cada valla, vendrá determinada por el borde de dicho trazo situado mas cerca de la "línea de salida". Cada categoría de edad tiene establecida una distancia de carrera determinada, así como el número de vallas a pasar, su altura y las distancias intermedias posibles; todo ello puede encontrarse en los cuadros siguientes para competiciones al aire libre:

CARRERAS DE VALLAS AL AIRE LIBRE - MUJERES						
CATEGORÍAS	ESPECIFICACIONES					
	Distancia de la carrera (m)	Nº de vallas	Altura de las vallas (m)	Distancias (m)		
				De salida a 1ª valla	Entre vallas	De última valla a meta
Sénior, Promesa, Júnior	100	10	0,84	13,00	8,50	10,50
Juvenil, Cadete	100	10	0,762	13,00	8,50	10,50
Infantil	80	8	0,762	12,30	8,20	10,30

CARRERAS DE VALLAS AL AIRE LIBRE - HOMBRES						
CATEGORÍAS	ESPECIFICACIONES					
	Distancia de la carrera (m)	Nº de vallas	Altura de las vallas (m)	Distancias (m)		
				De salida a 1ª valla	Entre vallas	De última valla a meta
Sénior, Promesa, Júnior	110	10	1,067	13,72	9,14	14,02
Juvenil	110	10	1,00/0,914	13,35/13,72	8,90/9,14	16,55/14,02
Cadete	100	10	0,914	13,00	8,50	10,50
Infantil	80	8	0,840	12,30	8,20	10,30

Un esquema de la colocación de las vallas en competiciones al aire libre y en pista cubierta se encuentran en los dibujo **ATLr-3a** y **ATLr-3b** respectivamente.

En los cuadros siguientes se indican las especificaciones para competiciones en pista cubierta:

CARRERAS DE VALLAS PISTA CUBIERTA - MUJERES						
CATEGORÍAS	ESPECIFICACIONES					
	Distancia de la carrera (m)	Nº de vallas	Altura de las vallas (m)	Distancias (m)		
				De salida a 1ª valla	Entre vallas	De última valla a meta
Senior, Promesa, Junior	60	5	0,840	13,00	8,50	13,00
Juvenil, Cadete	60	5	0,762	13,00	8,50	13,00
Infantil	60	5	0,762	12,30	8,20	14,90

CARRERAS DE VALLAS PISTA CUBIERTA - HOMBRES						
CATEGORÍAS	ESPECIFICACIONES					
	Distancia de la carrera (m)	Nº de vallas	Altura de las vallas (m)	Distancias (m)		
				De salida a 1ª valla	Entre vallas	De última valla a meta
Sénior, Promesa, Júnior	60	5	1,067	13,72	9,14	9,72
Juvenil	60	5	1,00/ 0,914	13,35	8,90	11,05
Cadete	60	5	0,914	13,00	8,50	13,00
Infantil	60	5	0,840	12,30	8,20	14,90

8. Los postes de llegada

Indicarán las extremidades de la línea de llegada. Serán de construcción rígida, blancos, estando situados a 30 cm. como mínimo hacia fuera de cada extremo de dicha línea. Medirán aproximadamente 1,40 m de altura, 8 cm de anchura y 2 cm de grueso. Su utilización no debe interferir, en su caso, con el equipo de foto-finish.

La fijación al suelo deberá ser preferentemente mediante un tubo de anclaje con tapa de la profundidad de empotramiento que proporcione la rigidez del poste adecuada.

A menos que el juez de arbitro lo encuentre contraproducente, a causa de la dirección y la velocidad del viento, se tenderá un hilo de lana a través de la pista entre los dos postes de llegada y sujeto a ellos, a 1,22 m del suelo, con el fin de ayudar a la clasificación de los participantes. Se situará exactamente por encima del borde de la línea de llegada más próximo a la salida **ATLr-4**.

9. Los tacos de salida

Los tacos de salida son los dispositivos utilizados por los corredores para realizar las salidas en las pruebas de velocidad. Los tacos de salida podrán ser propiedad particular o suministrados por el organizador de competiciones o propietario de instalaciones, según los casos. De cualquier modo, deberán ser de constitución absolutamente rígida y sin que proporcionen ninguna ventaja irregular tanto al competidor, como molestias a los restantes corredores. Los tacos deberán poder retirarse rápidamente y con facilidad del pavimento al cual estarán clavados por un número de puntas determinado, de forma que causen el menor daño posible; tanto este número como la longitud y espesor de esas puntas dependerán del tipo de pavimento de la pista. El anclaje no podrá permitir movimiento alguno durante la salida.

Si los tacos son suministrados por los organizadores deberán disponer de las siguientes disposiciones: Estarán constituidos por dos placas contra las cuales los pies del atleta apoyan en la posición de salida. Estas placas estarán montadas sobre una estructura rígida que no deberá obstaculizar al atleta cuando deje los tacos en la salida. Las placas podrán tener una inclinación regulable y ser planas o ligeramente cóncavas en sentido de carrera. La superficie de estas placas deberá estar preparada para acomodar los clavos de las zapatillas del atleta, bien sea con ranuras o hendiduras, en las superficies en que se coloca el pie o cubriendo aquella con un

material apropiado que permita el empleo de zapatillas con clavos. Los atletas competidores en Campeonatos del Mundo, Juegos Olímpicos, Copas del Mundo, Campeonatos de Área, Juegos de Área, Copas de Área, encuentros entre dos o más Federaciones Nacionales, podrán utilizar solo los tacos suministrados por los organizadores.

En Campeonatos del Mundo, Juegos Olímpicos, Copas del Mundo, Campeonatos de Área, Juegos de Área, Copas de Área, los tacos de salida tienen que estar conectados a un dispositivo que detecte las salidas falsas. El Juez de salidas y/o un adjunto deberán llevar auriculares que le permita escuchar claramente una señal acústica proveniente del aparato de control cada vez que detecte una salida falsa (por ejemplo cuando el tiempo de reacción es inferior a 100/1000 de segundo) con el fin de confirmar que atleta/s es/son responsable/s de la salida falsa. Este sistema tiene que haber sido aprobado por la IAAF (Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo) o por la Real Federación Española de Atletismo.

Se recomienda que el dispositivo de detección de salida falsa se utilice en cualquier competición.

10. Las vallas

Las vallas son los obstáculos que debe franquear el atleta en especialidades denominadas de esta forma. El número de ellas, su altura y su colocación en la recta está indicado en los dibujos **ATLr-3a**, **ATLr-3b** y en los cuadros del apartado 7f).

La valla estará constituida por los siguientes elementos:

- **La base de metal** u otro material apropiado, protegido de la corrosión o no corrosivo, constituido por dos tubos paralelos a la dirección de la carrera, de longitud máxima 70 cm y uno transversal uniendo los extremos de los anteriores.
- **Dos montantes verticales**, también de metal u otro material apropiado, protegido de la corrosión o no corrosivo, unidos a los extremos ya citados de los tubos base y de altura graduable, según la categoría que se dispute.
- **Una traviesa superior**, de madera u otro material apropiado, pintada de blanco y negro o en otros colores que contrasten de forma que las franjas blancas o más claras tengan por lo menos 22,5 cm de ancho queden en los extremos. Esta traviesa tendrá una longitud de 118 a 120 cm, una anchura de 7 cm, y un grueso entre 1 y 2,5 cm. Estará firmemente sujeta en sus extremidades a los montantes verticales y sus bordes exteriores estarán redondeados. Se admite una tolerancia de ± 3 mm en las alturas reglamentarias para salvar las diferencias o variaciones de construcción. Véase dibujo **ATLr-5**.

Las vallas se situarán sobre la pista de tal manera que sus pies o bases queden del lado por el que se acercan los competidores y se colocará de modo que el borde de la traviesa más próximo al corredor que se acerca coincida con la marca sobre la pista más cercana al atleta. Su masa total no será inferior a 10 kg. Para demerarla habrá que ejercer en el centro del borde superior una fuerza mínima de 3,6 kg-fuerza y máxima de 4 kg-fuerza. Se adaptarán a los dos tubos base sendos contrapesos graduables, para mantener esa magnitud de empuje en todas las categorías. Para verificar la fuerza de resistencia de las vallas, se podrá utilizar una balanza con resortes aplicando la tracción en el centro de la barra superior. Igualmente se podrá utilizar una cuerda provista de un gancho, que fijada a la barra superior, en su punto medio, se hará pasar por una polea situada de forma adecuada y se cargará de peso.

Para homologar record mundiales, continentales y nacionales, deberá utilizarse un juego de vallas completo que cumpla las especificaciones citadas.

11. Las escaleras de jueces y cronometradores

Se reservará al exterior de las bandas laterales el espacio necesario para la situación de las escaleras en las que se colocan los jueces de llegada y los cronometradores. Las escaleras se dispondrán con su eje central coincidiendo con la línea de llegada, en su prolongación y al menos a 5 m a cada lado del bordillo o línea lateral. Los jueces de llegada se situarán todos al interior o al exterior y los cronometradores siempre al exterior de la pista.

12. Equipo técnico

Anemómetro

Siempre que haya de tenerse en cuenta la velocidad del viento en una carrera, debe preverse la existencia de un aparato de medición de esa velocidad (anemómetro) que se situará en el punto medio de la recta (a 50 m de la llegada), a un máximo de 2 m de separación de bordillo o calle nº 1 y colocado a una altura aproximada de 1,22 m. El registro del anemómetro se hará en metros por segundo y deberán estar certificados por un Organismo competente.

Se preverá la existencia adicional de una mesa y una silla para que el encargado del anemómetro efectuó las oportunas anotaciones.

La Salida

En todas las carreras, el juez de salidas deberá darlas mediante un disparo de pistola u otro aparato similar, utilizando un micrófono para transmitir sus ordenes por medio de altavoces a los participantes que se encuentran situados en cada calle. En su defecto, cuando no pueda utilizar este sistema de megafonía, efectuará el disparo colocándose aproximadamente a la misma distancia de cada atleta. Si el Juez no puede colocarse en esa posición, si lo deberá estar la pistola o aparato utilizado, dándose el disparo por contacto eléctrico.

Cronometro y Foto Finish

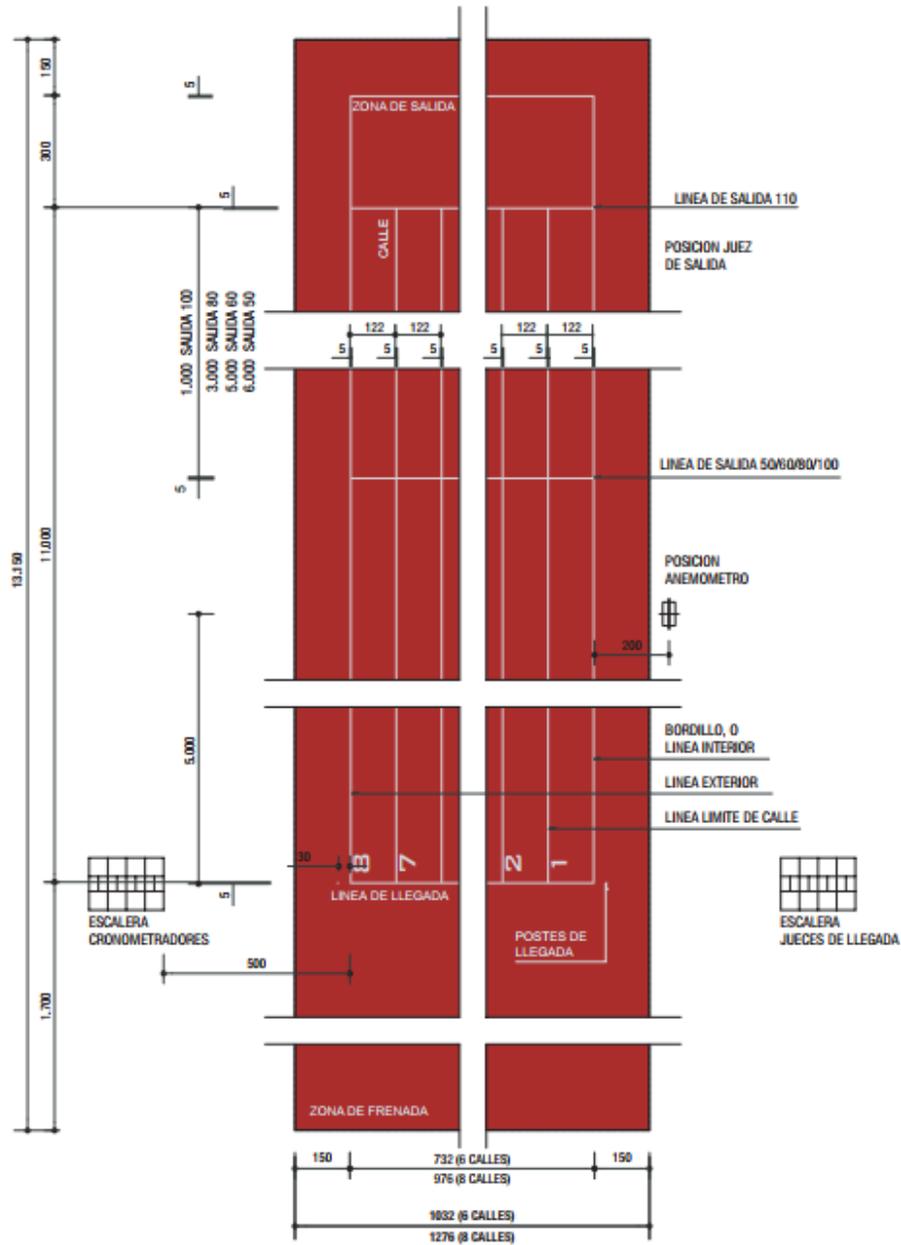
Deberá emplearse un sistema de cronometraje electrónico totalmente automático en competiciones internacionales y nacionales. El sistema utilizado deberá ser aprobado por la Real Federación Española de Atletismo. El sistema deberá ser totalmente automático, cuando sea puesto en marcha por contacto con la pistola del Juez de salidas en el momento del relámpago de la explosión y cuando los tiempos y las posiciones de los participantes puedan ser visionados a la centésima de segundo sobre un film en movimiento o fotografía (foto-finish). Puede utilizarse un sistema de grabación en video que cumpla con las características antes indicadas, que utilice una cámara de video alineada con la línea de meta, que produzca al menos 50 fotogramas por segundo y que lleve incorporado un dispositivo de cronometraje que produzca un registro de 1/50 de segundo.

Deben preverse conducciones enterradas mediante tubos de sección suficiente para los cables de conexión de los equipos de cronometraje y proceso de datos, con sus arquetas de registro, así como para la alimentación eléctrica de esos aparatos, de forma que no sea necesario colocar cables superficiales sobre la pista.

CARRERAS EN RECTAS

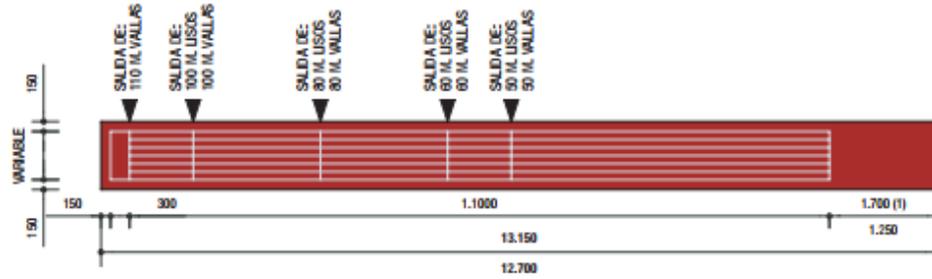
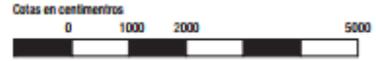


LA RECTA
ATLr-1

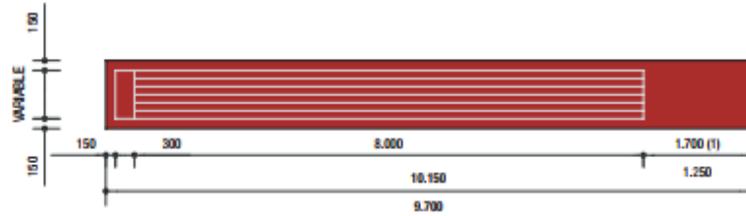


CARRERAS EN RECTAS

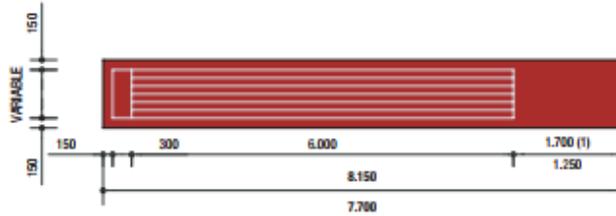
TRAZADO DE LA RECTA ATL-2



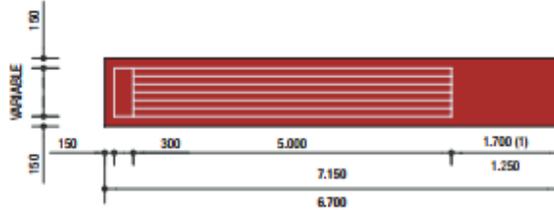
RECTA DE 110 M.



RECTA DE 80 M.



RECTA DE 60 M.



RECTA DE 50 M.

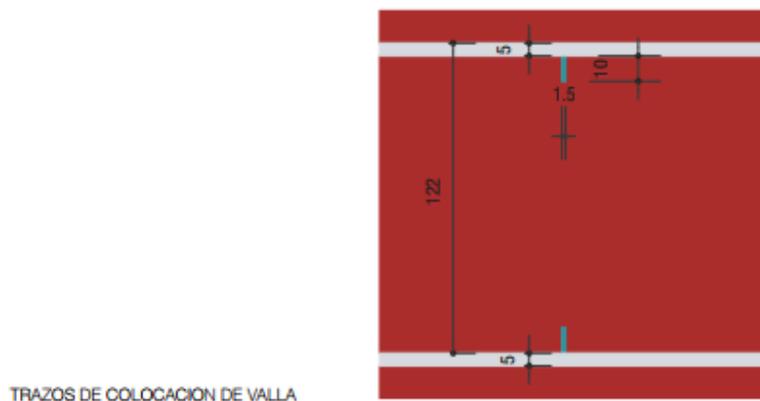
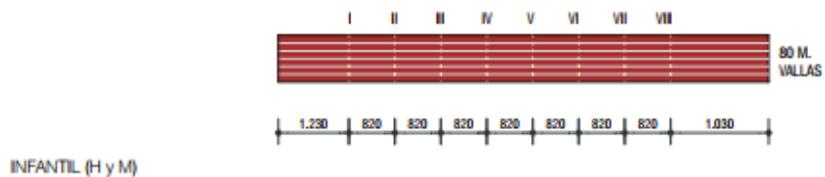
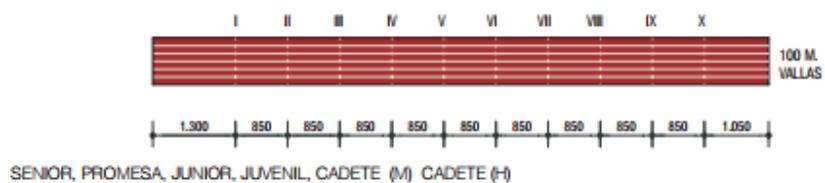
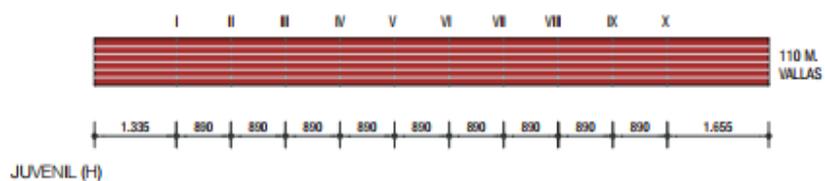
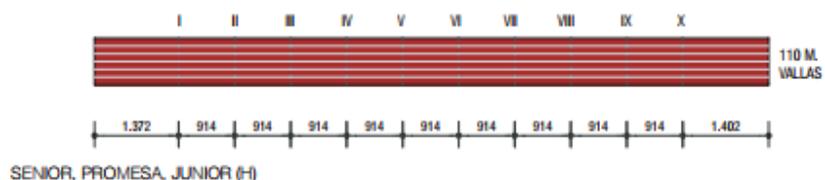
(t) ZONA DE FRENADA:
 1.700 (IDONEO),
 1.500 (MINIMO INTERIOR),
 1.250 (MINIMO USO ESCOLAR, RECREATIVO)

CARRERAS EN RECTAS

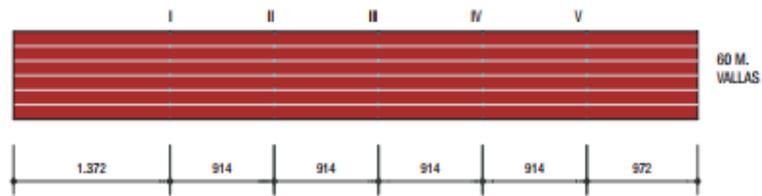


ESQUEMAS COLOCACION DE VALLAS AL AIRE LIBRE

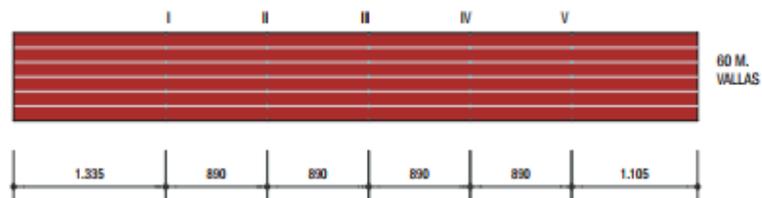
ATLr-3a



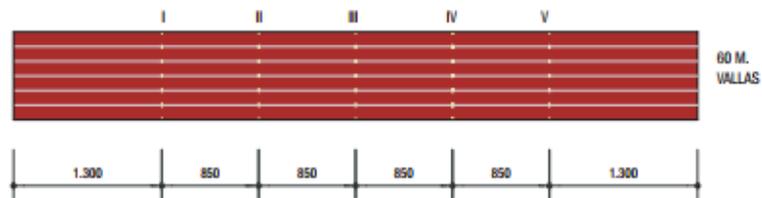
■ ESQUEMAS COLOCACION DE VALLAS A CUBIERTO
ATLr-3b



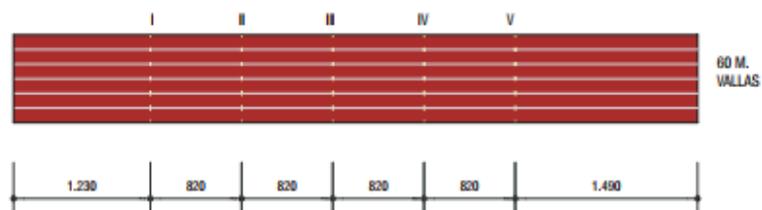
SENIOR, PROMESA, JUNIOR (H)



JUVENIL (H)



SENIOR, PROMESA, JUNIOR, JUVENIL, CADETE (M) CADETE (H)



INFANTIL (H y M)