



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:

“ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS”

AUTOR: Oscar Fabricio Freire Bonilla

TUTOR: Ing. Mg. Christian Castro

Ambato – Ecuador

2018

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS” realizado por el señor Oscar Fabricio Freire Bonilla, portador de la cédula de ciudadanía 180453541-5, y egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.
- Está concluida en su totalidad.

Ambato, Diciembre del 2018

.....
Ing. Mg. Christian Castro

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO

Declaro que el contenido del trabajo experimental: “ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS” así como también las ideas, resultados, conclusiones, recomendaciones son auténticas y de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor del presente proyecto, con excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Diciembre del 2018

.....
Oscar Fabricio Freire Bonilla

C.I. 180453541-5

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los derechos de este Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se la realice respetando mis derechos de autor.

.....

Oscar Fabricio Freire Bonilla

C.I. 180453541-5

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental realizado por el egresado Oscar Fabricio Freire Bonilla de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS”

Para constancia firman:

.....
Ing. Mg. Henry Vaca O.

.....
Ing. Mg. Víctor R. Espín

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico primeramente a Dios por haberme dado las fuerzas necesarias para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, quienes fueron mi guía durante toda mi vida para seguir siempre por el buen camino y han sido quienes me han apoyado en los buenos y malos momentos.

A mi hermano Iván quien para mí ha sido un ejemplo a seguir y siempre me ha apoyado para poder salir adelante, a mi hermano Bryan por alentarme siempre y para quien quiero ser un modelo a seguir.

A mis abuelitos quienes me impartieron sus valores y enseñanzas para ser una mejor persona, a mis tíos, primos y demás familiares quienes de una u otra manera me han apoyado a lo largo de la carrera.

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por darme la salud y la sabiduría para realizar siempre lo correcto a lo largo de toda mi vida.

A mis padres, hermanos y demás familiares por darme la fortaleza y el apoyo durante toda mi vida universitaria, lo que me alentó siempre para seguir adelante.

A la Universidad Técnica de Ambato y en especial a la carrera de Ingeniería Mecánica en donde fui acogido e instruido durante toda la vida universitaria, con el fin de ser un buen profesional.

A mi tutor Ing. Mg. Christian Castro, por su tiempo, paciencia, apoyo y su guía durante todo el proceso de ejecución en mi proyecto de titulación.

A los ingenieros por compartir sus enseñanzas durante toda la carrera y estar dispuestos siempre a brindar ayuda en momentos de duda.

A mis amigos y compañeros que estuvieron a mi lado en el transcurso de esta etapa universitaria ya que fueron un gran apoyo durante la misma.

Agradezco también a la empresa Master Fibra por proporcionar la fibra de vidrio, la resina poliéster, así como también prestar sus instalaciones para la realización de las probetas.

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXI
NOMENCLATURA	XXXI
RESUMEN EJECUTIVO	XXXII
ABSTRACT	XXXIII
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1 Tema del trabajo experimental	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II.....	4
FUNDAMENTACIÓN	4
2.1 Fundamentación teórica	4
2.1.1 Ingeniería Mecánica.....	4
2.1.2 Carrocerías metalmecánicas	4
2.1.3 Ingeniería de materiales	6
2.1.4 Materiales compuestos de matriz polimérica.....	6
2.1.4.1 Ventajas y desventajas de los compuestos poliméricos	10
2.1.4.2 Aplicaciones de compuestos poliméricos	11
2.1.5 Retardantes de llama.....	13
2.1.5.1 Definición.....	13
2.1.5.2 Tipos de retardantes de llama.....	14

2.1.5.3	Inflamabilidad de estructuras compuestas	15
2.1.5.4	Métodos para impartir retardo de llama a compuestos	16
2.1.5.5	Evidencia del deterioro de las propiedades mecánicas	17
2.1.6	Ensayo de materiales	18
2.1.6.1	Ensayo de tracción para materiales compuestos	18
2.1.6.2	Ensayo de flexión en materiales compuestos.....	19
2.1.6.3	Ensayo de impacto en materiales compuestos	19
2.2	Hipótesis.....	20
2.3	Señalamiento de variables de la hipótesis	20
2.3.1	Variable independiente	20
2.3.2	Variable dependiente	20
2.3.3	Término de relación	20
CAPÍTULO III		21
METODOLOGÍA		21
3.1	Nivel o tipo de investigación.....	21
3.1.1	Descriptivo.....	21
3.1.2	Experimental.....	21
3.1.3	Bibliográfica	21
3.2	Población y muestra	21
3.2.1	Población	21
3.2.2	Muestra	22
3.3	Operalización de variables	24
3.3.1	Variable independiente: Adición de retardantes de llama (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio) en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas.	24
3.3.2	Variable dependiente: Propiedades mecánicas.....	25
3.4	Plan de recolección de información	26
3.5	Plan de procesamiento y análisis.....	26
3.5.1	Proceso de elaboración del estudio.....	27
3.5.2	Recolección de información de los materiales a utilizar	30
3.5.2.1	Materiales compuestos	30
3.5.2.2	Porcentajes de fibra de vidrio, de resinas y de retardantes de llama de los materiales compuestos.....	31
3.5.3	Dimensionamiento de las probetas	31

3.5.3.1	Probetas requeridas para materiales compuestos	31
3.5.4	Realización de las probetas	32
3.5.5	Codificación de las probetas	40
3.5.6	Realización de los ensayos	41
3.5.6.1	Ensayo de tracción	41
3.5.6.2	Ensayo de flexión.....	43
3.5.6.3	Ensayo de impacto	45
CAPÍTULO IV		47
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		47
4.1	Recolección de datos	47
4.1.1	Fichas de reporte de ensayos de tracción.....	47
4.1.2	Fichas de reporte del ensayo de flexión.....	71
4.1.3	Fichas de reporte del ensayo de impacto	95
4.2	Análisis de resultados.....	119
4.2.1	Correlación de Pearson.	119
4.2.1.1	Cálculo de la correlación.....	119
4.2.1.2	Cálculo de la correlación del esfuerzo de tracción.....	120
4.2.1.3	Cálculo de la correlación del esfuerzo de flexión.	144
4.2.1.4	Cálculo de la correlación de la energía de ruptura.	168
4.2.2	Comparación de resultados.....	192
4.3	Verificación de hipótesis	196
4.3.1	Anova de un factor.....	197
4.3.2	Aplicación de Anova de un factor realizado analíticamente para el esfuerzo de tracción.....	200
4.3.3	Cálculo de Anova de un factor para los datos obtenidos en el ensayo de tracción utilizando un software	205
4.3.3.1	Cálculo de Anova del esfuerzo máximo de tracción entre las 12 configuraciones comparado a un material compuesto de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	205
4.3.3.2	Cálculo de Anova del esfuerzo máximo de tracción entre las 12 configuraciones comparado a un material compuesto de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	207
4.3.4	Cálculo de Anova de un factor para los datos obtenidos en el ensayo de flexión utilizando un software	209

4.3.4.1	Cálculo de Anova del esfuerzo máximo de flexión entre las 12 configuraciones comparado a un material compuesto de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	209
4.3.4.2	Cálculo de Anova del esfuerzo máximo de flexión entre las 12 configuraciones comparado a un material compuesto de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	211
4.3.5	Cálculo de Anova de un factor para los datos obtenidos en el ensayo de impacto utilizando un software	213
4.3.5.1	Cálculo de Anova de un factor de la energía de ruptura entre las 12 configuraciones comparado a un material compuesto de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	213
4.3.5.2	Cálculo de Anova de un factor de la energía de ruptura entre las 12 configuraciones comparado a un material compuesto de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	214
CAPÍTULO V		216
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		216
5.1	Conclusiones	216
5.2	Recomendaciones	220
BIBLIOGRAFÍA:.....		221
ANEXOS:.....		225
A1.	Ficha de las propiedades de la fibra de vidrio.	226
A2.	Ficha de las propiedades de la resina poliéster.....	227
A3.	Ficha de las propiedades de la resina epóxica.	230
A4.	Ficha de las propiedades del gelcoat.	233
A5.	Ficha de las propiedades del hidróxido de aluminio.	235
A6.	Ficha de las propiedades del hidróxido de magnesio.	240
A7.	Extractos de la norma ASTM D3039 – 00.	248
A8.	Extractos de la norma ASTM D7264 – 07.	252
A9.	Extractos de la norma ASTM D6110 – 04.	256
A10.	Informe técnico de los ensayos a tracción, flexión e impacto de los 12 grupos de materiales compuestos dadas por el laboratorio de resistencia de materiales del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del H.G.P de Tungurahua.	259
A.11	Resultados de los ensayos de tracción, flexión e impacto del grupo extra E.	321

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Producción nacional de carrocerías para buses en el Ecuador dentro en la zona 3 [1]	5
Figura 2.2. Tela de fibra de vidrio [12].....	8
Figura 2.3. Fibra de carbono tejida [12].....	8
Figura 2.4. Fibra de aramida tejida [12].....	9
Figura 2.5. Fibra de kenaf tejida [12].....	9
Figura 2.6. Máquina Metrotec MTE 50 para ensayos de tracción y flexión [26].....	19
Figura 2.7. Máquina Metrotec PIT-25 para ensayo de impacto [27].....	20
Figura 3.1. Diagrama de flujo para la realización del estudio.....	30
Figura 3.2. Delimitación del molde	33
Figura 3.3. Aplicación de cera en el molde.....	33
Figura 3.4. Limpieza de la cera.....	33
Figura 3.5. Alcohol polivinílico.....	34
Figura 3.6. Aplicación de gelcoat en el molde.....	34
Figura 3.7. Fibra de vidrio cortada.....	34
Figura 3.8. Pesaje de la fibra de vidrio	35
Figura 3.9. Fibra de vidria siendo colocada en el molde	38
Figura 3.10. Resina y retardante de llama colocado en la fibra de vidrio.....	38
Figura 3.11. Material compuesto siendo pasado por el rodillo.....	39
Figura 3.12. Probetas en estado de curado.....	39
Figura 3.13. Probetas cortadas	39
Figura 3.14. Probetas siendo lijadas.....	40
Figura 3.15. Pedazos de lija colocados en la probeta EM9-T5.....	41
Figura 3.16. Medición de la temperatura y la humedad relativa.....	41
Figura 3.17. Colocación de las probetas de tracción en la máquina Metrotec MTE 50 .	42
Figura 3.18. Ensayo de flexión - Procedimiento A [29]	43
Figura 3.19. Preparación del puente de flexión	44
Figura 3.20. Probeta ensaya por el método A del ensayo de flexión según la norma ASTM D7264.....	44

Figura 3.21. Máquina para realizar la muesca	46
Figura 3.22. Preparación de la máquina previo a la realización del ensayo	46
Figura 3.23. Probeta ensayada	46
Figura 4.1. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	121
Figura 4.2. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	122
Figura 4.3. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	123
Figura 4.4. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	124
Figura 4.5. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	125
Figura 4.6. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	126
Figura 4.7. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	127
Figura 4.8. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	128
Figura 4.9. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	129

Figura 4.10. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	130
Figura 4.11. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	131
Figura 4.12. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	132
Figura 4.13. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	133
Figura 4.14. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	134
Figura 4.15. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	135
Figura 4.16. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	136
Figura 4.17. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	137
Figura 4.18. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	138
Figura 4.19. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	139

Figura 4.20. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	140
Figura 4.21. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	141
Figura 4.22. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	142
Figura 4.23. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	143
Figura 4.24. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	144
Figura 4.25. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	145
Figura 4.26. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	146
Figura 4.27. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	147
Figura 4.28. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	148
Figura 4.29. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	149

Figura 4.30. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	150
Figura 4.31. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	151
Figura 4.32. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	152
Figura 4.33. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	153
Figura 4.34. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	154
Figura 4.35. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	155
Figura 4.36. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	156
Figura 4.37. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	157
Figura 4.38. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	158
Figura 4.39. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	159

Figura 4.40. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	160
Figura 4.41. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	161
Figura 4.42. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	162
Figura 4.43. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	163
Figura 4.44. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	164
Figura 4.45. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	165
Figura 4.46. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	166
Figura 4.47. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	167
Figura 4.48. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	168
Figura 4.49. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	169

Figura 4.50. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	170
Figura 4.51. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	171
Figura 4.52. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	172
Figura 4.53. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	173
Figura 4.54. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	174
Figura 4.55. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	175
Figura 4.56. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	176
Figura 4.57. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	177
Figura 4.58. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	178
Figura 4.59. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	179

Figura 4.60. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).	180
Figura 4.61. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	181
Figura 4.62. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	182
Figura 4.63. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	183
Figura 4.64. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	184
Figura 4.65. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	185
Figura 4.66. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	186
Figura 4.67. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	187
Figura 4.68. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	188
Figura 4.69. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	189

Figura 4.70. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	190
Figura 4.71. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	191
Figura 4.72. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	192
Figura 4.73. Comparación resultados del esfuerzo máximo de tracción (RT)	193
Figura 4.74. Comparación resultados de módulo de elasticidad en tracción (MET)...	193
Figura 4.75. Comparación resultados del esfuerzo máximo de flexión (RF)	194
Figura 4.76. Comparación resultados de módulo de elasticidad en flexión (MEF).....	195
Figura 4.77. Comparación resultados de la energía de ruptura (ER).....	195

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Producción de carrocerías en la zona centro del Ecuador dentro de la zona 3 [1]	5
Tabla 3.1. Población de estudio.....	22
Tabla 3.2. Muestra de los materiales a analizar	23
Tabla 3.3. Operalización de la variable independiente	24
Tabla 3.4. Operacionalización de la variable dependiente.....	25
Tabla 3.5. Configuración de los materiales compuestos.....	31
Tabla 3.6. Características de las probetas para ensayos según la normativa ASTM	32
Tabla 3.7. Materiales utilizados para la fabricación de los materiales compuestos.....	32
Tabla 3.8. Cantidades a utilizar para la realización de las probetas de tracción con resina poliéster.....	36
Tabla 3.9. Cantidades a utilizar para la realización de las probetas de flexión e impacto con resina poliéster.....	37
Tabla 3.10. Cantidades a utilizar para la realización de las probetas de tracción con resina epoxi.....	37
Tabla 3.11. Cantidades a utilizar para la realización de las probetas de flexión e impacto con resina epoxi.....	38
Tabla 4.1. Valores de interpretación.....	119
Tabla 4.2. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	120
Tabla 4.3. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	121
Tabla 4.4. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	122

Tabla 4.5. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	123
Tabla 4.6. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	124
Tabla 4.7. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	125
Tabla 4.8. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	126
Tabla 4.9. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	127
Tabla 4.10. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	128
Tabla 4.11. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	129
Tabla 4.12. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	130
Tabla 4.13. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	131
Tabla 4.14. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	132

Tabla 4.15. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	133
Tabla 4.16. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	134
Tabla 4.17. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	135
Tabla 4.18. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + epóxica (E).	136
Tabla 4.19. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	137
Tabla 4.20. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	138
Tabla 4.21. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	139
Tabla 4.22. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	140
Tabla 4.23. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	141
Tabla 4.24. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	142

Tabla 4.25. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	143
Tabla 4.26. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	144
Tabla 4.27. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	145
Tabla 4.28. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	146
Tabla 4.29. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	147
Tabla 4.30. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	148
Tabla 4.31. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	149
Tabla 4.32. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	150
Tabla 4.33. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	151
Tabla 4.34. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	152

Tabla 4.35. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	153
Tabla 4.36. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	154
Tabla 4.37. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	155
Tabla 4.38. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	156
Tabla 4.39. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	157
Tabla 4.40. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	158
Tabla 4.41. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	159
Tabla 4.42 Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + epóxica (E).....	160
Tabla 4.43. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	161
Tabla 4.44. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	162

Tabla 4.45. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	163
Tabla 4.46 Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).	164
Tabla 4.47. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	165
Tabla 4.48. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	166
Tabla 4.49. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	167
Tabla 4.50. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	168
Tabla 4.51. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	169
Tabla 4.52. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	170
Tabla 4.53. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	171
Tabla 4.54. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	172

Tabla 4.55. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	173
Tabla 4.56. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	174
Tabla 4.57. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	175
Tabla 4.58. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	176
Tabla 4.59. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	177
Tabla 4.60. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	178
Tabla 4.61. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).....	179
Tabla 4.62. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	180
Tabla 4.63. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	181
Tabla 4.64. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	182

Tabla 4.65. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	183
Tabla 4.66 Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + epóxica (E).	184
Tabla 4.67. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	185
Tabla 4.68. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	186
Tabla 4.69. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	187
Tabla 4.70 Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	188
Tabla 4.71. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	189
Tabla 4.72. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	190
Tabla 4.73. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).....	191
Tabla 4.74. Fórmulas para la realización del análisis [31].....	197
Tabla 4.75. Tabla ANOVA para los resultados de la tabla 4.74. [31]	198
Tabla 4.76. Tabla de distribución F con significancia de 0,05. [31].....	199

Tabla 4.77. Tabla de datos de todos del esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos.	200
Tabla 4.78. Tabla de procesos primera parte.	201
Tabla 4.79. Tabla de procesos segunda parte.	202
Tabla 4.80. Tabla de resultados.	203
Tabla 4.81. Tabla de datos de todos del esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos, incluido (P).	205
Tabla 4.82. Resultados de Anova para el esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos, incluido (P), obtenidos en el software	205
Tabla 4.83. Prueba de Tukey del esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos comparados con (P).....	206
Tabla 4.84. Tabla de datos del esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos a comparar, incluido (E).	207
Tabla 4.85. Resultados de Anova para el esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos a comparar, incluido (E), obtenidos en el software	207
Tabla 4.86. Prueba de Tukey del esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos comparados con (E).....	208
Tabla 4.87. Tabla de datos de todos del esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos incluido P.	209
Tabla 4.88. Resultados de Anova para el esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos, incluido (P), obtenidos en el software	209
Tabla 4.89. Prueba de Tukey del esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos comparados con (P).....	210
Tabla 4.90. Tabla de datos de todos del esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos incluido E.	211
Tabla 4.91. Resultados de Anova para el esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos, incluido (E), obtenidos en el software	211
Tabla 4.92. Prueba de Tukey del esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos comparados con (E).....	212
Tabla 4.93. Tabla de datos de todos de la energía de ruptura en los diferentes materiales compuestos incluido (P).	213

Tabla 4.94. Resultados de Anova para la energía de ruptura en los diferentes materiales compuestos, incluido (P), obtenidos en el software213

Tabla 4.95. Tabla de datos de todos de la energía de ruptura en los diferentes materiales compuestos incluido (E).....214

Tabla 4.96. Resultados de Anova para la energía de ruptura en los diferentes materiales compuestos, incluido (E), obtenidos en el software.....214

Tabla 4.97. Prueba de Tukey de la energía de ruptura en los diferentes materiales compuestos comparados con (E).....215

NOMENCLATURA

PA3: (Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio al 3%)

PA6: (Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio al 6%)

PA9: (Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio al 9%)

PM3: (Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio al 3%)

PM6: (Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio al 6%)

PM9: (Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio al 9%)

EA3: (Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio al 3%)

EA6: (Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio al 6%)

EA9: (Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio al 9%)

EM3: (Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio al 3%)

EM6: (Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio al 6%)

EM9: (Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio al 9%)

P: (Fibra de vidrio + resina poliéster)

E: (Fibra de vidrio + resina epóxica)

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

**“ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE RETARDANTES DE LLAMA
(HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ
POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO UTILIZADO EN LA
FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS”**

Autor: Oscar Fabricio Freire Bonilla

Tutor: Ing. Mg. Byron Christian Castro Miniguano

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo experimental se realizó con el fin de evidenciar la influencia de los retardantes de llama en materiales compuestos (fibra de vidrio + resina poliéster y fibra de vidrio + resina epóxica), con el fin de determinar la incidencia en las propiedades mecánicas de los mismos, buscando nuevos materiales resistentes al fuego y que tengan propiedades similares a los materiales compuestos originales. En esta investigación se realizaron 12 grupos de materiales compuestos, de los cuales se expondrán los resultados de sus propiedades mecánicas, las probetas fueron fabricadas según las normas (ASTM D-3039) para tracción, (ASTM D-7264) para flexión y la norma (ASTM D-6110) para impacto. Para el análisis de resultados se compararon a los 12 grupos con 2 grupos extras estos últimos siendo los materiales compuestos originales (fibra de vidrio + resina poliéster y fibra de vidrio + resina epóxica), se realizó las respectivas correlaciones en el cual se evidenciaron correlaciones en su mayor parte positivas. Las combinaciones de los 12 grupos y los 2 grupos extras, al ser realizado un análisis ANOVA con ayuda de un software se determinó que existe incidencia en las propiedades mecánicas al ser agregado retardantes de llama en los materiales compuestos originales.

Palabras clave: materiales compuestos; retardantes de llama; incidencia; propiedades mecánicas.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING
MECHANICAL ENGINEERING CAREER
ANALYSIS OF THE INCIDENCE OF FLAME RETARDANTS (ALUMINUM
HYDROXIDE, MAGNESIUM HYDROXIDE) IN THE MECHANICAL
PROPERTIES OF A MATERIAL COMPOSITE OF REINFORCED
POLYMERIC MATRIX WITH GLASS FIBER USED IN THE MANUFACTURE
OF THE INTERIOR OF METAL-MECHANICAL BODYWORK "

Author: Oscar Fabricio Freire Bonilla

Tutor: Eng. Mg. Byron Christian Castro Miniguano

ABSTRACT

The present experimental work was carried out in order to demonstrate the influence of flame retardants on composite materials (glass fiber + polyester resin and glass fiber + epoxy resin), in order to determine the impact on the mechanical properties of the same, looking for new fire resistant materials that have properties similar to the original composite materials. In this research 12 groups of composite materials were made, of which the results of their mechanical properties will be exposed, the specimens were manufactured according to the standards (ASTM D-3039) for traction, (ASTM D-7264) for bending and the standard (ASTM D-6110) for impact. For the analysis of results the 12 groups were compared with 2 extra groups, the latter being the original composite materials (fiberglass + polyester resin and glass fiber + epoxy resin), the respective correlations were made in which correlations were evidenced in mostly positive. The combinations of the 12 groups and the 2 extra groups, when an ANOVA analysis was carried out with the help of a software, it was determined that there is an incidence in the mechanical properties when the flame retardants are added in the original composite materials.

Keywords: composite materials; flame retardants; incidence; mechanical properties.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 Tema del trabajo experimental

ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS.

1.2 Antecedentes

En la tesis presentada por el Ing. Daniel Federico Castro Chico en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, bajo el tema: “ANÁLISIS DEL MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO CON MATRIZ POLIMÉRICA UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS PARA DETERMINAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS.”, se concluyó: de los dos materiales compuestos (techo y laterales) el que presento mejores propiedades en los 3 ensayos realizados (tracción, flexión e impacto) fue el primer material compuesto de fibra de vidrio con resina poliéster, forro del techo interior con los siguientes resultados: esfuerzo de rotura a tracción (89,17 MPa); módulo de elasticidad (2,74 GPa); esfuerzo de rotura a flexión (28, 63 MPa); módulo de flexión (58,46 GPa); energía de ruptura (3,72 J). [1]

En la Tesis de Maestría del Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas presentada en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, bajo el tema: “Estudio de polímeros híbridos estratificados de matriz poliéster reforzada con fibra de vidrio y cabuya como material alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en guardachoques para buses.” se concluyó: los materiales que presentaron mejores propiedades mecánicas a flexión e impacto fueron aquellos con una configuración de fibra corta (FCo 1 – 30%) y fibra larga (FL -30%), a su vez el material que presentó las mejores

propiedades mecánicas a tracción fue el material híbrido con una configuración fibra larga al 30% cuyo orden de capas es el siguiente (FV+FC+FV). [2]

En la tesis presentada por el Ing. Alex David Jácome en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, bajo el tema: “ESTUDIO DE LA CONFIGURACIÓN DE FIBRAS DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON FIBRA DE PIÑA Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LA FABRICACIÓN DE BUTACAS DEPORTIVAS”. Se concluyó: el material compuesto (resina epoxi + fibra de piña), que mejor propiedades presenta es el compuesto por fibra larga longitudinal, con fracción volumétrica de 30% de material de refuerzo (fibra de piña) y 70% de matriz (resina epoxi), el cual presentó las siguientes propiedades mecánicas, una carga máxima a tracción de 9652.5 N, un esfuerzo máximo a tracción de 102.8 MPa, un módulo de elasticidad de 13272.3 MPa, una carga máxima a flexión de 314 N, un esfuerzo máximo a flexión: 108.6 MPa, y un módulo de flexión de 7382 MPa. [3]

En la tesis presentada en la en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por el Ing. Gabriel Mazón, bajo el tema: “CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER CON FIBRA DE COCO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES”. Se concluyó: La combinación de fibra corta al 30% en fracción volumétrica, orientación al azar y estratificación manual, brinda las mejores propiedades mecánicas, en tracción (21.88 Mpa), flexión (1.32 Mpa) e impacto (2.25 J) además de presentar las mejores fracturas, acabados y uniformidad en el material. [4]

1.3 Justificación

La necesidad del ser humano de brindar cada vez más seguridad a los medios de transporte ha permitido desde la creación de nuevos materiales, hasta la aplicación de aditivos en los mismos para mejorar distintas propiedades en los materiales.

La siguiente investigación está enfocada en determinar la incidencia en las propiedades mecánicas sobre materiales compuestos de matriz polimérica reforzado con fibra de vidrio con y sin retardante de llama.

Al realizar este estudio permitirá observar la diferencia entre las propiedades mecánicas con el retardante de llama y sin el mismo, para verificar el porcentaje necesario para aplicar el retardante de llama sin que incida demasiado en sus propiedades mecánicas y asegurar que actuará normalmente.

Debido a que la fibra de vidrio se ha constituido como un elemento esencial en la carrocería de los autos es necesario que estos puedan resistir la presencia del fuego, debido a que los materiales compuestos se consideran materiales no auto extinguido, es decir que no producen llama y se consumen totalmente por lo que es justo y necesario la aplicación de retardantes de llama para reducir los siniestros ocasionados por incendios en los autos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar la incidencia de retardantes de llama (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio) en las propiedades mecánicas de un material compuesto de matriz polimérica reforzado con fibra de vidrio utilizado en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Conocer los parámetros adecuados para los respectivos ensayos.
- Preparar probetas para ensayos de análisis de tracción, flexión e impacto bajo las normas ASTM D3039, ASTM D7264, ASTM D6110, respectivamente.
- Ejecutar el experimento para los materiales utilizados en carrocerías.
- Evaluar los resultados de las propiedades mecánicas de las probetas con y sin retardante.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 Fundamentación teórica

2.1.1 Ingeniería Mecánica

La ingeniería mecánica es una rama de la ingeniería en la cual se aplica las ciencias exactas, tales como los principios físicos, termodinámica, mecánica, ciencia de los materiales, mecánica de los fluidos y análisis estructural para el diseño y análisis de diversos elementos usados en la actualidad.

La ingeniería mecánica es una de las carreras más prometedoras en el Ecuador debido al nuevo enfoque planteado para la industrialización del país, esto se ve reflejado en la provincia de Tungurahua, especialmente en las carrocerías que se encuentran en la provincia, lo que ha impulsado la economía del centro del país.

2.1.2 Carrocerías metalmecánicas

La carrocería es la estructura básica del vehículo, en la que se sitúan los pasajeros y la carga. Además, es un elemento muy importante dentro de la estética del vehículo, ya que dependiendo del tipo de carrocería se puede estar hablando de un vehículo u otro. Entre los tipos de carrocerías se pueden encontrar: chasis con carrocería separada, plataforma con carrocería separada, carrocería monocasco y carrocería autoportante; las carrocerías a su vez se pueden clasificar según su volumen y forma, por su volumen estas se pueden clasificar en: monovolumen, dos volúmenes y tres volúmenes, y por su forma están clasificadas de la siguiente manera: sedan, tres puertas/cinco puertas, familiar, coupé, todoterreno y descapotable [5].

En los últimos años la demanda de carrocerías en el país ha ido en aumento y esto se evidencia con las diferentes empresas que año tras año aumentan en nuestra provincia, lo que beneficia a la innovación a la hora de construir las carrocerías ya que al existir alta competitividad, las empresas buscan mejorar los procesos de construcción para reducir los costos de la producción y tener mayor ventaja en el mercado nacional, esto se puede constatar observando en la tabla 2.1. y en la figura 2.1. respectivamente [1], [2].

Tabla 2.1. Producción de carrocerías en la zona centro del Ecuador dentro de la zona 3 [1]

PROVINCIA	COSTO DE CARROCERÍA	PROD 2010	% VALOR (\$)	% VALOR (\$)	PAGO DE IVA (\$)
Chimborazo	45.000,00	300	21,30	13.500.000,00	1.620.000,00
Cotopaxi	45.000,00	24	1,70	1.080.000,00	129.600,00
Pastaza	45.000,00	6	0,40	270.000,00	2.400,00
Tungurahua	45.000,00	1080	76,60	48.600.000,00	5.832.000,00
TOTAL		1.410	100	63.450.000,00	7.614.000,00

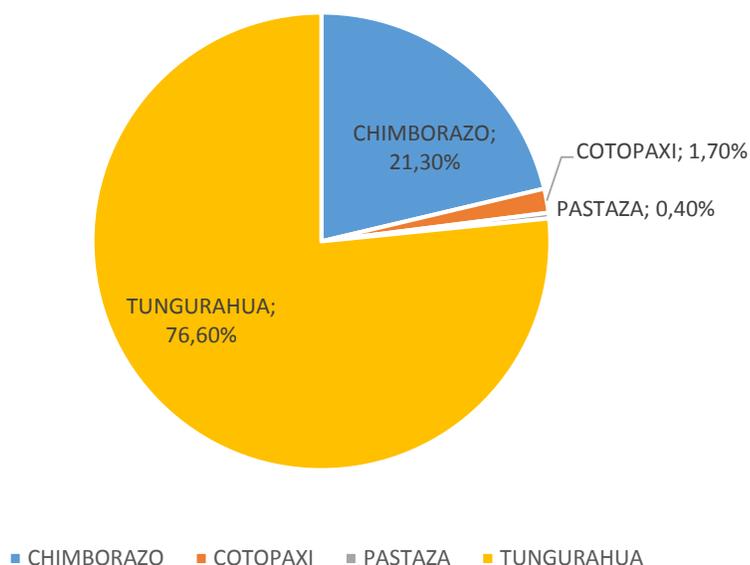


Figura 2.1. Producción nacional de carrocerías para buses en el Ecuador dentro de la zona 3 [1]

De acuerdo con la Agenda Zonal Zona 3-Centro, en la ciudad de Ambato, actualmente se producen siete vehículos por día, de la marca Great Wall, donde se incorpora el 22% de componentes y accesorios de producción nacional, de gasolina y diésel. CIAUTO es la empresa que desarrolla esta industria, elevando cada vez la eficiencia del capital humano así como de la tecnología, su meta es llegar a producir doce automotores por día, con un promedio del 40% de producción nacional en componentes y accesorios, fortaleciendo la cadena de producción y de valor, como también generando trabajo y empleo [6].

2.1.3 Ingeniería de materiales

Este tipo de ingeniería se relaciona con la mecánica y fabricación, la cual estudia las relaciones entre propiedades y la estructura cuyo objetivo es diseñar una nueva estructura de un material con el fin de conseguir diferentes propiedades [7], [8].

Un ingeniero de materiales es necesario en la selección de materiales para las diferentes áreas de ingeniería por lo tanto requieren dominar técnicas de producción para poder desarrollar nuevos procesos, también deben dominar la transformación de los materiales con el fin de desarrollar materiales nuevos [8-10].

2.1.4 Materiales compuestos de matriz polimérica

Este tipo de materiales tienen diferentes características entre las cuales se encuentran: su peso liviano, alta resistencia, alta rigidez, estética, la capacidad de hacer frente a extremo estrés durante largos períodos y resistencia a la corrosión, gracias a estas características son ampliamente utilizados en diferentes tipos de industrias, tales como: aeroespacial, automotriz, marina, de la construcción, muebles, artículos deportivos, telecomunicaciones y ferrocarriles. Las matrices más débiles se hacen más fuertes mediante la adición de fibras donde estas fibras han permitido detener o desviar las grietas en la interfaz de matriz-fibra, lo que aumenta la resistencia a la tracción [11].

Materiales de matriz

El polímero utilizado como matriz en compuestos también es conocido como resina. Las matrices poliméricas tienen las siguientes funciones [12]:

- Para ayudar a distribuir o transferir cargas.
- Para ayudar a controlar las propiedades químicas de los compuestos.
- Para llevar cizalla interlaminar.
- Para mantener todos los refuerzos juntos, permitiendo así que la fuerza aplicada se transmita al refuerzo.
- Para proteger y prevenir las fibras de daños mecánicos debido a la propagación de grietas dentro del material durante la fabricación y en el componente terminado.

Hay dos tipos principales de polímeros utilizados como matrices en materiales compuestos, polímeros termoplásticos y termoendurecibles, como poliéster, epoxi y fenólico [12].

Los polímeros termoendurecibles están compuestos por largas cadenas de moléculas que están fuertemente entrecruzadas a otras largas cadenas de moléculas. Como resultado de la reticulación, se obtienen estructuras de red 3D. Los termoplásticos no se reticulan, sino que se componen de largas cadenas poliméricas enredadas como resultado de la unión de las unidades monoméricas. Los polímeros termoendurecibles pueden ser líquidos o sólidos a temperatura ambiente y se ablandan cuando se calientan inicialmente y luego se curan o fragmentan, mientras que los termoplásticos se ablandan y fluyen cuando se calientan pero se endurecen nuevamente después de someterse al proceso de enfriamiento [12].

Fibras

La fibra es el segundo componente más importante del compuesto. Las funciones de la fibra son:

- Brindan a los compuestos de una gran resistencia y a su vez de una mayor rigidez.
- Para llevar la mayoría de la carga.

Las fibras comúnmente utilizadas como refuerzos para la fabricación de materiales compuestos poliméricos son: vidrio, carbono y aramida (Kevlar). Otras fibras incluyen boro, polietileno, cerámica, carburo de silicio y fibras naturales o de celulosa [12].

a) Fibras de vidrio

Las fibras de vidrio son las fibras más comunes y ampliamente utilizadas (90%) en los compuestos de polímero para la aplicación estructural. Estas fibras tienen menor precio que las de aramida y carbono. Las fibras o filamentos de vidrio se producen estirando el vidrio en estado fundido a través del orificio y aproximadamente 200 filamentos forman una hebra, en la figura 2.2. se puede observar estas fibras [12].



Figura 2.2. Tela de fibra de vidrio [12]

b) Fibras de carbono

Un ejemplo de estas fibras se puede visualizar en la figura 2.3. Utilizadas en la industria aeroespacial como refuerzo para materiales compuestos. Ahora las aplicaciones se extienden a otras industrias, como marina y automotriz. Se destaca por tener las siguientes características: una buena conductividad térmica, alta resistencia a la fatiga, y a la tracción, siendo mayores que a otras fibras como son la de aramida y vidrio [13].



Figura 2.3. Fibra de carbono tejida [12]

c) Fibras de aramida

Se basan en cadenas poliméricas lineales constituidas por aramidas aromáticas paracruzadas. Kevlar es la fibra de aramida más ampliamente disponible. Entre sus características principales se puede destacar su baja resistencia a la compresión, pero lo compensa con una resistencia a la tracción mayor que en otras fibras como es la de vidrio, poseen resistencia al impacto y a la penetración superiores a otros tipos de fibras por lo que son usadas en armaduras balísticas, en la figura 2.4. se aprecia un ejemplo de la fibra de aramida [12].



Figura 2.4. Fibra de aramida tejida [12]

d) Fibras de boro

Fueron usadas como refuerzos en compuestos estructurales, además de ser utilizados en la fabricación de artículos deportivos y en la industria aeroespacial, suele ser un material muy expansivo, en la actualidad estas fibras han sido reemplazadas por fibras de carbono [12].

e) Fibras naturales

Estas fibras emergentes usadas comúnmente como refuerzo y relleno se utilizan en la elaboración de compuestos poliméricos. Entre los ejemplos de fibras naturales utilizadas en compuestos poliméricos se incluyen el cáñamo, el sisal, el kenaf como se visualiza en la figura 2.5., la palma de aceite, el yute, la hoja de piña, etc. [12].

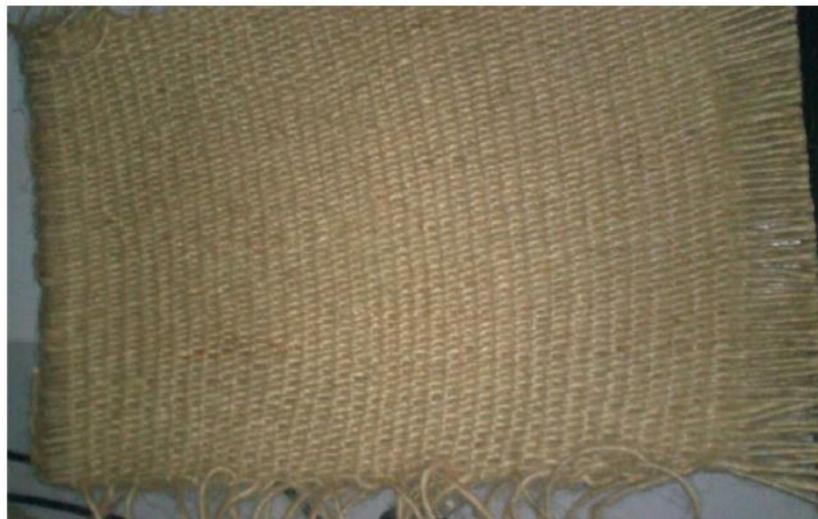


Figura 2.5. Fibra de Kenaf tejida [12]

2.1.4.1 Ventajas y desventajas de los compuestos poliméricos

Ventajas

Los materiales compuestos ofrecen una amplia gama de ventajas para las industrias, tales como:

- Peso ligero.
- Alta resistencia al impacto.
- Resistencia química a la corrosión.
- Consolidación de parte.
- La reparación es posible.
- La forma compleja se puede fabricar fácilmente.
- Buena moldeabilidad.
- Fabricación a la forma de red posible.
- Bajo costo de fabricación debido al bajo recuento de piezas.
- Alta fuerza específica.
- Mayor vida de fatiga.
- Conservar propiedades a alta temperatura.
- Buen aislamiento eléctrico y térmico.
- Alta rigidez específica.
- Buenas propiedades de amortiguación.
- Las propiedades estructurales se pueden adaptar a la aplicación.
- Buena resistencia al desgaste bajo cargas pesadas.
- Se puede pigmentar fácilmente.
- Aislamiento eléctrico.
- No magnético.
- Fácil de mantener.
- El equipo de producción opera a presiones más bajas que con materiales metálicos.

Desventajas

Sin embargo, los compuestos poliméricos adolecen de algunos inconvenientes, tales como:

- Falta de ductilidad.
- Anisotrópico (las propiedades dependen de la dirección): posible debilidad de las propiedades transversales.
- Variación en las propiedades de las piezas debido a la naturaleza de la fabricación.
- Susceptible a delaminación y división.
- Estrés residual debido a la contracción durante el proceso de curado.
- Degradado por solventes y humedad.
- Los datos de diseño no están establecidos.
- Propagación de grietas en la dirección de la fibra.
- Alto costo de las materias primas.
- Rutas de fabricación no probadas en comparación con los metales.
- Difícil de analizar.

2.1.4.2 Aplicaciones de compuestos poliméricos

Industria automotriz

La aplicación de materiales compuestos en componentes automotrices ya no necesita ninguna discusión detallada, ya que el desarrollo está tan avanzado actualmente.

Los componentes automotrices no solo están hechos de compuestos convencionales, como compuestos de vidrio y carbono, sino que también se han fabricado a partir de compuestos de fibras naturales, nanocompuestos y compuestos inteligentes. Por ejemplo, se estudió la posibilidad de utilizar materiales compuestos de tela de corteza / epoxi como material para la fabricación de paneles de instrumentos de automóviles. El método de colocación de la mano se usó en la preparación del compuesto, se descubrió que los biocompuestos desarrollados tenían una resistencia promedio de 33 MPa que es más alta que la fuerza umbral de 25 MPa necesaria para los paneles de instrumentos o tableros de instrumentos,

haciendo que los materiales compuestos de resina epoxi verdes reforzados con tela de corteza sean un material alternativo adecuado para paneles automotrices interiores [14].

Industria aeroespacial

La industria aeroespacial representa el 14% del mercado de los materiales compuestos y se espera que este porcentaje aumente en los próximos años. Los materiales compuestos en esta industria son utilizados en helicópteros, aeronaves, misiles, naves espaciales, cohetes de refuerzo y satélites, las propiedades que se esperan de estos materiales compuestos son una gran mejora en la resistencia, la rigidez y la fatiga, y el diseño a medida, las fibras usadas comúnmente son: el carbono, la aramida y el vidrio. Los polímeros que se utilizan habitualmente son resinas no biodegradables, tales como resinas epoxídicas, éster vinílico y fenólicos. La creciente preocupación por la preservación del medio ambiente y el reciclaje ha llevado a una mayor investigación sobre el uso de materiales respetuosos con el medio ambiente, como compuestos basados en fibras naturales [15].

Industria de la construcción

La madera, un compuesto natural, ha sido utilizada por el hombre durante mucho tiempo en la construcción de edificios. Las limitaciones de la madera en su forma natural han restringido la altura con la que se pueden construir los edificios. Sin embargo, los avances en la tecnología de compuestos han superado estas limitaciones y los edificios compuestos, casi en su totalidad, de compuestos de madera se están construyendo más grandes y más altos que nunca. Por otro lado, las estructuras de hormigón se refuerzan cada vez más con materiales compuestos de polímeros para aumentar su resistencia general, durabilidad y resistencia al desgaste [14].

Aplicación marina

Además de ser el material central para la fabricación de productos marinos, los compuestos de polímeros también se usan ampliamente como revestimientos para mejorar la resistencia de los materiales a la corrosión causada por el agua y el agua de mar. Las

estructuras de acero recubiertas con materiales compuestos de polímero reforzado con fibras (FRP) han ganado una gran aceptación en la industria marítima debido a su alta relación resistencia/peso, su capacidad para soportar duras condiciones mar adentro, resistencia contra la corrosión y erosión, buena protección contra el medioambiente degradación y cargas de impacto [12].

Productos de muebles

Se han realizado algunos trabajos en muebles compuestos hechos principalmente de compuestos de fibras naturales. Los muebles hechos con materiales compuestos de fibra natural mostraron un excelente acabado superficial y esto es muy importante en lo que respecta al efecto estético. Algunos ejemplos de muebles desarrollados a partir de materiales compuestos con resina poliéster y epoxi siendo reforzados mediante fibra de lino, son: una mesa de café, una silla y una butaca, fabricados con los siguientes métodos de moldeo, como son por inyección y por transferencia de resina [12].

Artículos deportivos y de ocio

Tradicionalmente, el grafito, el magnesio, el titanio y las aleaciones de aluminio avanzadas son ampliamente utilizados en palos de golf, raquetas de tenis y bicicletas de carreras. Estos materiales son apreciados por su peso ligero y resistencia. Sin embargo, la introducción de fibra de carbono en el mundo material literalmente causó una explosión en la fabricación de artículos deportivos. El material ofrece compresión y estabilidad lateral, así como ligereza, resistencia y durabilidad, que son propiedades invaluable en la fabricación de equipos deportivos [16].

2.1.5 Retardantes de llama

2.1.5.1 Definición

Un retardante de fuego, o de llama, es utilizado para reducir la combustibilidad de los materiales de construcción y otros, mediante el uso de: pinturas/barnices, tratamientos y químicos [17], [18].

2.1.5.2 Tipos de retardantes de llama

Existen diferentes tipos cada uno con una forma distinta de actuar entre las cuales puede ser utilizado como un catalizador con el fin de servir de apoyo a otros retardantes al aumentar su efecto, o también pueden ser de acción directa [18], [19].

RETARDANTES HALOGENADOS

Estos tipos de retardantes contienen átomos de bromo o cloro, los cuales al ser empleados remueven radicales H^+ y OH^- presentes en la fase gaseosa de la llama. Al realizar esto se disminuye la velocidad con la que se propaga el fuego, y en algunos casos puede prevenirse el proceso de quemado. Gracias a esto se disminuye la producción de calor y la generación de los distintos gases inflamables [20].

TRIÓXIDO DE ANTIMONIO

Utilizado como catalizador de retardantes halogenados debido a que no posee propiedades, al ser empleado facilita la descomposición química de los retardantes halogenados a moléculas activas [18], [19], [21].

RETARDANTES INORGÁNICOS

Entre este tipo de retardantes se encuentran el trihidrato de aluminio, compuestos con boro, hidróxido de magnesio, entre otros. Esos retardantes actúan a través de procesos físicos tales como: liberación de agua o gases no inflamables, con lo cual se diluye a los que alimentan el fuego, también pueden absorber el calor mediante las reacciones que liberan gas, lo que produce un enfriamiento y finalmente pueden producir en la superficie del material una capa no inflamable y resistente [21], [22].

RETARDANTES EN BASE A FÓSFORO

Su funcionamiento consiste en que, el fósforo reacciona al ser calentado, dando lugar al ácido fosfórico. Una vez producida la reacción se forma una capa cristalina que impide el

proceso de pirólisis y a su vez impide también la liberación de gases inflamables, elementos esenciales para que las llamas se mantengan [18], [19], [21].

RECUBRIMIENTOS INTUMESCENTES:

Utilizados para prevenir el quemado en materiales de madera y plástico. También suelen usarse para la prevención o el retardo de un daño estructural a causa de un incendio en acero y otro tipo de materiales [18].

Se fabrican de una composición de varios productos, se usan en la superficie como si fuese una pintura. Estos actúan al propagarse formando una capa aislante y que sea resistente al fuego, la misma cubre el material que esté siendo expuesto al calor. Algunos de sus componentes esenciales son:

Espumantes: Actúan liberando grandes cantidades de gases no inflamables a altas temperaturas como: Nitrógeno, Amoníaco, CO₂.

Adhesivo: Produce un líquido espeso al fundirse mediante el calor, con lo cual este líquido atrapa y contiene al gas, este gas es liberado produciendo unas burbujas, las cuales crean una capa de espuma bastante gruesa.

Compuestos de carbono: Conocidos también como fuente de ácido, debido a que libera ácido fosfórico, bórico o sulfúrico, por medio del calor, estos ácidos queman los compuestos de carbono, creando una barrera a través de una capa de burbujas endurecida resistente al fuego [18].

2.1.5.3 Inflamabilidad de estructuras compuestas

Las estructuras compuestas contienen dos estructuras poliméricas, fibra y resina. Ambos componentes se comportan de manera diferente en un incendio dependiendo de sus respectivas estabilidades térmicas. Las estructuras compuestas que están en capas tienden a quemarse en capas. Cuando se calienta, la resina de la primera capa se degrada y cualquier producto combustible formado se enciende. El calor penetra la capa de fibra adyacente. Si se utiliza fibra inorgánica se derretirá o ablandará: si se utiliza fibra orgánica, se degradará en productos más pequeños dependiendo de su estabilidad térmica. El calor luego penetra más, llega a la resina subyacente, causando su degradación y cualquier

producto formado se moverá a la zona de combustión a través del carbón fibroso. La quema se ralentizará en esta etapa. Si la estructura es multicapa, se quemará en distintas etapas a medida que el calor penetra en las capas posteriores y los productos de degradación se muevan a la zona de combustión a través de las capas fibrosas. En general, el grosor de una estructura puede afectar las características de inflamabilidad de la superficie hasta un cierto valor límite, después de lo cual la profundidad total del material no está involucrada en las primeras etapas de la combustión y se dice que el material es "térmicamente grueso". Scudamore [23] ha demostrado por medio de los resultados de calorimetría que este efecto disminuye a medida que aumenta el flujo de calor externo. A 35 y 50 kWm⁻², las muestras delgadas (3 mm) se encendieron fácilmente en comparación con las muestras gruesas (9,5 mm), pero a 75 y 100 kWm⁻² no hubo mucha diferencia y ambos conjuntos de muestras se comportaron como si fueran "térmicamente delgadas" [23].

Todos los estudios indican que la clasificación de la resistencia al fuego de las resinas termoestables es: Fenólico > Poliamida > Bismaleimida > Epoxi.

2.1.5.4 Métodos para impartir retardo de llama a compuestos

Por lo general, la mayoría de los medios para impartir retardo de llama a los compuestos da como resultado una reducción de sus resistencias mecánicas. Por lo tanto, lograr un cierto nivel de retardo de llama mientras se mantienen otras propiedades del compuesto tales como peso ligero y alta resistencia mecánica es un desafío importante. En general, se usan los siguientes métodos para impartir retardo de llama a compuestos [23]:

Uso de lana mineral y cerámica

Este método es bastante popular para aplicaciones navales en estructuras convencionales de casco compuesto, cubierta y mamparo antideflagrantes. Las principales desventajas de usar lana mineral y cerámica son que ocupan espacio, agregan un peso significativo y pueden actuar como un absorbente para combustible derramado o líquido inflamable durante un incendio. Cuando esto ocurre, la extinción del fuego será más difícil y la propiedad aislante de la lana de cerámica se perderá [23].

Modificación química o física de la matriz de resina

Aditivos como el borato de cinc y el óxido de antimonio se han usado con poliéster halogenado, éster de vinilo o resinas epoxi. Los compuestos de hidrato de alúmina y bromo son otros ejemplos. Sin embargo, muchas de estas resinas y aditivos son ecológicamente indeseables y en un incendio aumentan la cantidad de humo y humos tóxicos emitidos por el material en combustión. Además, este método generalmente da como resultado una reducción en las propiedades mecánicas de la estructura compuesta [23].

Uso de fibras de alto rendimiento

La fase de fibra de refuerzo puede volverse ignífuga mediante un tratamiento apropiado o mediante el uso de fibras resistentes a altas temperaturas y llamas, como las aramidas, aunque los niveles de retardancia de llama deseados deberían coincidir realmente con los de la matriz si los niveles de resistencia al fuego son elevados deben ser realizados [23].

Uso de recubrimientos ignífugos

Otra forma de retardar la llama o endurecer las estructuras compuestas es utilizar pinturas o revestimientos ignífugos (generalmente de base intumescente). Los sistemas intumescentes son sistemas químicos que, por acción del calor, desprenden gases y forman un char (residuo carbonoso) de espuma. Este carbón actúa entonces como una barrera aislante contra el material estructural subyacente contra la llama y el calor. Un recubrimiento intumescente muy efectivo es la pintura de látex de fluorocarbono [23].

2.1.5.5 Evidencia del deterioro de las propiedades mecánicas

La adición de retardantes de llama generalmente reducirá las propiedades mecánicas de los materiales poliméricos y tal deterioro aumentará proporcionalmente con la cantidad de retardante de llama presente. Por ejemplo, como se menciona en el documento de RHORROCKS y DPRICE al usar hidróxido de magnesio (MH) como retardante de llama del ABS, se debe agregar 60% en peso de MH para lograr una redundancia de llama aceptable y, en este caso, el impacto y la resistencia a la tracción del ABS disminuyeron

en más de 50 % . Además, las grandes cantidades de MH requeridas agravan la aglomeración de partículas y empeoran aún más las propiedades mecánicas del polímero. En otro estudio se analizaron los efectos de MH y montmorillonita (MMT) sobre la piroretardancia y las propiedades mecánicas del copolímero de etileno-acetato de vinilo (EVA). Los resultados mostraron que la resistencia a la tracción disminuyó de 23 MPa a 5.2 MPa y el alargamiento a la rotura de 1110% a 143% después de introducir MH en EVA [24].

Por lo tanto, cómo mejorar las propiedades mecánicas de los sistemas ignífugos es un problema importante que debe abordarse desde el punto de vista práctico [24].

2.1.6 Ensayo de materiales

Los ensayos de materiales son utilizados para determinar las características de los mismos. Estos ensayos pueden clasificarse en:

-Ensayos de Características: En estos ensayos se encuentran los ensayos químicos, estructurales, térmicos, constituyentes.

-Ensayos destructivos: Estos ensayos sirven para determinar las propiedades mecánicas, estas pueden ser estáticas o dinámicas.

-Ensayos tecnológicos: Utilizados para para determinar el comportamiento de los materiales ante operaciones industriales.

-Ensayos no destructivos: Entre estos se encuentran los rayos X, rayos gamma, ultrasonido, etc. [25].

2.1.6.1 Ensayo de tracción para materiales compuestos

Pertenciente al grupo de los ensayos destructivos y más concretamente a los ensayos estáticos, consiste en provocar esfuerzos progresivos y crecientes de tracción a una probeta normalizada en la dirección de su eje hasta el punto de su deformación y rotura correspondiente, para la realización de este ensayo en materiales compuestos se utilizará la norma ASTM D3039, las dimensiones de las probetas vienen establecidas en la norma así como el procedimiento para realizar el mismo, el ensayo se lo realiza en la máquina Metrotec MTE 50 que se puede apreciar en la figura 2.6.

Para obtener una mayor sujeción en las probetas se utiliza lija en los bordes para que no existan deslizamientos al momento de realizar el ensayo, además las probetas deben estar libres de defectos o imperfecciones para obtener buenos resultados [25].



Figura 2.6. Máquina Metrotec MTE 50 para ensayos de tracción y flexión [26]

2.1.6.2 Ensayo de flexión en materiales compuestos

El ensayo de flexión pertenece al grupo de los ensayos destructivos estáticos, este ensayo es un complemento al ensayo de tracción, usado para materiales que van a ser sometidos a flexión, este ensayo consiste en aplicar un esfuerzo en el centro o dos iguales aplicados a la misma distancia de los apoyos las probetas. Para materiales compuestos se lo realiza bajo la norma ASTM D7264, donde se establece las dimensiones de las probetas y el procedimiento del ensayo. La máquina utilizada es la misma que la empleada para el ensayo de tracción [25].

2.1.6.3 Ensayo de impacto en materiales compuestos

Este ensayo forma parte de los ensayos destructivos estáticos, para la realización del ensayo de impacto en materiales compuestos se utilizará la norma ASTM D6110, en la cual se indican las dimensiones de las probetas, así como su procedimiento para una buena realización del ensayo, consiste en una probeta en la cual se realiza un cizallamiento el cual se apoya como una viga horizontal simple y se rompe con un solo giro del martillo

tipo péndulo con la línea de impacto colocada a medio camino entre los soportes y directamente opuesta al cizallamiento. En la figura 2.7 se puede ver la máquina Metrotec PIT-25 que se utiliza para realizar este ensayo [25].

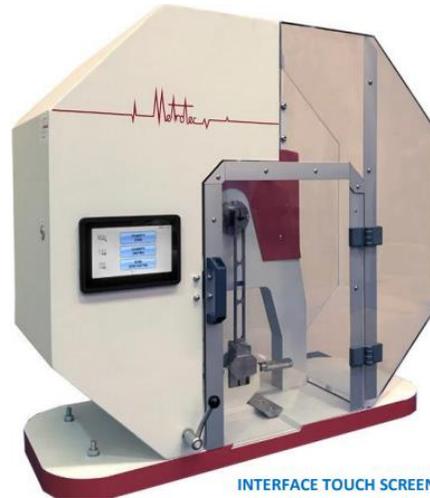


Figura 2.7. Máquina Metrotec PIT-25 para ensayo de impacto [27]

2.2 Hipótesis

Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas se podrá determinar su incidencia en las propiedades mecánicas.

2.3 Señalamiento de variables de la hipótesis

2.3.1 Variable independiente

Adición de retardantes de llama (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio) en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas.

2.3.2 Variable dependiente

Propiedades mecánicas.

2.3.3 Término de relación

Incidencia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Nivel o tipo de investigación

3.1.1 Descriptivo

Se optó por un tipo de investigación del tipo descriptivo, ya que se describe el procedimiento que se realizó a los diferentes materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas y también en los materiales utilizados para la construcción de barcos con el fin de determinar la incidencia en las propiedades mecánicas al agregarle los retardantes de llama.

3.1.2 Experimental

La investigación es de tipo experimental, debido a que los resultados obtenidos de los ensayos de tracción según la norma ASTM D3039, flexión según la norma ASTM D7264 y dureza según la norma ASTM D6110, permitieron determinar la incidencia presente en las propiedades mecánicas de los materiales analizados.

3.1.3 Bibliográfica

Una investigación bibliográfica fue requerida, debido a que fue necesario utilizar normas para la realización de los diferentes ensayos, documentos, artículos, libros, tesis, publicaciones, etc.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población de la investigación son 12 materiales compuestos que se analizaron, estos materiales son descritos en la tabla 3.1

Tabla 3.1. Población de estudio

POBLACIÓN	
1	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio al 3%)
2	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio al 6%)
3	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio al 9%)
4	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio al 3%)
5	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio al 6%)
6	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio al 9%)
7	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio al 3%)
8	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio al 6%)
9	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio al 9%)
10	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio al 3%)
11	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio al 6%)
12	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio al 9%)

Materiales
Compuestos

3.2.2 Muestra

La muestra es representada por el número de probetas en función de cada norma y ensayo correspondiente por cada material a ensayar como se puede ver en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Muestra de los materiales a analizar

N°	MATERIAL	N° PROBETAS	ENSAYO	NORMA
1	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio al 3%)	5 5 5	Tracción- Flexión- Impacto	ASTM D3039- ASTM D7264- ASTM D6110
2	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio al 6%)	5 5 5	Tracción- Flexión- Impacto	ASTM D3039- ASTM D7264- ASTM D6110
3	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio al 9%)	5 5 5	Tracción- Flexión- Impacto	ASTM D3039- ASTM D7264- ASTM D6110
4	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio al 3%)	5 5 5	Tracción- Flexión- Impacto	ASTM D3039- ASTM D7264- ASTM D6110
5	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio al 6%)	5 5 5	Tracción- Flexión- Impacto	ASTM D3039- ASTM D7264- ASTM D6110
6	(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio al 9%)	5 5 5	Tracción- Flexión- Impacto	ASTM D3039- ASTM D7264- ASTM D6110
7	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio al 3%)	5 5 5	Tracción- Flexión- Impacto	ASTM D3039- ASTM D7264- ASTM D6110
8	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio al 6%)	5 5 5	Tracción- Flexión- Impacto	ASTM D3039- ASTM D7264- ASTM D6110
9	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio al 9%)	5 5 5	Tracción- Flexión- Impacto	ASTM D3039- ASTM D7264- ASTM D6110
10	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio al 3%)	5 5 5	Tracción- Flexión- Impacto	ASTM D3039- ASTM D7264- ASTM D6110
11	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio al 6%)	5 5 5	Tracción- Flexión- Impacto	ASTM D3039- ASTM D7264- ASTM D6110
12	(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio al 9%)	5 5 5	Tracción- Flexión- Impacto	ASTM D3039- ASTM D7264- ASTM D6110

La muestra requirió de un total de 180 probetas.

3.3 Operalización de variables

3.3.1 Variable independiente: Adición de retardantes de llama (hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio) en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas.

Tabla 3.3. Operalización de la Variable Independiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Los retardantes son compuestos líquidos, sólidos o gaseosos que tienden a inhibir la combustión cuando se aplican, ya sea mezclados, combinados o sobre materiales combustibles, sin embargo la adición de estos aditivos tiende a cambiar las propiedades mecánicas del material.</p>	<p>Retardantes de llama en materiales compuestos</p>	<p>Configuración</p>	<p>Fibra de vidrio + resina (poliéster/epóxica) + Retardante de llama (hidróxido de aluminio./hidróxido de magnesio)</p>	<p>(T) Observación (I) Fichas de datos</p>
		<p>Fracción Volumétrica</p>	<p>(30)% Refuerzo (67-64-61)% Matriz (3-6-9)% Retardante de llama</p>	<p>(T) Observación (I) Fichas de datos</p>

3.3.2 Variable dependiente: Propiedades mecánicas.

Tabla 3.4. Operalización de la Variable Dependiente

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Comportamiento mecánico que están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre un material, que son evaluados mediante ensayos específicos bajo normas y especificaciones técnicas de equipos.</p>	<p>Propiedades mecánicas</p>	<p>¿Qué valor de tracción presenta la probeta con el retardante?</p>	<p>Resultado del ensayo de tracción</p>	<p>(T) Ensayos y observación directa (T) Análisis Estadístico (I) Fichas de datos (I) Norma ASTM D3039</p>
		<p>¿Qué valor de flexión presenta la probeta consumida?</p>	<p>Resultado del ensayo de flexión</p>	<p>(T) Ensayos y observación directa (T) Análisis Estadístico (I) Fichas de datos (I) Norma ASTM D7264</p>
		<p>¿Qué valor de impacto presenta la probeta consumida?</p>	<p>Resultado del ensayo de impacto</p>	<p>(T) Ensayos y observación directa (T) Análisis Estadístico (I) Fichas de datos (I) Norma ASTM D6110</p>

3.4 Plan de recolección de información

Se obtuvo la información necesaria gracias a una investigación del tipo bibliográfica y documental de los siguientes materiales con respecto a sus características:

Materiales compuestos

Los materiales compuestos a realizar son los siguientes:

(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de aluminio).

(Fibra de vidrio + resina poliéster + hidróxido de magnesio).

(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de aluminio).

(Fibra de vidrio + resina epóxica + hidróxido de magnesio).

Se revisó las normativas ASTM D3039, D7264 y D6110 para el dimensionamiento de las probetas y la realización de los ensayos: tracción, flexión e impacto.

Los ensayos se realizaron en los laboratorios del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del Consejo Provincial de Tungurahua.

De los resultados obtenidos de los ensayos se determinaron las propiedades mecánicas que presentaron los materiales mencionados.

3.5 Plan de procesamiento y análisis

El plan a seguir para el buen procesamiento y análisis son los siguientes:

-Revisar toda la información adquirida de los ensayos, de manera adecuada evitando así información errónea y contradictoria.

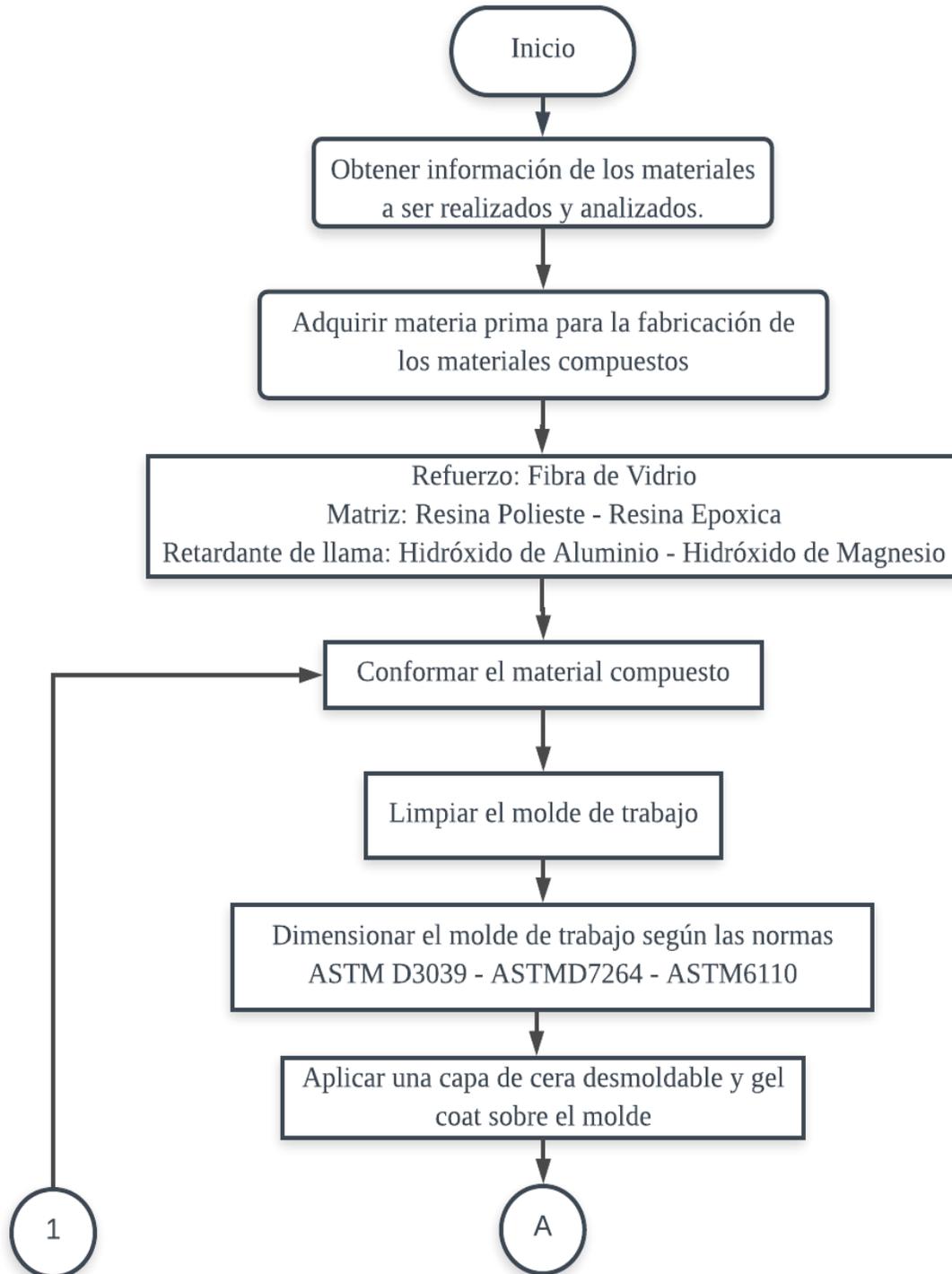
-Procesar la información mediante el uso de gráficos y tabulaciones por medio de un software.

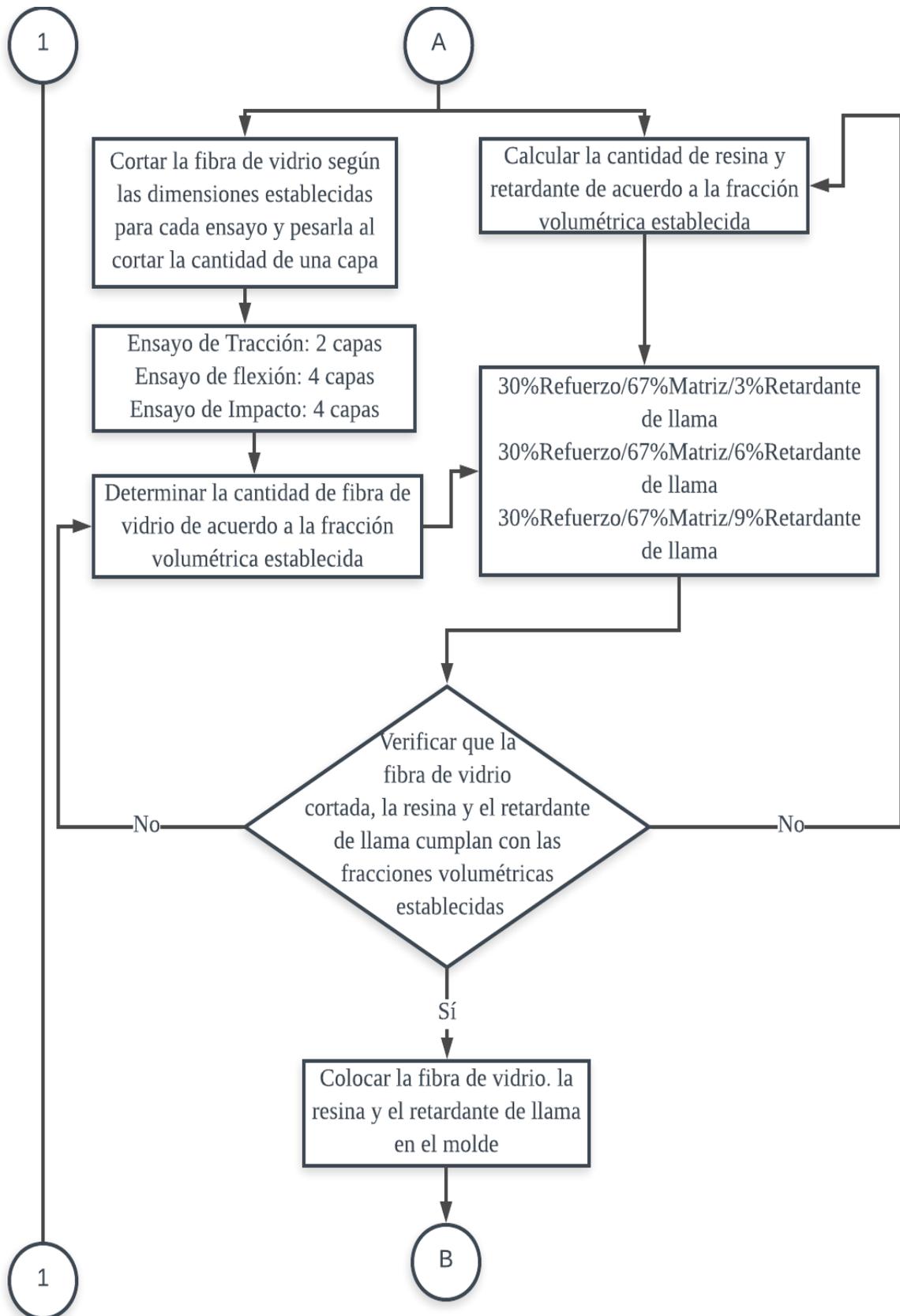
-Analizar la información tabulada obtenida de los ensayos mediante un análisis estadístico a través de un software con el uso de tablas, fichas técnicas, etc.

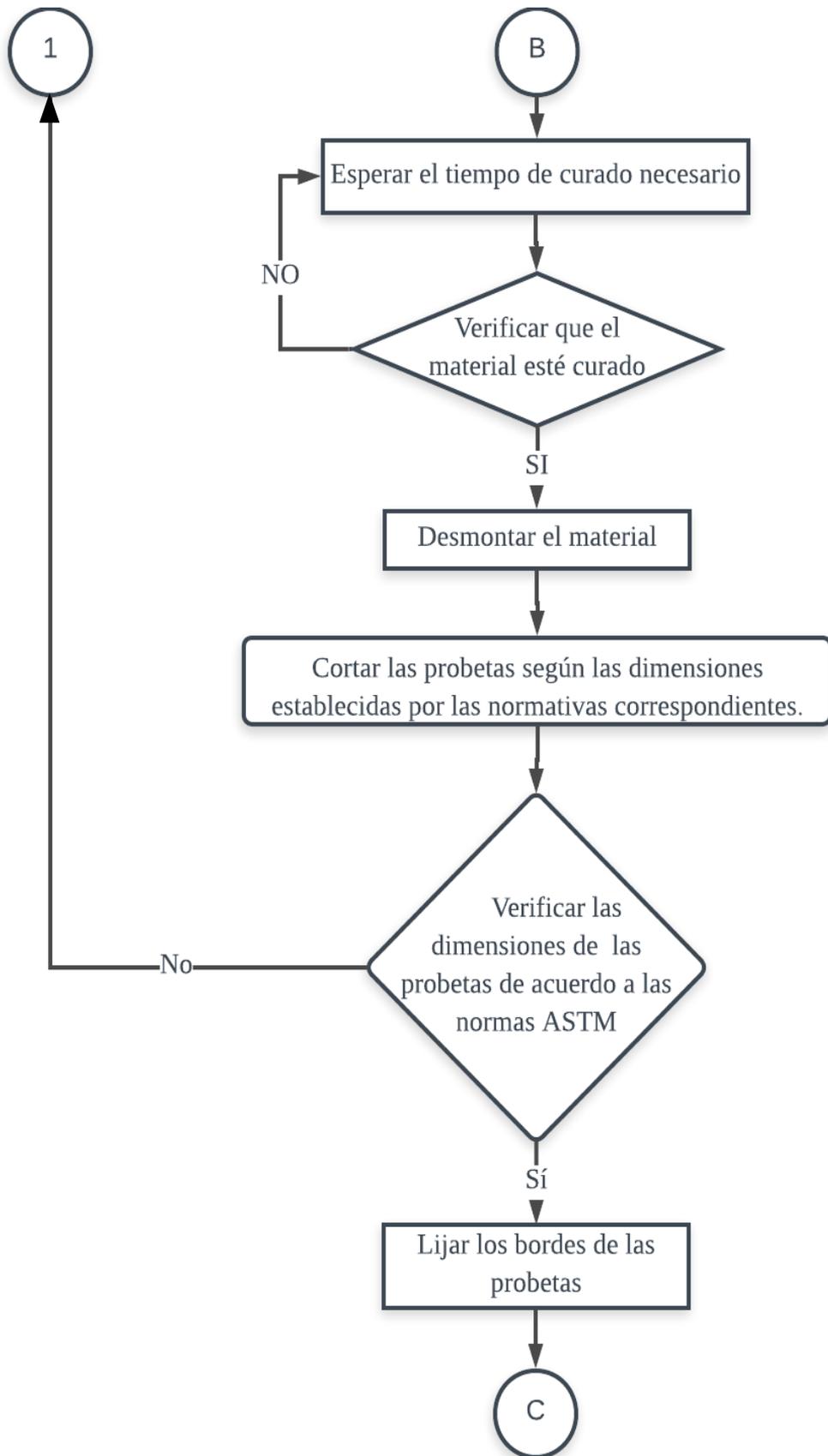
-Analizar los resultados obtenidos con la hipótesis planteada para su respectiva comprobación.

3.5.1 Proceso de elaboración del estudio.

En la figura 3.1 se observa el diagrama de flujo que muestra el procedimiento experimental.







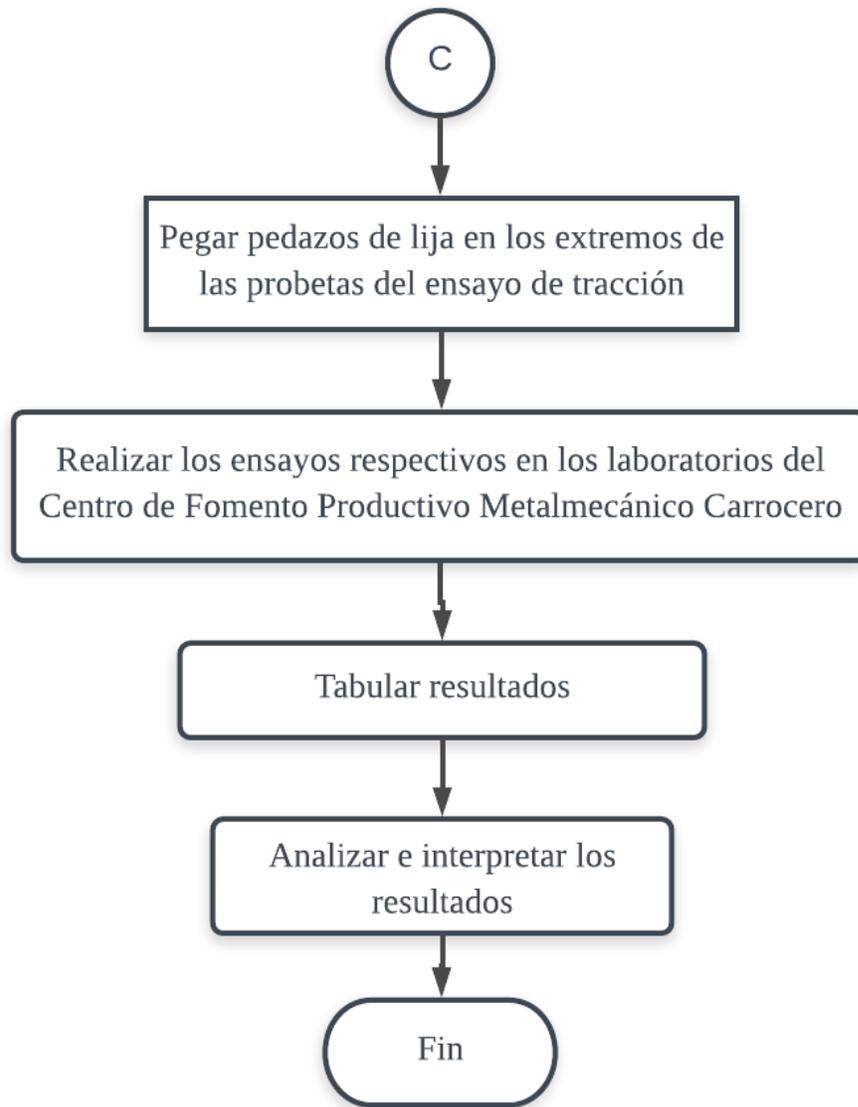


Figura 3.1. Diagrama de flujo para la realización del estudio

3.5.2 Recolección de información de los materiales a utilizar

3.5.2.1 Materiales compuestos

Los materiales compuestos a analizar son los utilizados para la fabricación del interior de carrocerías metalmeccánicas aquellos compuestos por fibra de vidrio y resina poliéster que es la más utilizada en la ciudad de Ambato y también se analizará el material compuesto de fibra de vidrio con resina epoxi utilizada en la estructura de los barcos debido a su retardante a la corrosión.

3.5.2.2 Porcentajes de fibra de vidrio, de resinas y de retardantes de llama de los materiales compuestos

En la tabla 3.5. se puede apreciar el porcentaje utilizado para cada grupo de materiales compuestos.

Tabla 3.5. Configuración de los materiales compuestos

N°	MATERIAL	% MATRIZ	% REFUERZO	% RETARDANTE
1	Material compuesto de fibra de vidrio con resina poliéster e hidróxido de magnesio	67	30	3
		64	30	6
		61	30	9
2	Material compuesto de fibra de vidrio con resina poliéster e hidróxido de aluminio	67	30	3
		64	30	6
		61	30	9
3	Material compuesto de fibra de vidrio con resina epoxi e hidróxido de magnesio	67	30	3
		64	30	6
		61	30	9
4	Material compuesto de fibra de vidrio con resina epoxi e hidróxido de aluminio	67	30	3
		64	30	6
		61	30	9
REFUERZO: Fibra de vidrio	MATRIZ: Resina poliéster y epoxi	RETARDANTES: Hidróxido de magnesio y aluminio	ORIENTACIÓN DEL REFUERZO: Aleatorio	

3.5.3 Dimensionamiento de las probetas

3.5.3.1 Probetas requeridas para materiales compuestos

Para la realización de las probetas se debe dimensionar según las normas:

- ASTM D3039 para el ensayo de tracción.
- ASTM D7264- para el ensayo de flexión.
- ASTM D6110- para el ensayo de impacto.

Según las normas anteriormente mencionadas deben realizarse al menos 5 probetas por cada ensayo.

Las dimensiones de las probetas se encuentran descritas en la tabla 3.6.

Tabla 3.6. Características de las probetas para ensayos según la normativa ASTM

ENSAYO	DIMENSIONES (mm)			NORMA A UTILIZAR	NÚMERO DE PROBETAS
	Largo	Ancho	Espesor Seleccionado (puede variar)		
Tracción	250	25	2.5	ASTM D3039	5
Flexión	160	13	4	ASTM D7264	5
Impacto	127	12.7	4	ASTM D6110	5

3.5.4 Realización de las probetas

Una vez obtenida la información de los materiales y determinado tanto las configuraciones así como las fracciones volumétricas de los diferentes grupos se procede a la conformación del mismo.

- Adquirir la materia prima como son: la fibra de vidrio, la resina poliéster y epóxica; hidróxido de aluminio y magnesio como se observa en la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Materiales utilizados para la fabricación de los materiales compuestos

 <p>Hidróxido de Magnesio</p>	 <p>Hidróxido de Aluminio</p>
 <p>Fibra de Vidrio</p>	 <p>Resina Poliéster/Epóxica</p>

Master Fibra proporcionó la fibra de vidrio y la resina poliéster, además de prestar sus instalaciones para poder realizar las probetas.

- Limpiar, medir y delimitar con masking los lugares en los cuales se realizarán las probetas como se observa en la figura 3.2.



Figura 3.2. Delimitación del molde

- Aplicar cera en los lugares delimitados como se puede apreciar en la figura 3.3.



Figura 3.3. Aplicación de cera en el molde

- Limpiar la cera como se visualiza en la figura 3.4.



Figura 3.4. Limpieza de la cera

- Aplicar Alcohol polivinílico, el cual actúa como desmoldante como se puede ver en la figura 3.5.



Figura 3.5. Alcohol polivinílico

- Aplicar Gelcoat como se aprecia en la figura 3.6. para dar color y esperar hasta que seque bien.



Figura 3.6. Aplicación de Gelcoat en el molde

- Cortar la fibra de vidrio para una probeta según las dimensiones establecidas por las normas como se visualiza en la figura 3.7., 1 capa de fibra representa aproximadamente 1 mm de espesor por lo que deben cortarse las capas necesarias según cada tipo de probeta, para la realización de las probetas de flexión e impacto se realizó una sola plancha de fibra por las 2 probetas.



Figura 3.7. Fibra de vidrio cortada

- Una vez cortada la fibra de vidrio se procede a pesar la cantidad de 1 probeta de cada ensayo como se observa en la figura 3.8., este peso representa el 30% en la composición seleccionada.



Figura 3.8. Pesaje de la fibra de vidrio

- Para determinar la cantidad de matriz y retardante de llama es necesario calcular el peso del 70% restante de la composición que lo componen según las fracciones impuestas con: 67%-3%; 64%-6%; y 61%-9% de matriz y retardante de llama respectivamente. Como calcularlo se muestra en el siguiente ejemplo.

Ejemplo de cálculo de las fracciones volumétricas en el primer grupo:

- Peso de la fibra de vidrio= 40 gramos
- La fibra de vidrio al ser el refuerzo representa el 30% de la fracción volumétrica.
- Matriz-resina poliéster 67%, peso de la resina poliéster = x.
- Retardante de llama-hidróxido de aluminio 3%, peso del hidróxido de aluminio =y

Se procede a realizar una regla de 3 para determinar el peso de cada componente.

$$40 \text{ g} = 3\%$$

$$x = 67\%$$

$$x = \frac{40 \text{ g} * \frac{70}{100}}{\frac{30}{100}} = 89,33 \text{ g}$$

El peso necesario para realizar 1 probeta según esta composición es de 89,33 gramos.

De igual manera se procede a calcular para el hidróxido de aluminio.

$$40 \text{ g} = 30\%$$

$$y = 3\%$$

$$y = \frac{40 \text{ gr} * \frac{3}{100}}{\frac{30}{100}} = 4 \text{ g}$$

El peso necesario de hidróxido de aluminio para realizar 1 probeta según esta composición es de 4 gramos.

- Para la realización de las probetas con resina epoxi debe calcularse a su vez el 20% de la cantidad a utilizar de resina con el fin de determinar la cantidad a utilizar de catalizador.
- Los valores que se obtuvieron se pueden apreciar desde la Tabla 3.8 a la 3.11.

Tabla 3.8. Cantidades a utilizar para la realización de las probetas de tracción con resina poliéster.

30 % REFUERZO	67 % MATRIZ	3 % RETARDANTE
40 g	89.33 g	4 g
30 % REFUERZO	64 % MATRIZ	6 % RETARDANTE
40 g	85.33 g	8 g
30 % REFUERZO	61 % MATRIZ	9 % RETARDANTE
40 g	81.33 g	12 g

Tabla 3.9. Cantidades a utilizar para la realización de las probetas de flexión e impacto con resina poliéster.

30 % REFUERZO	67 % MATRIZ	3 % RETARDANTE
60 g	134 g	6 g
30 % REFUERZO	64 % MATRIZ	6 % RETARDANTE
60 g	128 g	12 g
30 % REFUERZO	61 % MATRIZ	9 % RETARDANTE
60 g	122 g	18 g

Tabla 3.10. Cantidades a utilizar para la realización de las probetas de tracción con resina epoxi.

30 % REFUERZO	67 % MATRIZ	3 % RETARDANTE	20 % (MATRIZ) CATALIZADOR
40 g	89.33 g	4 g	17.87 g
30 % REFUERZO	64 % MATRIZ	6 % RETARDANTE	20 % (MATRIZ) CATALIZADOR
40 g	85.33 g	8 g	17.07 g
30 % REFUERZO	61 % MATRIZ	9 % RETARDANTE	20 % (MATRIZ) CATALIZADOR
40 g	81.33 g	12 g	16.27 g

Tabla 3.11. Cantidades a utilizar para la realización de las probetas de flexión e impacto con resina epoxi.

30 % REFUERZO	67 % MATRIZ	3 % RETARDANTE	20 %(MATRIZ) CATALIZADOR
60 g	134 g	6 g	26.8 g
30 % REFUERZO	64 % MATRIZ	6 % RETARDANTE	20 %(MATRIZ) CATALIZADOR
60 g	128 g	12 g	25.6 g
30 % REFUERZO	61 % MATRIZ	9 % RETARDANTE	20 %(MATRIZ) CATALIZADOR
60 g	122 g	18 g	24.4 g

- Aplicar la fibra de vidrio en los lugares correspondientes como se puede ver en la figura 3.9.



Figura 3.9. Fibra de vidrio siendo colocada en el molde

- Aplicar la cantidad de resina, retardante y en caso de las probetas de resina epoxi el catalizador adecuadas según lo calculado como se puede apreciar en la figura 3.10.



Figura 3.10. Resina y retardante de llama colocado en la fibra de vidrio

- Después de aplicar 2 capas se debe pasar el rodillo por las mismas como se visualiza en la figura 3.11. con el fin de que la adhesión de las fibras y la resina sea de mejor manera.



Figura 3.11. Material compuesto siendo pasado por el rodillo

- Esperar el tiempo de curado correspondiente en las probetas terminadas tal como se observa en la figura 3.12.

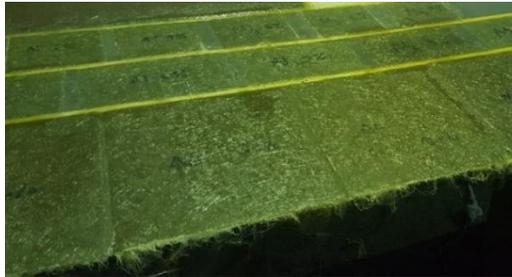


Figura 3.12. Probetas en estado de curado

- Retirar las probetas y cortarlas.

Corte de las probetas

Las probetas fueron cortadas con discos de corte de 2mm de espesor mediante el uso de una amoladora como se puede ver en la figura 3.13.



Figura 3.13. Probetas cortadas

Después del corte se procedió a lijar los bordes de las probetas con una lija muy fina para obtener un mejor acabado como se puede apreciar en la figura 3.14.



Figura 3.14. Probetas siendo lijadas

3.5.5 Codificación de las probetas

Para facilitación del estudio se procedió a codificar las probetas:

Ejemplo: PA3-T1

-La primera letra utilizada corresponde a la resina de la cual el material está constituido.

P: Resina poliéster.

E: Resina epóxica.

-La segunda letra utilizada corresponde al óxido básico del retardante de llama del cual el material está constituido.

A: Hidróxido de aluminio $\text{Al}(\text{OH})_3$.

M: Hidróxido de magnesio $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

-El número representa la cantidad de la fracción volumétrica del retardante de llama.

3: Representa 3%.

6: Representa 6%.

9: representa 9%.

-La tercera letra representa el ensayo realizado en la probeta.

T: Ensayo de tracción.

F: Ensayo de flexión.

I: Ensayo de impacto.

Para observar el nombre de las probetas codificadas obsérvese la nomenclatura.

3.5.6 Realización de los ensayos

3.5.6.1 Ensayo de tracción

Procedimiento del ensayo

Antes de realizar este ensayo es necesario proporcionar a las probetas una mayor sujeción en las abrazaderas, para ello se colocó en los extremos de las probetas pedazos de lija número 100 de 56 mm como se observa en la figura 3.15., según lo establece la norma ASTM D3039.



Figura 3.15. Pedazos de lija colocados en la probeta EM9-T5

Para realizar el ensayo primeramente se mide la temperatura y la humedad relativa como se aprecia en la figura 3.16, luego se coloca las probetas en los sujetadores de la máquina universal Metrotec MTE 50 como se muestra en la figura 3.17 ajustándolas, y se provocaron esfuerzos progresivos y crecientes de tracción en la dirección del eje de la probeta hasta el punto de su deformación y rotura correspondiente [1] [28].



Figura 3.16. Medición de la temperatura y la humedad relativa



Figura 3.17. Colocación de las probetas de tracción en la máquina Metrotec MTE 50

Los datos obtenidos al realizarse el ensayo fueron la deformación y fuerza máxima que las probetas soportaron en el punto de rotura, una vez obtenidos estos valores se calculó el esfuerzo máximo de tracción, la deformación unitaria y el módulo de elasticidad [28].

Esfuerzo máximo de tracción (σ)

Es aquel esfuerzo máximo ocasionado por una fuerza a tracción que se puede desarrollar en un material sin causar una deformación plástica [28].

Se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde:

$\sigma_{m\acute{a}x}$ = Esfuerzo máximo a tracción (MPa)

F = Fuerza máxima aplicada (N)

A = Área de la sección transversal (mm²)

Deformación unitaria (ϵ)

Se refiere a cuánto se deformó la probeta y comprende la relación existente entre la longitud inicial antes de ser realizado el ensayo y la longitud final después del mismo. Se calcula de la siguiente manera [28], [1]:

$$\epsilon = \frac{l_f - l_i}{l_i} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

$$\%n = \frac{l_f - l_i}{l_i} * 100\% \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Donde:

ϵ = Elongación (mm/mm)

l_i = Longitud inicial de la probeta (mm)

l_f = Longitud final de la probeta (mm)

n = Porcentaje de elongación (%)

Módulo de elasticidad (E)

Conocido también como módulo de Young, se refiere a la relación existente en un material, entre el esfuerzo con respecto a la deformación producida en la zona elástica del mismo [28], [1].

Se calcula de la siguiente manera:

$$E = \frac{\sigma_{m\acute{a}x}}{\epsilon} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad (MPa)

$\sigma_{m\acute{a}x}$ = Esfuerzo máximo a tracción (MPa)

ϵ = Elongación (mm/mm)

3.5.6.2 Ensayo de flexión

Procedimiento del ensayo

Para la realización de este ensayo debe seguirse el procedimiento A establecido en la norma ASTM D7264, en el cual la probeta descansa sobre dos soportes y se aplica la carga por medio de los soportes, conocido como sistema de carga de tres puntos, eso se representa en la figura 3.18 [29], [1].

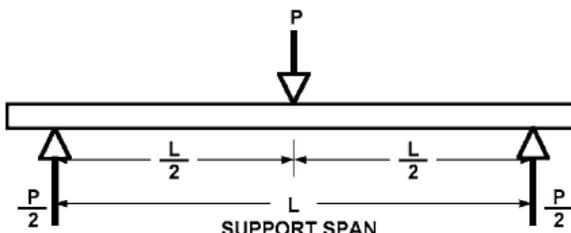


FIG. 1 Procedure A—Loading Diagram

Figura 3.18. Ensayo de flexión - Procedimiento A [29]

Antes de realizar cualquier medición se debe medir tanto la temperatura como la humedad relativa, una vez realizado esto se colocó el puente de flexión en la máquina Metrotec MTE 50 como se puede ver en la figura 3.19, luego se mide el ancho y espesor de la sección media de la muestra, después se debe colocar las probetas en el soporte y una vez realizado esto se aplica en la sección transversal de la probeta una carga hasta que en esta se produzca una rotura como se puede apreciar en la figura 3.20 [29], [1].

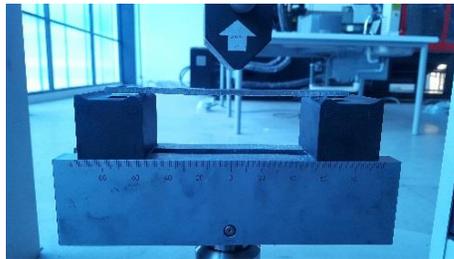


Figura 3.19. Preparación del puente de flexión



Figura 3.20. Probeta ensaya por el método A del ensayo de flexión según la Norma ASTM D7264

Los datos obtenidos al realizarse el ensayo fueron los valores de la fuerza y la deflexión máxima soportadas durante el mismo por las probetas, una vez obtenido estos datos se procede a calcular el esfuerzo máximo de flexión y el módulo de elasticidad de flexión.

Esfuerzo máximo de flexión

Este esfuerzo al contrario que el del obtenido en el ensayo de tracción no está en función de las deformaciones, sino más bien de las deflexiones producidas por un esfuerzo máximo en un material antes de su fractura [29], [1].

Se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde:

$\sigma_{\text{máx}}$ = Esfuerzo máximo a flexión (MPa)

P = Fuerza aplicada (N)

L = Longitud de apoyos (mm)

b = Ancho de la probeta (mm)

h = Espesor de la probeta (mm)

Módulo de elasticidad de flexión (Ef)

Es la relación que se produce por consecuencia del esfuerzo máximo soportado por el material y la deflexión máxima ocasionada en la región elástica del mismo [29], [1].

Se calcula de la siguiente manera:

$$Ef = \frac{L^3 F}{4bh^3 \delta} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Donde:

Ef = Módulo de flexión (MPa)

F = Fuerza aplicada (N)

L = Longitud entre apoyos (mm)

b = Ancho de la probeta (mm)

h = Espesor de la probeta (mm)

δ = Deflexión de la probeta (mm)

3.5.6.3 Ensayo de impacto

Procedimiento del Ensayo

Antes de realizar el ensayo es necesario se debe registrar la temperatura y la humedad relativa, a la probeta se le debe realizar una muesca de 0.025 mm, se lo puede realizar en diferentes tipos de máquinas como la observada en la figura 3.21, luego se mide y registra la profundidad del material restante en la probeta debajo de la muesca, la cuchilla cónica se deberá ajustar a la muesca, la probeta quedará aproximadamente vertical entre los yunques, la muesca debe centrarse entre los yunques. Se procede a colocar un martillo con el que posiblemente pueda romper la probeta este es un martillo de aproximadamente 5 J, se suelta el martillo y una vez realizada se observa si se ha roto o no la probeta, en caso

que no se haya roto en dos pedazos significa que el martillo seleccionado fue el incorrecto por lo que se escoge otro martillo de mayor valor en este caso el de 10,9 J como se aprecia en la figura 3.22. y se procede a realizar nuevamente el ensayo, si esta vez cumple los requerimientos como se puede ver en la figura 3.23. se procede a realizar el ensayo en todas las probetas [30].



Figura 3.21. Máquina para realizar la muesca



Figura 3.22. Preparación de la máquina previo a la realización del ensayo



Figura 3.23. Probeta ensayada

Una vez realizado el ensayo se obtienen los valores de la energía de ruptura y la resistencia al impacto.

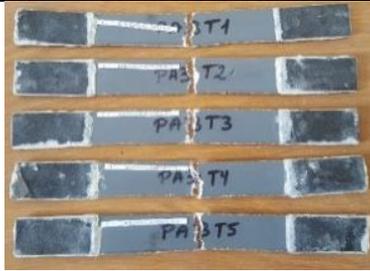
CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

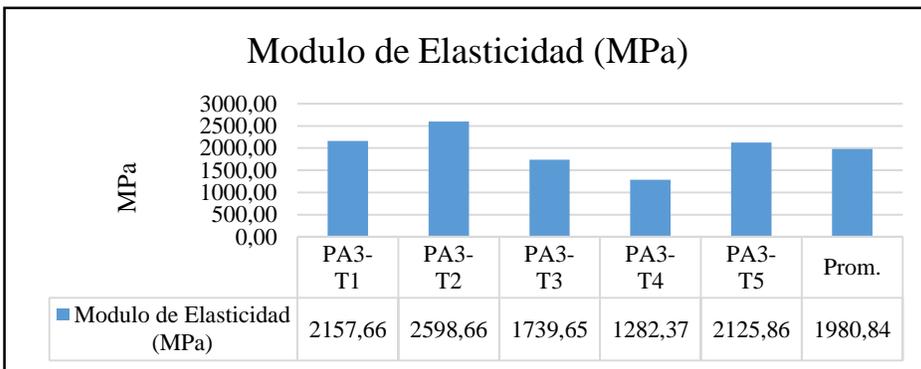
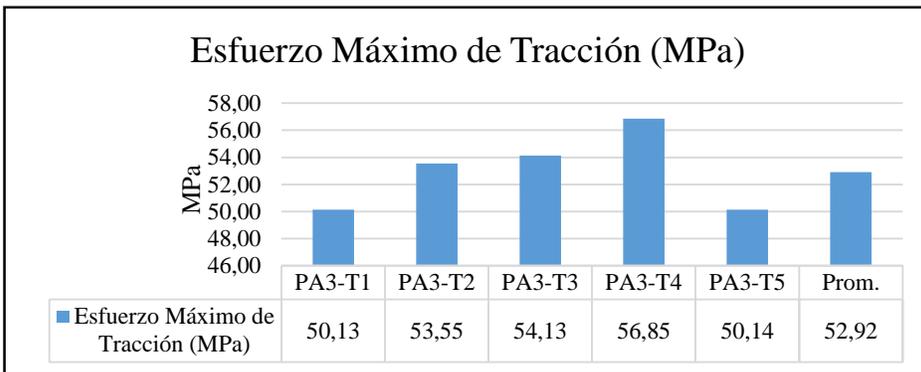
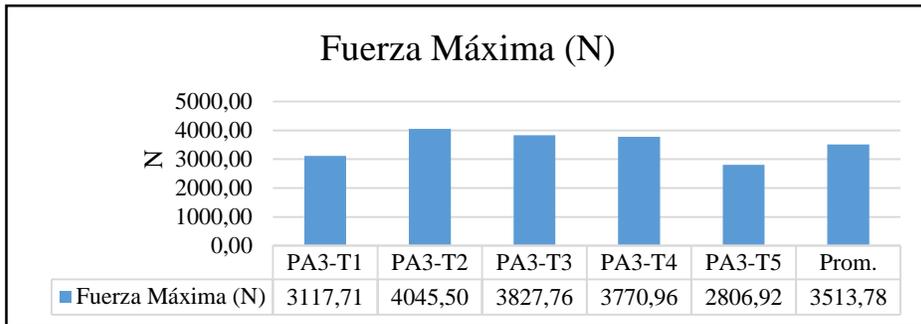
4.1 Recolección de datos

4.1.1 Fichas de reporte de ensayos de tracción

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	23-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	67%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	3%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(250x25xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	2,5 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	20.3°C	Humedad relativa:	56.1%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Tipo de falla
PA3-T1	3117,71	50,13	2157,66	2,32	AGM
PA3-T2	4045,50	53,55	2598,66	2,06	AGM
PA3-T3	3827,76	54,13	1739,65	3,11	AGM
PA3-T4	3770,96	56,85	1282,37	4,43	AGM
PA3-T5	2806,92	50,14	2125,86	2,36	AGM
Promedio	3513,78	52,96	1980,84	2,86	-
Des. Est.	525,34	2,86	494,98	0,96	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					



GRÁFICAS

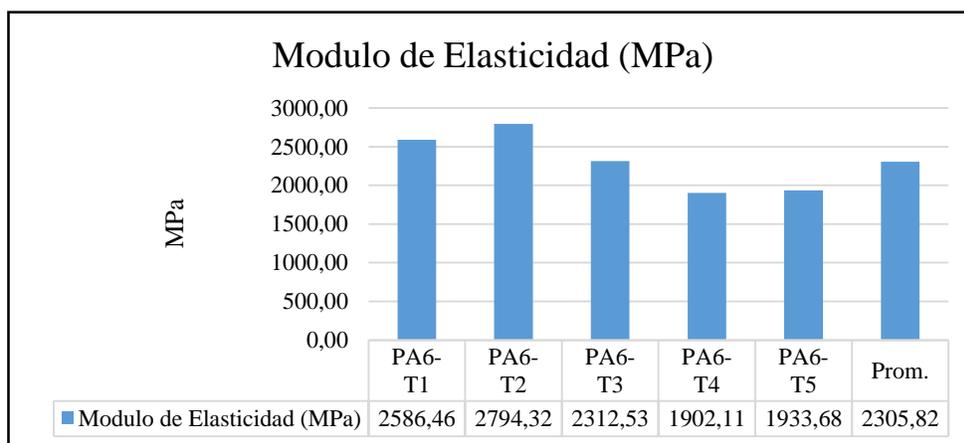
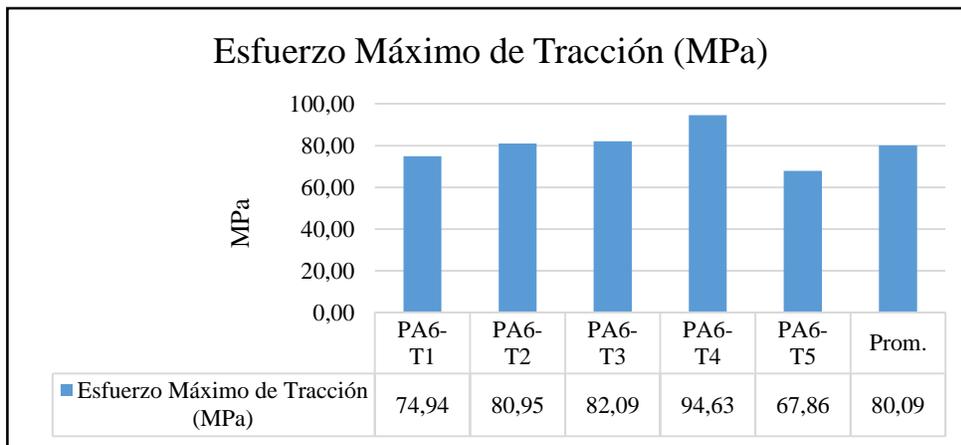
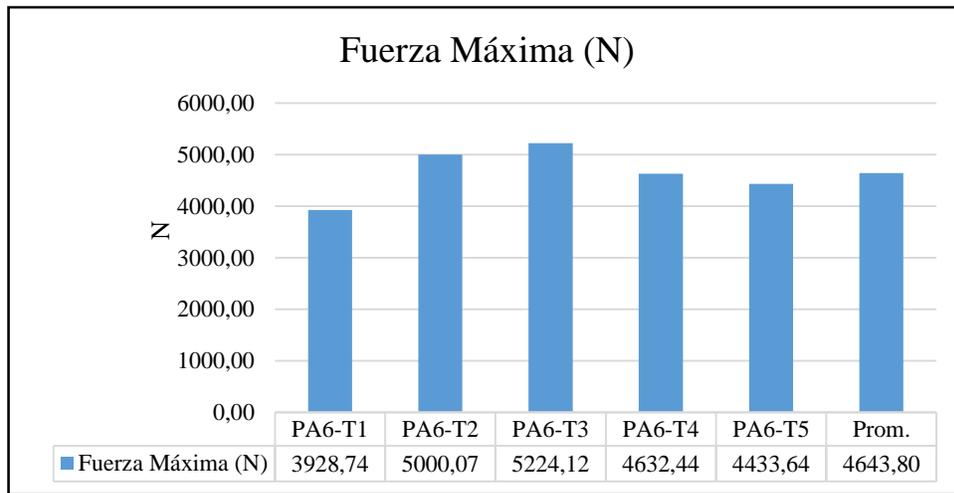


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	52,96 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	1980,84 MPa
Espesor real promedio:	2,50 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	23-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	64%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	6%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(250x25xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	2,5 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	25 °C	Humedad relativa:	47.1%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Tipo de falla
PA6-T1	3928,74	74,94	2586,46	2,90	LAT
PA6-T2	5000,07	80,95	2794,32	2,90	LGM
PA6-T3	5224,12	82,09	2312,53	3,55	LIT
PA6-T4	4632,44	94,63	1902,11	4,97	LGM
PA6-T5	4433,64	67,86	1933,68	3,51	LAT
Promedio	4643,80	80,09	2305,82	3,57	-
Des. Est.	504,80	9,90	393,35	0,85	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS



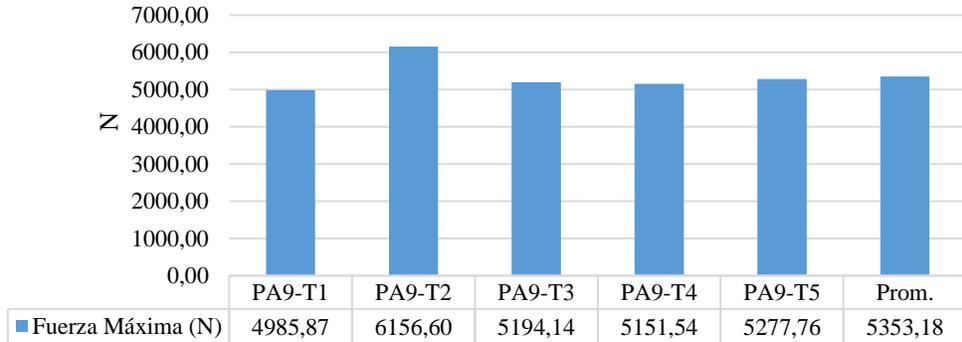
EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio::	80,09 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	2305,82 MPa
Espesor real promedio:	2,21 mm

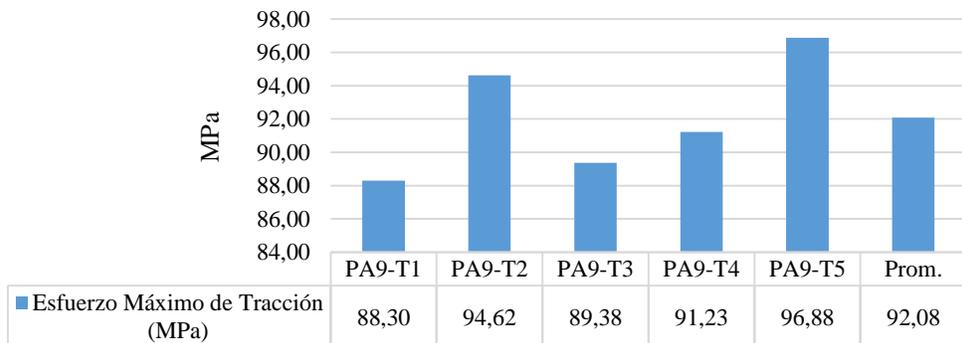
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	23-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	61%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	9%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(250x25xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	2,5 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	25.1°C	Humedad relativa:	46.2%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Tipo de falla
PA9-T1	4985,87	88,30	2773,66	3,18	LAT
PA9-T2	6156,60	94,62	2725,21	3,47	AGM
PA9-T3	5194,14	89,38	2392,67	3,74	LIT
PA9-T4	5151,54	91,23	3692,74	2,47	LAT
PA9-T5	5277,76	96,88	2422,69	4,00	AGM
Promedio	5353,18	92,08	2801,40	3,37	-
Des. Est.	461,53	3,60	527,15	0,59	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

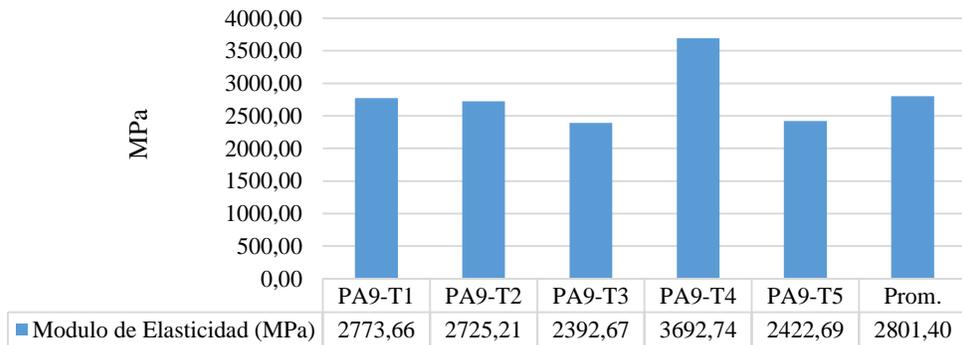
Fuerza Máxima (N)



Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)

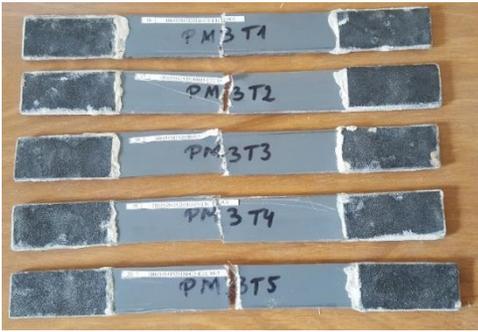


Modulo de Elasticidad (MPa)

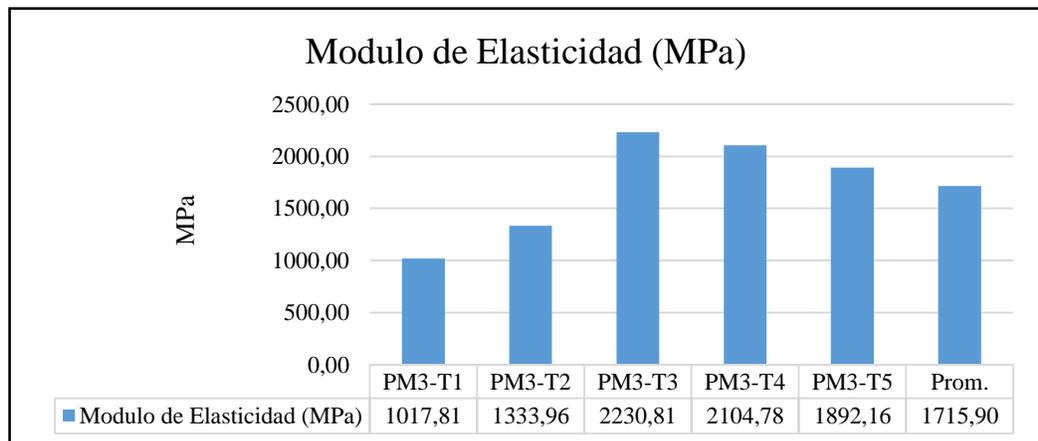
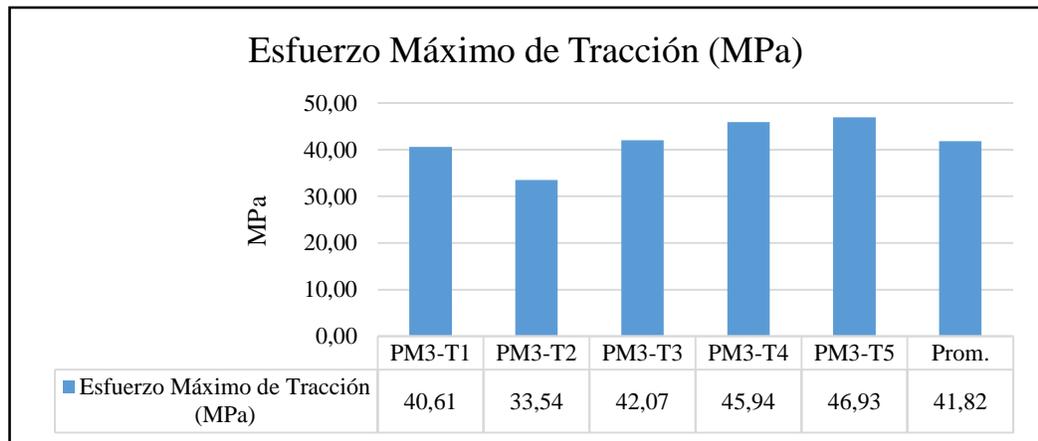
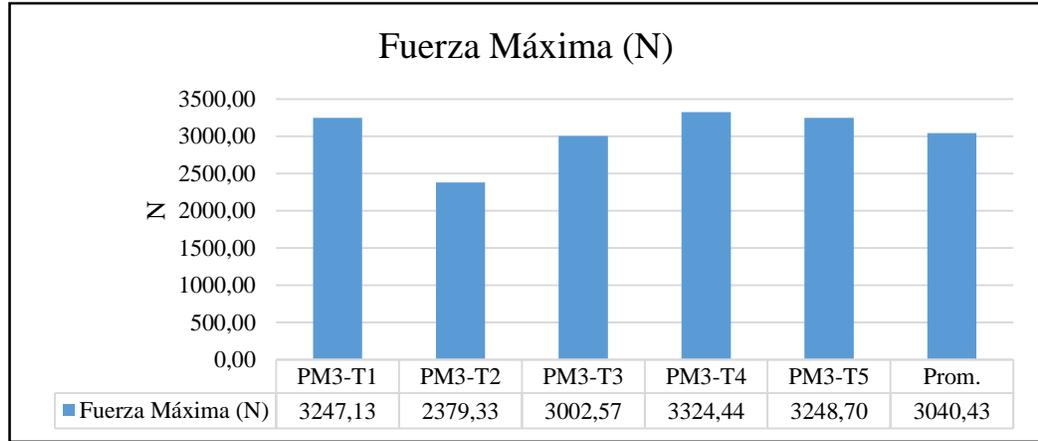


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio::	92,08 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	2801,40 MPa
Espesor real promedio:	2,21 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	23-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	67%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	3%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(250x25xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	2,5 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	25,1°C	Humedad relativa:	46,1%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Tipo de falla
PM3-T1	3247,13	40,61	1017,81	3,99	AGM
PM3-T2	2379,33	33,54	1333,96	2,51	AGM
PM3-T3	3002,57	42,07	2230,81	1,89	AGM
PM3-T4	3324,44	45,94	2104,78	2,18	AGM
PM3-T5	3248,70	46,93	1892,16	2,48	AGM
Promedio	3040,43	41,82	1715,90	2,61	-
Des. Est.	388,99	5,32	519,77	0,81	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

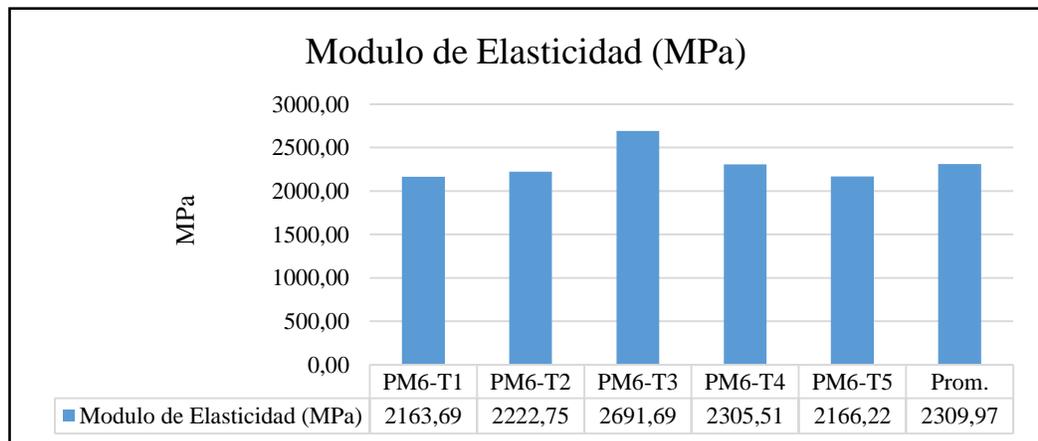
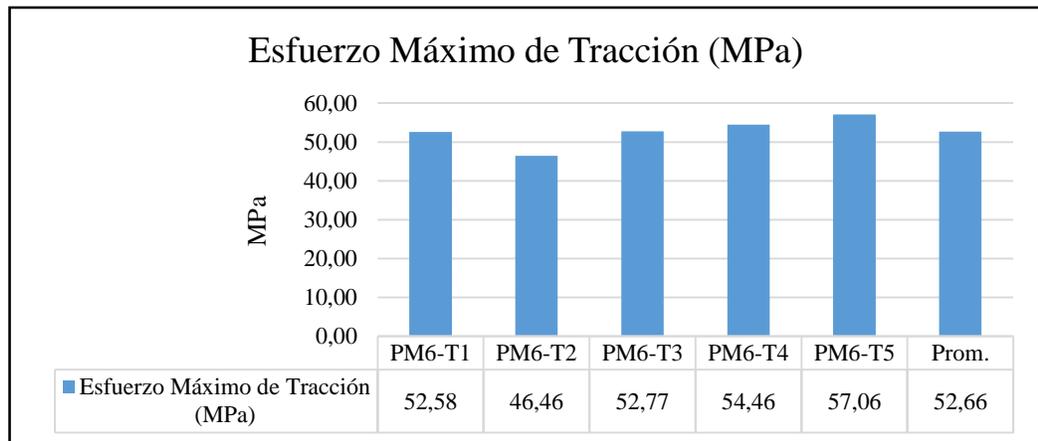
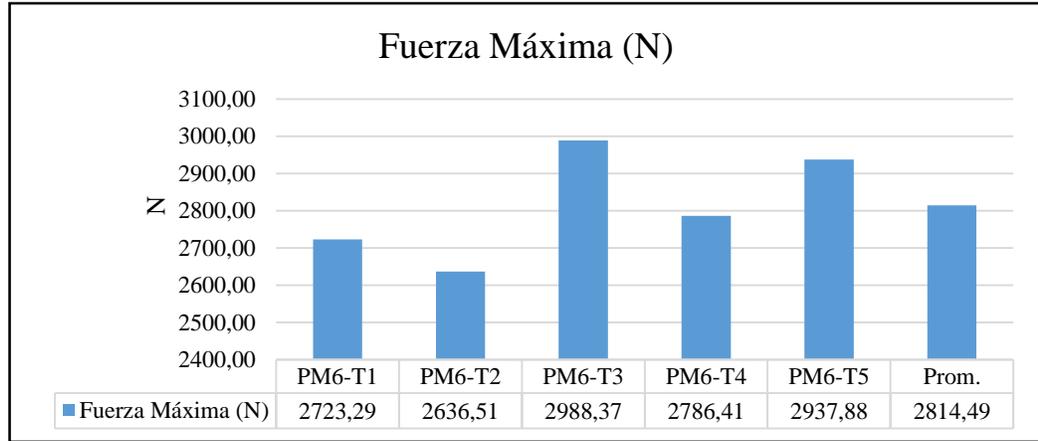


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio::	41,82 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	1715,90 MPa
Espesor real promedio:	2,78 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	23-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	64%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	6%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(250x25xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	2,5 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	25,1°C	Humedad relativa:	46,3 %		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Tipo de falla
PM6-T1	2723,29	52,58	2163,69	2,43	AGM
PM6-T2	2636,51	46,46	2222,75	2,09	AGM
PM6-T3	2988,37	52,77	2691,69	1,96	AGM
PM6-T4	2786,41	54,46	2305,51	2,36	AGM
PM6-T5	2937,88	57,06	2166,22	2,63	AGM
Promedio	2814,49	52,66	2309,97	2,30	-
Des. Est.	146,84	3,91	221,02	0,27	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS



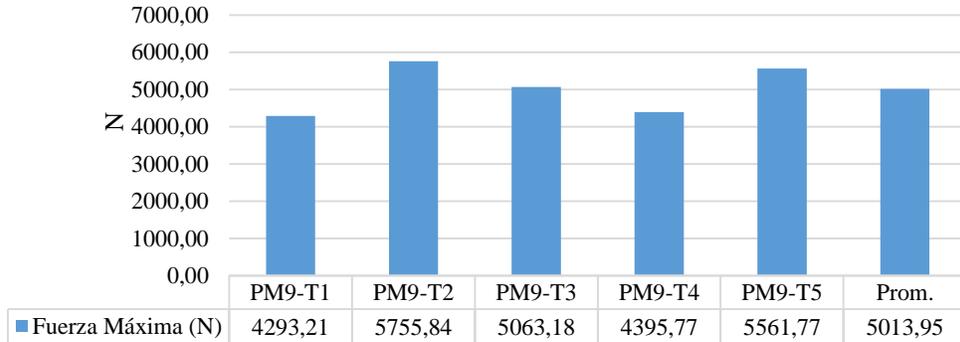
EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio::	52,66 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	2309,97 MPa
Espesor real promedio:	2,08 mm

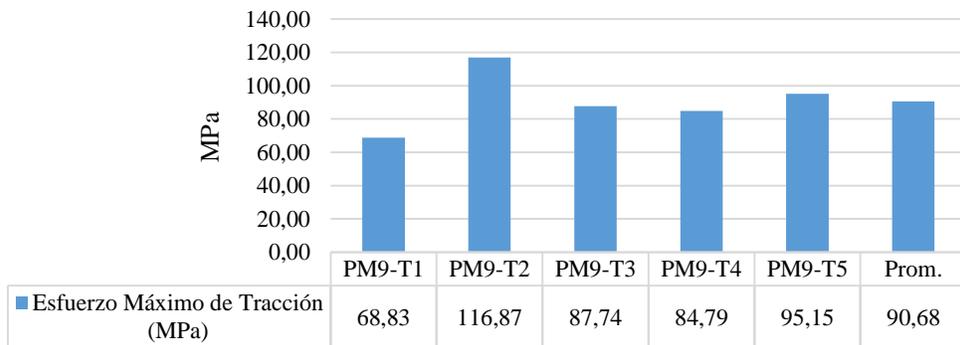
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	23-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	61%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	9%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(250x25xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	2,5 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	24,6°C	Humedad relativa:	48,3%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Tipo de falla
PM9-T1	4293,21	68,83	1923,03	3,58	AGM
PM9-T2	5755,84	116,87	3141,04	3,72	LIT
PM9-T3	5063,18	87,74	2931,68	2,99	LAT
PM9-T4	4395,77	84,79	2723,37	3,11	LAT
PM9-T5	5561,77	95,15	2632,50	3,61	LAT
Promedio	5013,95	90,68	2670,33	3,40	-
Des. Est.	662,30	17,51	461,67	0,33	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

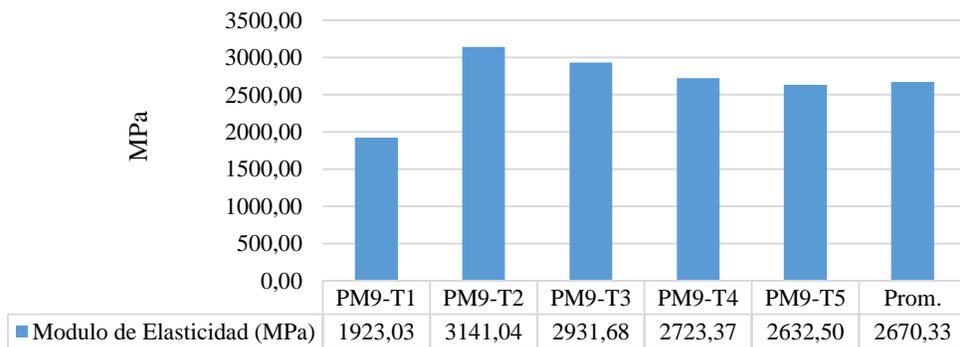
Fuerza Máxima (N)



Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)



Modulo de Elasticidad (MPa)

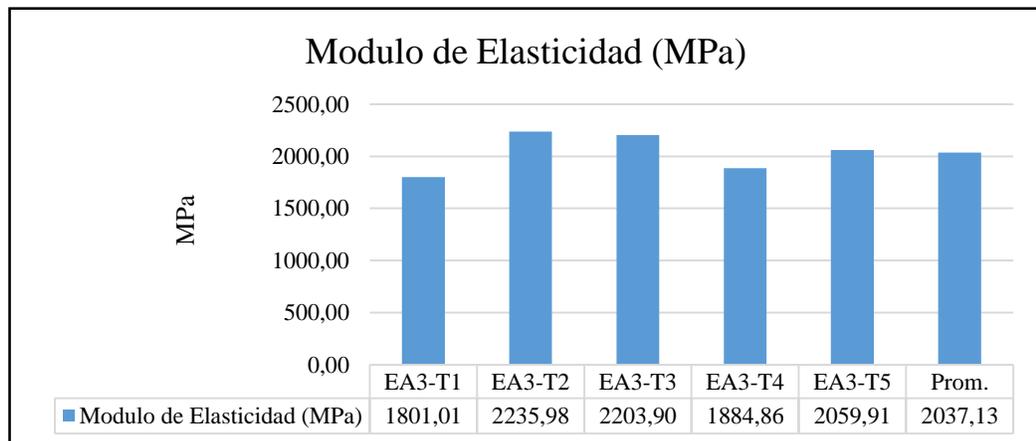
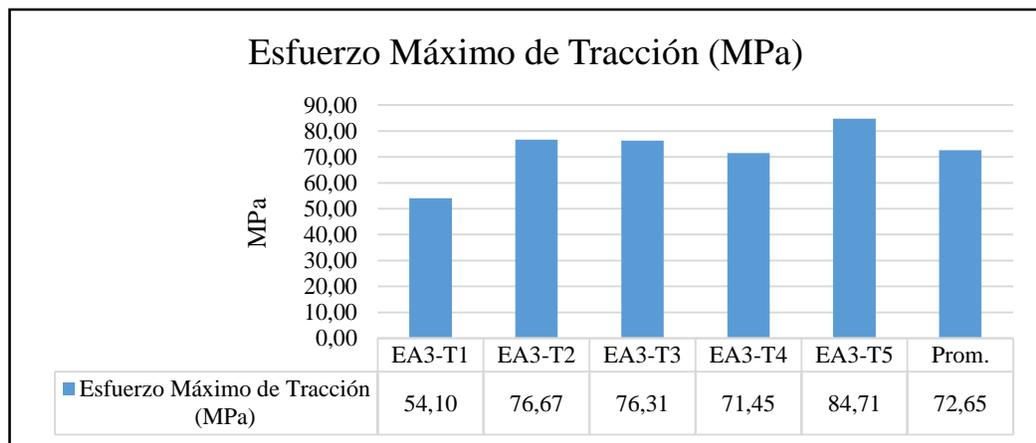
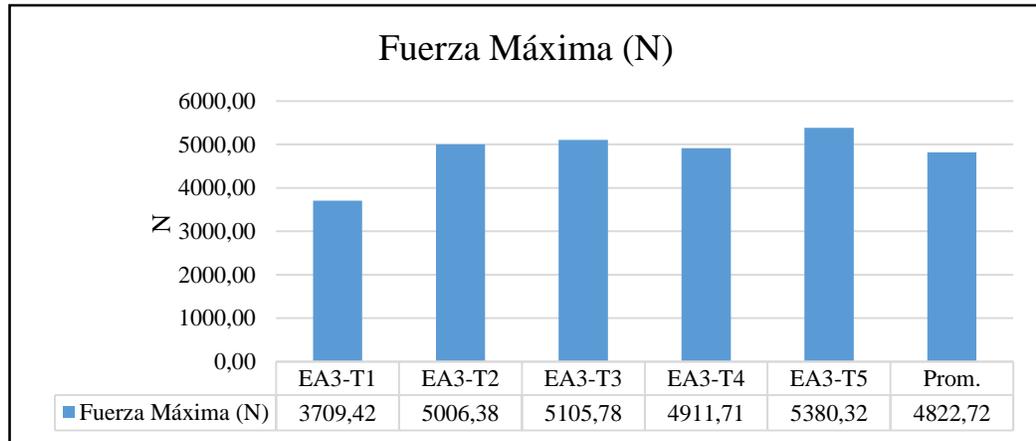


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio::	90,68 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	2670,33 MPa
Espesor real promedio:	2,15 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	23-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	67%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	3%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(250x25xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	2,5 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	24,7°C	Humedad relativa:	47%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Tipo de falla
EA3-T1	3709,42	54,10	1801,01	3,00	LAT
EA3-T2	5006,38	76,67	2235,98	3,43	LIT
EA3-T3	5105,78	76,31	2203,90	3,46	AGM
EA3-T4	4911,71	71,45	1884,86	3,79	AGM
EA3-T5	5380,32	84,71	2059,91	4,11	LAT
Promedio	4822,72	72,65	2037,13	3,56	-
Des. Est.	646,55	11,41	191,58	0,42	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS



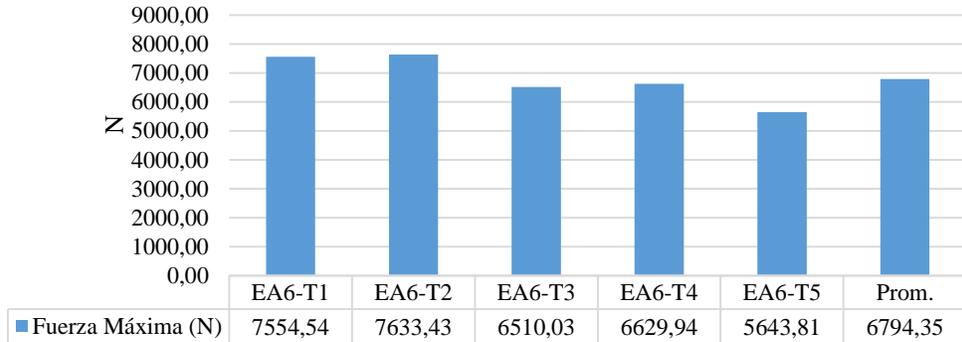
EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio::	72,65 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	2037,13 MPa
Espesor real promedio:	2,60 mm

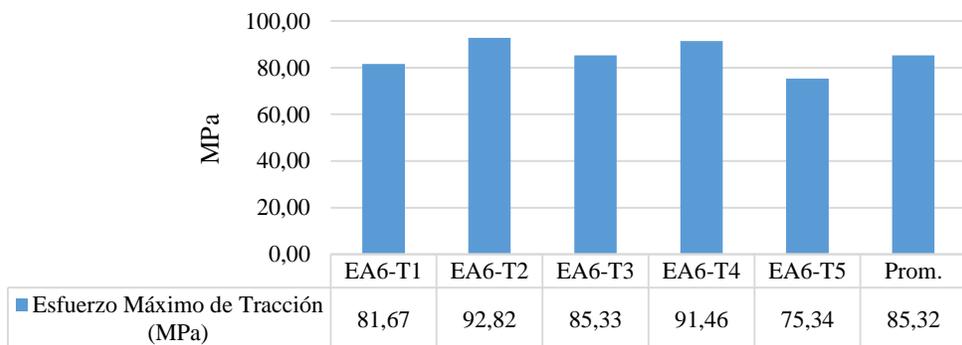
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	23-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	64%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	6%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(250x25xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	2,5 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	24,8°C	Humedad relativa:	47,8%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Tipo de falla
EA6-T1	7554,54	81,67	1871,63	4,36	AGM
EA6-T2	7633,43	92,82	2077,42	4,47	LAT
EA6-T3	6510,03	85,33	1888,53	4,52	AGM
EA6-T4	6629,94	91,46	2205,28	4,15	LIT
EA6-T5	5643,81	75,34	2110,20	3,57	LAT
Promedio	6794,35	85,32	2030,61	4,21	-
Des. Est.	823,64	7,19	145,34	0,39	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

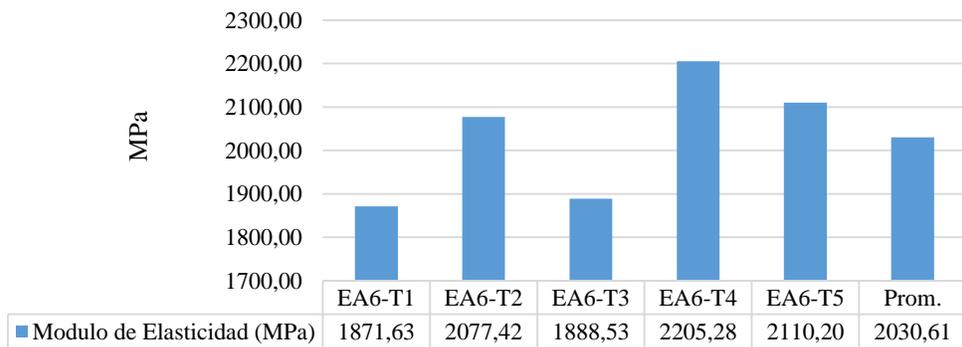
Fuerza Máxima (N)



Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)



Modulo de Elasticidad (MPa)



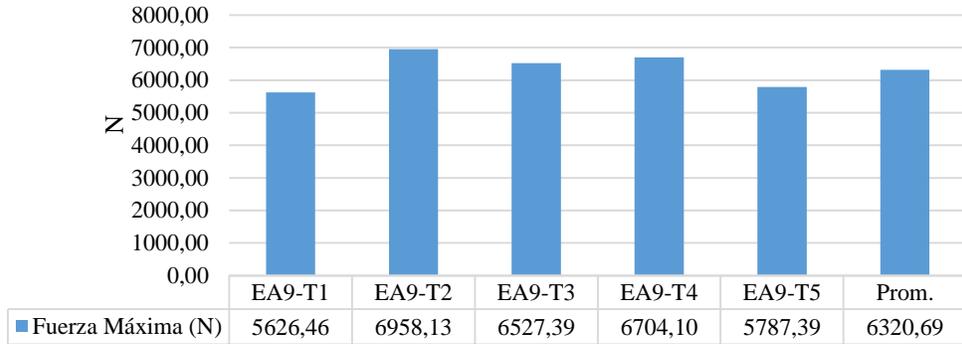
EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio::	85,32 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	2030,61 MPa
Espesor real promedio:	3,06 mm

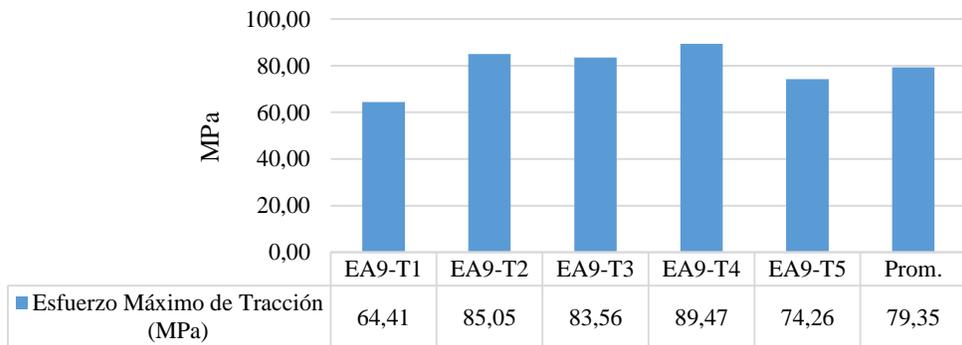
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	23-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	61%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	9%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(250x25xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	2,5 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	24,2°C	Humedad relativa:	47,8%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Tipo de falla
EA9-T1	5626,46	64,41	2092,85	3,08	AGM
EA9-T2	6958,13	85,05	2199,55	3,87	LIT
EA9-T3	6527,39	83,56	2203,48	3,79	LIT
EA9-T4	6704,10	89,47	2056,45	4,35	AGM
EA9-T5	5787,39	74,26	2256,72	3,29	LIT
Promedio	6320,69	79,35	2161,81	3,68	-
Des. Est.	583,61	10,02	83,70	503,00	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

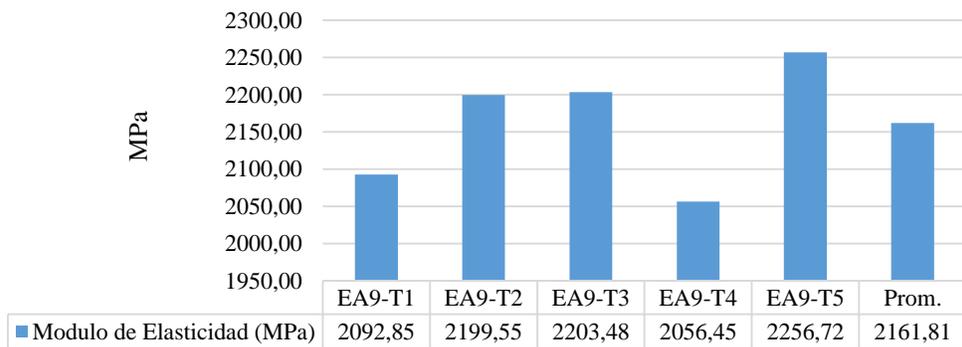
Fuerza Máxima (N)



Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)



Modulo de Elasticidad (MPa)



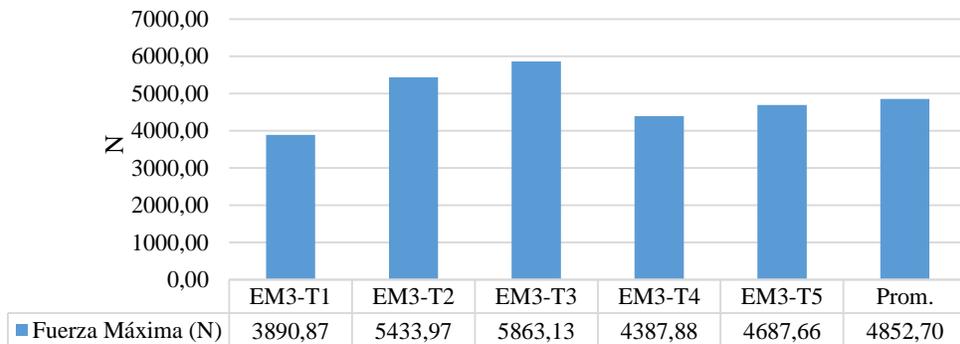
EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio::	79,35 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	2161,81 MPa
Espesor real promedio:	3,05 mm

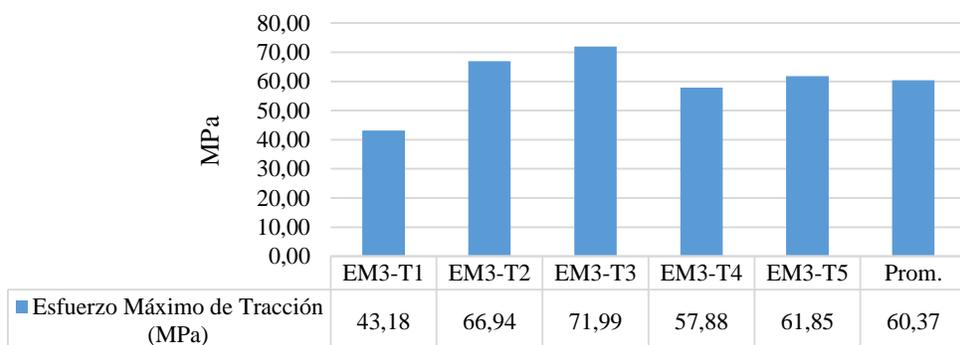
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	23-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	67%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	3%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(250x25xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	2,5 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	24°C	Humedad relativa:	47,9%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Tipo de falla
EM3-T1	3890,87	43,18	1357,90	3,18	LIT
EM3-T2	5433,97	66,94	1962,91	3,41	LAT
EM3-T3	5863,13	71,99	2011,21	3,58	LIT
EM3-T4	4387,88	57,88	1795,39	3,22	AGM
EM3-T5	4687,66	61,85	1971,09	3,14	LIT
Promedio	4852,70	60,37	1819,70	3,31	-
Des. Est.	794,69	10,98	270,09	0,19	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

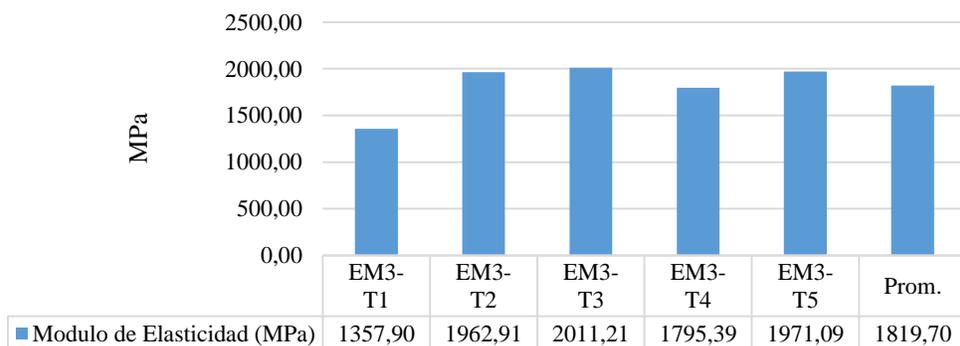
Fuerza Máxima (N)



Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)



Modulo de Elasticidad (MPa)



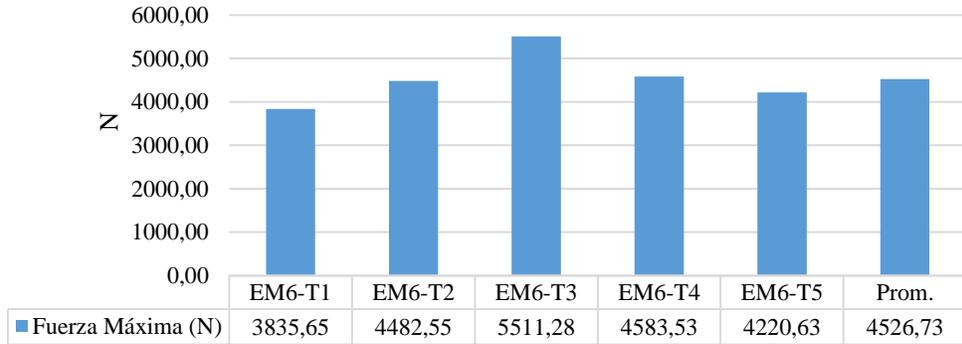
EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio::	60,37 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	1819,70 MPa
Espesor real promedio:	3,08 mm

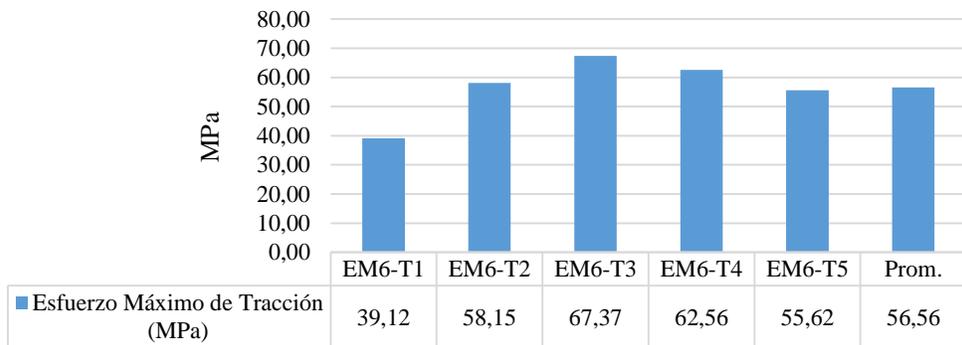
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	23-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	64%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	6%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(250x25xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	2,5 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	19,9°C	Humedad relativa:	50,8%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Tipo de falla
EM6-T1	3835,65	39,12	1275,73	3,07	LAT
EM6-T2	4482,55	58,15	1711,45	3,40	LAT
EM6-T3	5511,28	67,37	1605,98	4,19	LAT
EM6-T4	4583,53	62,56	1623,39	3,85	LAT
EM6-T5	4220,63	55,62	1108,75	5,02	LAT
Promedio	4526,73	56,56	1465,06	3,91	-
Des. Est.	621,65	10,73	259,06	0,76	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

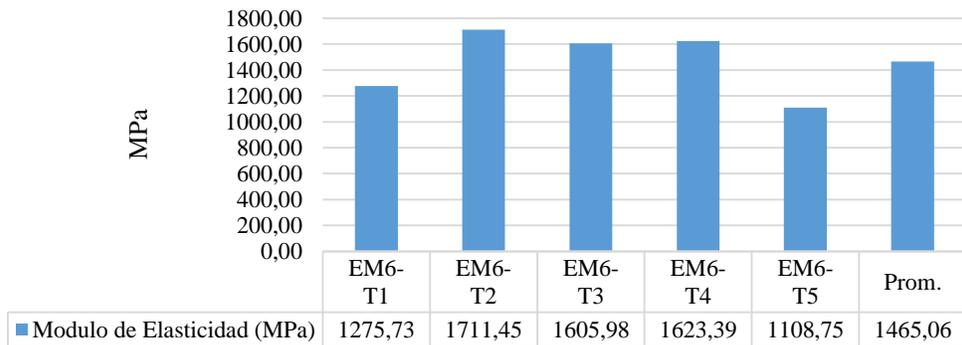
Fuerza Máxima (N)



Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)



Modulo de Elasticidad (MPa)

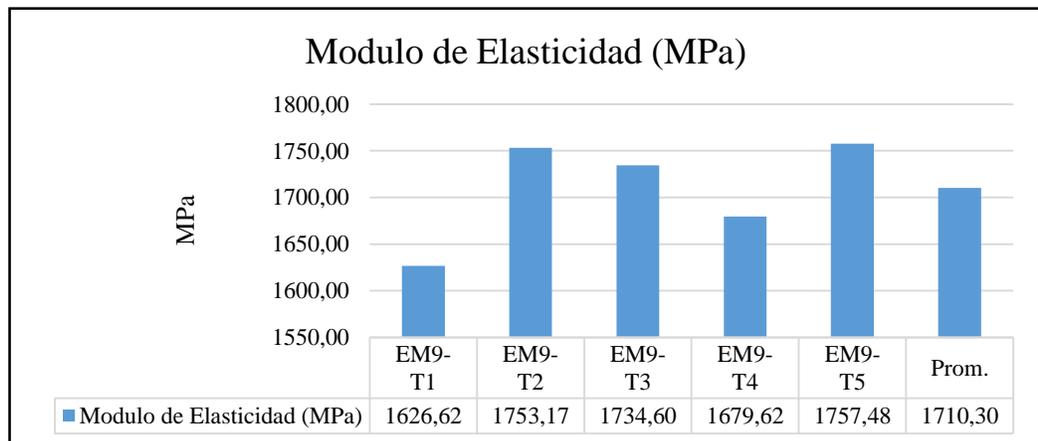
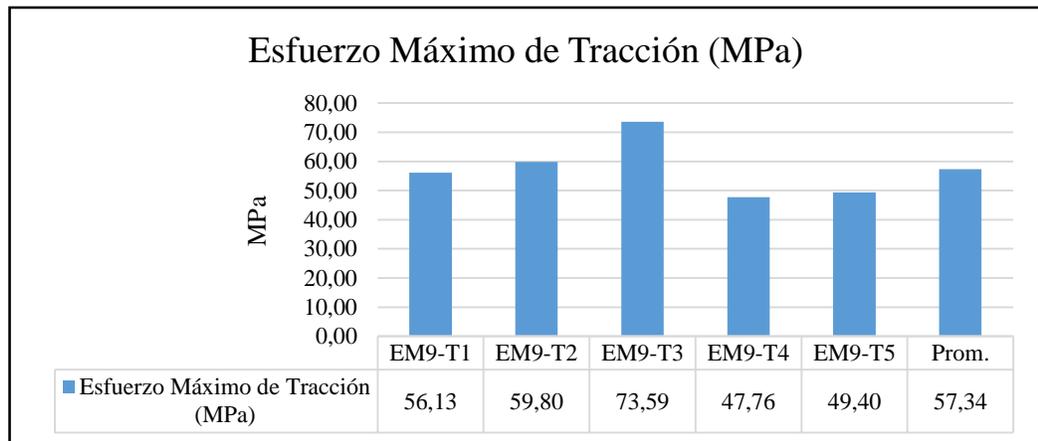
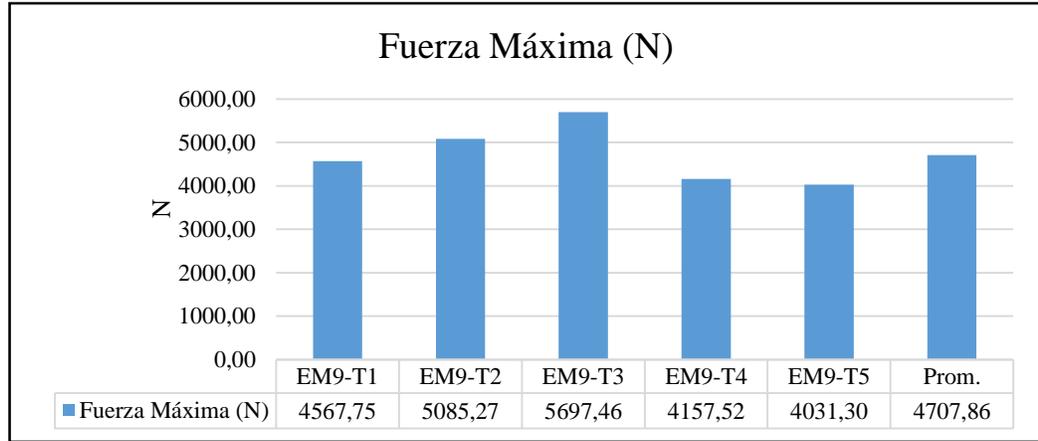


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio::	56,56 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	1465,06 MPa
Espesor real promedio:	3,10 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	23-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM-D3039		
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	61%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	9%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(250x25xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	2,5 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	22.3°C	Humedad relativa:	55,8%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Tipo de falla
EM9-T1	4567,75	56,13	1626,62	3,45	AGM
EM9-T2	5085,27	59,80	1753,17	3,41	LAT
EM9-T3	5697,46	73,59	1734,60	4,24	LAT
EM9-T4	4157,52	47,76	1679,62	2,84	AGM
EM9-T5	4031,30	49,40	1757,48	2,81	LIT
Promedio	4707,86	57,34	1710,30	3,35	-
Des. Est.	689,56	10,32	56,12	0,58	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS



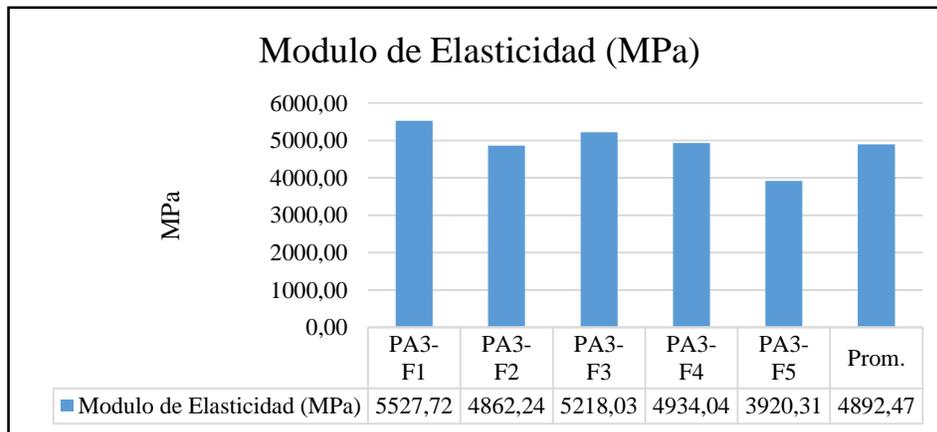
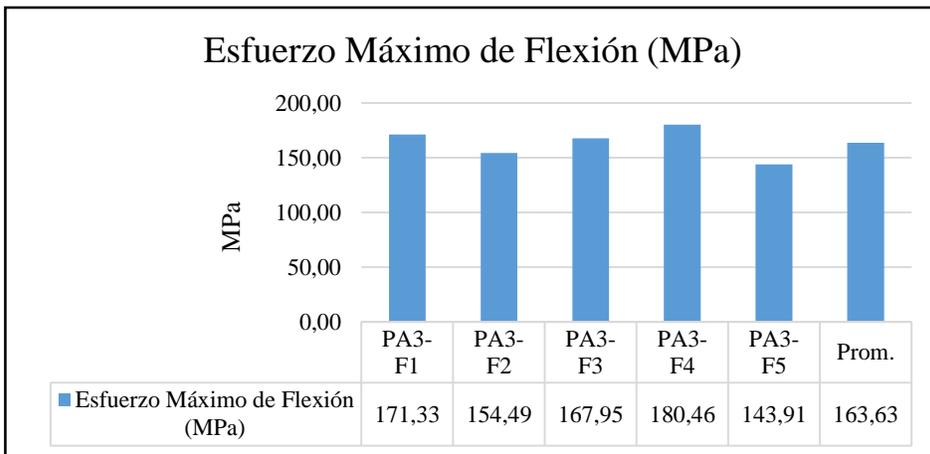
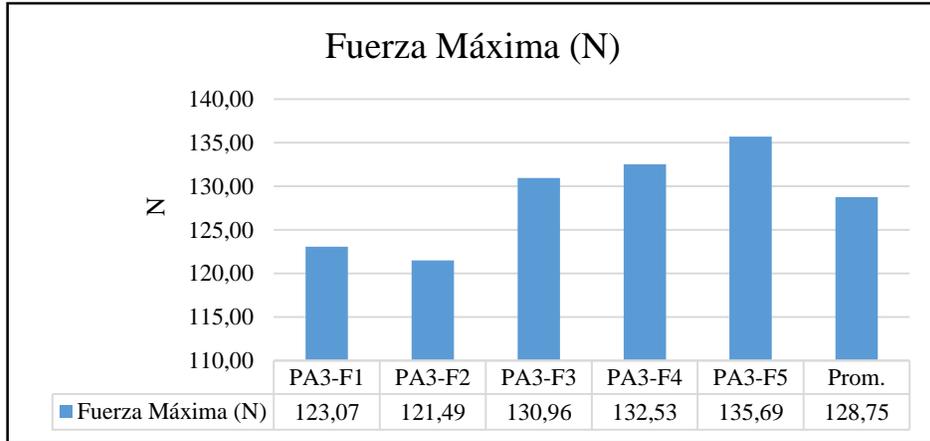
EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	57,34 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	1710,30 MPa
Espesor real promedio:	3,14 mm

4.1.2 Fichas de reporte del ensayo de flexión

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	67%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	3%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(160x13xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	4 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	23,5°C	Humedad relativa:	49,5%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Tipo de falla
PA3-F1	123,07	24,96	171,33	5527,72	OAB
PA3-F2	121,49	23,91	154,49	4862,24	OAB
PA3-F3	130,96	24,29	167,95	5218,03	OAB
PA3-F4	132,53	28,13	180,46	4934,04	OAB
PA3-F5	135,69	24,96	143,91	3920,31	OAB
Promedio	128,75	25,25	163,63	4892,47	-
Des. Est.	6,17	1,67	14,44	603,59	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

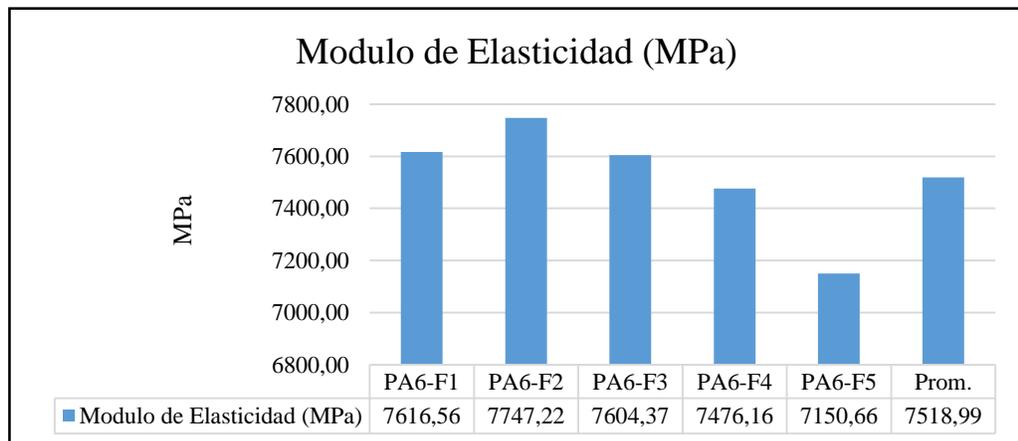
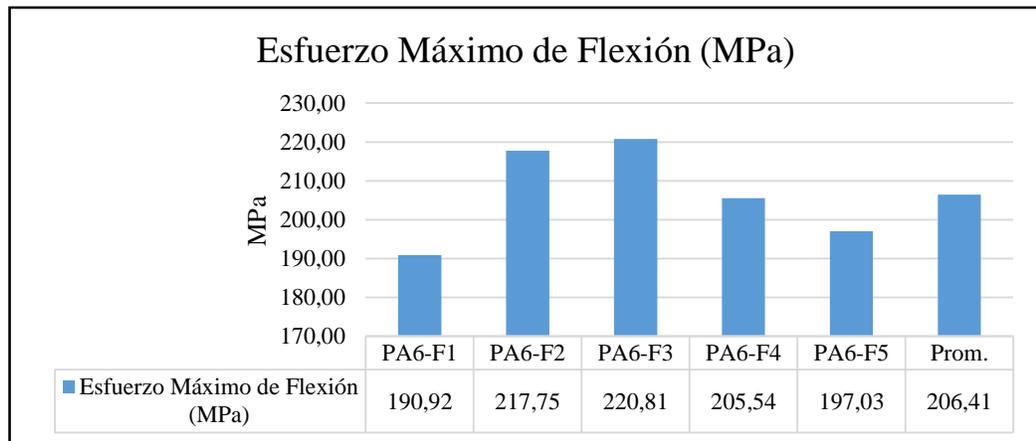
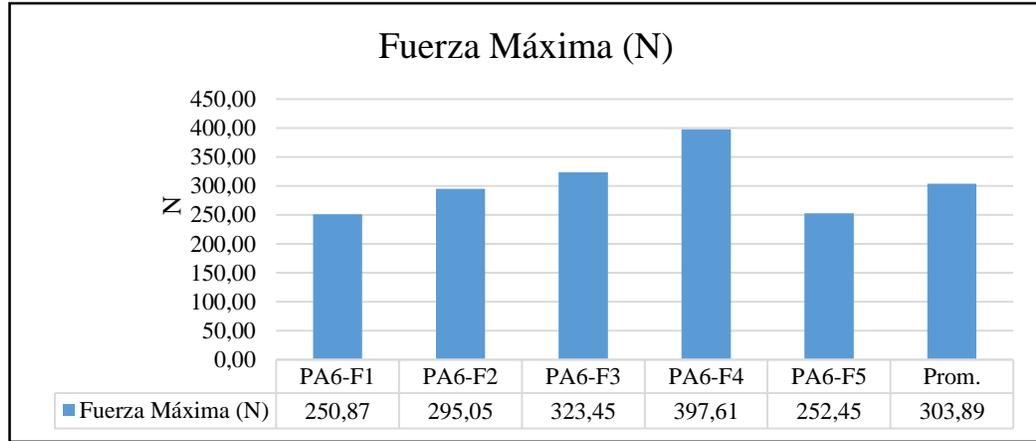


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	163,63 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	4892,47 MPa
Espesor real promedio:	3,20 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	64%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	6%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(160x13xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	4 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	25,1 °C	Humedad relativa:	47,8%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Tipo de falla
PA6-F1	250,87	14,85	190,92	7616,56	OAB
PA6-F2	295,05	16,29	217,75	7747,22	OAB
PA6-F3	323,45	16,21	220,81	7604,37	OAB
PA6-F4	397,61	13,72	205,54	7476,16	OAB
PA6-F5	252,45	16,13	197,03	7150,66	OAB
Promedio	303,89	15,44	206,41	7518,99	-
Des. Est.	60,63	1,13	12,89	227,16	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

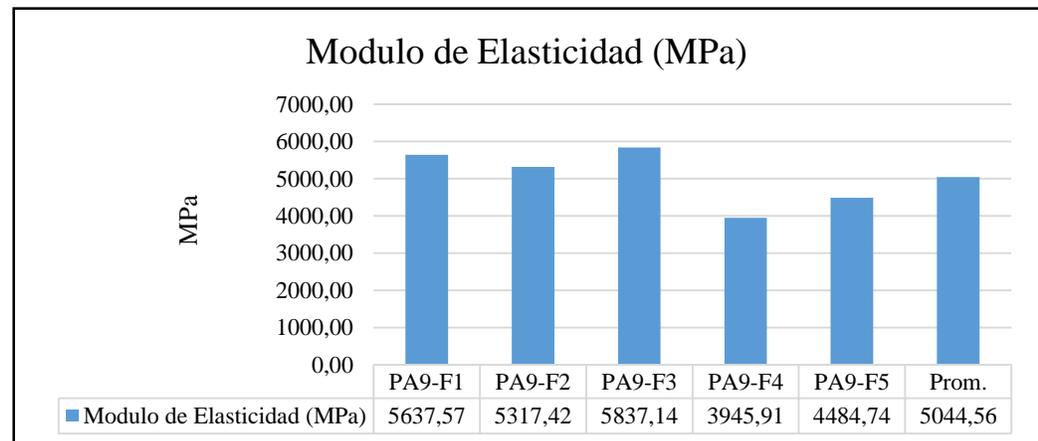
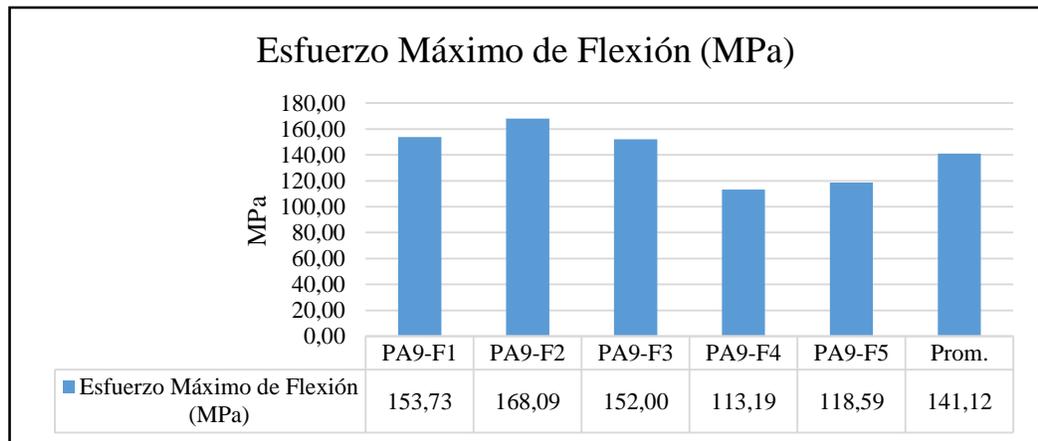
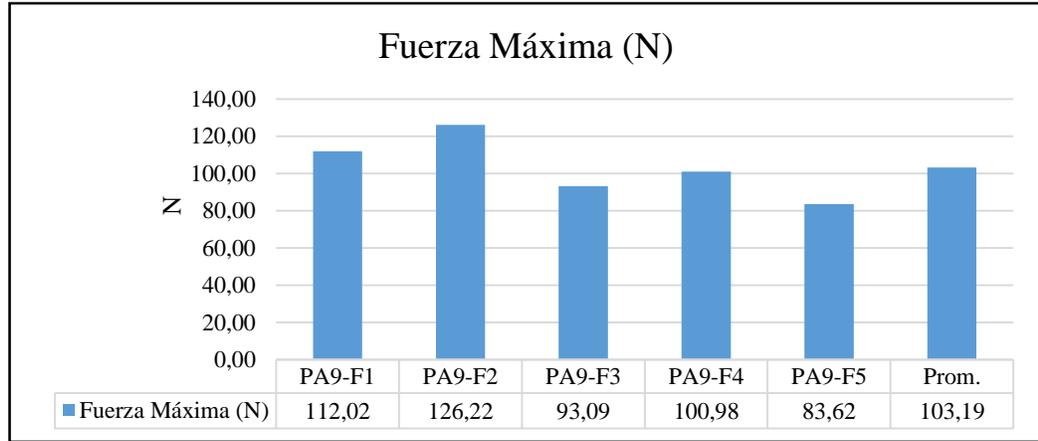


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	206,41 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	7518,99 MPa
Espesor real promedio:	4,28 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	61%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	9%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(160x13xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	4 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	21,4°C	Humedad relativa:	55,8%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Tipo de falla
PA9-F1	112,02	21,46	153,73	5637,57	OAB
PA9-F2	126,22	24,87	168,09	5317,42	OAB
PA9-F3	93,09	22,98	152,00	5837,14	OAB
PA9-F4	100,98	20,19	113,19	3945,91	OAB
PA9-F5	83,62	20,08	118,59	4484,74	OAB
Promedio	103,19	21,92	141,12	5044,56	-
Des. Est.	16,57	2,03	23,94	802,30	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

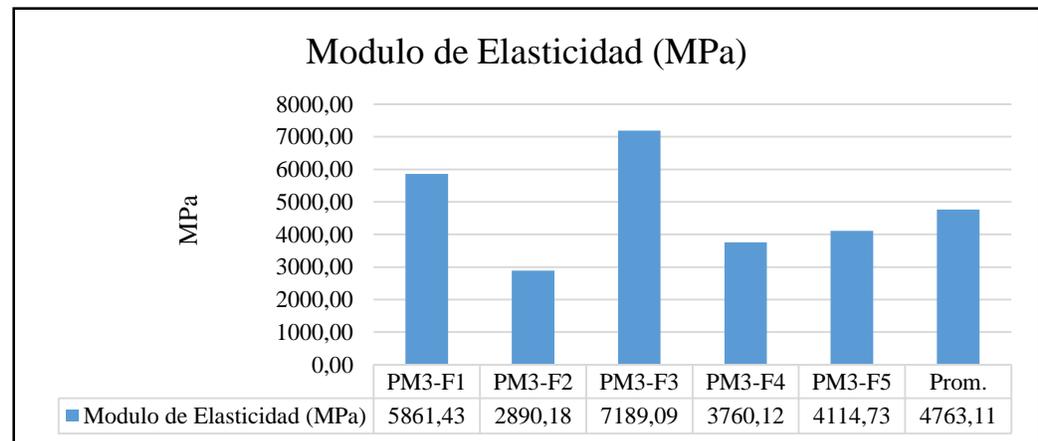
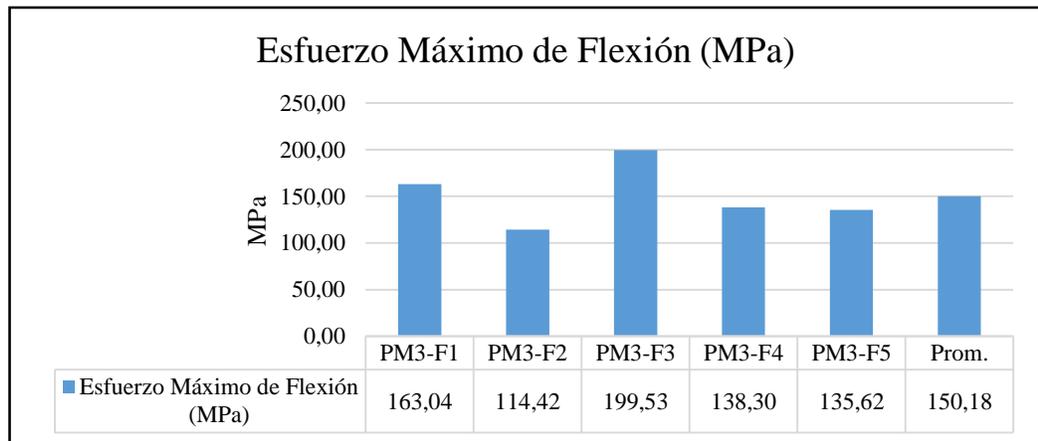
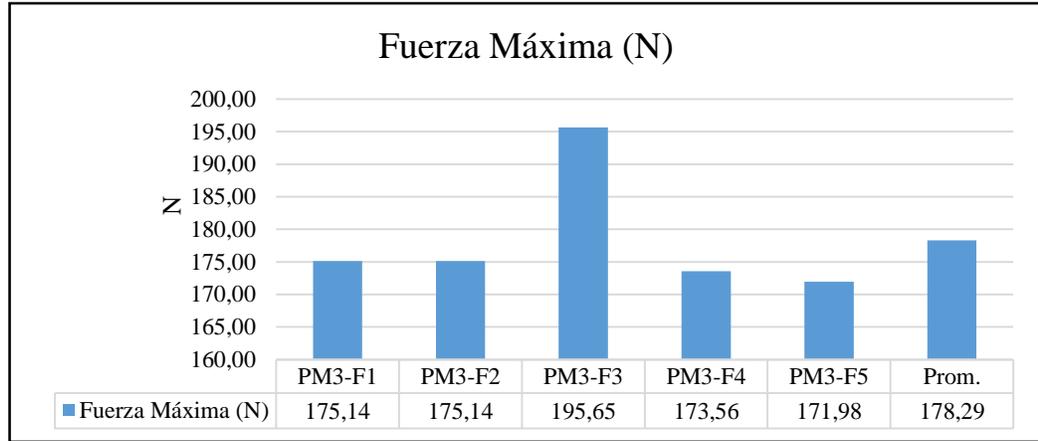


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	141,12 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	5044,56 MPa
Espesor real promedio:	3,08 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	67%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	3%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(160x13xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	4 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	19,8°C	Humedad relativa:	57,7%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Tipo de falla
PM3-F1	175,14	17,80	163,04	5861,43	OAB
PM3-F2	175,14	21,45	114,42	2890,18	OAB
PM3-F3	195,65	19,45	199,53	7189,09	OAB
PM3-F4	173,56	21,85	138,30	3760,12	OAB
PM3-F5	171,98	19,88	135,62	4114,73	OAB
Promedio	178,29	20,09	150,18	4763,11	-
Des. Est.	9,79	1,63	32,53	1733,92	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

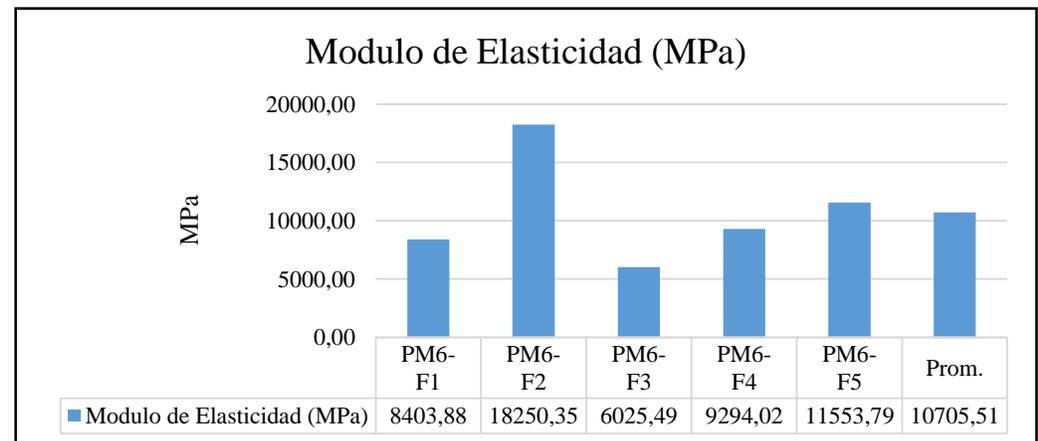
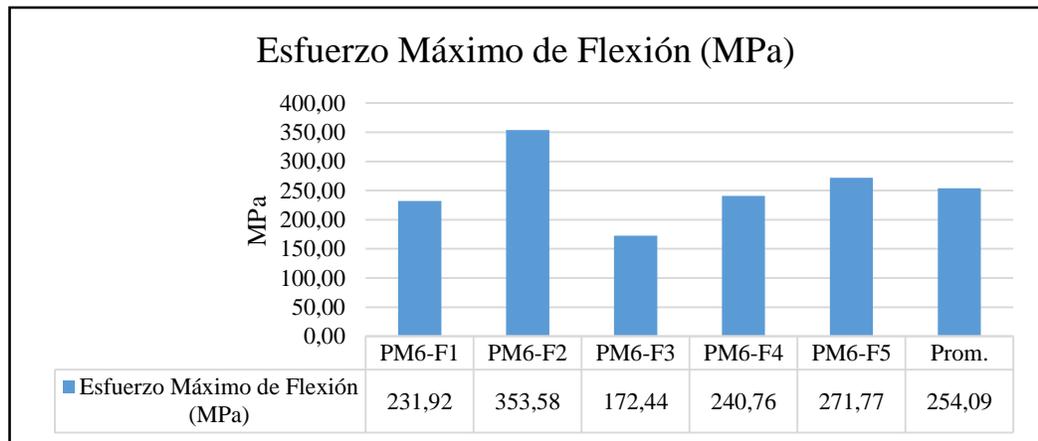
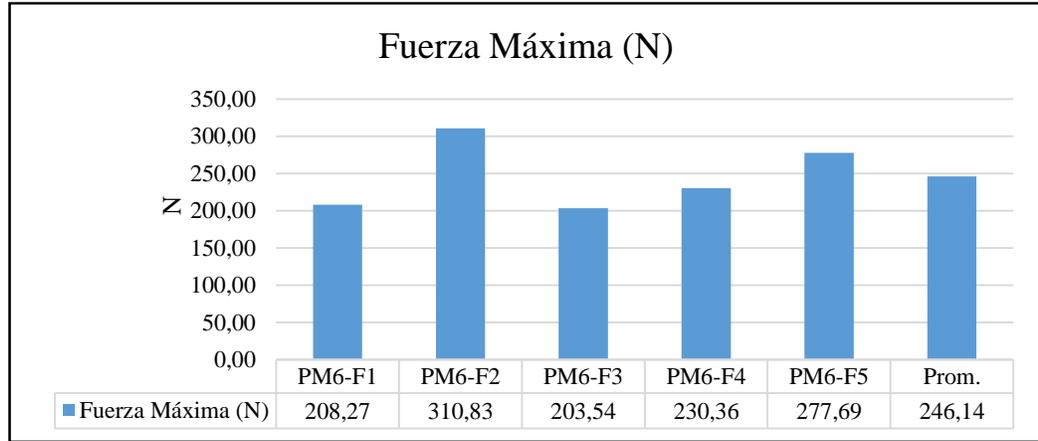


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	150,18 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	4763,11 MPa
Espesor real promedio:	3,92 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	64%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	6%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(160x13xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	4 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	22,2°C	Humedad relativa:	44,7 %		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Tipo de falla
PM6-F1	208,27	19,83	231,92	8403,88	OAB
PM6-F2	310,83	13,96	353,58	18250,35	OAB
PM6-F3	203,54	17,98	172,44	6025,49	OAB
PM6-F4	230,36	17,81	240,76	9294,02	OAB
PM6-F5	277,69	16,60	271,77	11553,79	OAB
Promedio	246,14	17,24	254,09	10705,51	-
Des. Est.	46,58	2,16	66,23	4659,31	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

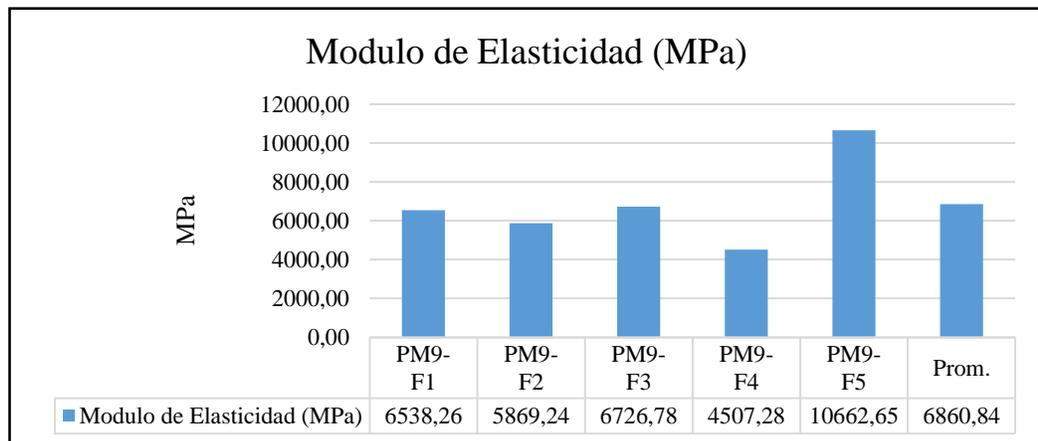
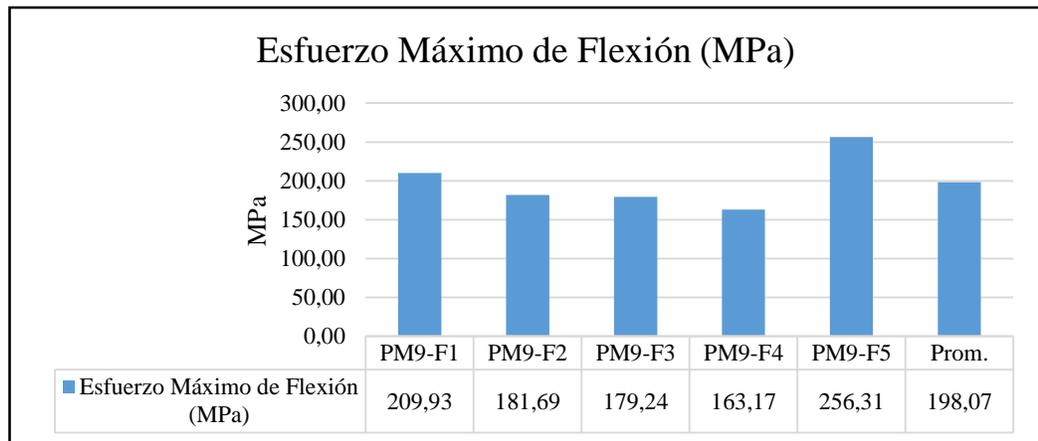
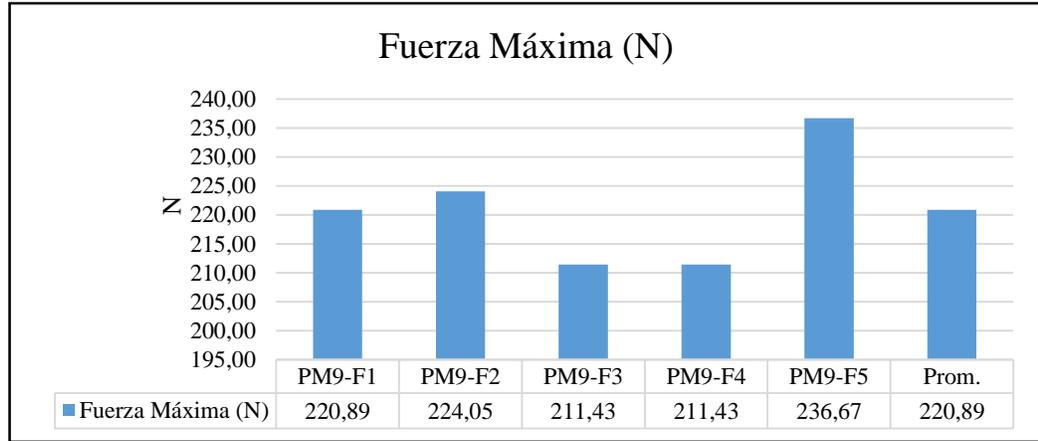


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	254,09 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	10705,51 MPa
Espesor real promedio:	3,48 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	61%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	9%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(160x13xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	4 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	23°C	Humedad relativa:	48,3%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Tipo de falla
PM9-F1	220,89	20,77	209,93	6538,26	OAB
PM9-F2	224,05	18,08	181,69	5869,24	OAB
PM9-F3	211,43	16,92	179,24	6726,78	OAB
PM9-F4	211,43	21,51	163,17	4507,28	OAB
PM9-F5	236,67	16,87	256,31	10662,65	OAB
Promedio	220,89	18,83	198,07	6860,84	-
Des. Est.	10,46	2,18	36,65	2296,65	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

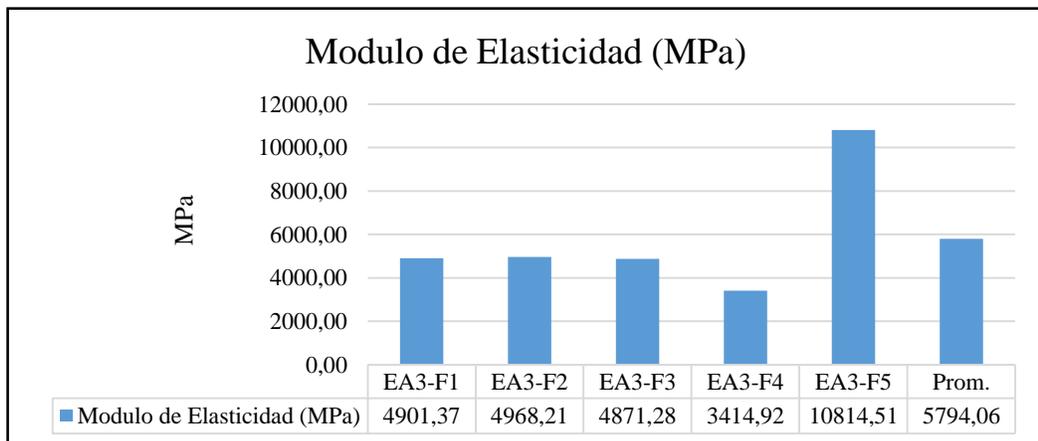
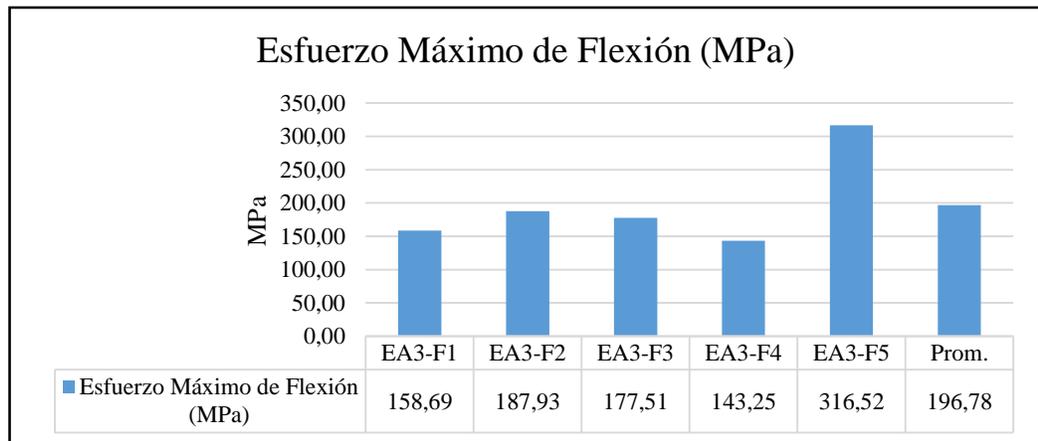
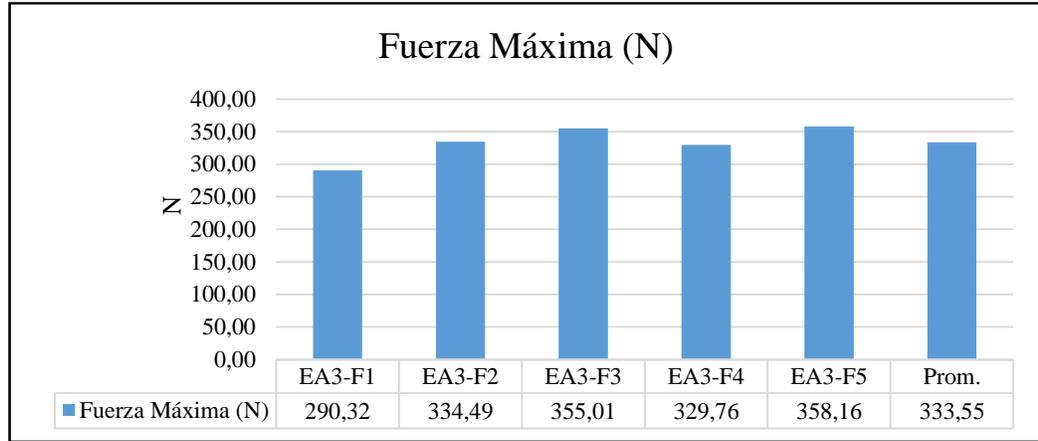


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	198,07 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	6860,84 MPa
Espesor real promedio:	3,81 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	67%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	3%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(160x13xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	4 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	20,1°C	Humedad relativa:	54%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Tipo de falla
EA3-F1	290,32	16,02	158,69	4901,37	OAB
EA3-F2	334,49	19,07	187,93	4968,21	OAB
EA3-F3	355,01	17,28	177,51	4871,28	OAB
EA3-F4	329,76	18,47	143,25	3414,92	OAB
EA3-F5	358,16	18,20	316,52	10814,51	OAB
Promedio	333,55	17,81	196,78	5794,06	-
Des. Est.	27,16	1,19	69,11	2880,78	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

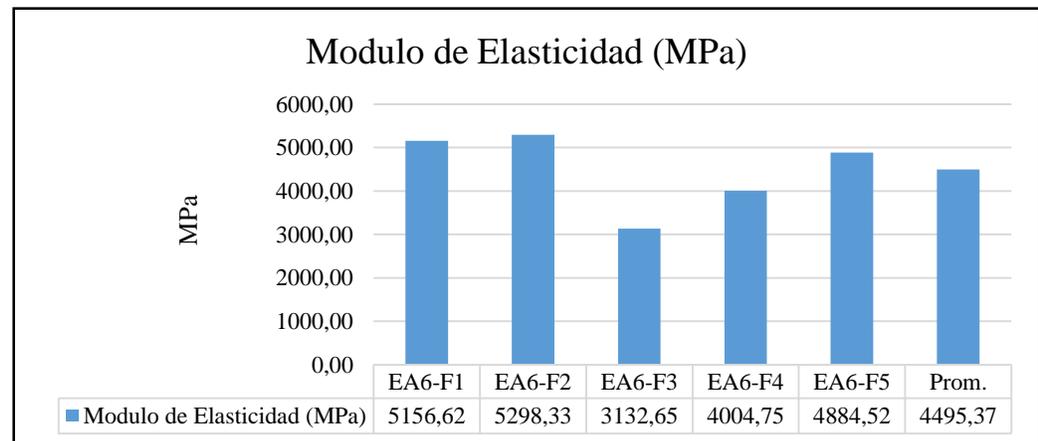
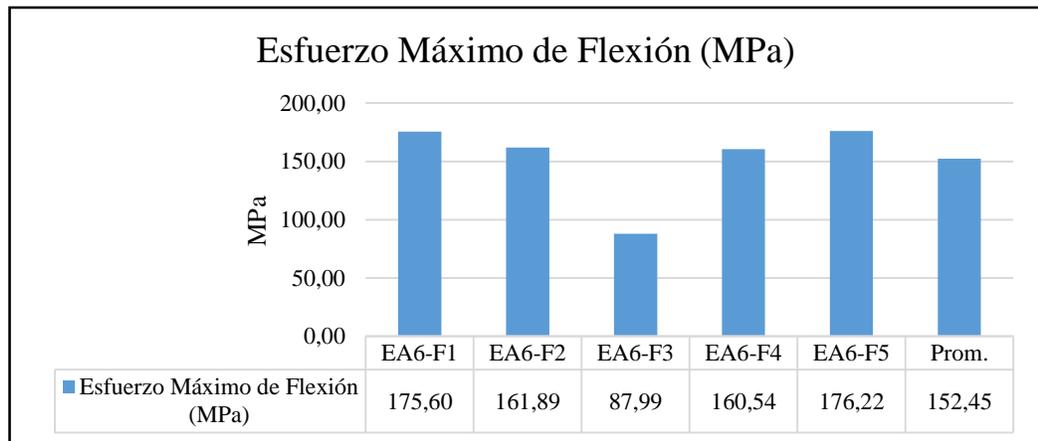
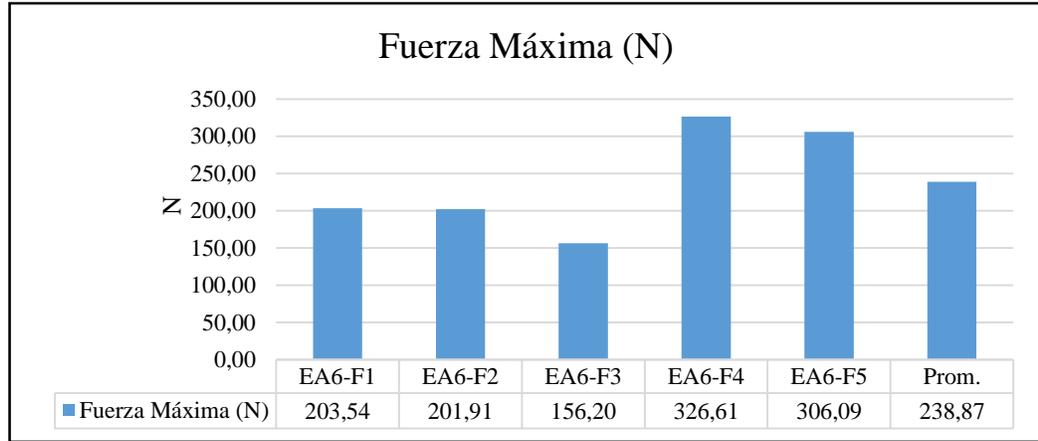


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	196,78 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	5794,06 MPa
Espesor real promedio:	4,80 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	64%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	6%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(160x13xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	4 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	18,9°C	Humedad relativa:	53,9%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Tipo de falla
EA6-F1	203,54	18,91	175,60	5156,62	OAB
EA6-F2	201,91	17,93	161,89	5298,33	OAB
EA6-F3	156,20	13,70	87,99	3132,65	OAB
EA6-F4	326,61	19,20	160,54	4004,75	OAB
EA6-F5	306,09	18,95	176,22	4884,52	OAB
Promedio	238,87	17,74	152,45	4495,37	-
Des. Est.	73,60	2,31	36,78	912,57	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

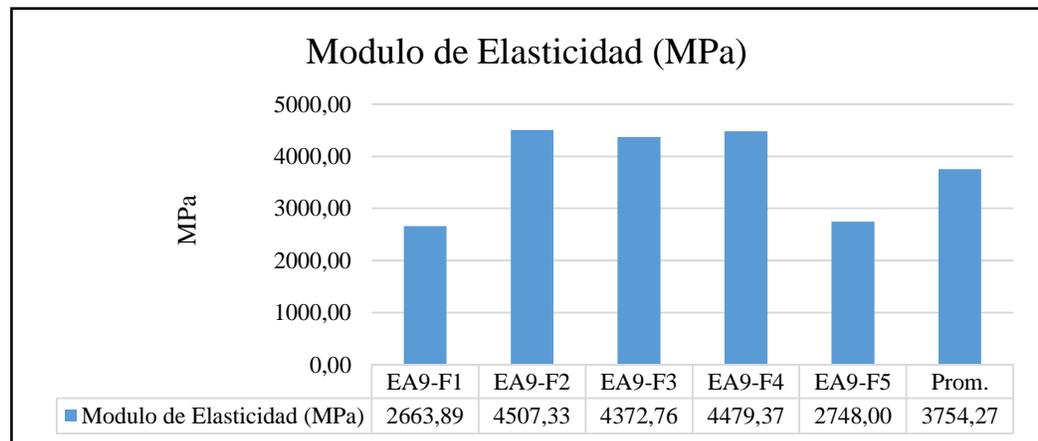
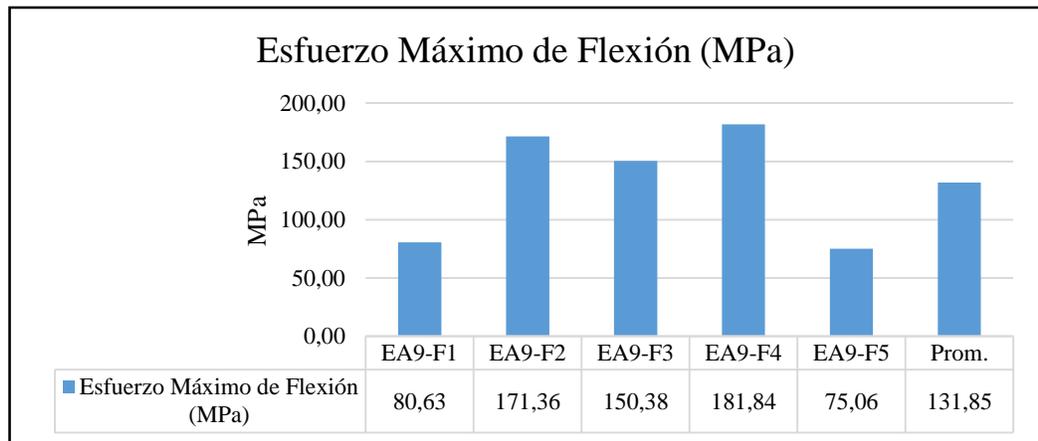
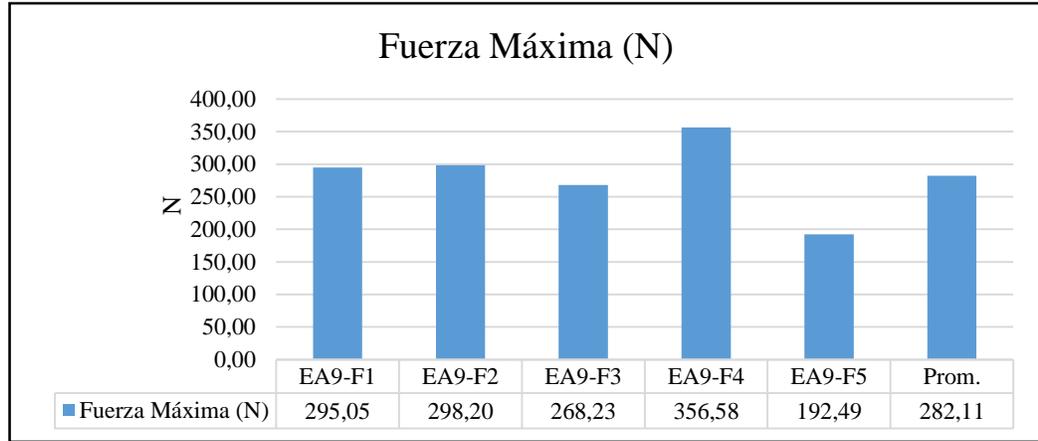


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	152,45 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	4495,37 MPa
Espesor real promedio:	4,58 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	61%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	9%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(160x13xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	4 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	23,6°C	Humedad relativa:	49,8%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Tipo de falla
EA9-F1	295,05	13,89	80,63	2663,89	OAB
EA9-F2	298,20	19,37	171,36	4507,33	OAB
EA9-F3	268,23	17,38	150,38	4372,76	OAB
EA9-F4	356,58	19,60	181,84	4479,37	OAB
EA9-F5	192,49	11,44	75,06	2748,00	OAB
Promedio	282,11	16,37	131,85	3754,27	-
Des. Est.	59,58	3,57	50,63	958,76	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS



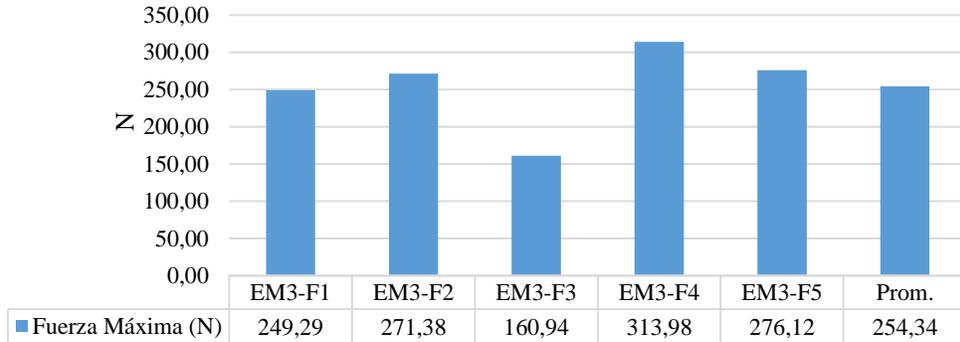
EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	131,85 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	3754,27 MPa
Espesor real promedio:	5,08 mm

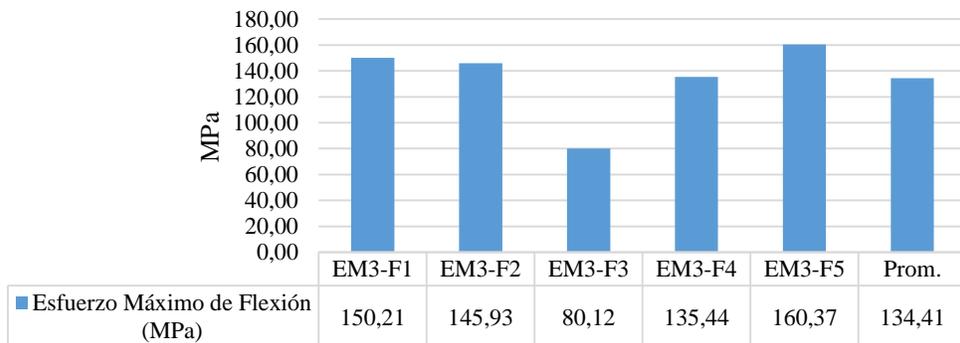
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	67%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	3%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(160x13xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	4 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	23,9°C	Humedad relativa:	47,2%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Tipo de falla
EM3-F1	249,29	16,25	150,21	4669,38	OAB
EM3-F2	271,38	18,92	145,93	3873,36	OAB
EM3-F3	160,94	13,15	80,12	2851,12	OAB
EM3-F4	313,98	16,49	135,44	3670,02	OAB
EM3-F5	276,12	20,00	160,37	4094,29	OAB
Promedio	254,34	16,96	134,41	3831,64	-
Des. Est.	57,16	2,66	31,64	663,34	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

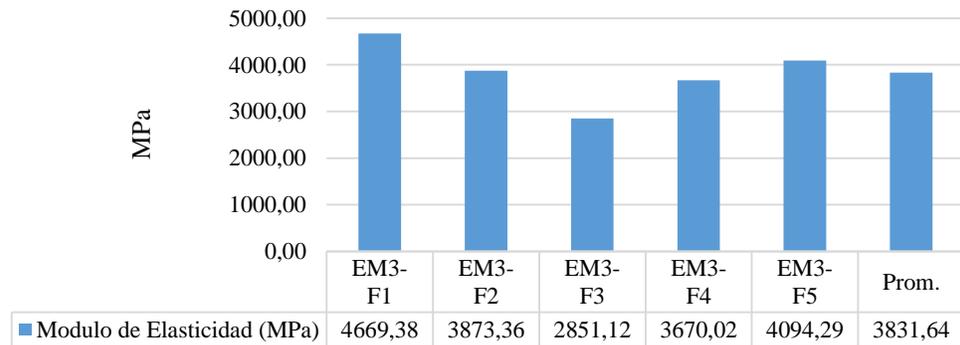
Fuerza Máxima (N)



Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)



Modulo de Elasticidad (MPa)



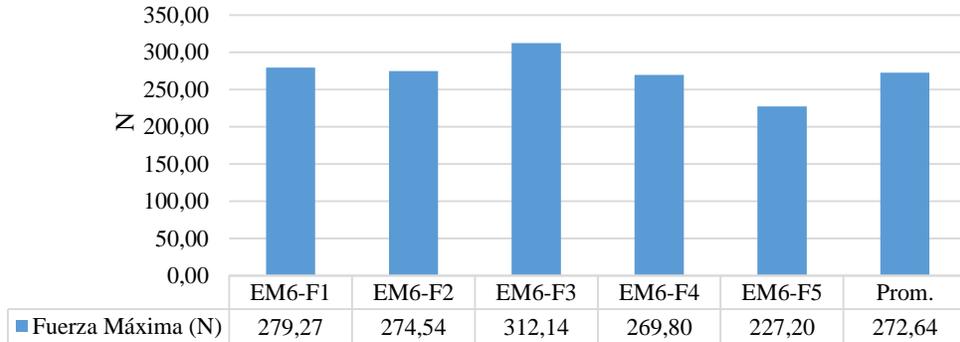
EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	134,41 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	3831,64 MPa
Espesor real promedio:	4,95 mm

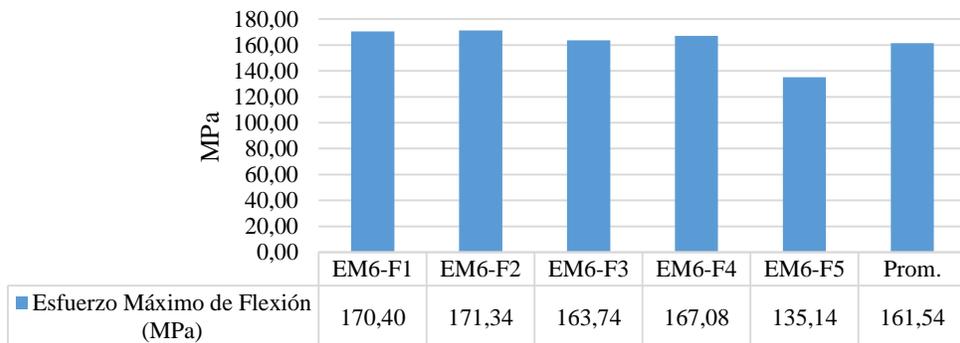
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	64%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	6%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(160x13xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	4 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	23,9°C	Humedad relativa:	47,2%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Tipo de falla
EM6-F1	279,27	16,39	170,40	4991,33	OAB
EM6-F2	274,54	15,75	171,34	5711,58	OAB
EM6-F3	312,14	17,51	163,74	4608,96	OAB
EM6-F4	269,80	16,28	167,08	5412,40	OAB
EM6-F5	227,20	15,62	135,14	4688,12	OAB
Promedio	272,64	16,31	161,54	5082,48	-
Des. Est.	30,42	0,75	15,06	472,40	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS

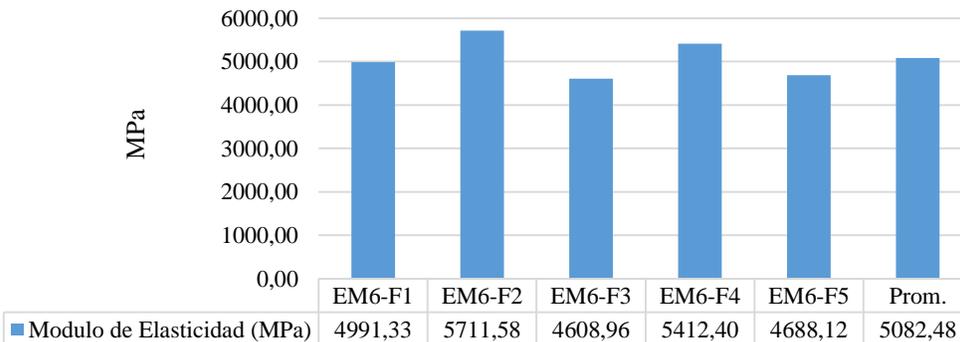
Fuerza Máxima (N)



Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)



Modulo de Elasticidad (MPa)

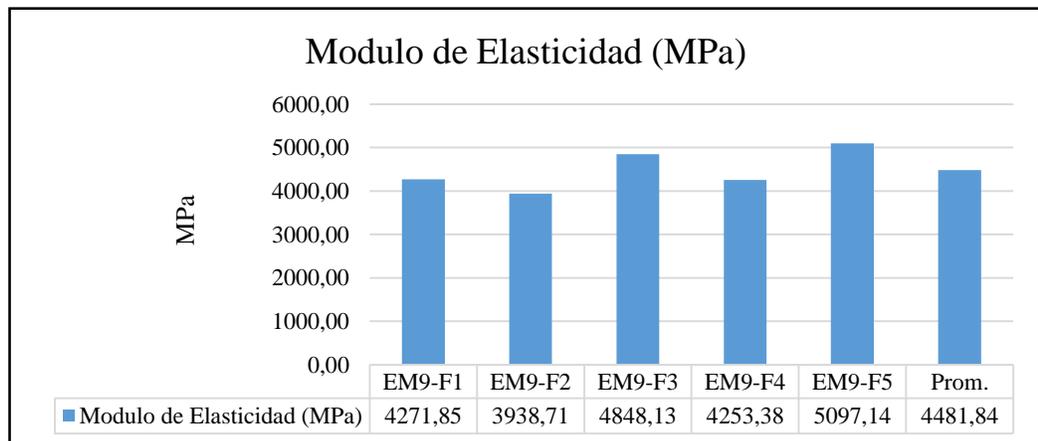
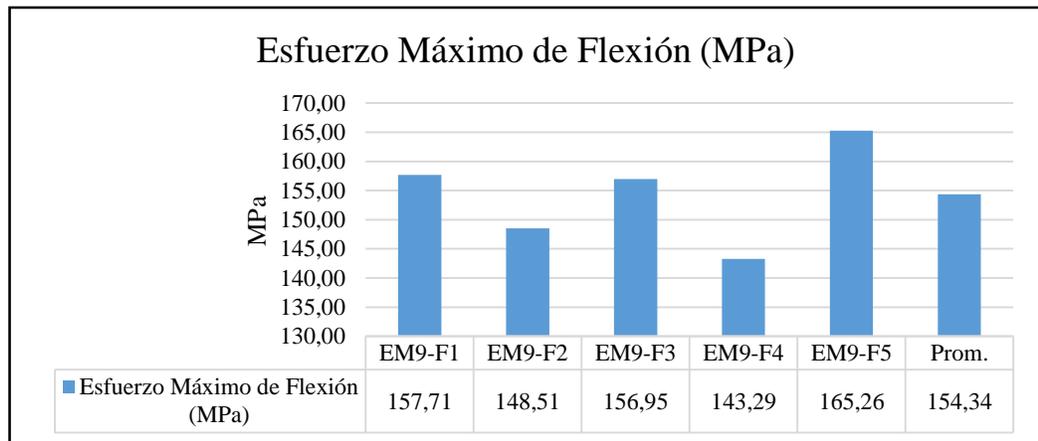
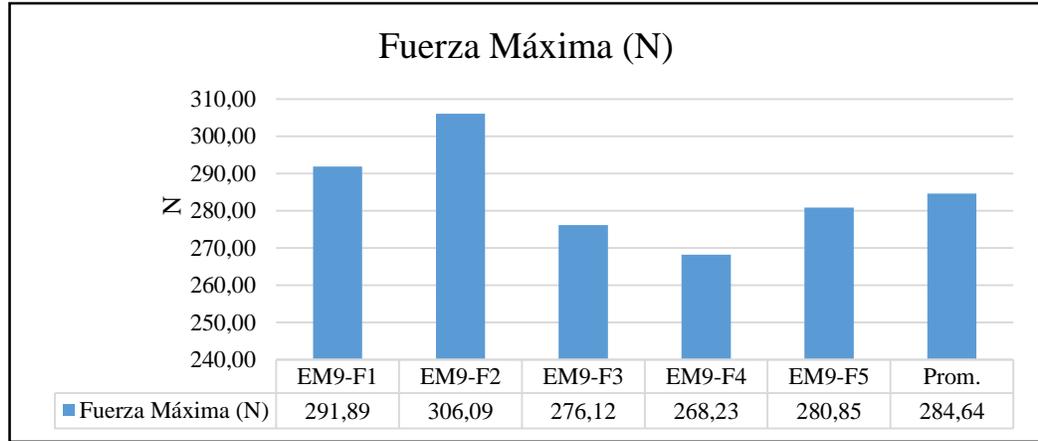


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	161,54 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	5082,48 MPa
Espesor real promedio:	4,68 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24-07-2018	Ciudad:	Ambato		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina Universal de Ensayos MTE-50				
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro		
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM-D7264		
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	61%		
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%		
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	9%		
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente		
Dimensiones:	(160x13xe)mm	Número de probetas	5		
Espesor promedio:	4 mm	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Temperatura:	23,9°C	Humedad relativa:	48,5%		
RESULTADOS					
Probeta	Fuerza Máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Tipo de falla
EM9-F1	291,89	17,65	157,71	4271,85	OAB
EM9-F2	306,09	17,78	148,51	3938,71	OAB
EM9-F3	276,12	16,25	156,95	4848,13	OAB
EM9-F4	268,23	17,85	143,29	4253,38	OAB
EM9-F5	280,85	16,81	165,26	5097,14	OAB
Promedio	284,64	17,27	154,34	4481,84	-
Des. Est.	14,74	0,70	8,57	475,41	-
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO					
					

GRÁFICAS



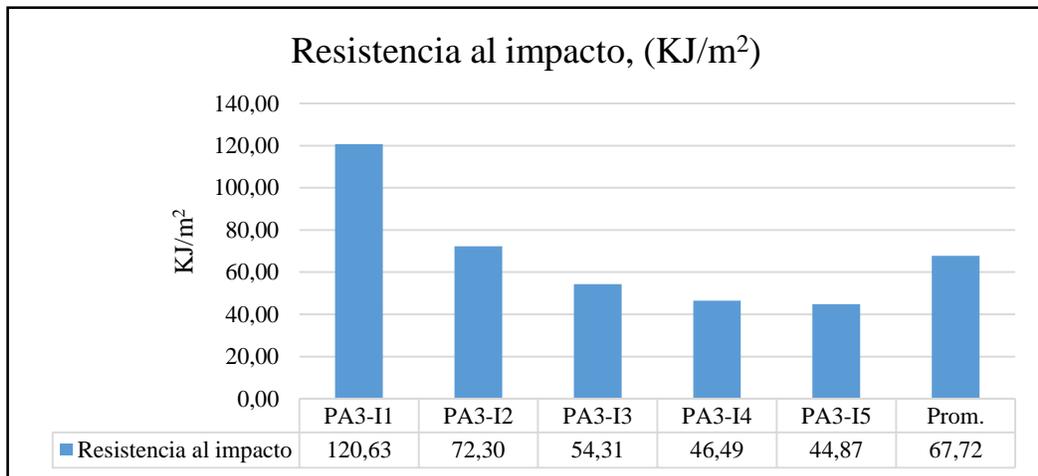
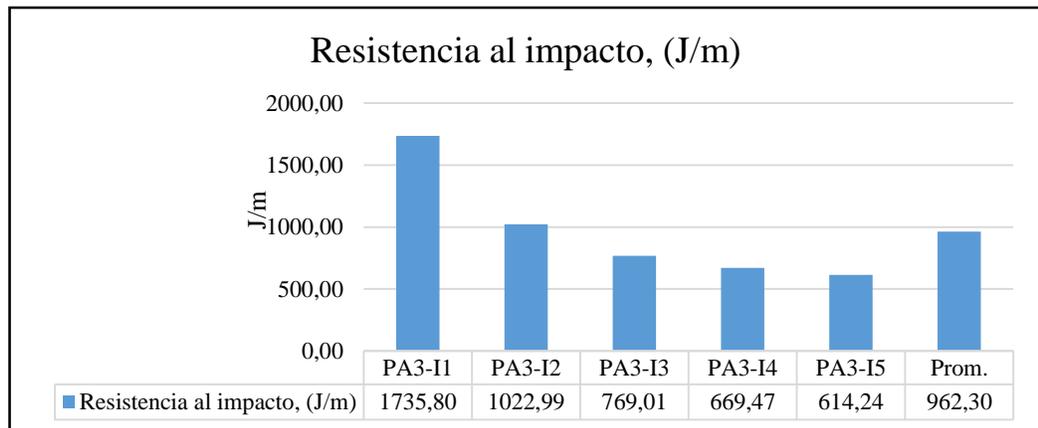
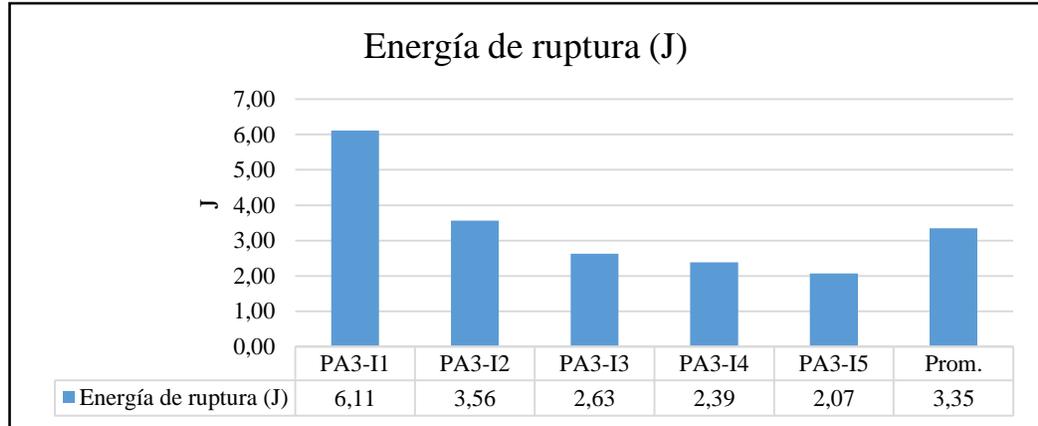
EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Esfuerzo máximo promedio:	154,34 MPa
Módulo de elasticidad promedio:	4481,84 MPa
Espesor real promedio:	4,81 mm

4.1.3 Fichas de reporte del ensayo de impacto

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	25-07-2018	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayo impacto Charpy IC-25/IA		
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM- D6110
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	67%
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	3%
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente
Dimensiones:	(127x12,7xe)mm	Número de probetas	5
Espesor promedio:	4 mm	Distancia entre yunques:	101,6 mm
		Capacidad de péndulo:	10,9 J
Temperatura:	24,3°C	Humedad relativa:	46,3%
RESULTADOS			
Probeta	Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
PA3-I1	6,11	1735,80	120,63
PA3-I2	3,56	1022,99	72,30
PA3-I3	2,63	769,01	54,31
PA3-I4	2,39	669,47	46,49
PA3-I5	2,07	614,24	44,87
Promedio	3,35	962,30	67,72
Des. Est.	1,64	459,96	31,51
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO			
			

GRÁFICAS

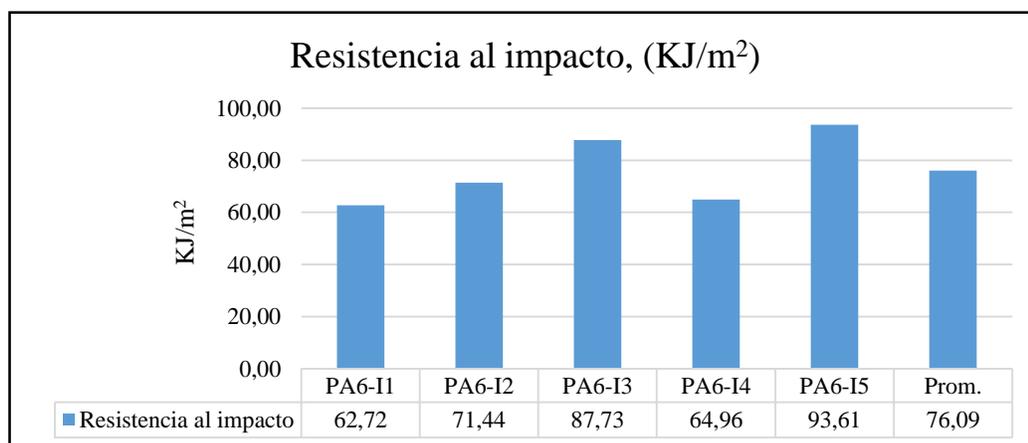
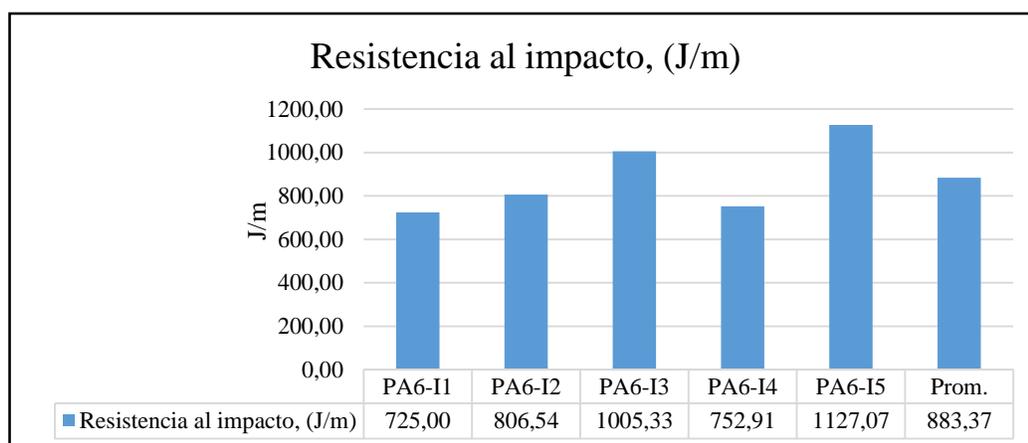
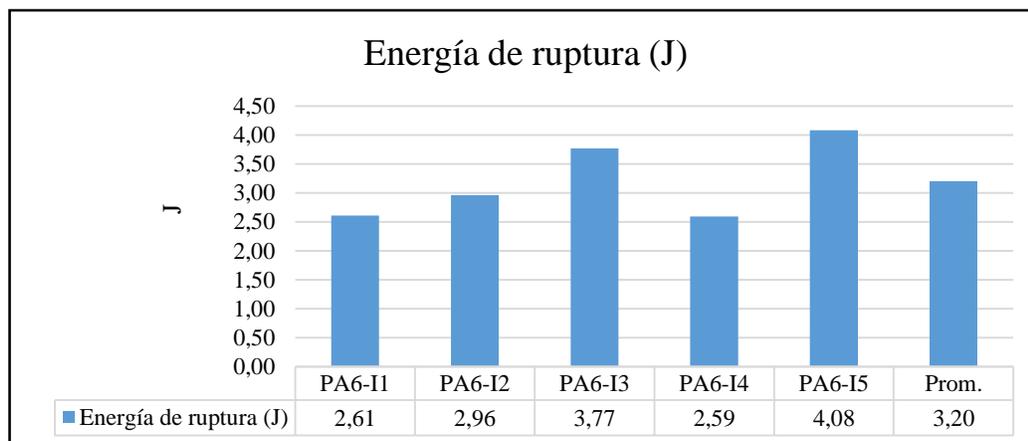


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Energía de ruptura promedio:	3,35 J
Resistencia al impacto promedio:	962,30 J/m
Espesor real promedio:	3,47 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	25-07-2018	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayo impacto Charpy IC-25/IA		
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM- D6110
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	64%
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	6%
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente
Dimensiones:	(127x12,7xe)mm	Número de probetas	5
Espesor promedio:	4 mm	Distancia entre yunques:	101,6 mm
		Capacidad de péndulo:	10,9 J
Temperatura:	24,8°C	Humedad relativa:	45,4%
RESULTADOS			
Probeta	Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
PA6-I1	2,61	725,00	62,72
PA6-I2	2,96	806,54	71,44
PA6-I3	3,77	1005,33	87,73
PA6-I4	2,59	752,91	64,96
PA6-I5	4,08	1127,07	93,61
Promedio	3,20	883,37	76,09
Des. Est.	0,69	174,84	13,84
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO			
			

GRÁFICAS

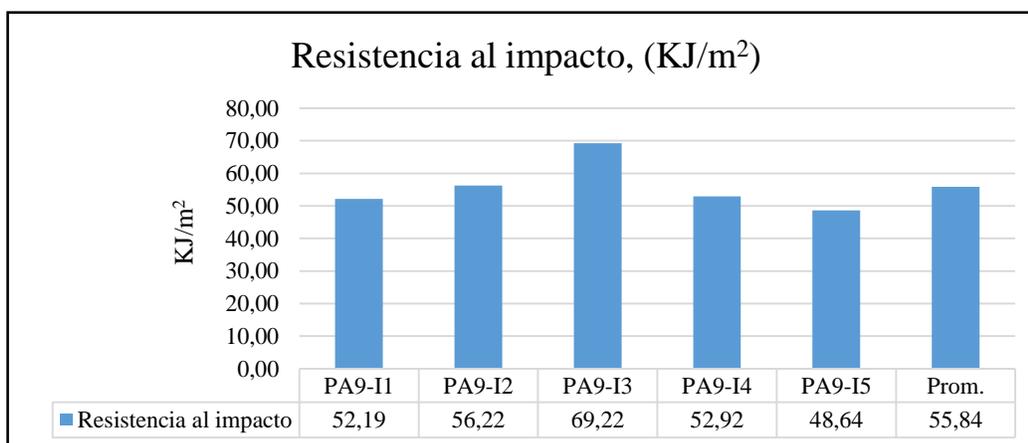
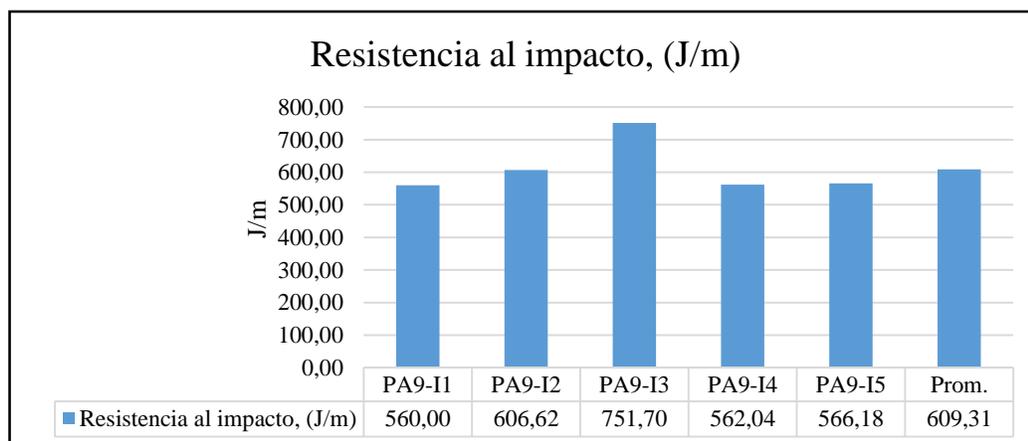
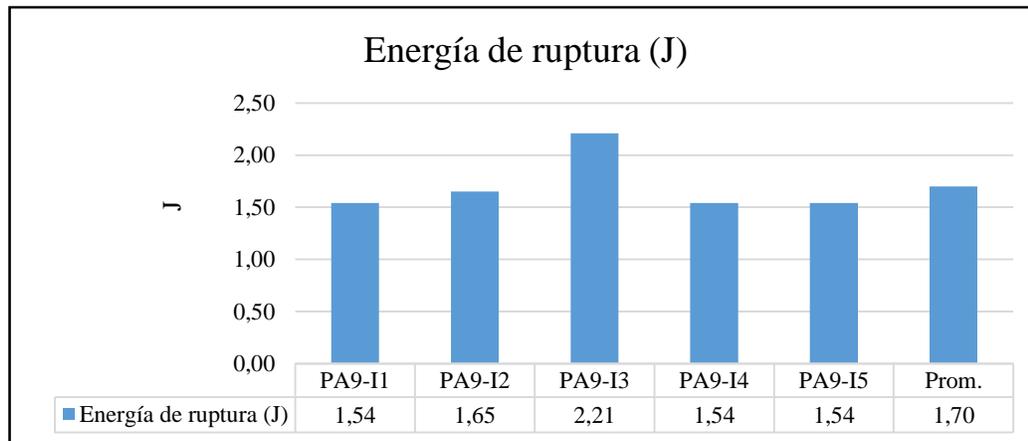


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Energía de ruptura promedio:	3,20 J
Resistencia al impacto promedio:	883,37 J/m
Espesor real promedio:	3,62 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	25-07-2018	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayo impacto Charpy IC-25/IA		
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM- D6110
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	61%
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	9%
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente
Dimensiones:	(127x12,7xe)mm	Número de probetas	5
Espesor promedio:	4 mm	Distancia entre yunques:	101,6 mm
		Capacidad de péndulo:	10,9 J
Temperatura:	23,5°C	Humedad relativa:	48,6%
RESULTADOS			
Probeta	Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
PA9-I1	1,54	560,00	52,19
PA9-I2	1,65	606,62	56,22
PA9-I3	2,21	751,70	69,22
PA9-I4	1,54	562,04	52,92
PA9-I5	1,54	566,18	48,64
Promedio	1,70	609,31	55,84
Des. Est.	0,29	81,87	7,95
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO			
			

GRÁFICAS

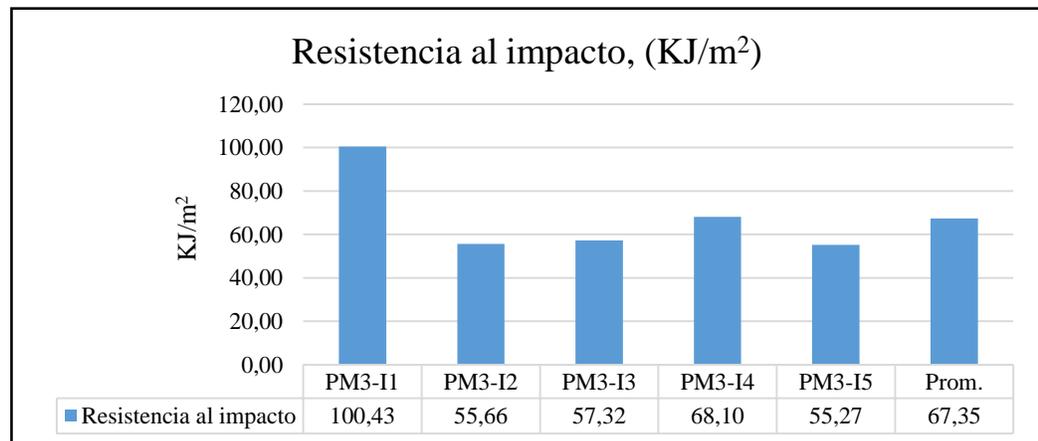
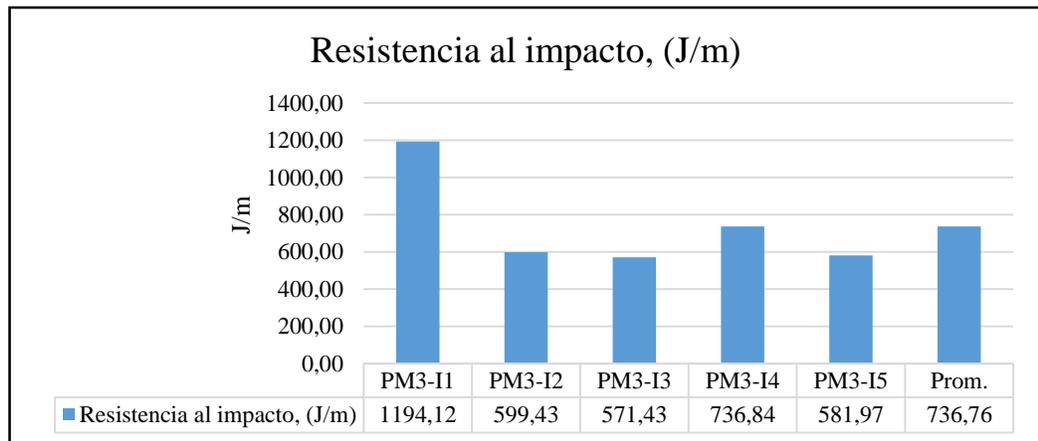
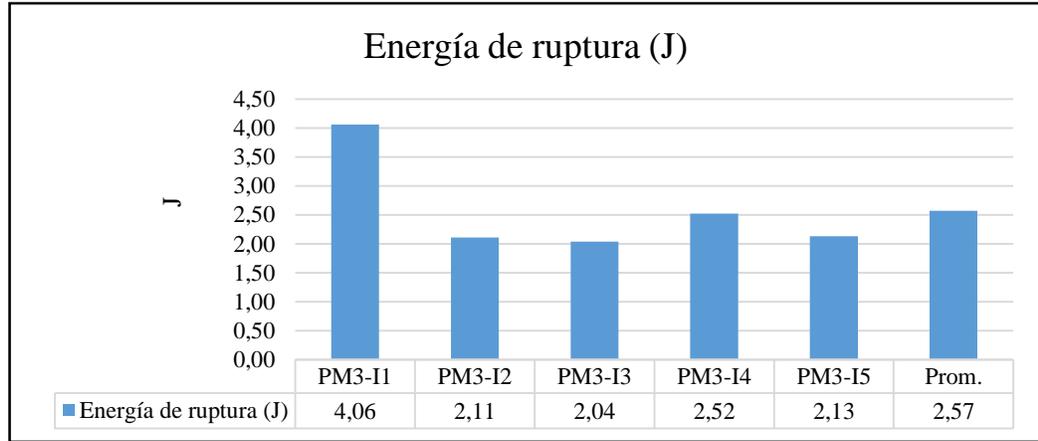


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Energía de ruptura promedio:	1,70 J
Resistencia al impacto promedio:	609,31 J/m
Espesor real promedio:	2,77 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	25-07-2018	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayo impacto Charpy IC-25/IA		
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM- D6110
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	67%
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	3%
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente
Dimensiones:	(127x12,7xe)mm	Número de probetas	5
Espesor promedio:	4 mm	Distancia entre yunques:	101,6 mm
		Capacidad de péndulo:	10,9 J
Temperatura:	23,8°C	Humedad relativa:	47,3%
RESULTADOS			
Probeta	Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
PM3-I1	4,06	1194,12	100,43
PM3-I2	2,11	599,43	55,66
PM3-I3	2,04	571,43	57,32
PM3-I4	2,52	736,84	68,10
PM3-I5	2,13	581,97	55,27
Promedio	2,57	736,76	67,35
Des. Est.	0,85	264,26	19,22
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO			
			

GRÁFICAS

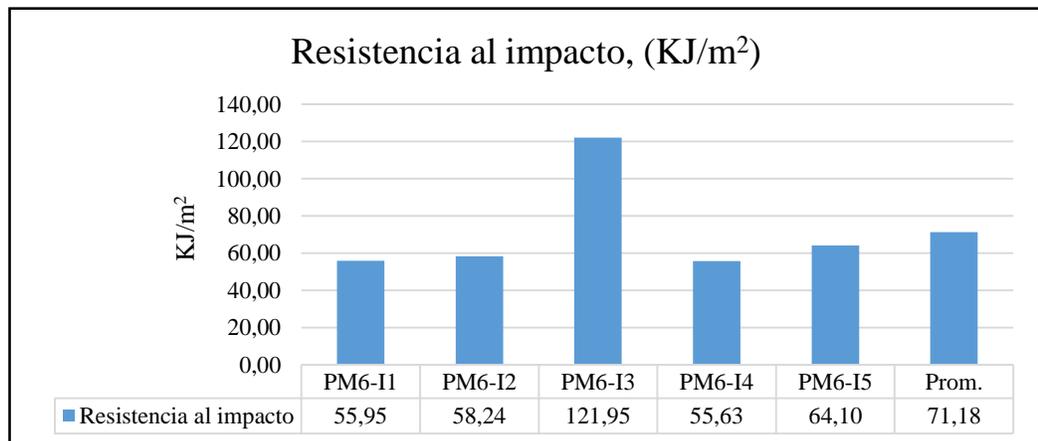
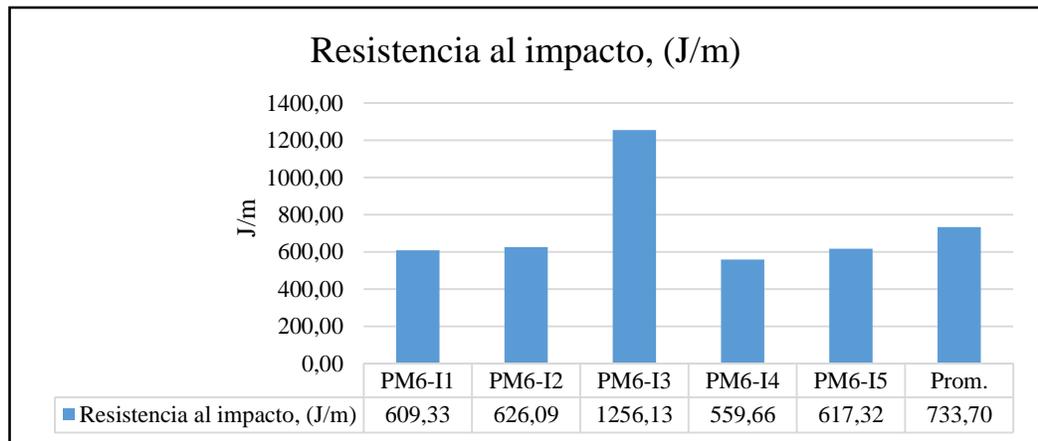
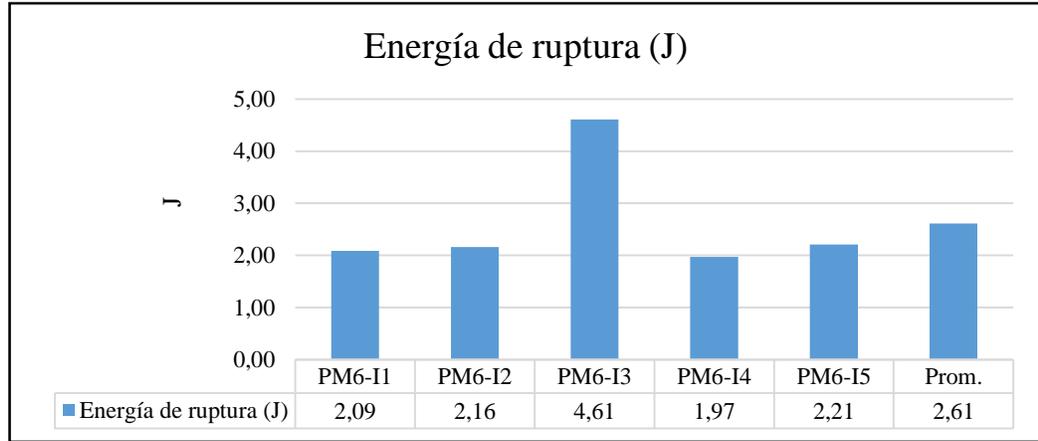


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Energía de ruptura promedio:	2,57 J
Resistencia al impacto promedio:	736,76 J/m
Espesor real promedio:	3,51 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	25-07-2018	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayo impacto Charpy IC-25/IA		
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM- D6110
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	64%
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	6%
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente
Dimensiones:	(127x12,7xe)mm	Número de probetas	5
Espesor promedio:	4 mm	Distancia entre yunques:	101,6 mm
		Capacidad de péndulo:	10,9 J
Temperatura:	24,3°C	Humedad relativa:	48,2%
RESULTADOS			
Probeta	Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
PM6-I1	2,09	609,33	55,95
PM6-I2	2,16	626,09	58,24
PM6-I3	4,61	1256,13	121,95
PM6-I4	1,97	559,66	55,63
PM6-I5	2,21	617,32	64,10
Promedio	2,61	733,70	71,18
Des. Est.	1,12	293,18	28,59
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO			
			

GRÁFICAS

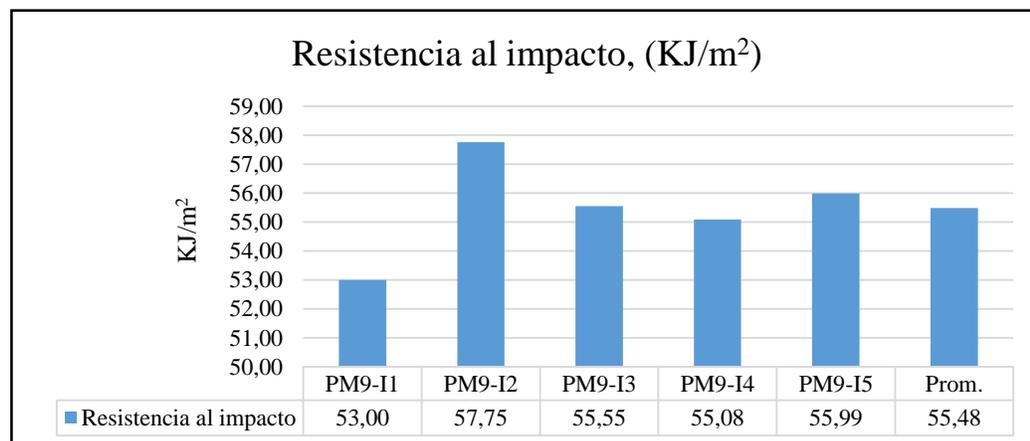
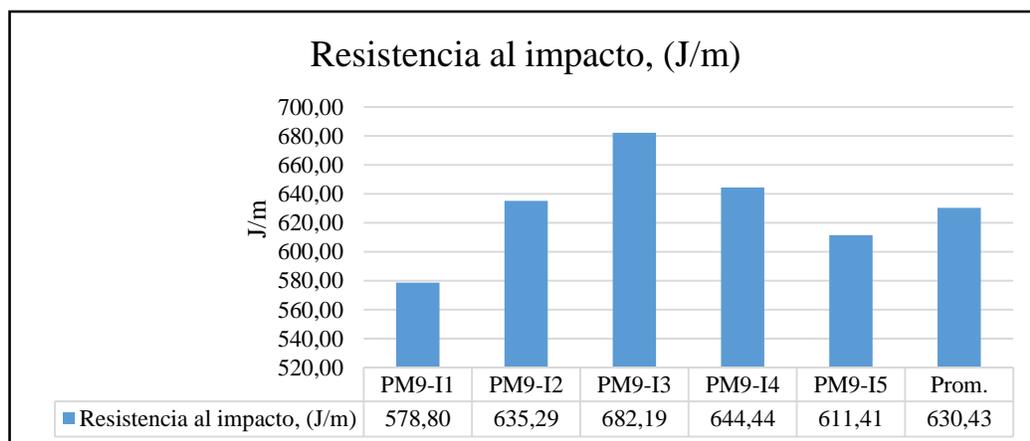
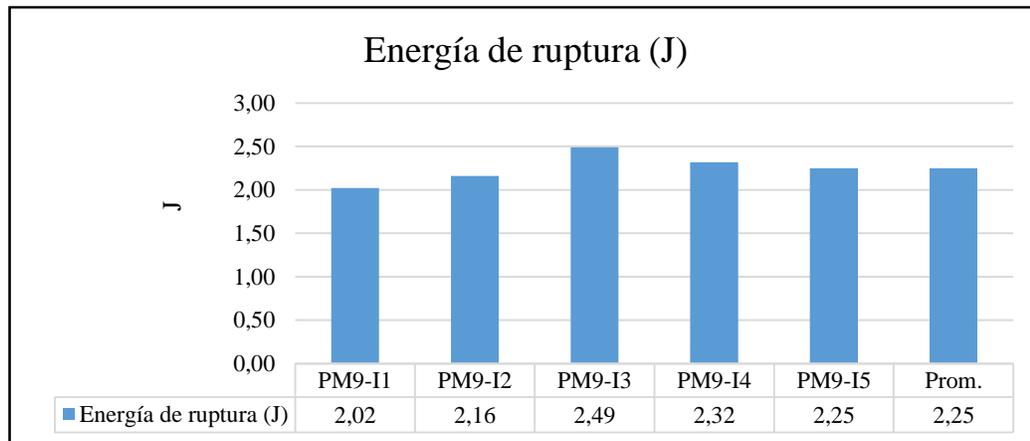


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Energía de ruptura promedio:	2,61 J
Resistencia al impacto promedio:	733,70 J/m
Espesor real promedio:	3,53 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	25-07-2018	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayo impacto Charpy IC-25/IA		
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM- D6110
Matriz:	Resina Poliester	Fracción Volumétrica	61%
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	9%
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente
Dimensiones:	(127x12,7xe)mm	Número de probetas	5
Espesor promedio:	4 mm	Distancia entre yunques:	101,6 mm
		Capacidad de péndulo:	10,9 J
Temperatura:	23,8°C	Humedad relativa:	47,8%
RESULTADOS			
Probeta	Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
PM9-I1	2,02	578,80	53,00
PM9-I2	2,16	635,29	57,75
PM9-I3	2,49	682,19	55,55
PM9-I4	2,32	644,44	55,08
PM9-I5	2,25	611,41	55,99
Promedio	2,25	630,43	55,48
Des. Est.	0,18	38,49	1,71
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO			
			

GRÁFICAS

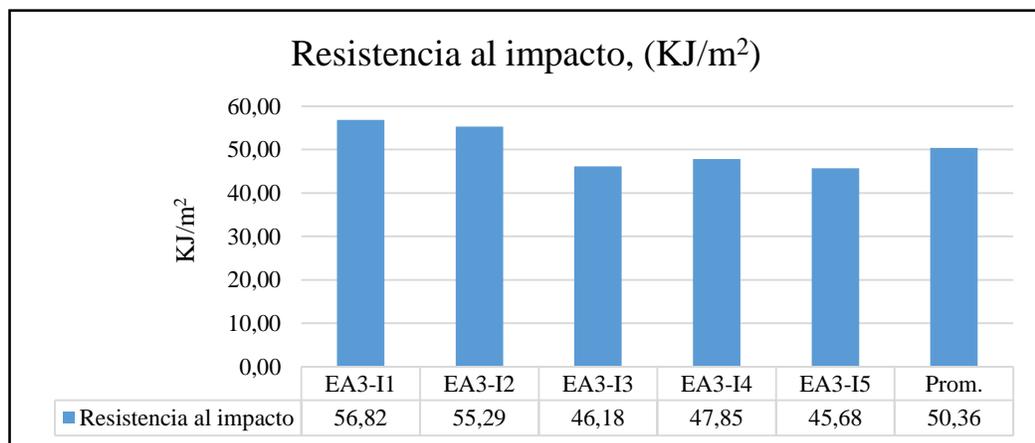
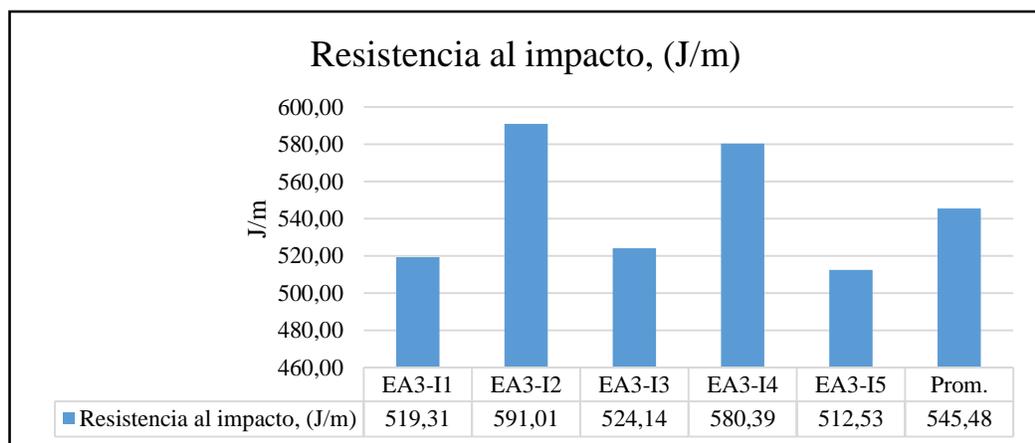
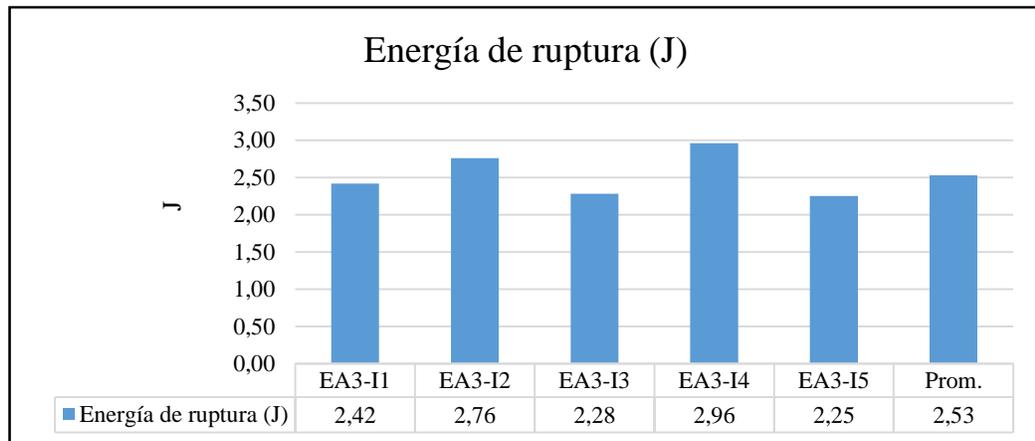


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Energía de ruptura promedio:	2,25 J
Resistencia al impacto promedio:	630,43 J/m
Espesor real promedio:	3,56 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	25-07-2018	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayo impacto Charpy IC-25/IA		
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM- D6110
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	67%
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	3%
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente
Dimensiones:	(127x12,7xe)mm	Número de probetas	5
Espesor promedio:	4 mm	Distancia entre yunques:	101,6 mm
		Capacidad de péndulo:	10,9 J
Temperatura:	23,8°C	Humedad relativa:	48%
RESULTADOS			
Probeta	Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
EA3-I1	2,42	519,31	56,82
EA3-I2	2,76	591,01	55,29
EA3-I3	2,28	524,14	46,18
EA3-I4	2,96	580,39	47,85
EA3-I5	2,25	512,53	45,68
Promedio	2,53	545,48	50,36
Des. Est.	0,31	37,14	5,28
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO			
			

GRÁFICAS

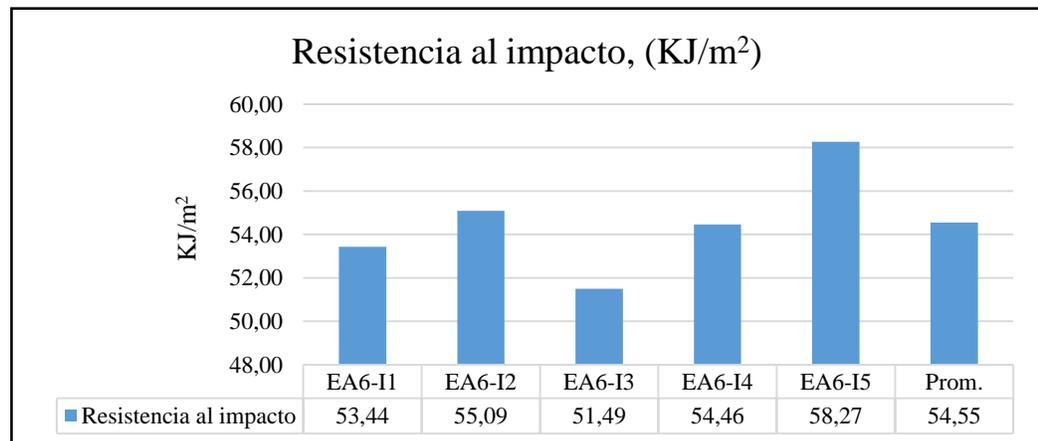
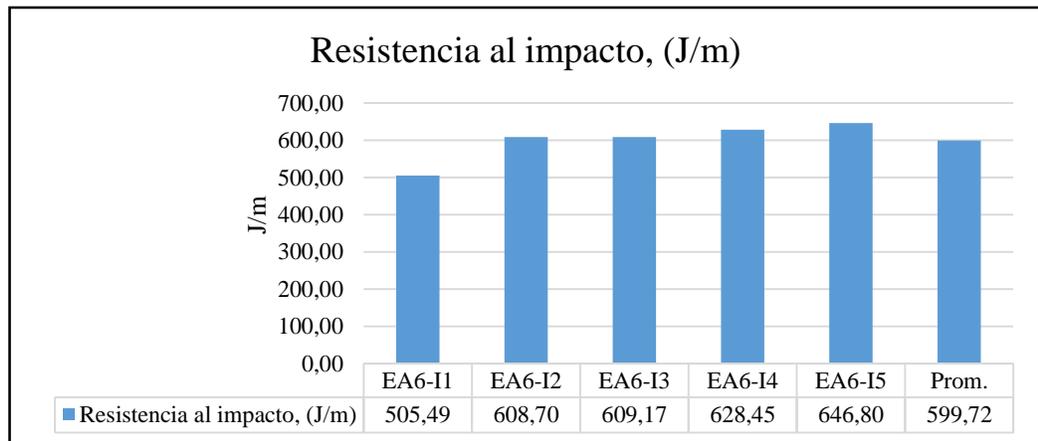
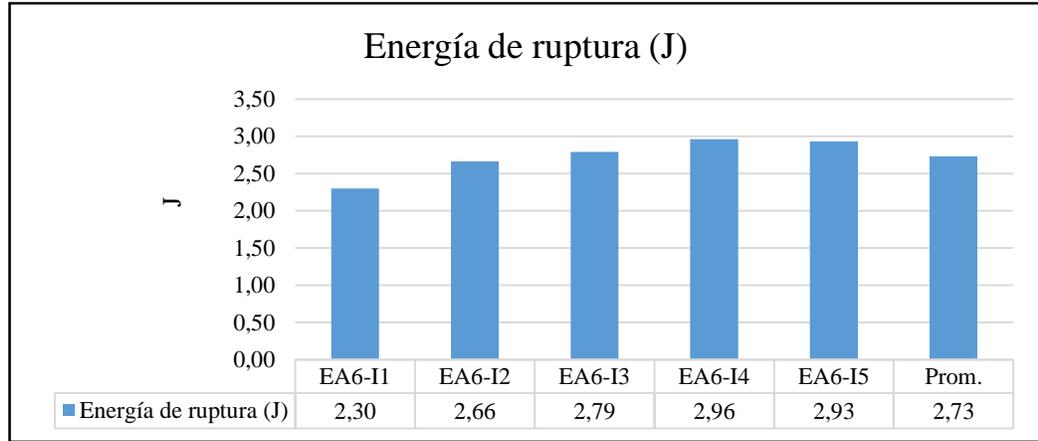


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Energía de ruptura promedio:	2,53 J
Resistencia al impacto promedio:	545,48 J/m
Espesor real promedio:	4,55 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	25-07-2018	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayo impacto Charpy IC-25/IA		
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM- D6110
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	64%
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	6%
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente
Dimensiones:	(127x12,7xe)mm	Número de probetas	5
Espesor promedio:	4 mm	Distancia entre yunques:	101,6 mm
		Capacidad de péndulo:	10,9 J
Temperatura:	23,7°C	Humedad relativa:	48,2%
RESULTADOS			
Probeta	Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
EA6-I1	2,30	505,49	53,44
EA6-I2	2,66	608,70	55,09
EA6-I3	2,79	609,17	51,49
EA6-I4	2,96	628,45	54,46
EA6-I5	2,93	646,80	58,27
Promedio	2,73	599,72	54,55
Des. Est.	0,27	54,98	2,49
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO			
			

GRÁFICAS

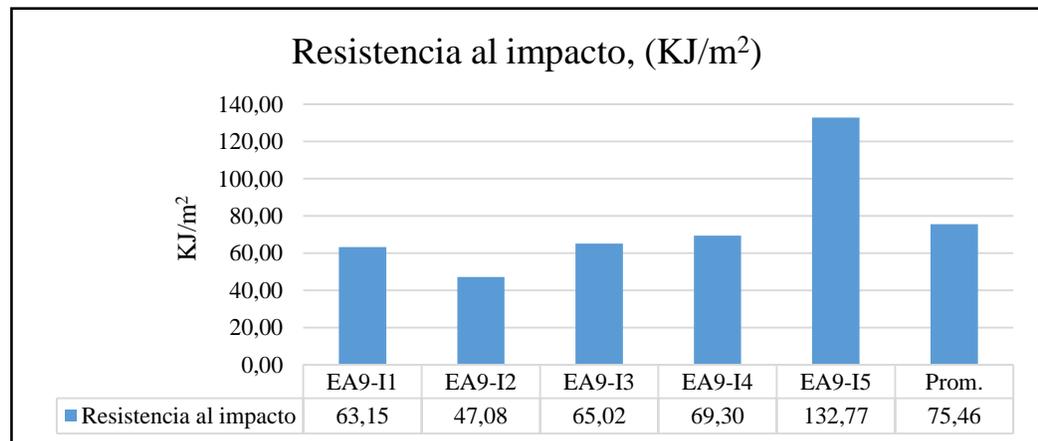
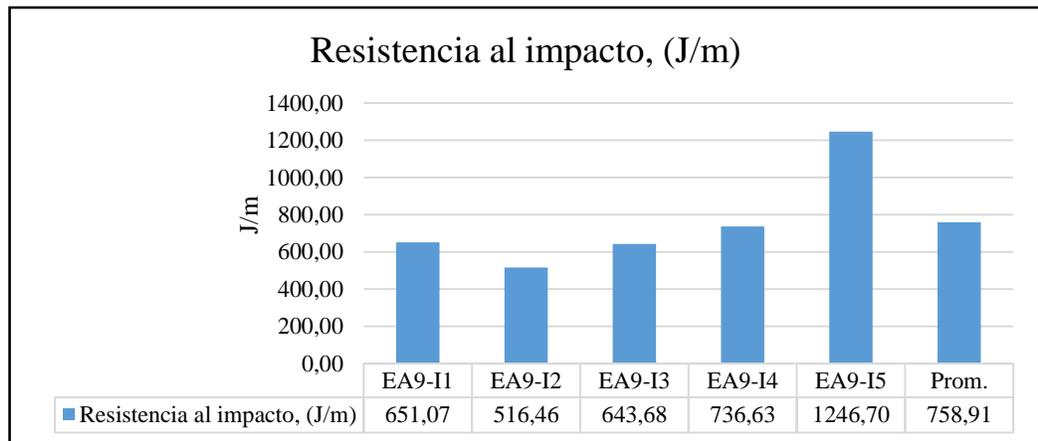
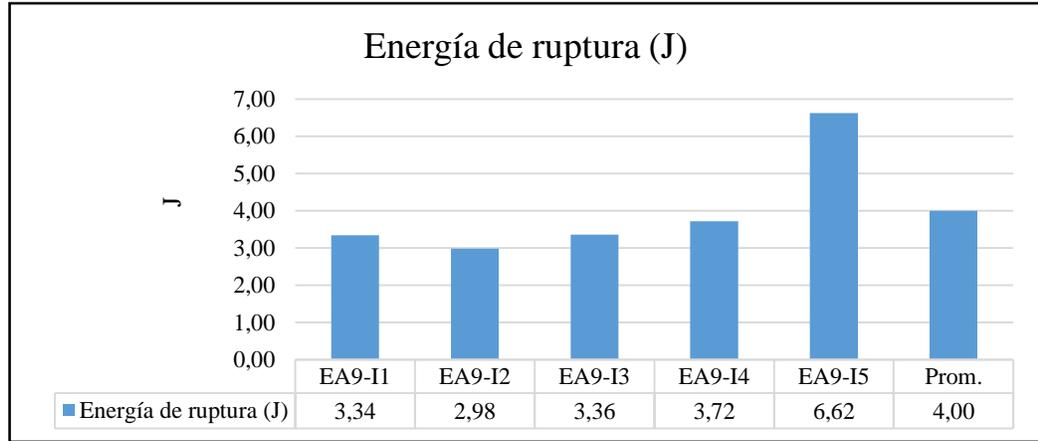


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Energía de ruptura promedio:	2,73 J
Resistencia al impacto promedio:	599,72 J/m
Espesor real promedio:	4,55 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	25-07-2018	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayo impacto Charpy IC-25/IA		
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM- D6110
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	61%
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%
Retardante:	Hidróxido de Aluminio	Fracción Volumétrica	9%
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente
Dimensiones:	(127x12,7xe)mm	Número de probetas	5
Espesor promedio:	4 mm	Distancia entre yunques:	101,6 mm
		Capacidad de péndulo:	10,9 J
Temperatura:	23,8°C	Humedad relativa:	47,8%
RESULTADOS			
Probeta	Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
EA9-I1	3,34	651,07	63,15
EA9-I2	2,98	516,46	47,08
EA9-I3	3,36	643,68	65,02
EA9-I4	3,72	736,63	69,30
EA9-I5	6,62	1246,70	132,77
Promedio	4,00	758,91	75,46
Des. Est.	1,49	283,78	33,12
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO			
			

GRÁFICAS



EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Energía de ruptura promedio:	4,00 J
Resistencia al impacto promedio:	758,91 J/m
Espesor real promedio:	5,30 mm



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



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS

Fecha:	25-07-2018	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayo impacto Charpy IC-25/IA		
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM- D6110
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	67%
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	3%
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente
Dimensiones:	(127x12,7xe)mm	Número de probetas	5
Espesor promedio:	4 mm	Distancia entre yunques:	101,6 mm
		Capacidad de péndulo:	10,9 J
Temperatura:	23,8°C	Humedad relativa:	47,6%

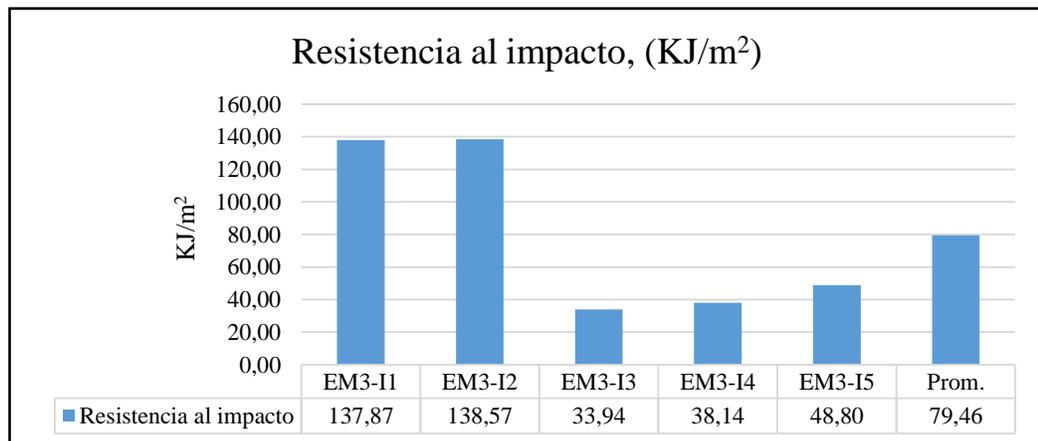
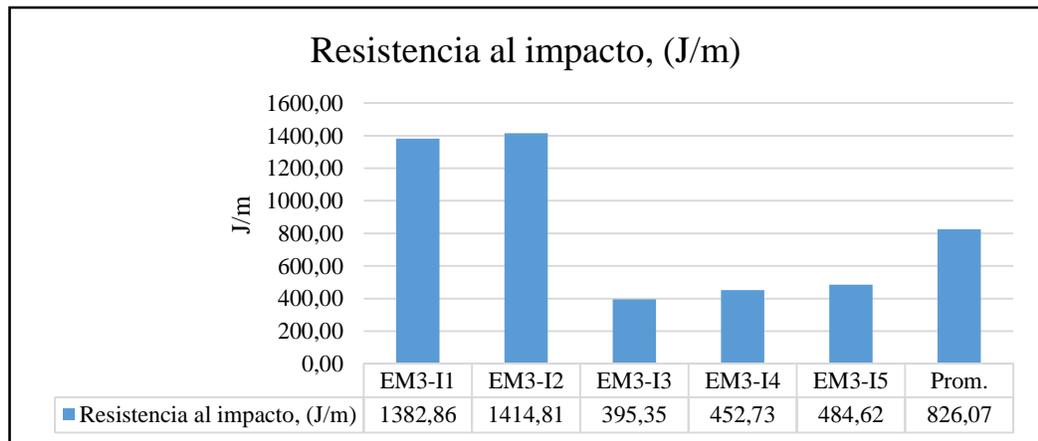
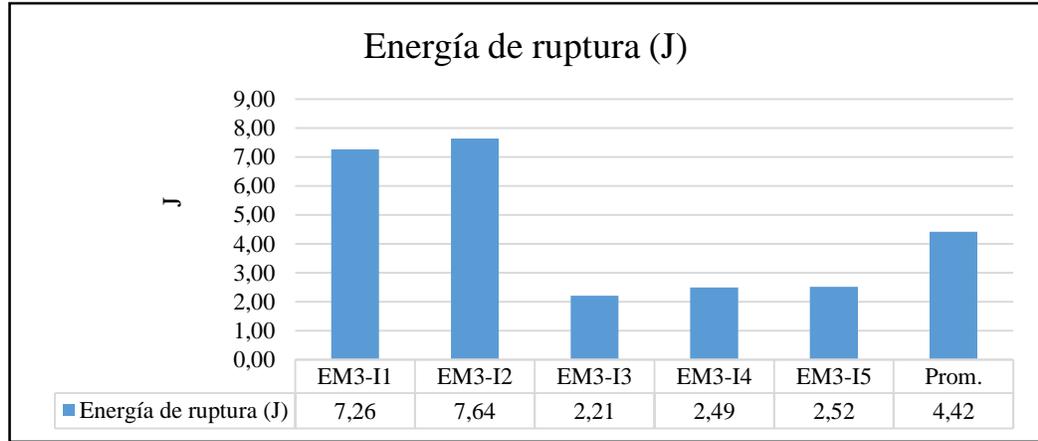
RESULTADOS

Probeta	Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
EM3-I1	7,26	1382,86	137,87
EM3-I2	7,64	1414,81	138,57
EM3-I3	2,21	395,35	33,94
EM3-I4	2,49	452,73	38,14
EM3-I5	2,52	484,62	48,80
Promedio	4,42	826,07	79,46
Des. Est.	2,77	523,96	53,91

FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO



GRÁFICAS

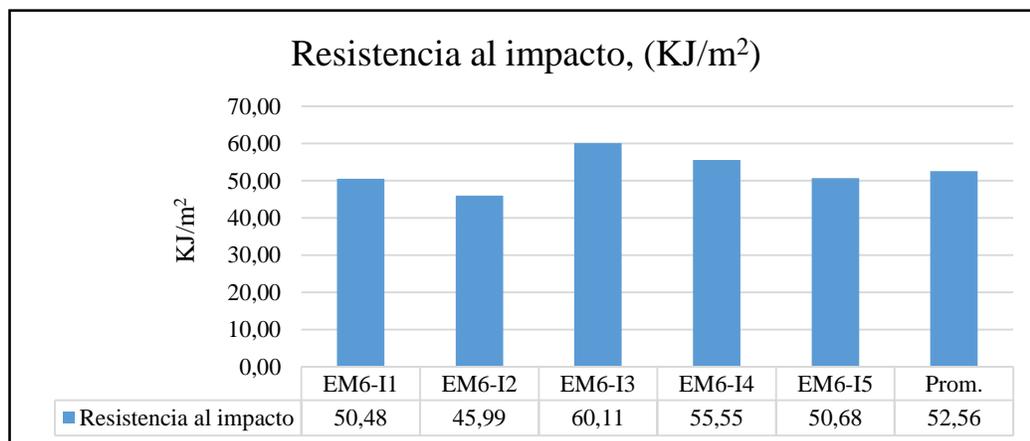
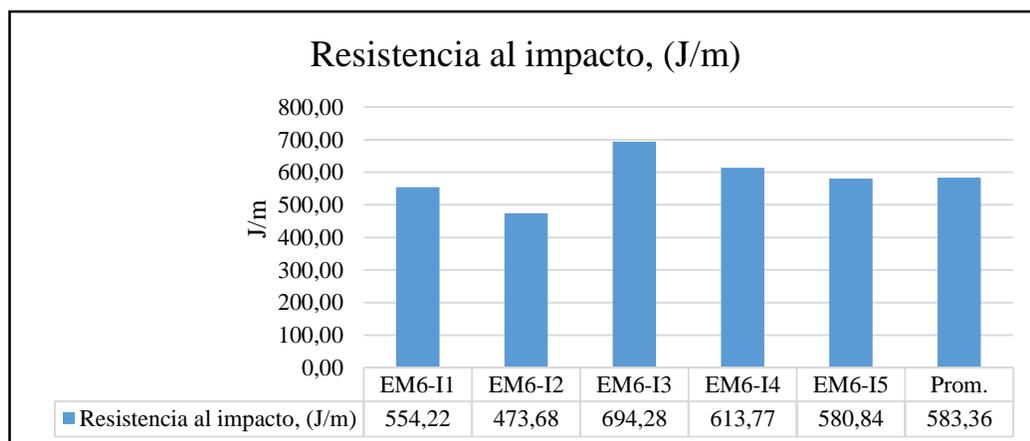
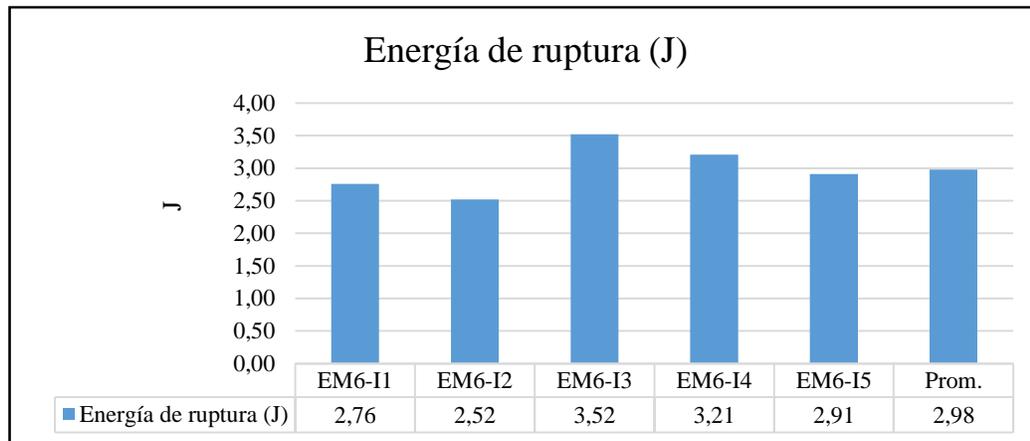


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Energía de ruptura promedio:	4,42 J
Resistencia al impacto promedio:	826,07 J/m
Espesor real promedio:	5,39 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	25-07-2018	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayo impacto Charpy IC-25/IA		
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM- D6110
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	64%
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	6%
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente
Dimensiones:	(127x12,7xe)mm	Número de probetas	5
Espesor promedio:	4 mm	Distancia entre yunques:	101,6 mm
		Capacidad de péndulo:	10,9 J
Temperatura:	23,8°C	Humedad relativa:	48%
RESULTADOS			
Probeta	Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
EM6-I1	2,76	554,22	50,48
EM6-I2	2,52	473,68	45,99
EM6-I3	3,52	694,28	60,11
EM6-I4	3,21	613,77	55,55
EM6-I5	2,91	580,84	50,68
Promedio	2,98	583,36	52,56
Des. Est.	0,39	80,80	5,41
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO			
			

GRÁFICAS

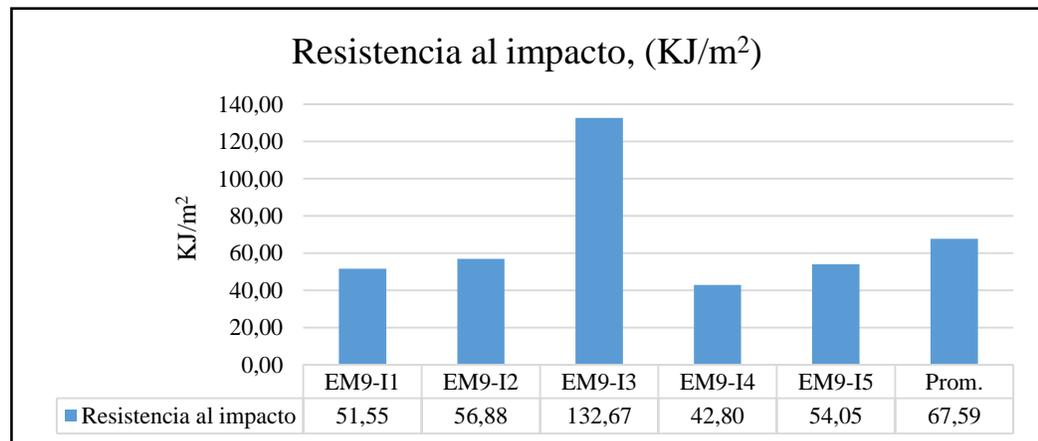
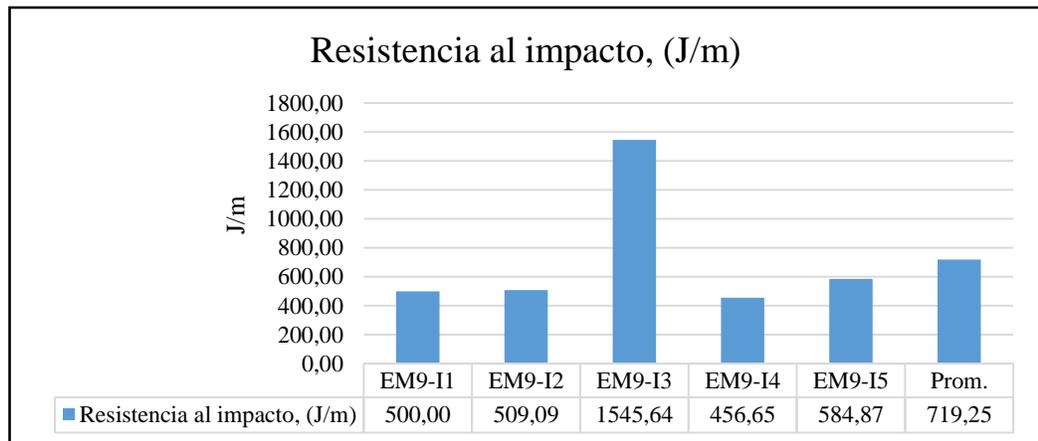
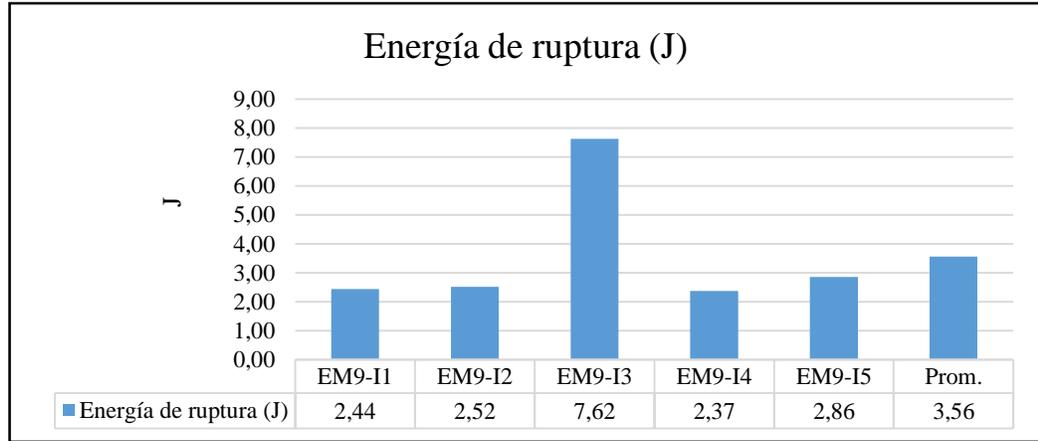


EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Energía de ruptura promedio:	2,98 J
Resistencia al impacto promedio:	583,36 J/m
Espesor real promedio:	5,12 mm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	25-07-2018	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		
Máquina:	Máquina de ensayo impacto Charpy IC-25/IA		
Realizado por:	Oscar Freire	Revisado por:	Ing. Mg. Christian Castro
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM- D6110
Matriz:	Resina Epóxica	Fracción Volumétrica	61%
Refuerzo:	Fibra de Vidrio	Fracción Volumétrica	30%
Retardante:	Hidróxido de Magnesio	Fracción Volumétrica	9%
Orientación:	Discontinua Aleatoria	Curado:	Ambiente
Dimensiones:	(127x12,7xe)mm	Número de probetas	5
Espesor promedio:	4 mm	Distancia entre yunques:	101,6 mm
		Capacidad de péndulo:	10,9 J
Temperatura:	23,7°C	Humedad relativa:	47,8%
RESULTADOS			
Probeta	Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
EM9-I1	2,44	500,00	51,55
EM9-I2	2,52	509,09	56,88
EM9-I3	7,62	1545,64	132,67
EM9-I4	2,37	456,65	42,80
EM9-I5	2,86	584,87	54,05
Promedio	3,56	719,25	67,59
Des. Est.	2,28	464,27	36,76
FOTOGRAFÍA DEL ENSAYO			
			

GRÁFICAS



EVALUACIÓN Y OBSERVACIONES

Energía de ruptura promedio:	3,56 J
Resistencia al impacto promedio:	719,25 J/m
Espesor real promedio:	4,97 mm

4.2 Análisis de resultados

4.2.1 Correlación de Pearson.

Para la realización de los cálculos de correlación se basó en el trabajo de investigación del Sr. José Luis Villena Portero bajo el tema: “Análisis de la velocidad de combustión y su incidencia en los materiales utilizados en el material de carrocerías para vehículos”. El coeficiente de correlación es una medida de asociación entre dos variables y se representa con la letra R [31].

Si la correlación entre las dos variables es más grande su resultado será mayor, sus valores varían en un rango de uno y menos uno, esta última si se da una correlación inversa.

Los valores que se obtienen en la correlación se pueden interpretar como se muestra en la Tabla 4.1. [31].

Tabla 4.1. Valores de interpretación.

Valor	Significado
± 1	Correlación perfecta
$\pm (0,9 \text{ a } 0,99)$	Correlación muy alta
$\pm (0,7 \text{ a } 0,89)$	Correlación alta
$\pm (0,4 \text{ a } 0,69)$	Correlación moderada
$\pm (0,2 \text{ a } 0,39)$	Correlación baja
$\pm (0,01 \text{ a } 0,19)$	Correlación muy baja
0	Correlación nula

4.2.1.1 Cálculo de la correlación

El cálculo se lo realiza por medio de la siguiente ecuación.

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

$\sum xy$ = Sumatoria de los productos de ambas variables.

$\sum x$ = Sumatoria de los productos de la primera variable.

$\sum y$ = Sumatoria de los productos de la segunda variable.

$n(\sum x^2)$ = La cantidad de datos por la sumatoria total de los valores al cuadrado de la primera variable.

$(\sum x)^2$ = Sumatoria total de la primera variable al cuadrado.

$(\sum y)^2$ = Sumatoria total de la segunda variable al cuadrado

$n(\sum y^2)$ = La cantidad de datos por la sumatoria total de los valores al cuadrado de la segunda variable.

La Correlación se la realizará de cada uno de los grupo con 2 grupos diferentes: el primero constituido de fibra de vidrio 30% + resina poliéster 70% que se le conocerá como P cuyos datos pueden encontrarse en [1] y el segundo constituido de fibra de vidrio 30% + resina epóxica 70% que se le conocerá como E cuyos datos se encuentran en el Anexo A.11.

4.2.1.2 Cálculo de la correlación del esfuerzo de tracción.

Ejemplo aplicando la fórmula

Tabla 4.2. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	PA3	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	50,13	82,09	4115,17	2513,02	6738,77
2	50,14	84,35	4229,31	2514,02	7114,92
3	53,55	89,89	4813,61	2867,60	8080,21
4	54,13	94,5	5115,29	2930,06	8930,25
5	56,85	95,04	5403,02	3231,92	9032,60
Total	264,8	445,87	23676,40	14056,62	39896,75

Se utiliza la ecuación 4.1.

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R = \frac{5(23676,40) - (264,8)(445,87)}{\sqrt{(5(14056,62) - (264,8)^2)(5(445,87) - (445,87)^2)}}$$

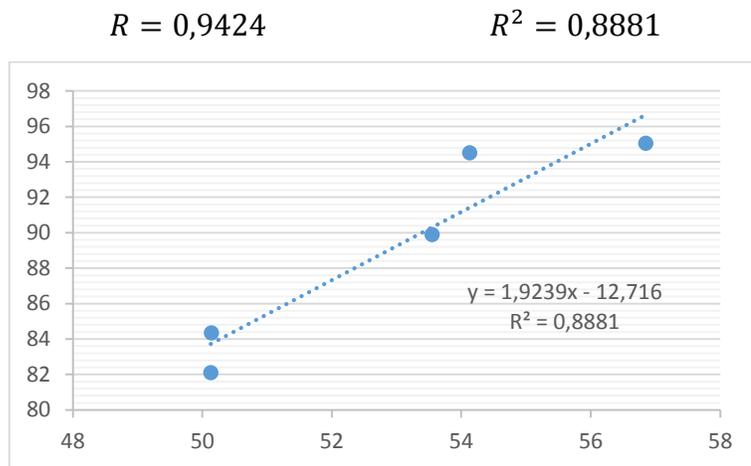


Figura 4.1. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Gracias al valor de R y a la figura 4.1., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.3. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	PA6	P	ΣXY	ΣX^2	Σy^2
1	67,86	82,09	5570,63	4604,98	6738,77
2	74,94	84,35	6321,19	5616,00	7114,92
3	80,95	89,89	7276,60	6552,90	8080,21
4	82,09	94,5	7757,51	6738,77	8930,25
5	94,63	95,04	8993,64	8954,84	9032,60
Total	400,47	445,87	35919,55	32467,49	39896,75

$R = 0,8983$

$R^2 = 0,8069$

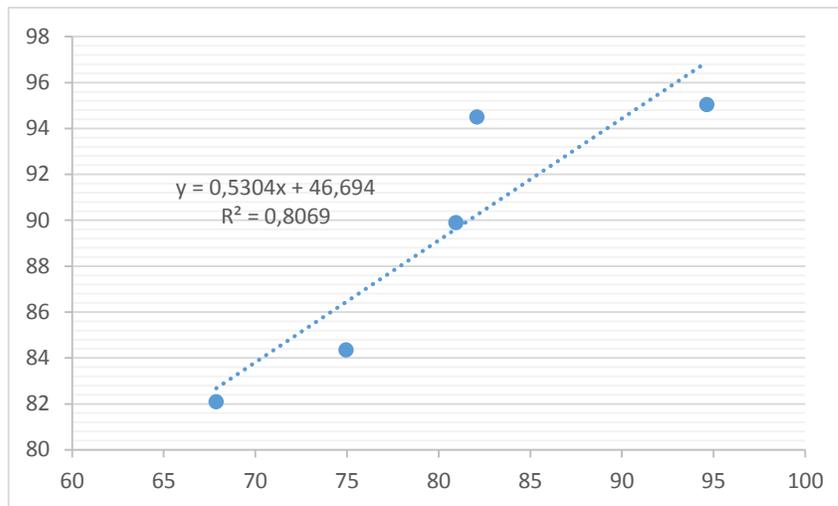


Figura 4.2. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Una vez obtenida la R y la figura 4.2., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.4. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	PA9	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	88,3	82,09	7248,55	7796,89	6738,77
2	89,38	84,35	7539,20	7988,78	7114,92
3	91,23	89,89	8200,66	8322,91	8080,21
4	94,62	94,5	8941,59	8952,94	8930,25
5	96,88	95,04	9207,48	9385,73	9032,60
Total	460,41	445,87	41137,48	42447,27	39896,75

$$R = 0,9611$$

$$R^2 = 0,9236$$

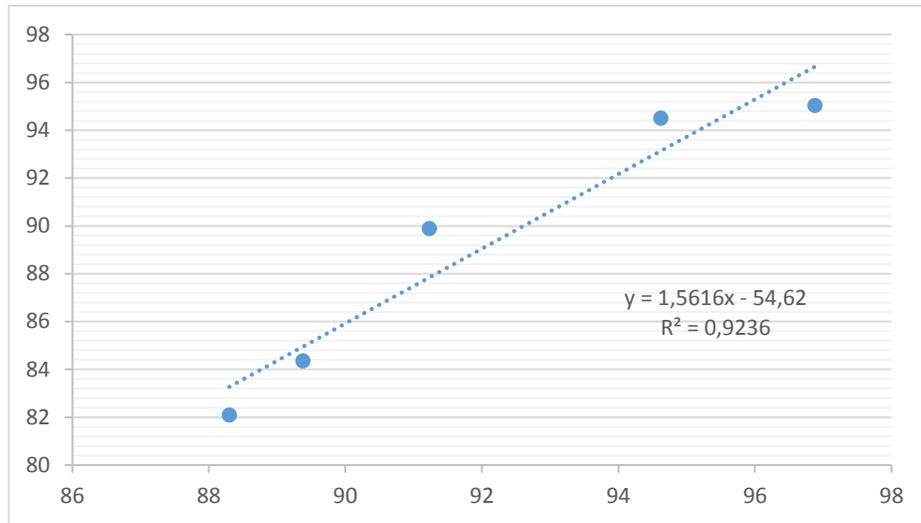


Figura 4.3. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Mediante la figura 4.3. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.5. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	PM3	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	33,54	82,09	2753,30	1124,93	6738,77
2	40,61	84,35	3425,45	1649,17	7114,92
3	42,07	89,89	3781,67	1769,88	8080,21
4	45,94	94,5	4341,33	2110,48	8930,25
5	46,93	95,04	4460,23	2202,42	9032,60
Total	209,09	445,87	18761,98	8856,90	39896,75

$$R = 0,9372$$

$$R^2 = 0,8784$$

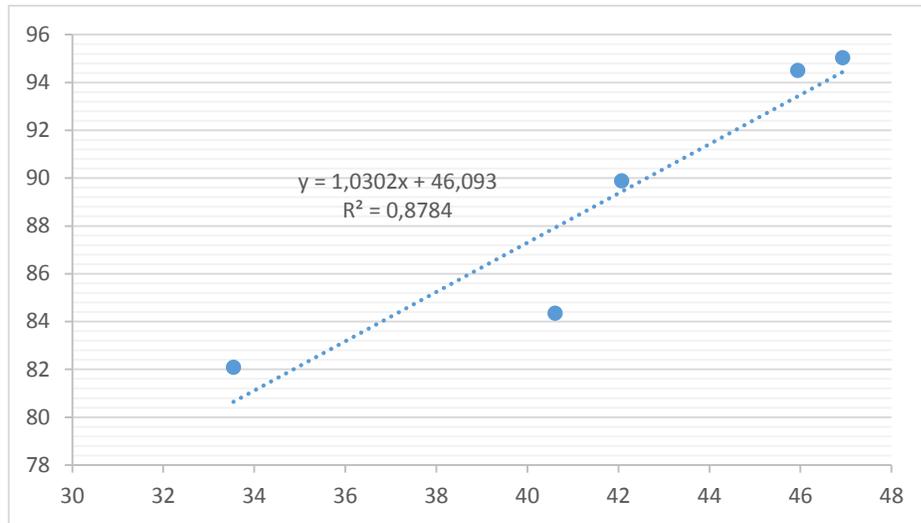


Figura 4.4. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Al observar el valor de R y la figura 4.4., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.6. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	PM6	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	46,46	82,09	3813,90	2158,53	6738,77
2	52,58	84,35	4435,12	2764,66	7114,92
3	52,77	89,89	4743,50	2784,67	8080,21
4	54,46	94,5	5146,47	2965,89	8930,25
5	57,06	95,04	5422,98	3255,84	9032,60
Total	263,33	445,87	23561,97	13929,60	39896,75

$$R = 0,8731$$

$$R^2 = 0,7624$$

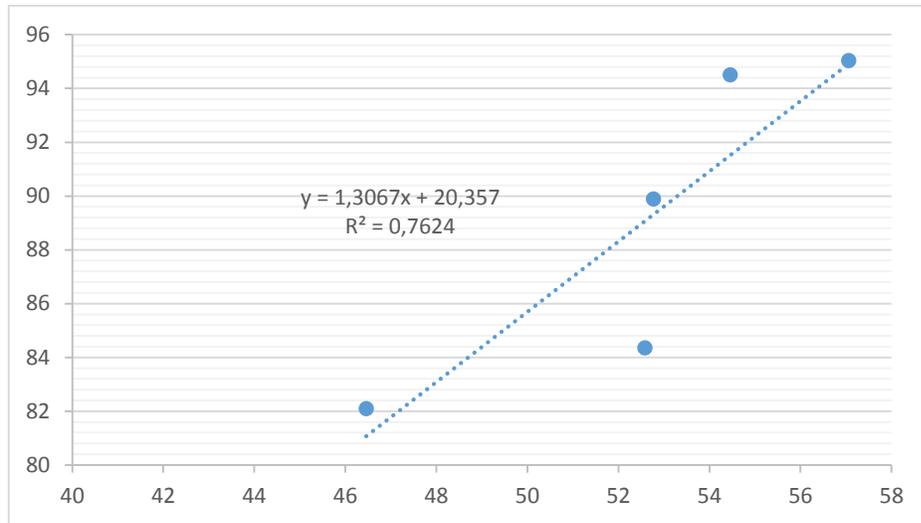


Figura 4.5. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Gracias al valor de R y a la figura 4.5., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.7. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	PM9	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	68,83	82,09	5650,25	4737,57	6738,77
2	84,79	84,35	7152,04	7189,34	7114,92
3	87,74	89,89	7886,95	7698,31	8080,21
4	95,15	94,5	8991,68	9053,52	8930,25
5	116,87	95,04	11107,32	13658,60	9032,60
Total	453,38	445,87	40788,24	42337,34	39896,75

$$R = 0,8754$$

$$R^2 = 0,7664$$

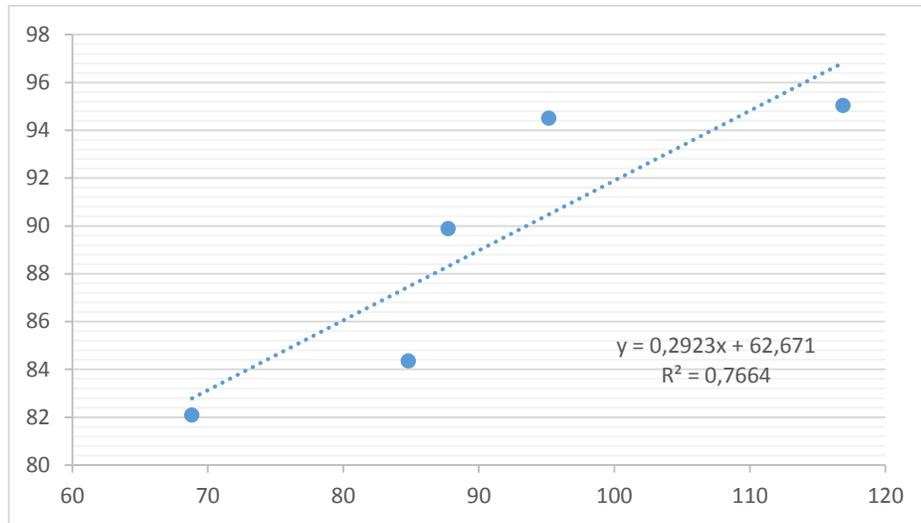


Figura 4.6. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Una vez obtenido el valor de R y a la figura 4.6., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.8. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	EA3	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	54,1	82,09	4441,07	2926,81	6738,77
2	71,45	84,35	6026,81	5105,10	7114,92
3	76,31	89,89	6859,51	5823,22	8080,21
4	76,67	94,5	7245,32	5878,29	8930,25
5	84,71	95,04	8050,84	7175,78	9032,60
Total	363,24	445,87	32623,54	26909,20	39896,75

$$R = 0,8695$$

$$R^2 = 0,7560$$

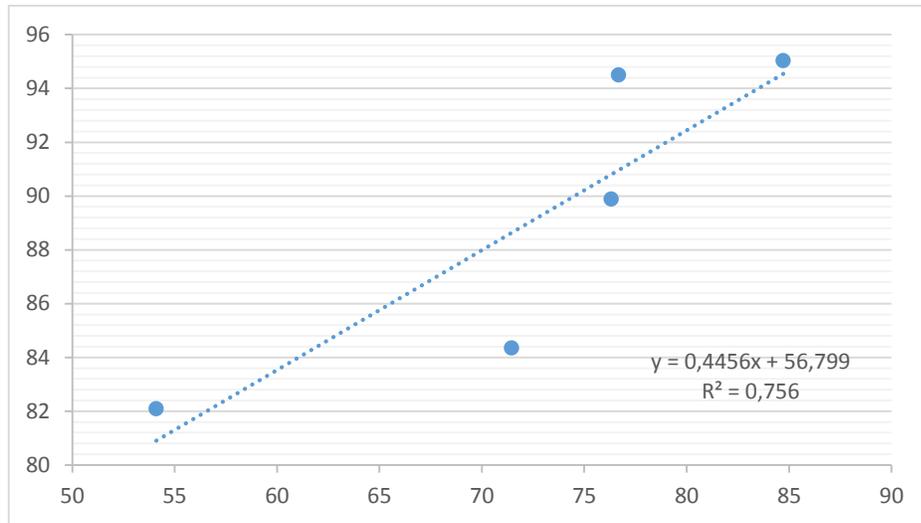


Figura 4.7. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Mediante el valor de R y la figura 4.7., se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.9. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	EA6	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	75,34	82,09	6184,66	5676,12	6738,77
2	81,67	84,35	6888,86	6669,99	7114,92
3	85,33	89,89	7670,31	7281,21	8080,21
4	91,46	94,5	8642,97	8364,93	8930,25
5	92,82	95,04	8821,61	8615,55	9032,60
Total	426,62	445,87	38208,42	36607,80	39896,75

$$R = 0,9811$$

$$R^2 = 0,9625$$

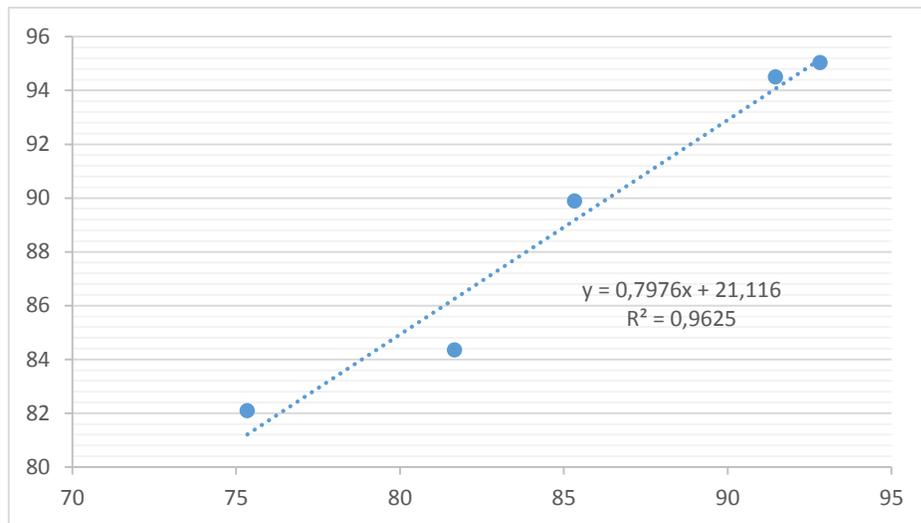


Figura 4.8. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Por medio de la figura 4.8.y el valor de R, se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.10. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	EA9	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	64,41	82,09	5287,42	4148,65	6738,77
2	74,26	84,35	6263,83	5514,55	7114,92
3	83,56	89,89	7511,21	6982,27	8080,21
4	85,05	94,5	8037,23	7233,50	8930,25
5	89,47	95,04	8503,23	8004,88	9032,60
Total	396,75	445,87	35602,91	31883,85	39896,75

$$R = 0,9520$$

$$R^2 = 0,9063$$

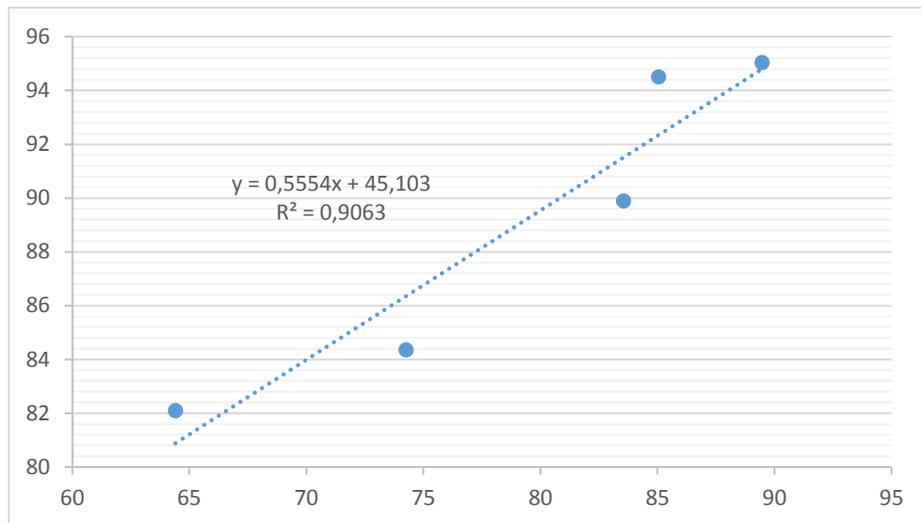


Figura 4.9. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

A través del valor de R y la figura 4.9., se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.11. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	EM3	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	43,18	82,09	3544,65	1864,51	6738,77
2	57,88	84,35	4882,18	3350,09	7114,92
3	61,85	89,89	5559,70	3825,42	8080,21
4	66,94	94,5	6325,83	4480,96	8930,25
5	71,99	95,04	6841,93	5182,56	9032,60
Total	301,84	445,87	27154,28	18703,55	39896,75

$$R = 0,9270$$

$$R^2 = 0,8593$$

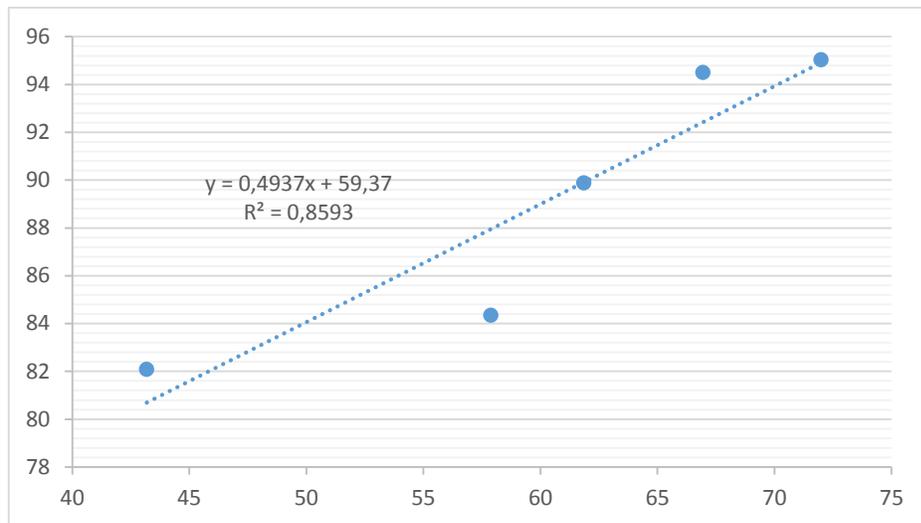


Figura 4.10. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Al determinar el valor de R y la figura 4.10., se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.12. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	EM6	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$
1	39,12	82,09	3211,36	1530,37	6738,77
2	55,62	84,35	4691,55	3093,58	7114,92
3	58,15	89,89	5227,10	3381,42	8080,21
4	62,56	94,5	5911,92	3913,75	8930,25
5	67,37	95,04	6402,84	4538,72	9032,60
Total	282,82	445,87	25444,78	16457,85	39896,75

$$R = 0,8951$$

$$R^2 = 0,8011$$

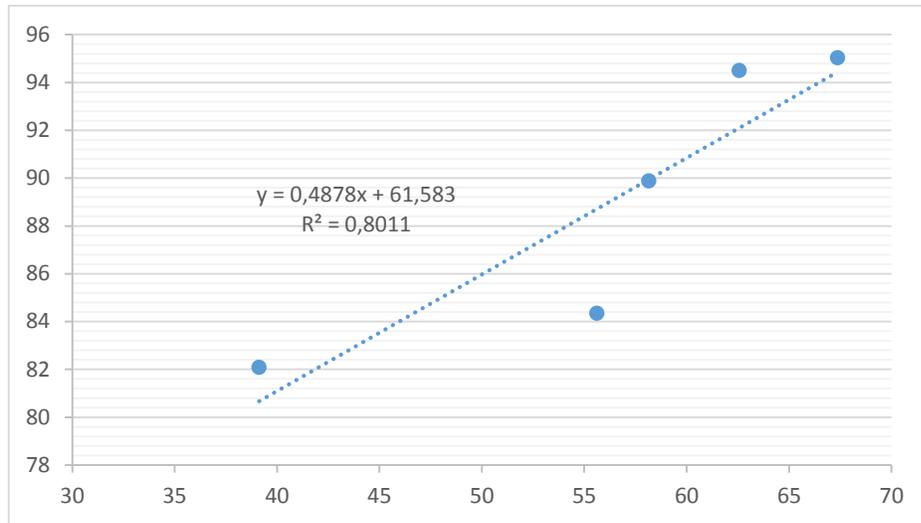


Figura 4.11. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

A través de la figura 4.11. y el valor de R, se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.13. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	EM9	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	47,76	82,09	3920,62	2281,02	6738,77
2	49,4	84,35	4166,89	2440,36	7114,92
3	56,13	89,89	5045,53	3150,58	8080,21
4	59,8	94,5	5651,10	3576,04	8930,25
5	73,59	95,04	6993,99	5415,49	9032,60
Total	286,68	445,87	25778,13	16863,48	39896,75

$$R = 0,8851$$

$$R^2 = 0,7834$$

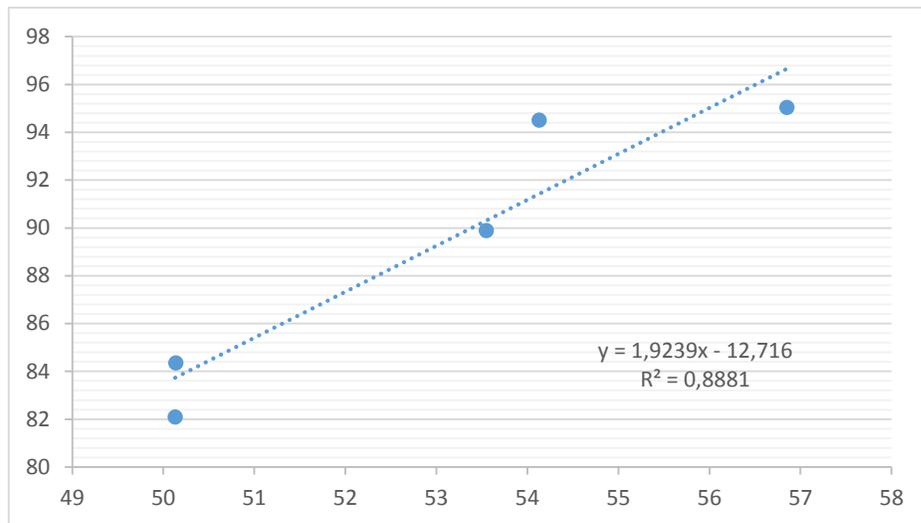


Figura 4.12. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Por medio del valor de R y la figura 4.12., se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.14. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	PA3	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	50,13	75,69	3794,34	2513,02	5728,98
2	50,14	81,45	4083,90	2514,02	6634,10
3	53,55	82,6	4423,23	2867,60	6822,76
4	54,13	89,19	4827,85	2930,06	7954,86
5	56,85	89,39	5081,82	3231,92	7990,57
Total	264,8	418,32	22211,15	14056,62	35131,27

$$R = 0,8619$$

$$R^2 = 0,7428$$

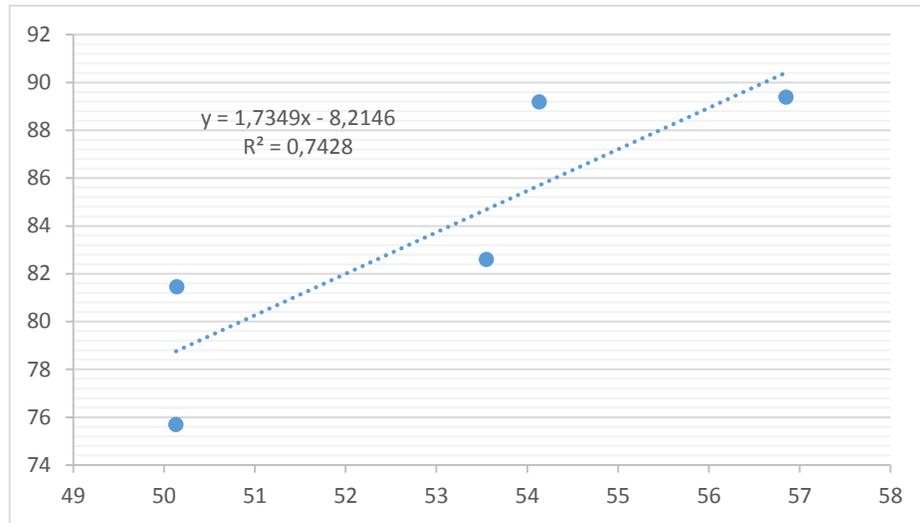


Figura 4.13. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Mediante el valor obtenido de R y la figura 4.13., se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es alta.

Tabla 4.15. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	PA6	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	67,86	75,69	5136,32	4604,98	5728,98
2	74,94	81,45	6103,86	5616,00	6634,10
3	80,95	82,6	6686,47	6552,90	6822,76
4	82,09	89,19	7321,61	6738,77	7954,86
5	94,63	89,39	8458,98	8954,84	7990,57
Total	400,47	418,32	33707,24	32467,49	35131,27

$$R = 0,8860$$

$$R^2 = 0,7850$$

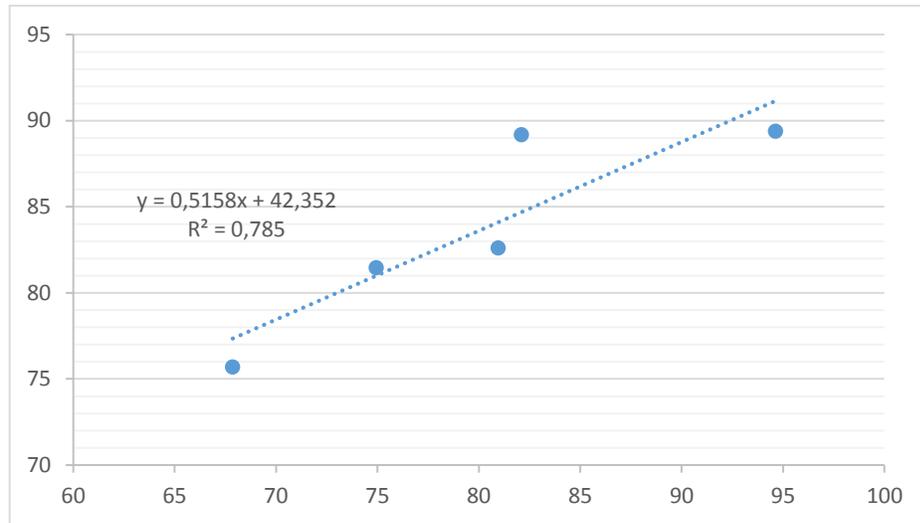


Figura 4.14. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Una vez obtenido el valor de R y la figura 4.14., se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es alta.

Tabla 4.16. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	PA9	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	88,3	75,69	6683,43	7796,89	5728,98
2	89,38	81,45	7280,00	7988,78	6634,10
3	91,23	82,6	7535,60	8322,91	6822,76
4	94,62	89,19	8439,16	8952,94	7954,86
5	96,88	89,39	8660,10	9385,73	7990,57
Total	460,41	418,32	38598,29	42447,27	35131,27

$$R = 0,9466$$

$$R^2 = 0,8960$$

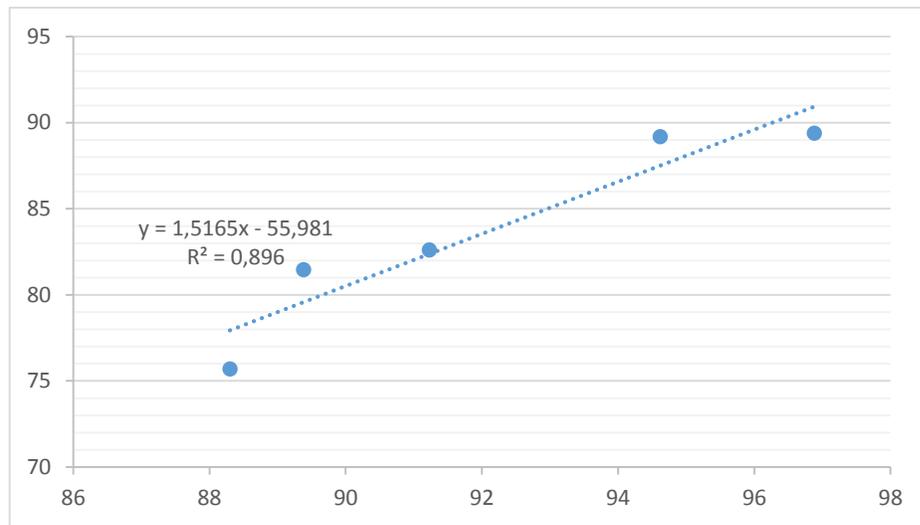


Figura 4.15. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Gracias al valor de R y la figura 4.15., se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.17. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	PM3	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	33,54	75,69	2538,64	1124,93	5728,98
2	40,61	81,45	3307,68	1649,17	6634,10
3	42,07	82,6	3474,98	1769,88	6822,76
4	45,94	89,19	4097,39	2110,48	7954,86
5	46,93	89,39	4195,07	2202,42	7990,57
Total	209,09	418,32	17613,77	8856,90	35131,27

$$R = 0,9821$$

$$R^2 = 0,9645$$

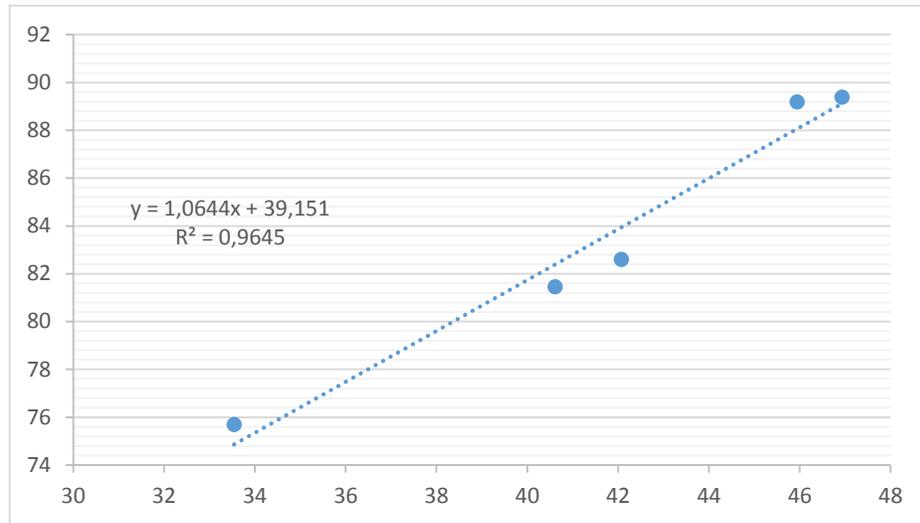


Figura 4.16. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Al observar la figura 4.16. y el valor de R, se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.18. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	PM6	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	46,46	75,69	3516,56	2158,53	5728,98
2	52,58	81,45	4282,64	2764,66	6634,10
3	52,77	82,6	4358,80	2784,67	6822,76
4	54,46	89,19	4857,29	2965,89	7954,86
5	57,06	89,39	5100,59	3255,84	7990,57
Total	263,33	418,32	22115,88	13929,60	35131,27

$$R = 0,9394$$

$$R^2 = 0,8826$$

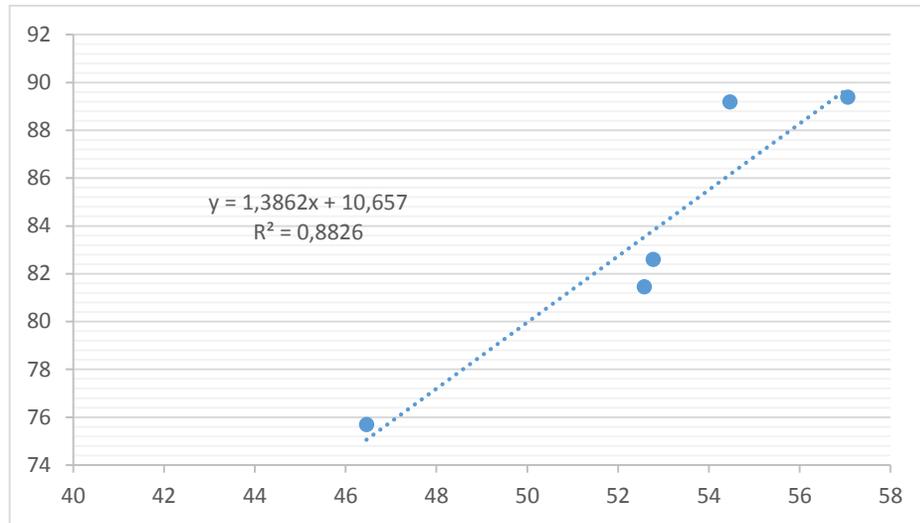


Figura 4.17. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Al ser determinado el valor de R y la figura 4.17., se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.19. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	PM9	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	68,83	75,69	5209,74	4737,57	5728,98
2	84,79	81,45	6906,15	7189,34	6634,10
3	87,74	82,6	7247,32	7698,31	6822,76
4	95,15	89,19	8486,43	9053,52	7954,86
5	116,87	89,39	10447,01	13658,60	7990,57
Total	453,38	418,32	38296,65	42337,34	35131,27

$$R = 0,9040$$

$$R^2 = 0,8173$$

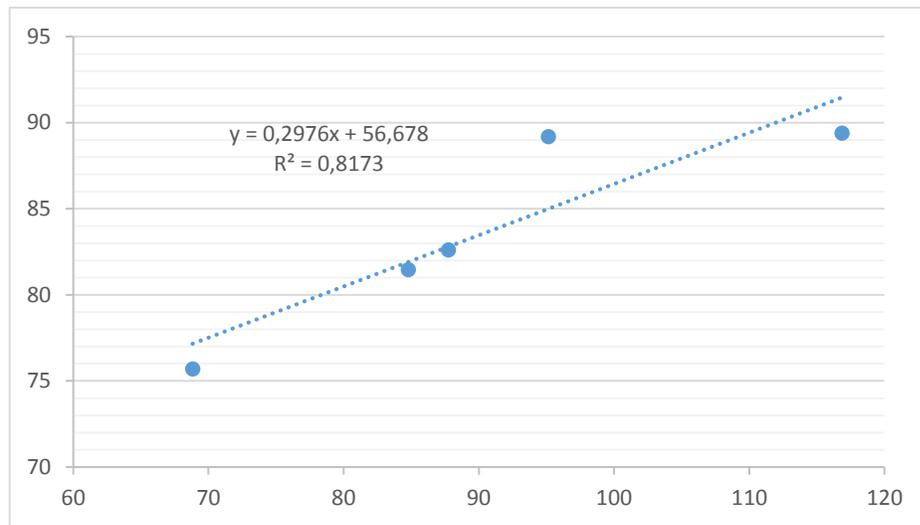


Figura 4.18. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

A través de la figura 4.18. y el valor de R, se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.20. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	EA3	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	54,1	75,69	4094,83	2926,81	5728,98
2	71,45	81,45	5819,60	5105,10	6634,10
3	76,31	82,6	6303,21	5823,22	6822,76
4	76,67	89,19	6838,20	5878,29	7954,86
5	84,71	89,39	7572,23	7175,78	7990,57
Total	363,24	418,32	30628,06	26909,20	35131,27

$$R = 0,9045$$

$$R^2 = 0,8182$$

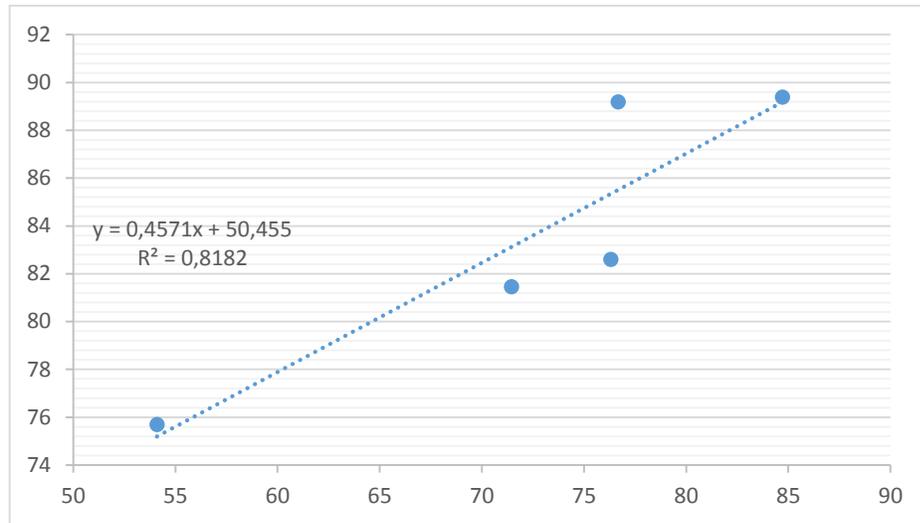


Figura 4.19. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Por medio del valor de R y la figura 4.19., se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.21. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	EA6	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	75,34	75,69	5702,48	5676,12	5728,98
2	81,67	81,45	6652,02	6669,99	6634,10
3	85,33	82,6	7048,26	7281,21	6822,76
4	91,46	89,19	8157,32	8364,93	7954,86
5	92,82	89,39	8297,18	8615,55	7990,57
Total	426,62	418,32	35857,26	36607,80	35131,27

$$R = 0,9921$$

$$R^2 = 0,9842$$

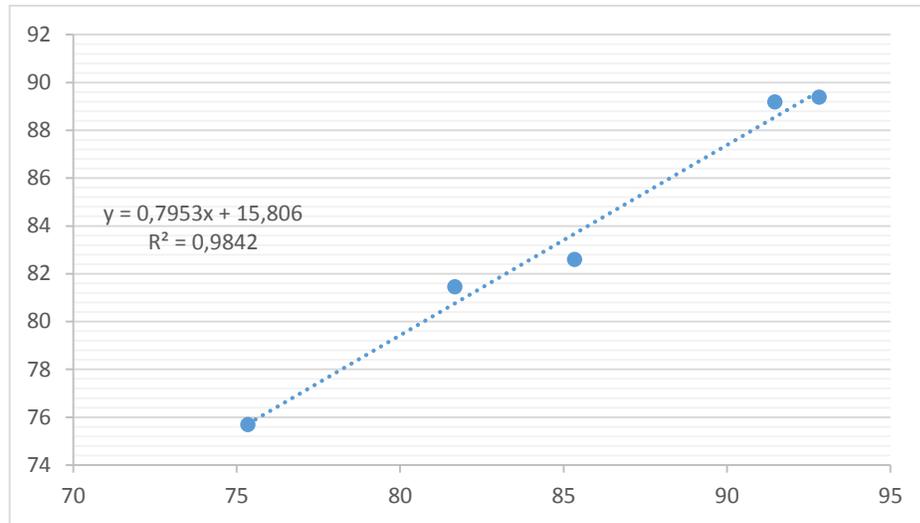


Figura 4.20. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Mediante la figura 4.20. y el valor de R, se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.22. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	EA9	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	64,41	75,69	4875,19	4148,65	5728,98
2	74,26	81,45	6048,48	5514,55	6634,10
3	83,56	82,6	6902,06	6982,27	6822,76
4	85,05	89,19	7585,61	7233,50	7954,86
5	89,47	89,39	7997,72	8004,88	7990,57
Total	396,75	418,32	33409,06	31883,85	35131,27

$$R = 0,9319$$

$$R^2 = 0,8685$$

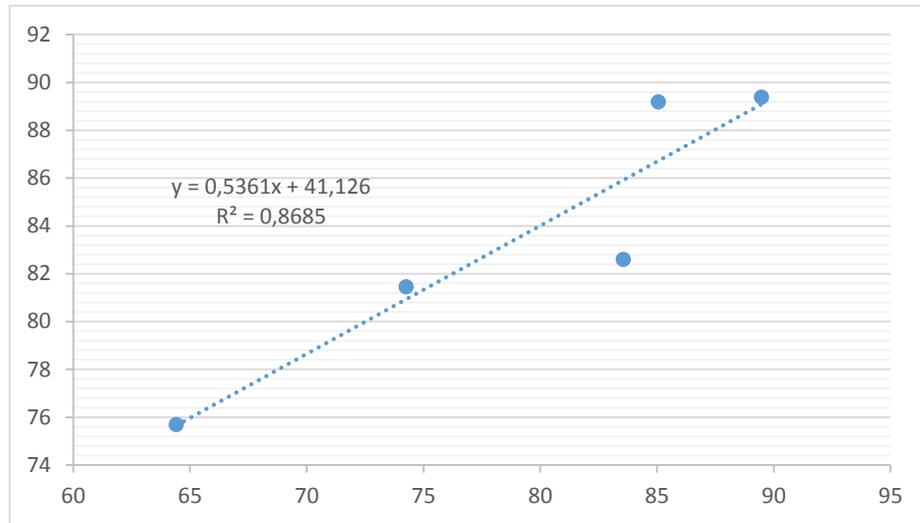


Figura 4.21. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Una vez obtenido el valor de R y la figura 4.21., se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.23. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	EM3	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum Y^2$
1	43,18	75,69	3268,29	1864,51	5728,98
2	57,88	81,45	4714,33	3350,09	6634,10
3	61,85	82,6	5108,81	3825,42	6822,76
4	66,94	89,19	5970,38	4480,96	7954,86
5	71,99	89,39	6435,19	5182,56	7990,57
Total	301,84	418,32	25496,99	18703,55	35131,27

$$R = 0,9633$$

$$R^2 = 0,9279$$

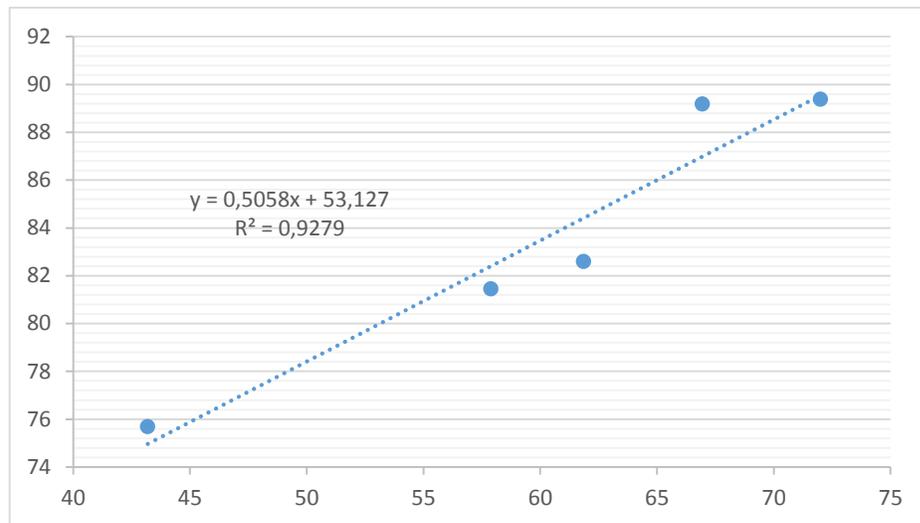


Figura 4.22. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Gracias a la figura 4.22.y al valor de R, se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.24. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	EM6	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	39,12	75,69	2960,99	1530,37	5728,98
2	55,62	81,45	4530,25	3093,58	6634,10
3	58,15	82,6	4803,19	3381,42	6822,76
4	62,56	89,19	5579,73	3913,75	7954,86
5	67,37	89,39	6022,20	4538,72	7990,57
Total	282,82	418,32	23896,36	16457,85	35131,27

$$R = 0,9479$$

$$R^2 = 0,8985$$

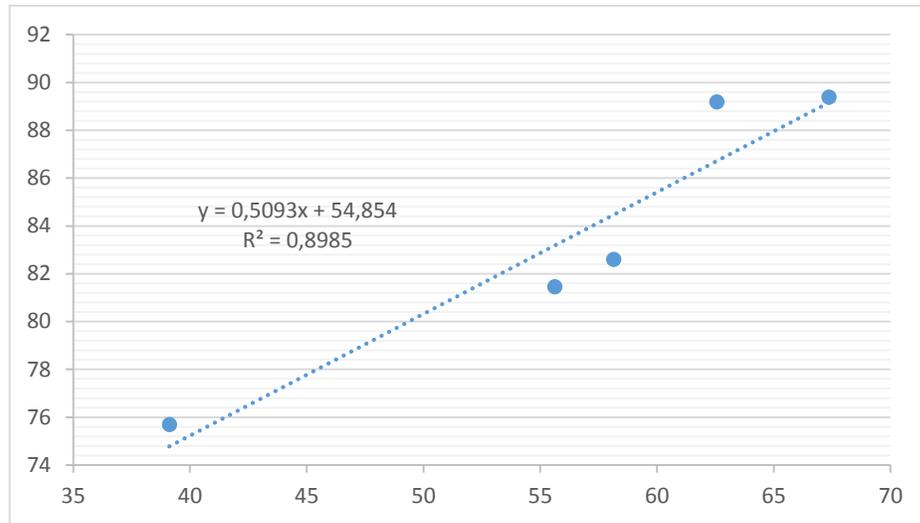


Figura 4.23. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Al observar el valor de R y la figura 4.23., se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.25. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)					
Replicas	EM9	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	47,76	75,69	3614,95	2281,02	5728,98
2	49,4	81,45	4023,63	2440,36	6634,10
3	56,13	82,6	4636,34	3150,58	6822,76
4	59,8	89,19	5333,56	3576,04	7954,86
5	73,59	89,39	6578,21	5415,49	7990,57
Total	286,68	418,32	24186,69	16863,48	35131,27

$$R = 0,8480$$

$$R^2 = 0,7191$$

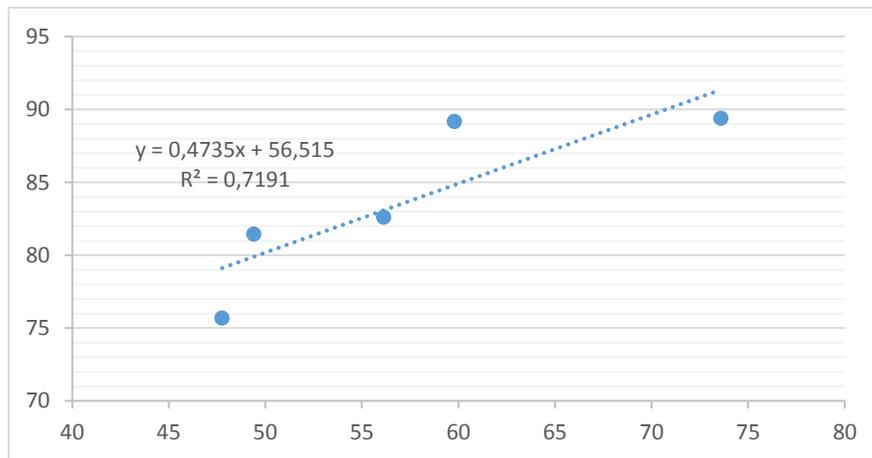


Figura 4.24. Correlación del esfuerzo de tracción entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Al ser determinado el valor de R y la figura 4.24., se interpreta que la correlación del esfuerzo de tracción existente entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es alta.

4.2.1.3 Cálculo de la correlación del esfuerzo de flexión.

Tabla 4.26. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	PA3	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	143,91	23,81	3426,50	20710,09	566,92
2	154,49	23,95	3700,04	23867,16	573,60
3	167,95	27,38	4598,47	28207,20	749,66
4	171,33	31,06	5321,51	29353,97	964,72
5	180,46	36,93	6664,39	32565,81	1363,82
Total	818,14	143,13	23710,90	134704,23	4218,73

$$R = 0,9138$$

$$R^2 = 0,8351$$

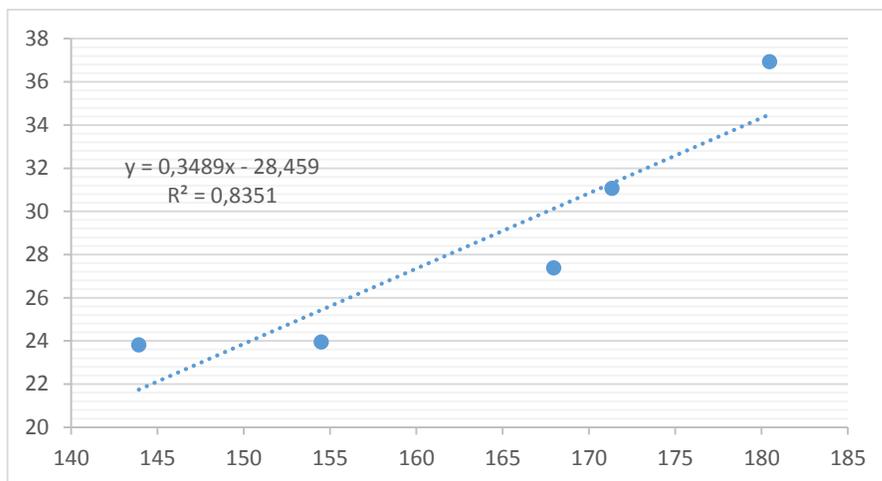


Figura 4.25. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

A través de la figura 4.25.y al valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.27. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	PA6	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	190,92	23,81	4545,81	36450,45	566,92
2	197,03	23,95	4718,87	38820,82	573,60
3	205,54	27,38	5627,69	42246,69	749,66
4	217,75	31,06	6763,32	47415,06	964,72
5	220,81	36,93	8154,51	48757,06	1363,82
Total	1032,05	143,13	29810,19	213690,08	4218,73

$$R = 0,9386$$

$$R^2 = 0,8810$$

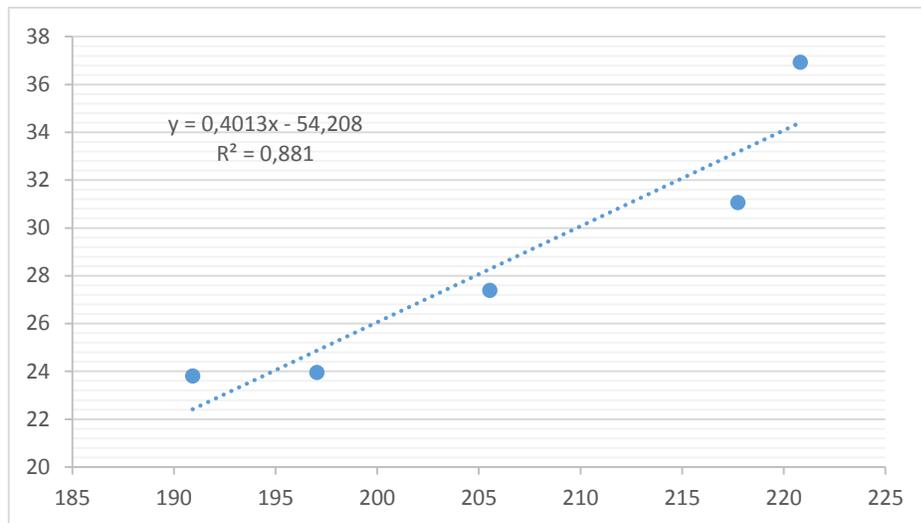


Figura 4.26. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Por medio del valor de R y la figura 4.26., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.28. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	PA9	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	113,19	23,81	2695,05	12811,98	566,92
2	118,59	23,95	2840,23	14063,59	573,60
3	152	27,38	4161,76	23104,00	749,66
4	153,73	31,06	4774,85	23632,91	964,72
5	168,09	36,93	6207,56	28254,25	1363,82
Total	705,6	143,13	20679,46	101866,73	4218,73

$$R = 0,9113$$

$$R^2 = 0,8305$$

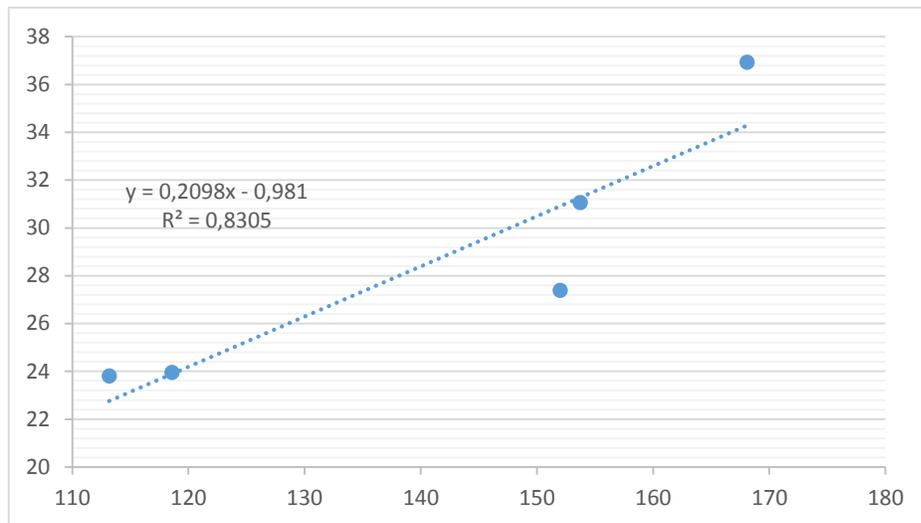


Figura 4.27. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Mediante la figura 4.27. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.29. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	PM3	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	114,42	23,81	2724,34	13091,94	566,92
2	135,62	23,95	3248,10	18392,78	573,60
3	138,3	27,38	3786,65	19126,89	749,66
4	163,04	31,06	5064,02	26582,04	964,72
5	199,53	36,93	7368,64	39812,22	1363,82
Total	750,91	143,13	22191,76	117005,87	4218,73

$$R = 0,9709$$

$$R^2 = 0,9426$$

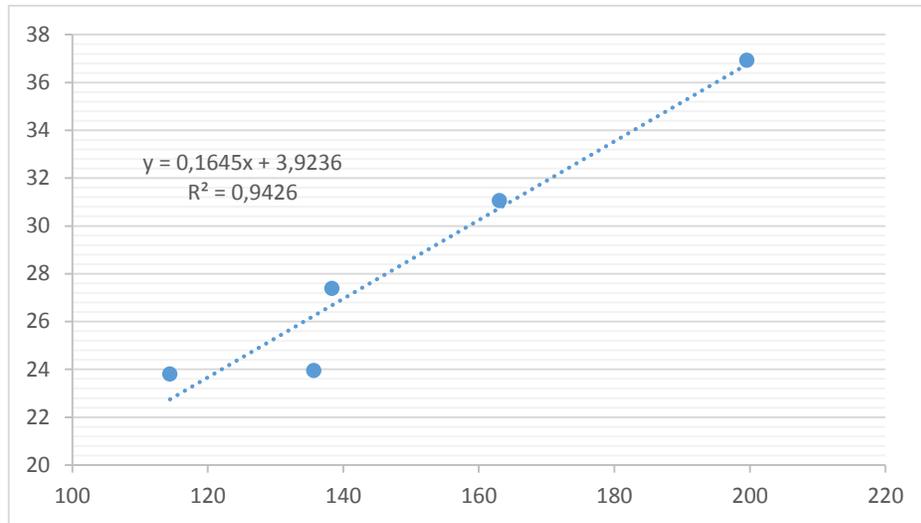


Figura 4.28. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Una vez obtenido el valor de R y a la figura 4.28., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.30. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	PM6	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	172,44	23,81	4105,80	29735,55	566,92
2	231,92	23,95	5554,48	53786,89	573,60
3	240,76	27,38	6592,01	57965,38	749,66
4	271,77	31,06	8441,18	73858,93	964,72
5	353,58	36,93	13057,71	125018,82	1363,82
Total	1270,47	143,13	37751,17	340365,57	4218,73

$$R = 0,9470$$

$$R^2 = 0,8968$$

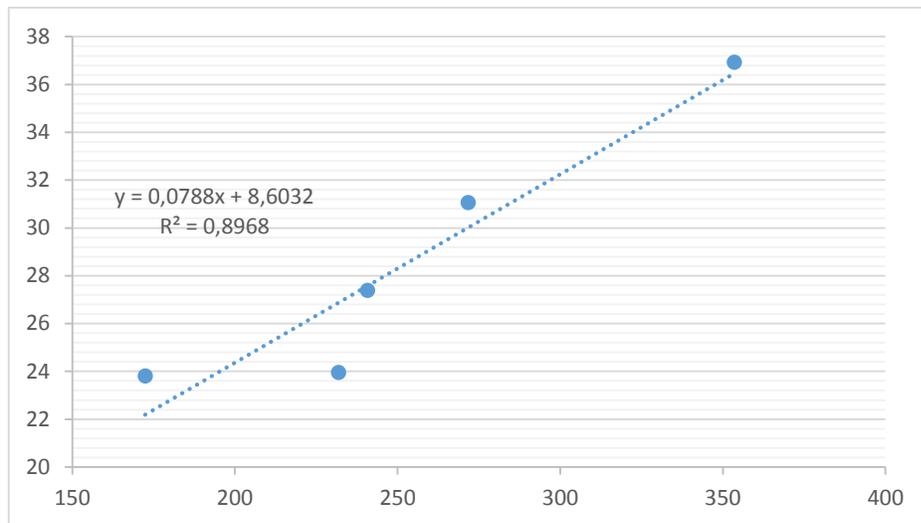


Figura 4.29. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Gracias a la figura 4.29.y al valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.31. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	PM9	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	163,17	23,81	3885,08	26624,45	566,92
2	179,24	23,95	4292,80	32126,98	573,60
3	181,69	27,38	4974,67	33011,26	749,66
4	209,93	31,06	6520,43	44070,60	964,72
5	256,31	36,93	9465,53	65694,82	1363,82
Total	990,34	143,13	29138,50	201528,10	4218,73

$$R = 0,9765$$

$$R^2 = 0,9536$$

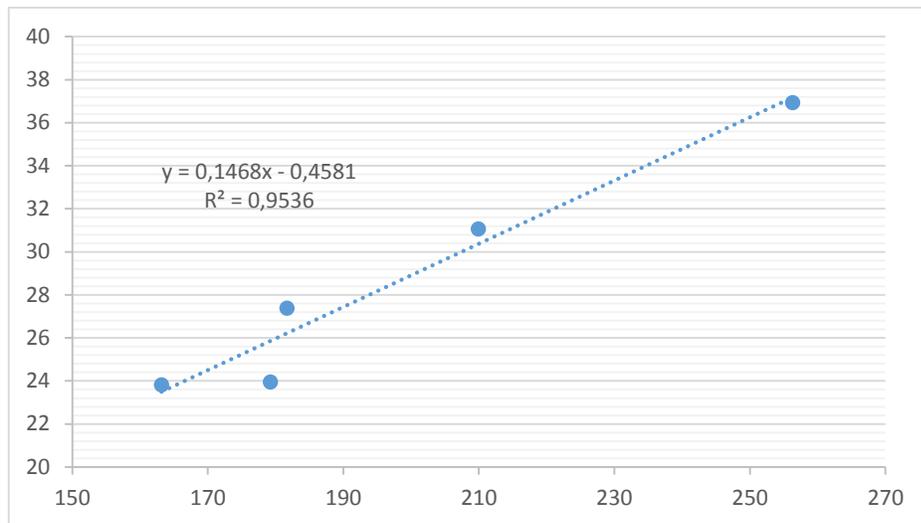


Figura 4.30. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Al observar el valor de R y la figura 4.30., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.32. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	EA3	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	143,25	23,81	3410,78	20520,56	566,92
2	158,69	23,95	3800,63	25182,52	573,60
3	177,51	27,38	4860,22	31509,80	749,66
4	187,93	31,06	5837,11	35317,68	964,72
5	316,52	36,93	11689,08	100184,91	1363,82
Total	983,9	143,13	29597,82	212715,47	4218,73

$$R = 0,9404$$

$$R^2 = 0,8844$$

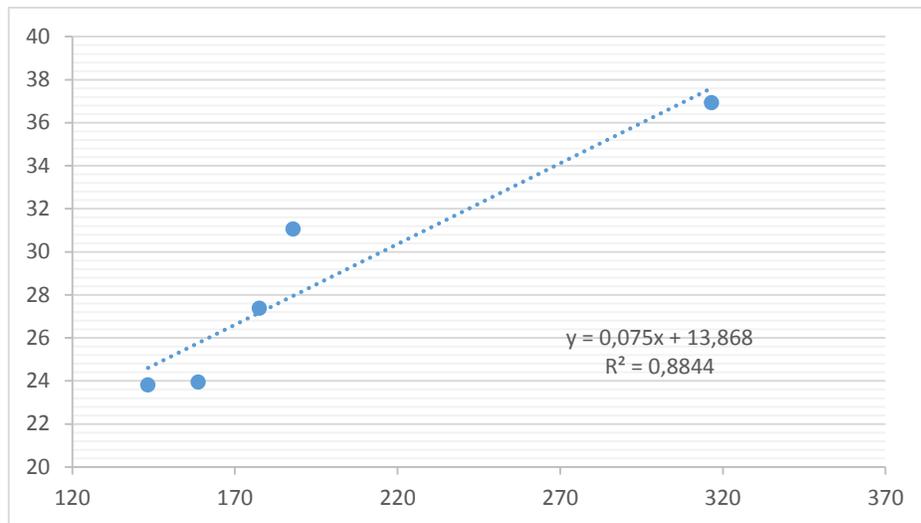


Figura 4.31. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Tras haber determinado el valor de R y la figura 4.31., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.33. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	EA6	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	87,99	23,81	2095,04	7742,24	566,92
2	160,54	23,95	3844,93	25773,09	573,60
3	161,89	27,38	4432,55	26208,37	749,66
4	175,6	31,06	5454,14	30835,36	964,72
5	176,22	36,93	6507,80	31053,49	1363,82
Total	762,24	143,13	22334,46	121612,55	4218,73

$$R = 0,6347$$

$$R^2 = 0,4028$$

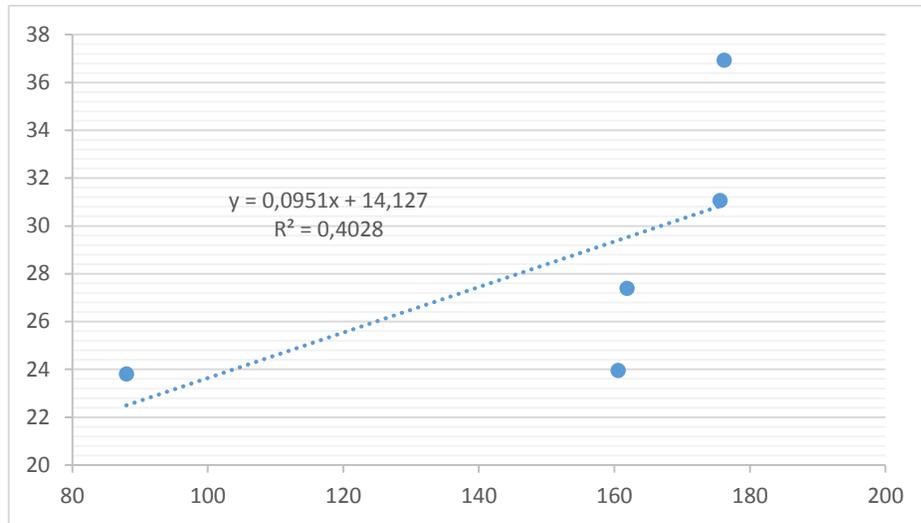


Figura 4.32. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

A través de la figura 4.32. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es moderada.

Tabla 4.34. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	EA9	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	75,06	23,81	1787,18	5634,00	566,92
2	80,63	23,95	1931,09	6501,20	573,60
3	150,38	27,38	4117,40	22614,14	749,66
4	171,36	31,06	5322,44	29364,25	964,72
5	181,84	36,93	6715,35	33065,79	1363,82
Total	659,27	143,13	19873,46	97179,38	4218,73

$$R = 0,8971$$

$$R^2 = 0,8048$$

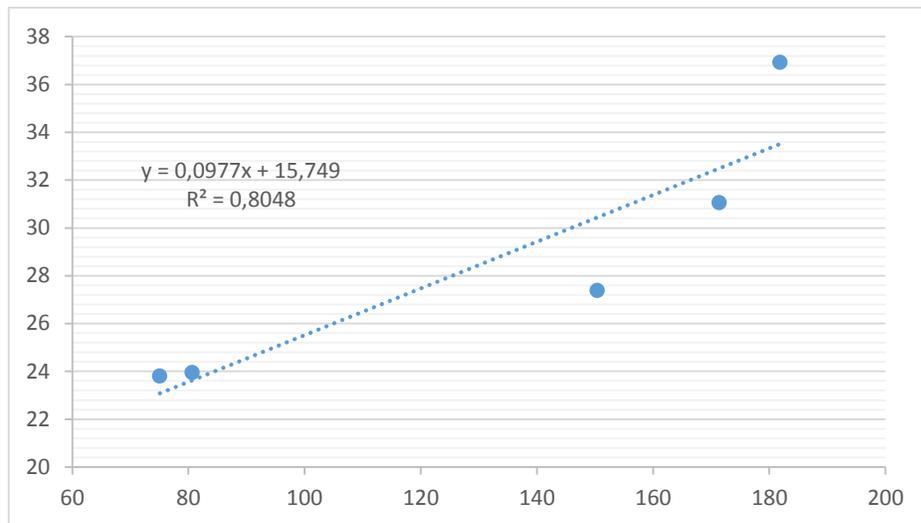


Figura 4.33. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Por medio del valor de R y la figura 4.33., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.35. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	EM3	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	80,12	23,81	1907,66	6419,21	566,92
2	135,44	23,95	3243,79	18343,99	573,60
3	145,93	27,38	3995,56	21295,56	749,66
4	150,21	31,06	4665,52	22563,04	964,72
5	160,37	36,93	5922,46	25718,54	1363,82
Total	672,07	143,13	19735,00	94340,35	4218,73

$$R = 0,7115$$

$$R^2 = 0,5063$$

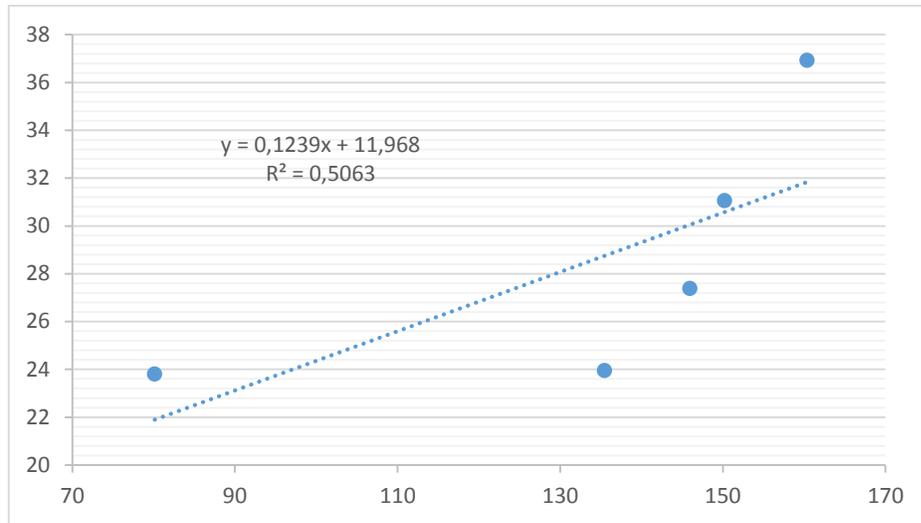


Figura 4.34. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Mediante la figura 4.34. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.36. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	EM6	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	135,14	23,81	3217,68	18262,82	566,92
2	163,74	23,95	3921,57	26810,79	573,60
3	167,08	27,38	4574,65	27915,73	749,66
4	170,4	31,06	5292,62	29036,16	964,72
5	171,34	36,93	6327,59	29357,40	1363,82
Total	807,7	143,13	23334,12	131382,89	4218,73

$$R = 0,6413$$

$$R^2 = 0,4113$$

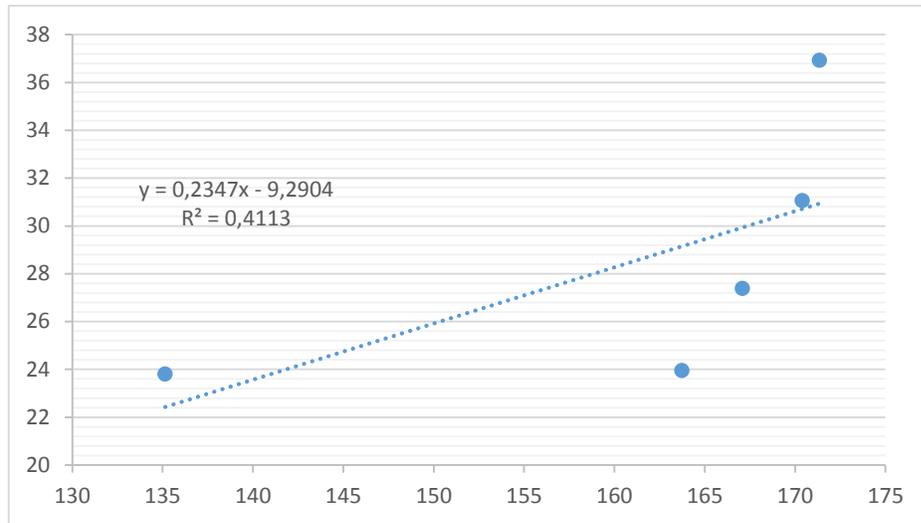


Figura 4.35. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Una vez obtenido el valor de R y la figura 4.35., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es moderada.

Tabla 4.37. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	EM9	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	143,29	23,81	3411,73	20532,02	566,92
2	148,51	23,95	3556,81	22055,22	573,60
3	156,95	27,38	4297,29	24633,30	749,66
4	157,71	31,06	4898,47	24872,44	964,72
5	165,26	36,93	6103,05	27310,87	1363,82
Total	771,72	143,13	22267,36	119403,86	4218,73

$$R = 0,9326$$

$$R^2 = 0,8697$$

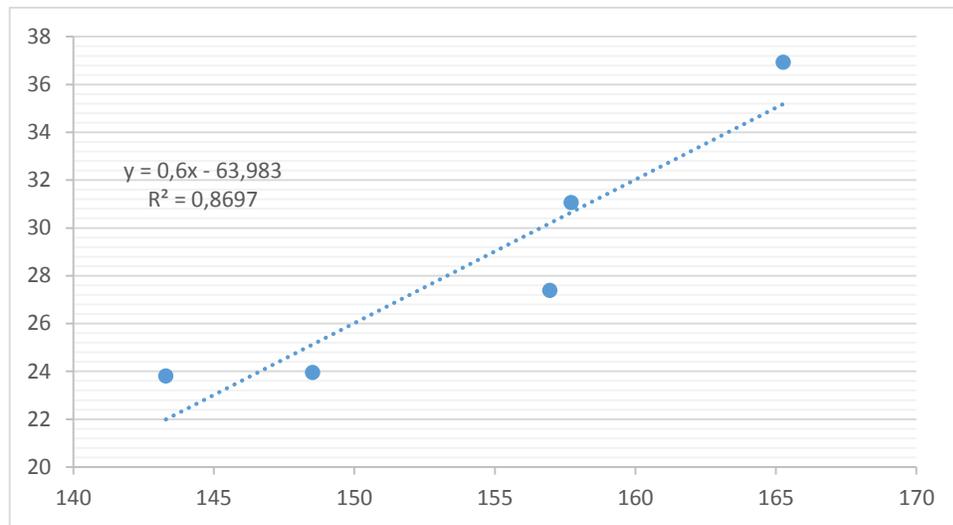


Figura 4.36. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Gracias a la figura 4.36. y al valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.38. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	PA3	E	ΣXY	ΣX²	Σy²
1	143,91	148,45	21363,44	20710,09	22037,40
2	154,49	149,65	23119,43	23867,16	22395,12
3	167,95	154,99	26030,57	28207,20	24021,90
4	171,33	164,05	28106,69	29353,97	26912,40
5	180,46	169,86	30652,94	32565,81	28852,42
Total	818,14	787	129273,06	134704,23	124219,25

$$R = 0,9277$$

$$R^2 = 0,8606$$

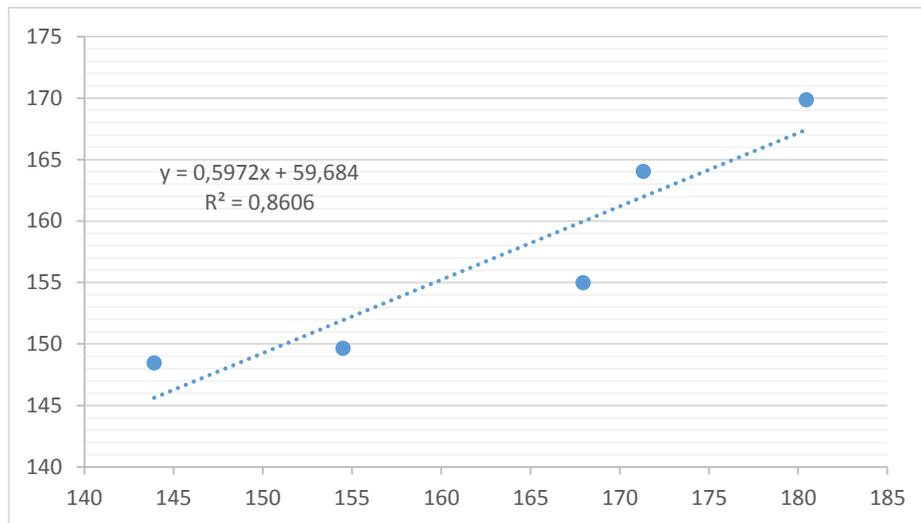


Figura 4.37. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Al observar la figura 4.37. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.39. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	PA6	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	190,92	148,45	28342,07	36450,45	22037,40
2	197,03	149,65	29485,54	38820,82	22395,12
3	205,54	154,99	31856,64	42246,69	24021,90
4	217,75	164,05	35721,89	47415,06	26912,40
5	220,81	169,86	37506,79	48757,06	28852,42
Total	1032,05	787	162912,93	213690,08	124219,25

$$R = 0,9773$$

$$R^2 = 0,9550$$

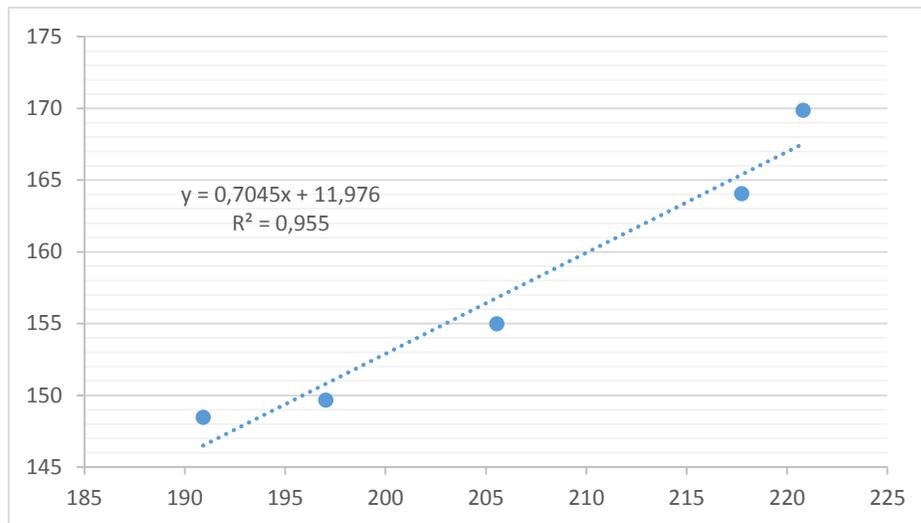


Figura 4.38. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Tras haber sido determinado el valor de R y la figura 4.38., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.40. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	PA9	E	ΣXY	ΣX^2	Σy^2
1	113,19	148,45	16803,06	12811,98	22037,40
2	118,59	149,65	17746,99	14063,59	22395,12
3	152	154,99	23558,48	23104,00	24021,90
4	153,73	164,05	25219,41	23632,91	26912,40
5	168,09	169,86	28551,77	28254,25	28852,42
Total	705,6	787	111879,70	101866,73	124219,25

Fuente: autor.

$$R = 0,9195$$

$$R^2 = 0,8455$$

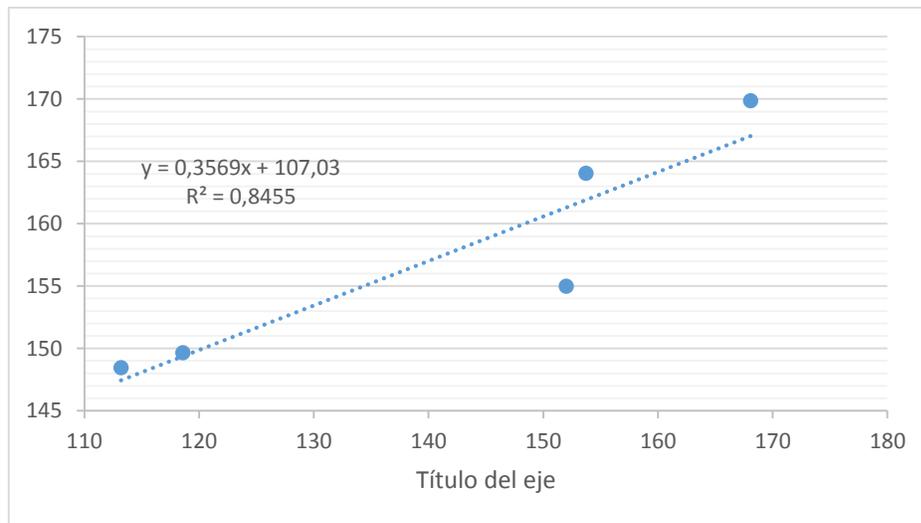


Figura 4.39. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

A través de la figura 4.39. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.41. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	PM3	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	114,42	148,45	16985,65	13091,94	22037,40
2	135,62	149,65	20295,53	18392,78	22395,12
3	138,3	154,99	21435,12	19126,89	24021,90
4	163,04	164,05	26746,71	26582,04	26912,40
5	199,53	169,86	33892,17	39812,22	28852,42
Total	750,91	787	119355,18	117005,87	124219,25

$$R = 0,9609$$

$$R^2 = 0,9234$$

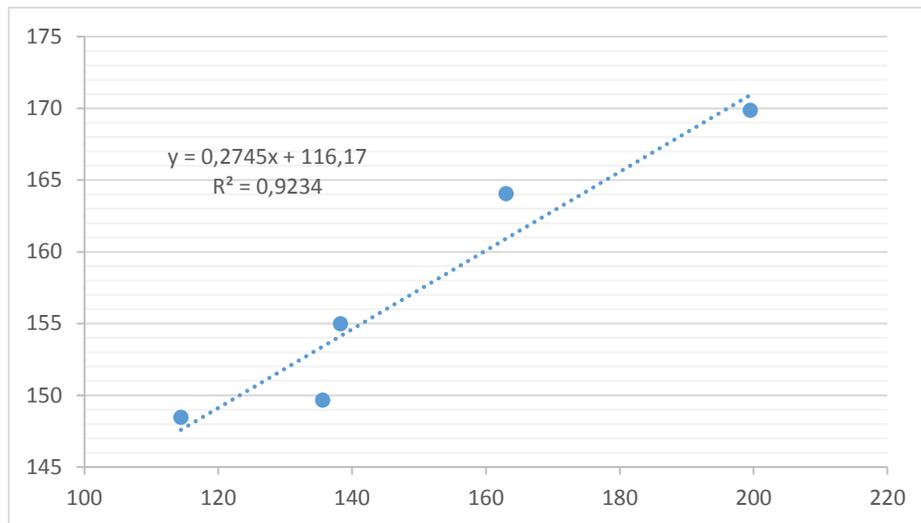


Figura 4.40. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Por medio del valor de R y la figura 4.40., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.42 Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	PM6	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	172,44	148,45	25598,72	29735,55	22037,40
2	231,92	149,65	34706,83	53786,89	22395,12
3	240,76	154,99	37315,39	57965,38	24021,90
4	271,77	164,05	44583,87	73858,93	26912,40
5	353,58	169,86	60059,10	125018,82	28852,42
Total	1270,47	787	202263,91	340365,57	124219,25

$$R = 0,9309$$

$$R^2 = 0,8666$$

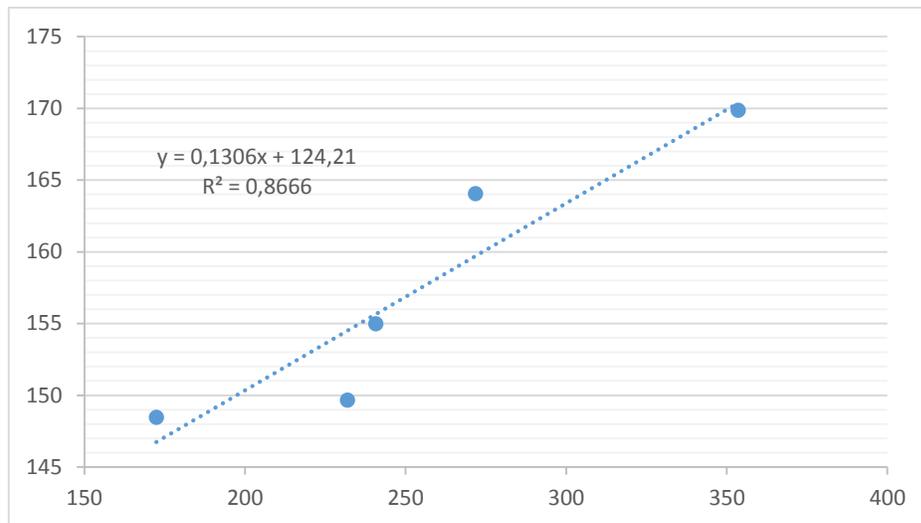


Figura 4.41. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Mediante la figura 4.41. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.43. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	PM9	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	163,17	148,45	24222,59	26624,45	22037,40
2	179,24	149,65	26823,27	32126,98	22395,12
3	181,69	154,99	28160,13	33011,26	24021,90
4	209,93	164,05	34439,02	44070,60	26912,40
5	256,31	169,86	43536,82	65694,82	28852,42
Total	990,34	787	157181,82	201528,10	124219,25

$$R = 0,9559$$

$$R^2 = 0,9137$$

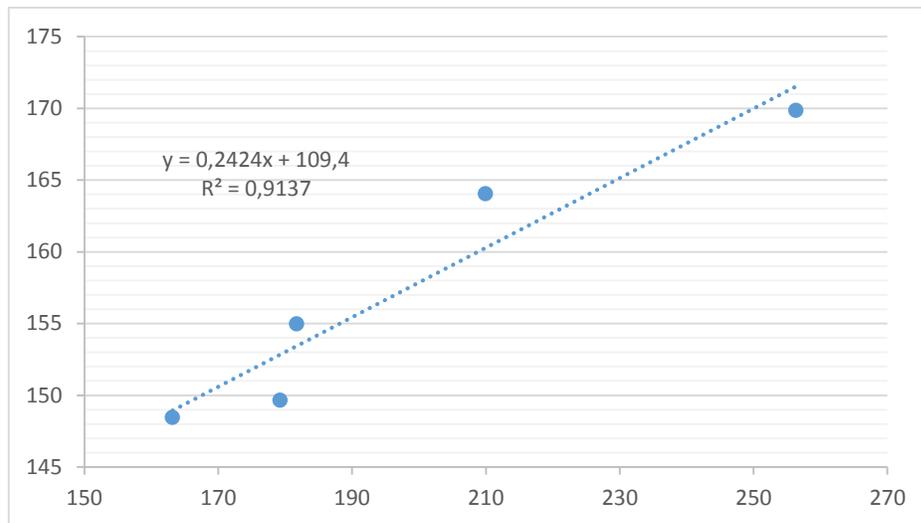


Figura 4.42. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Gracias al valor de R y la figura 4.42., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.44. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	EA3	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	143,25	148,45	21265,46	20520,56	22037,40
2	158,69	149,65	23747,96	25182,52	22395,12
3	177,51	154,99	27512,27	31509,80	24021,90
4	187,93	164,05	30829,92	35317,68	26912,40
5	316,52	169,86	53764,09	100184,91	28852,42
Total	983,9	787	157119,70	212715,47	124219,25

$$R = 0,8774$$

$$R^2 = 0,7697$$

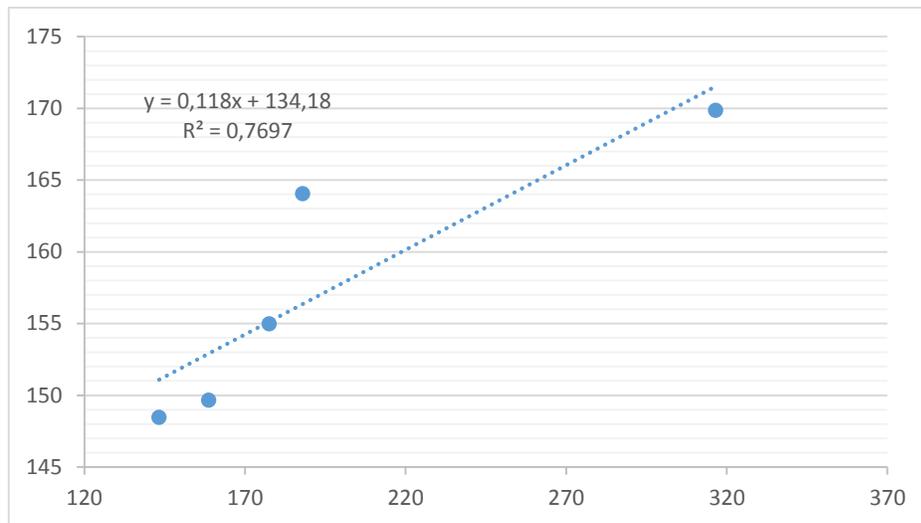


Figura 4.43. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Una vez obtenido la figura 4.43. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es alta.

Tabla 4.45. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	EA6	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	87,99	148,45	13062,12	7742,24	22037,40
2	160,54	149,65	24024,81	25773,09	22395,12
3	161,89	154,99	25091,33	26208,37	24021,90
4	175,6	164,05	28807,18	30835,36	26912,40
5	176,22	169,86	29932,73	31053,49	28852,42
Total	762,24	787	120918,17	121612,55	124219,25

$$R = 0,6887$$

$$R^2 = 0,4743$$

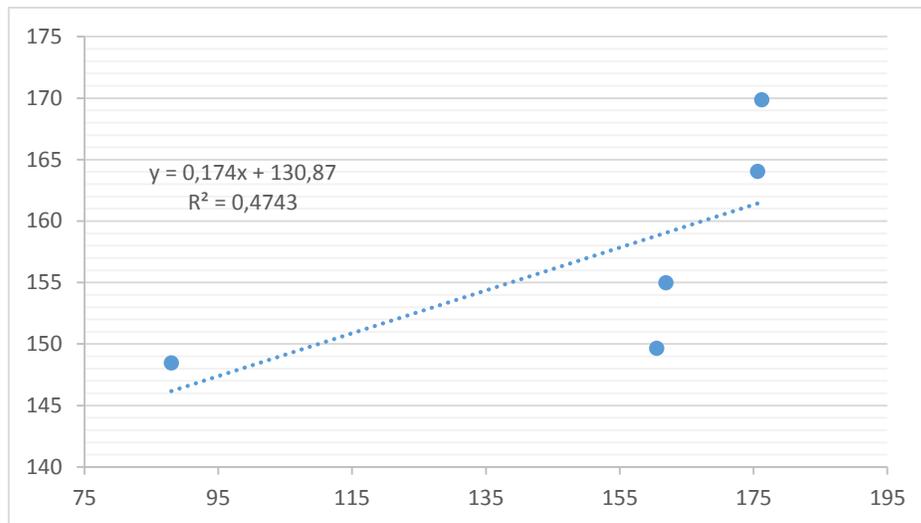


Figura 4.44. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Al observar el valor de R y la figura 4.44., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es moderada.

Tabla 4.46 Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	EA9	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	75,06	148,45	11142,66	5634,00	22037,40
2	80,63	149,65	12066,28	6501,20	22395,12
3	150,38	154,99	23307,40	22614,14	24021,90
4	171,36	164,05	28111,61	29364,25	26912,40
5	181,84	169,86	30887,34	33065,79	28852,42
Total	659,27	787	105515,28	97179,38	124219,25

$$R = 0,9279$$

$$R^2 = 0,8610$$

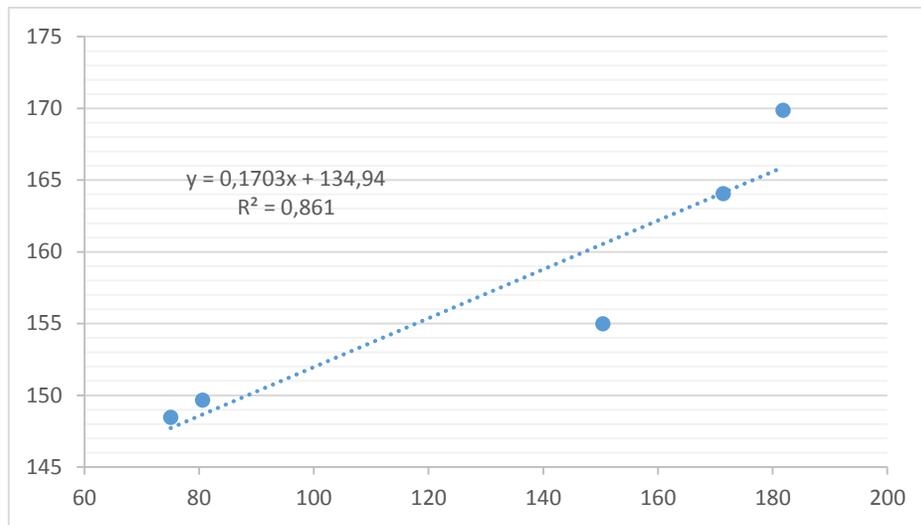


Figura 4.45. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Tras haber sido determinado el valor de R y la figura 4.45., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.47. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	EM3	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	80,12	148,45	11893,81	6419,21	22037,40
2	135,44	149,65	20268,60	18343,99	22395,12
3	145,93	154,99	22617,69	21295,56	24021,90
4	150,21	164,05	24641,95	22563,04	26912,40
5	160,37	169,86	27240,45	25718,54	28852,42
Total	672,07	787	106662,50	94340,35	124219,25

$$R = 0,7471$$

$$R^2 = 0,5581$$

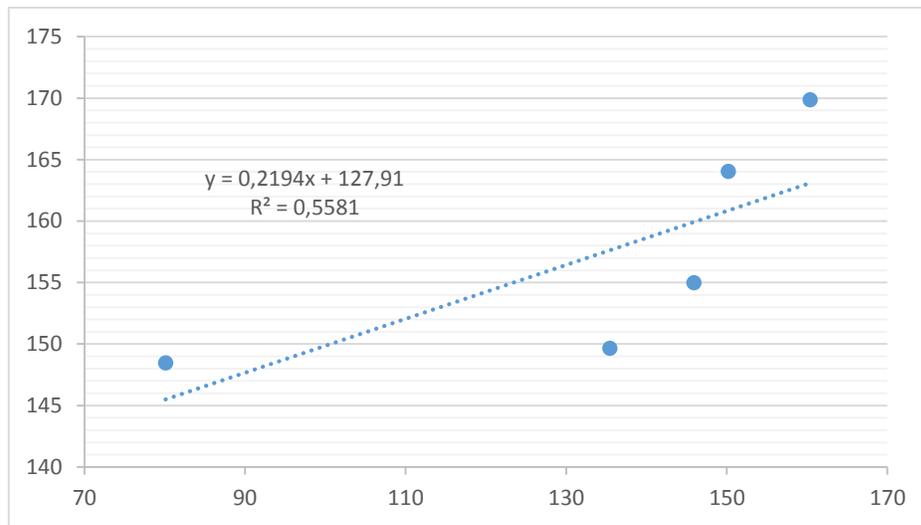


Figura 4.46. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

A través de la figura 4.46. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es alta.

Tabla 4.48. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	EM6	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	135,14	148,45	20061,53	18262,82	22037,40
2	163,74	149,65	24503,69	26810,79	22395,12
3	167,08	154,99	25895,73	27915,73	24021,90
4	170,4	164,05	27954,12	29036,16	26912,40
5	171,34	169,86	29103,81	29357,40	28852,42
Total	807,7	787	127518,89	131382,89	124219,25

$$R = 0,6912$$

$$R^2 = 0,4778$$

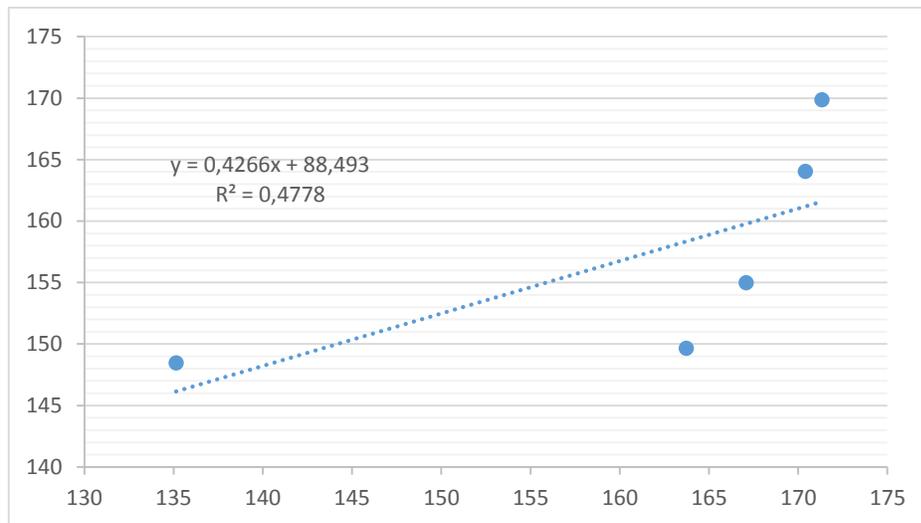


Figura 4.47. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Por medio del valor de R y la figura 4.47., se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es moderada.

Tabla 4.49. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)					
Replicas	EM9	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	143,29	148,45	21271,40	20532,02	22037,40
2	148,51	149,65	22224,52	22055,22	22395,12
3	156,95	154,99	24325,68	24633,30	24021,90
4	157,71	164,05	25872,33	24872,44	26912,40
5	165,26	169,86	28071,06	27310,87	28852,42
Total	771,72	787	121764,99	119403,86	124219,25

$$R = 0,9304$$

$$R^2 = 0,8657$$

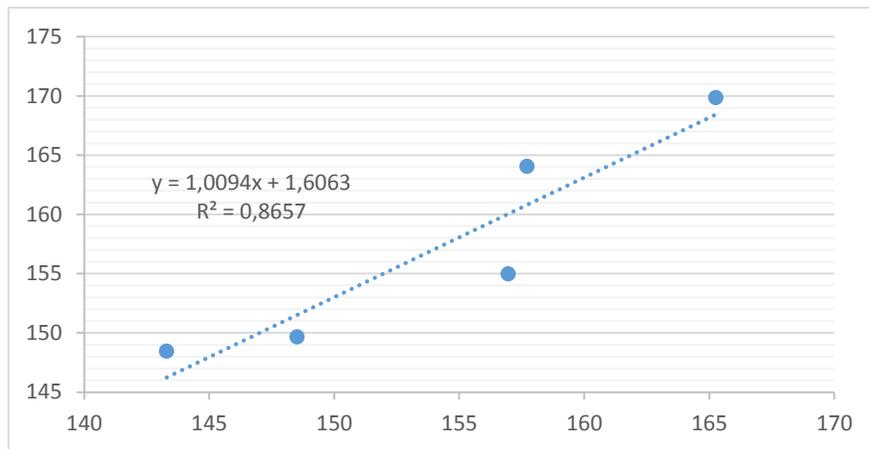


Figura 4.48. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Mediante la figura 4.48. y al valor de R, se interpreta que la correlación existente del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

4.2.1.4 Cálculo de la correlación de la energía de ruptura.

Tabla 4.50. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	PA3	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,07	3,14	6,50	4,28	9,86
2	2,39	3,45	8,25	5,71	11,90
3	2,63	3,77	9,92	6,92	14,21
4	3,56	4,08	14,52	12,67	16,65
5	6,11	4,39	26,82	37,33	19,27
Total	16,76	18,83	66,01	66,92	71,89

$$R = 0,8909$$

$$R^2 = 0,7937$$

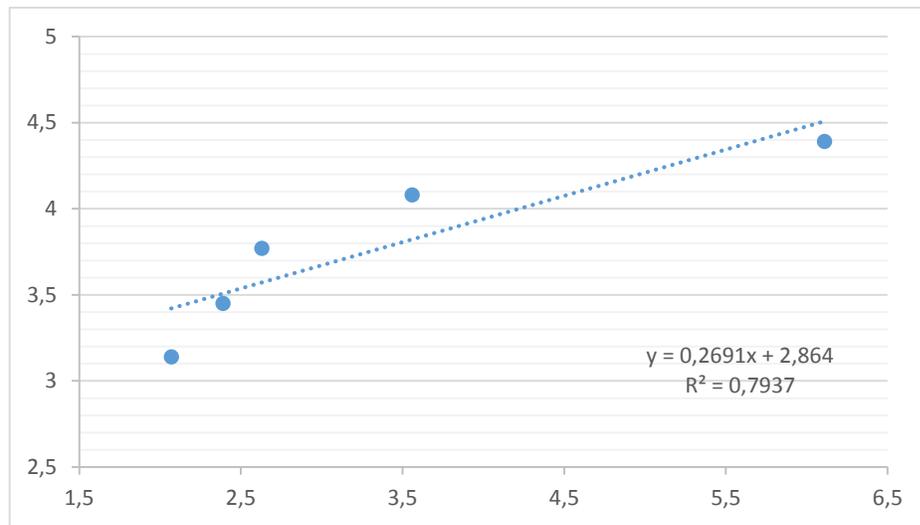


Figura 4.49. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Gracias al valor de R y a la figura 4.49., se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.51. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	PA6	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,59	3,14	8,13	6,71	9,86
2	2,61	3,45	9,00	6,81	11,90
3	2,96	3,77	11,16	8,76	14,21
4	3,77	4,08	15,38	14,21	16,65
5	4,08	4,39	17,91	16,65	19,27
Total	16,01	18,83	61,59	53,14	71,89

$$R = 0,9553$$

$$R^2 = 0,9125$$

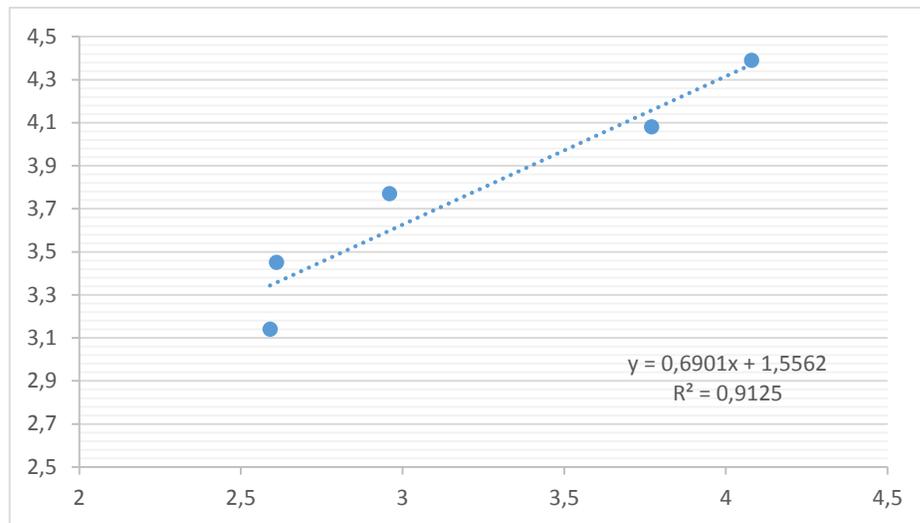


Figura 4.50. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Una vez obtenido la figura 4.50. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.52. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	PA9	P	ΣXY	ΣX^2	Σy^2
1	1,54	3,14	4,84	2,37	9,86
2	1,54	3,45	5,31	2,37	11,90
3	1,54	3,77	5,81	2,37	14,21
4	1,65	4,08	6,73	2,72	16,65
5	2,21	4,39	9,70	4,88	19,27
Total	8,48	18,83	32,39	14,72	71,89

$$R = 0,7850$$

$$R^2 = 0,6162$$

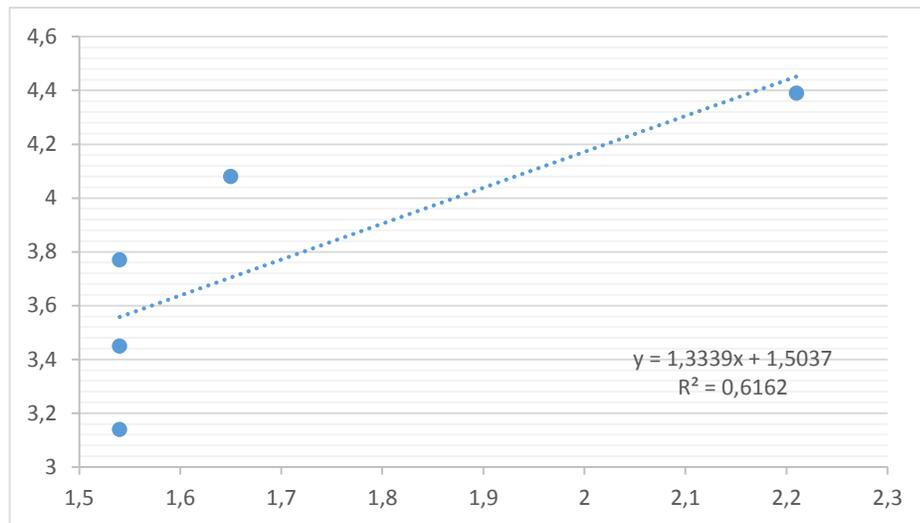


Figura 4.51. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Al observar la figura 4.51. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.53. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	PM3	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,04	3,14	6,41	4,45	9,86
2	2,11	3,45	7,28	4,54	11,90
3	2,13	3,77	8,03	6,35	14,21
4	2,52	4,08	10,28	16,48	16,65
5	4,06	4,39	17,82	4,45	19,27
Total	12,86	18,83	49,82	35,98	71,89

$$R = 0,8231$$

$$R^2 = 0,6775$$

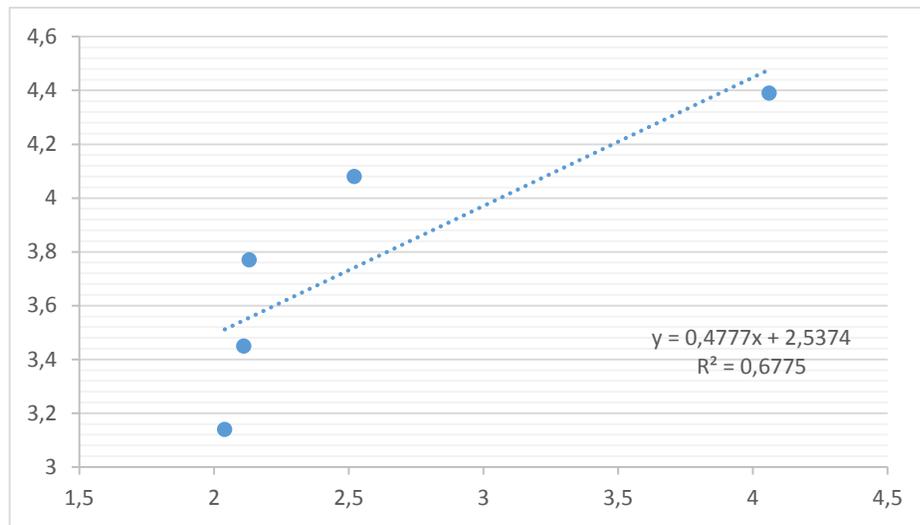


Figura 4.52. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Tras haber sido determinado el valor de R y la figura 4.52., se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.54. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	PM6	P	ΣXY	ΣX^2	Σy^2
1	1,97	3,14	6,19	3,88	9,86
2	2,09	3,45	7,21	4,37	11,90
3	2,16	3,77	8,14	4,67	14,21
4	2,21	4,08	9,02	4,88	16,65
5	4,61	4,39	20,24	21,25	19,27
Total	13,04	18,83	50,79	39,05	71,89

$$R = 0,7584$$

$$R^2 = 0,5751$$

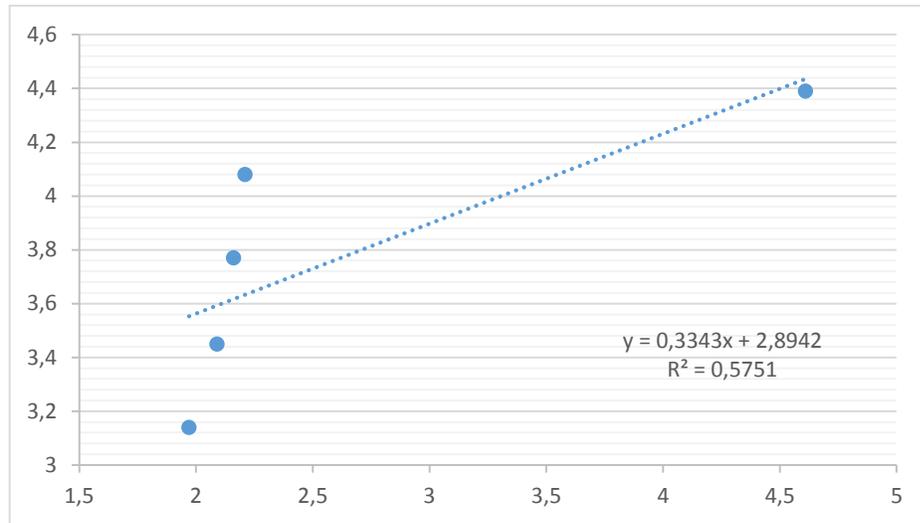


Figura 4.53. Correlación del esfuerzo de flexión entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

A través de la figura 4.53. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.55. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	PM9	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,02	3,14	6,34	4,08	9,86
2	2,16	3,45	7,45	4,67	11,90
3	2,25	3,77	8,48	5,06	14,21
4	2,32	4,08	9,47	5,38	16,65
5	2,49	4,39	10,93	6,20	19,27
Total	11,24	18,83	42,67	25,39	71,89

$$R = 0,9895$$

$$R^2 = 0,9791$$

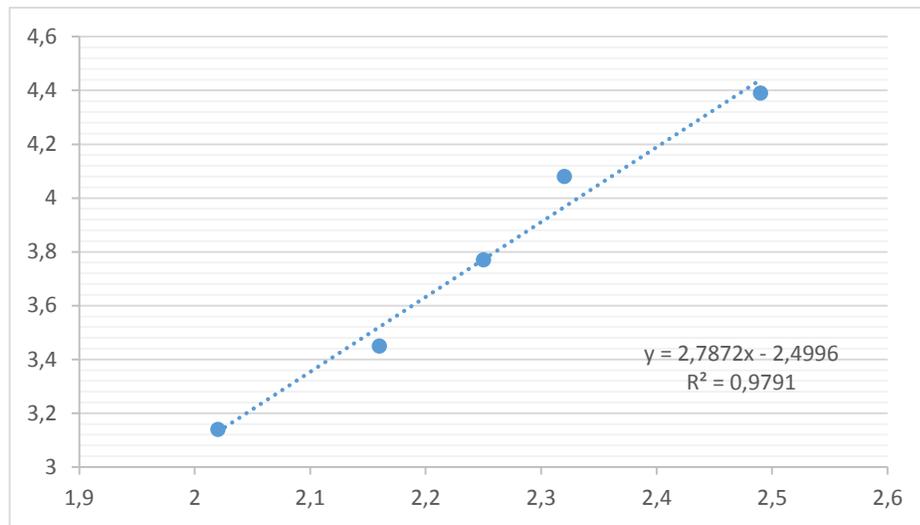


Figura 4.54. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Por medio del valor de R y la figura 4.54., se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.56. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	EA3	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,25	3,14	7,07	5,06	9,86
2	2,28	3,45	7,87	5,20	11,90
3	2,42	3,77	9,12	5,86	14,21
4	2,76	4,08	11,26	7,62	16,65
5	2,96	4,39	12,99	8,76	19,27
Total	12,67	18,83	48,31	32,50	71,89

$$R = 0,9607$$

$$R^2 = 0,9229$$

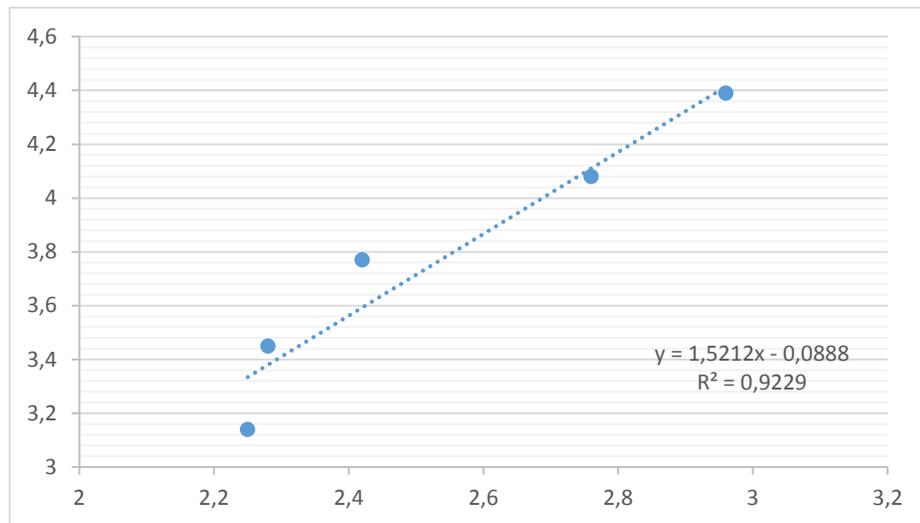


Figura 4.55. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Mediante la figura 4.55. y al valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.57. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	EA6	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,3	3,14	7,22	5,29	9,86
2	2,66	3,45	9,18	7,08	11,90
3	2,79	3,77	10,52	7,78	14,21
4	2,93	4,08	11,95	8,58	16,65
5	2,96	4,39	12,99	8,76	19,27
Total	13,64	18,83	51,87	37,50	71,89

$$R = 0,9401$$

$$R^2 = 0,8837$$

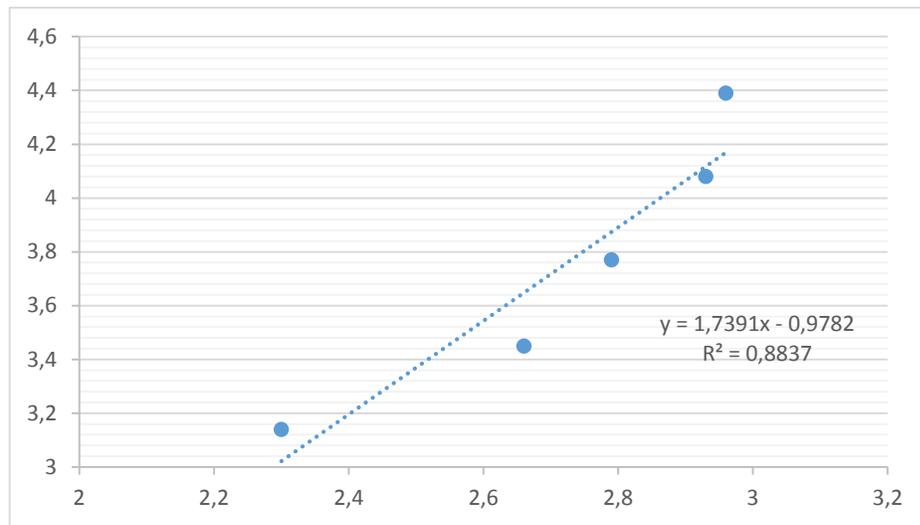


Figura 4.56. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Una vez obtenido el valor de R y la figura 4.56., se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.58. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	EA9	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,98	3,14	9,36	8,88	9,86
2	3,34	3,45	11,52	11,16	11,90
3	3,36	3,77	12,67	11,29	14,21
4	3,72	4,08	15,18	13,84	16,65
5	6,62	4,39	29,06	43,82	19,27
Total	20,02	18,83	77,79	88,99	71,89

$$R = 0,8132$$

$$R^2 = 0,6612$$

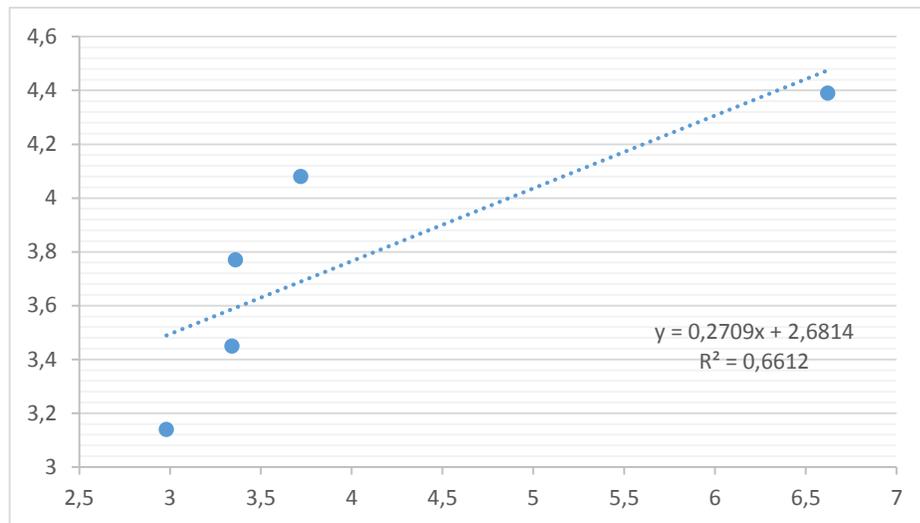


Figura 4.57. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Gracias a la figura 4.57. y al valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.59. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	EM3	P	ΣXY	ΣX^2	Σy^2
1	2,21	3,14	6,94	4,88	9,86
2	2,49	3,45	8,59	6,20	11,90
3	2,52	3,77	9,50	6,35	14,21
4	7,26	4,08	29,62	52,71	16,65
5	7,64	4,39	33,54	58,37	19,27
Total	22,12	18,83	88,19	128,51	71,89

$$R = 0,8917$$

$$R^2 = 0,7952$$

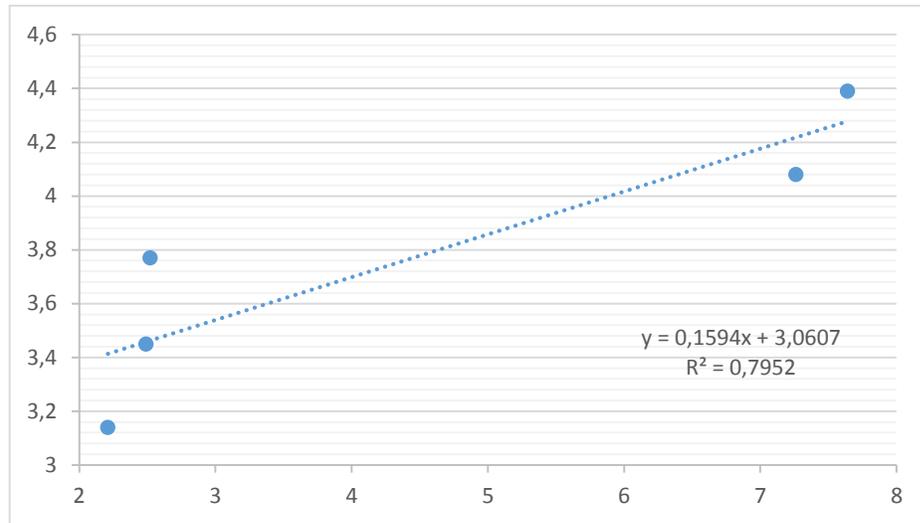


Figura 4.58. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Al observar el valor de R y la figura 4.58., se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.60. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	EM6	P	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,52	3,14	7,91	6,35	9,86
2	2,76	3,45	9,52	7,62	11,90
3	2,91	3,77	10,97	8,47	14,21
4	3,21	4,08	13,10	10,30	16,65
5	3,52	4,39	15,45	12,39	19,27
Total	14,92	18,83	56,96	45,13	71,89

$$R = 0,9919$$

$$R^2 = 0,9839$$

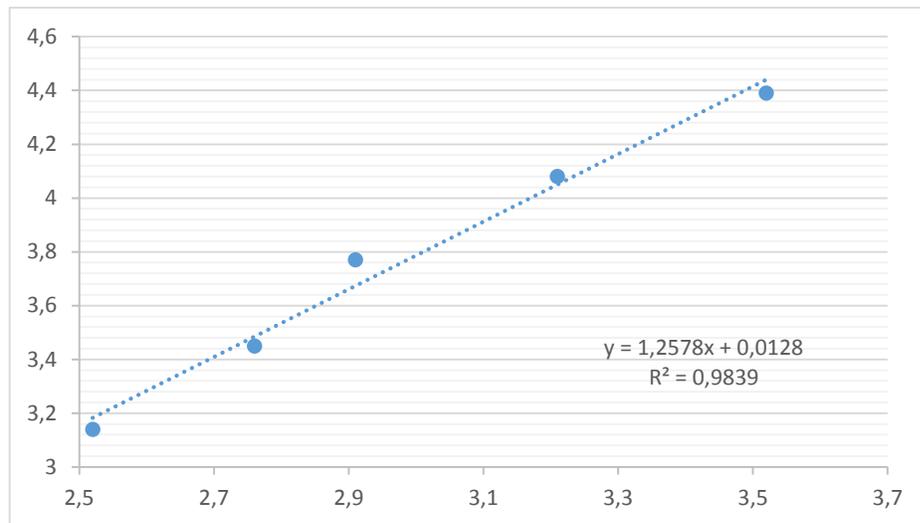


Figura 4.59. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Tras haber sido determinad el valor de R y la figura 4.59., se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es muy alta.

Tabla 4.61. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	EM9	P	ΣXY	ΣX^2	Σy^2
1	2,37	3,14	7,44	5,62	9,86
2	2,44	3,45	8,42	5,95	11,90
3	2,52	3,77	9,50	6,35	14,21
4	2,86	4,08	11,67	8,18	16,65
5	7,62	4,39	33,45	58,06	19,27
Total	17,81	18,83	70,48	84,16	71,89

$$R = 0,7564$$

$$R^2 = 0,5721$$

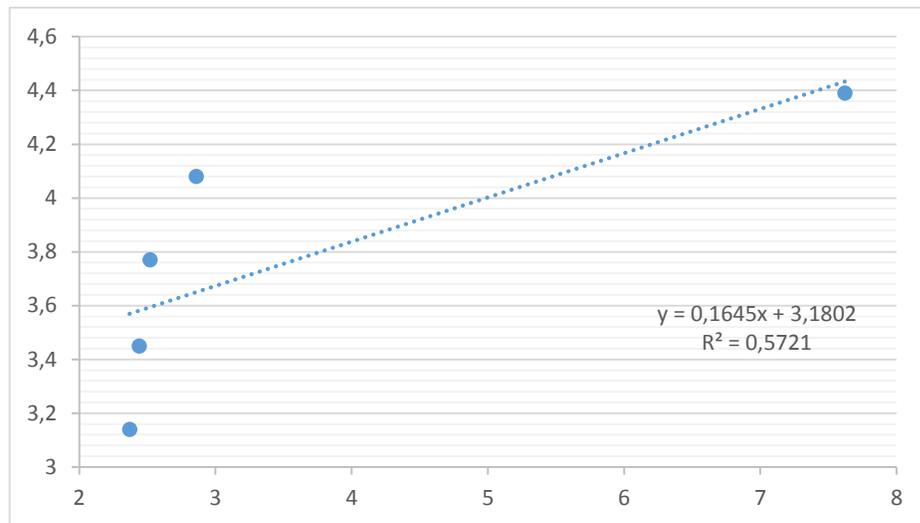


Figura 4.60. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P).

A través de la figura 4.60. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina poliéster (P) es alta.

Tabla 4.62. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	PA3	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,07	2,9	6,00	4,28	8,41
2	2,39	3,36	8,03	5,71	11,29
3	2,63	3,74	9,84	6,92	13,99
4	3,56	6,31	22,46	12,67	39,82
5	6,11	6,42	39,23	37,33	41,22
Total	16,76	22,73	85,56	66,92	114,72

$$R = 0,8471$$

$$R^2 = 0,7175$$

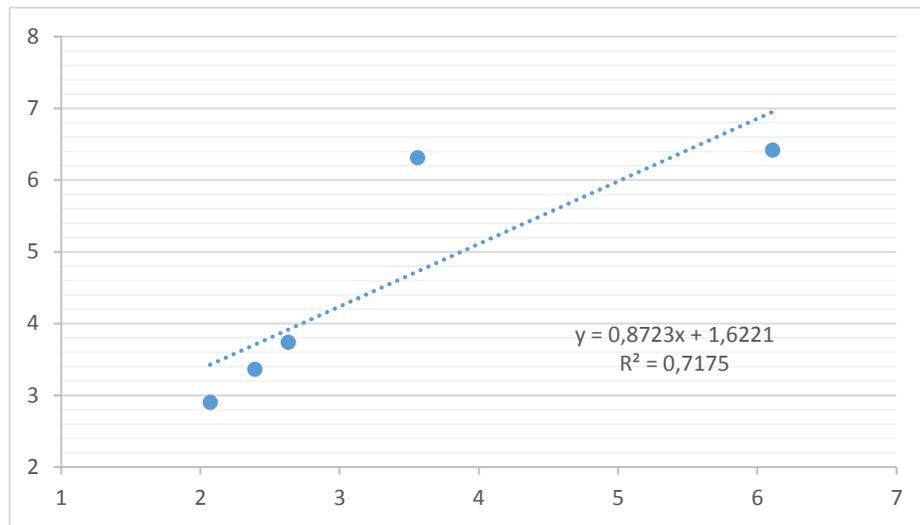


Figura 4.61. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Por medio del valor de R y la figura 4.61., se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (PA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es alta.

Tabla 4.63. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	PA6	E	ΣXY	ΣX^2	Σy^2
1	2,59	2,9	7,51	6,71	8,41
2	2,61	3,36	8,77	6,81	11,29
3	2,96	3,74	11,07	8,76	13,99
4	3,77	6,31	23,79	14,21	39,82
5	4,08	6,42	26,19	16,65	41,22
Total	16,01	22,73	77,33	53,14	114,72

$$R = 0,9845$$

$$R^2 = 0,9692$$

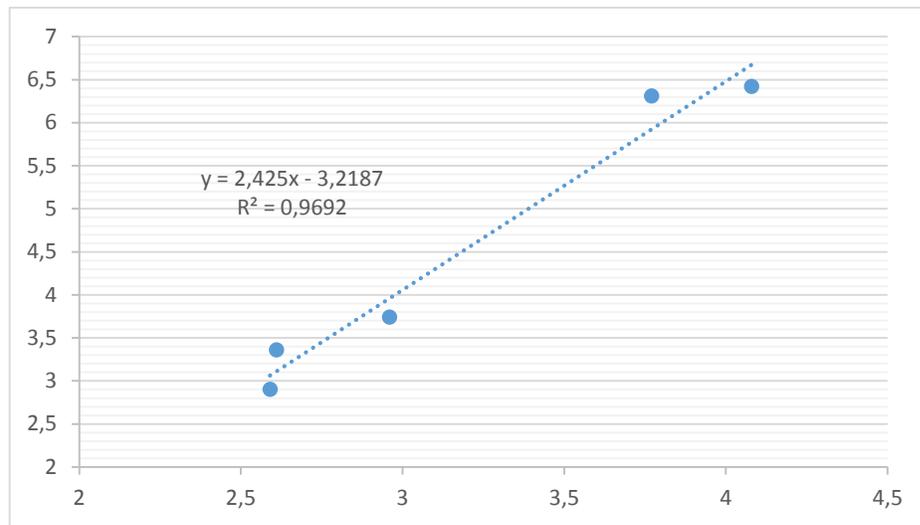


Figura 4.62. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Mediante la figura 4.62. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (PA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.64. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	PA9	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	1,54	2,9	4,47	2,37	8,41
2	1,54	3,36	5,17	2,37	11,29
3	1,54	3,74	5,76	2,37	13,99
4	1,65	6,31	10,41	2,72	39,82
5	2,21	6,42	14,19	4,88	41,22
Total	8,48	22,73	40,00	14,72	114,72

$$R = 0,7374$$

$$R^2 = 0,5438$$

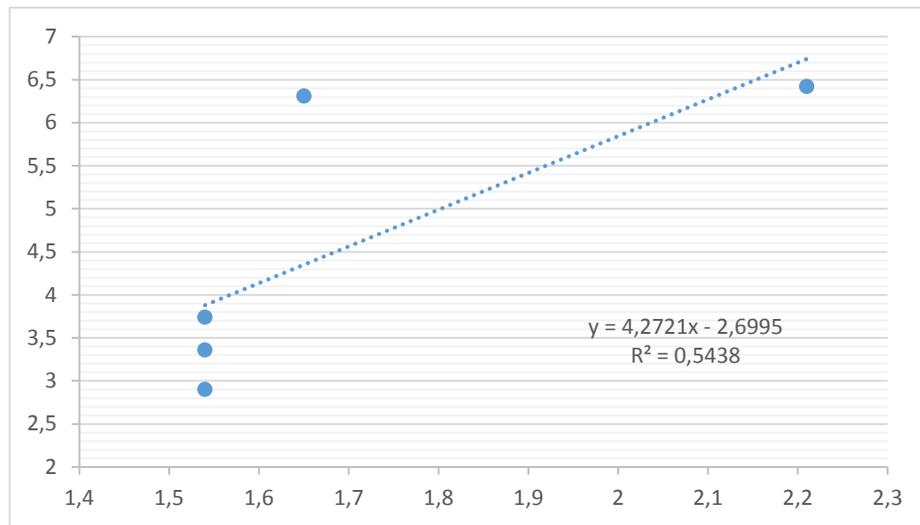


Figura 4.63. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Gracias al valor de R y la figura 4.63., se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (PA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es alta.

Tabla 4.65. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	PM3	E	ΣXY	ΣX^2	Σy^2
1	2,04	2,9	7,09	4,45	11,29
2	2,11	3,36	7,97	4,54	13,99
3	2,13	3,74	15,90	6,35	39,82
4	2,52	6,31	26,07	16,48	41,22
5	4,06	6,42	7,09	4,45	11,29
Total	12,86	22,73	62,94	35,98	114,72

$$R = 0,7778$$

$$R^2 = 0,6049$$

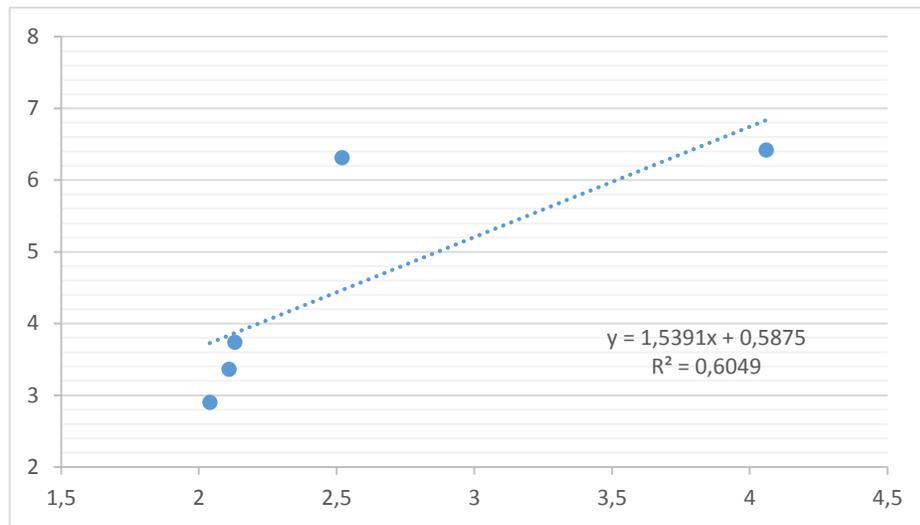


Figura 4.64. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Una vez obtenida la figura 4.64.y el valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (PM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es alta.

Tabla 4.66 Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + epóxica (E).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	PM6	E	ΣXY	ΣX^2	Σy^2
1	1,97	2,9	5,71	3,88	11,29
2	2,09	3,36	7,02	4,37	13,99
3	2,16	3,74	8,08	4,67	39,82
4	2,21	6,31	13,95	4,88	41,22
5	4,61	6,42	29,60	21,25	11,29
Total	13,04	22,73	64,36	39,05	114,72

$$R = 0,6697$$

$$R^2 = 0,4485$$

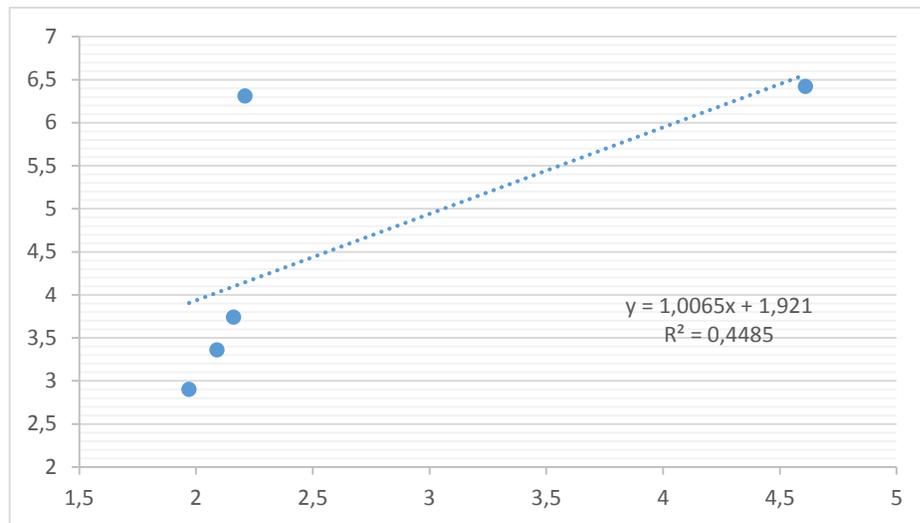


Figura 4.65. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Al observar la figura 4.65. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (PM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es moderada.

Tabla 4.67. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	PM9	E	ΣXY	ΣX^2	Σy^2
1	2,02	2,9	5,86	4,08	11,29
2	2,16	3,36	7,26	4,67	13,99
3	2,25	3,74	8,42	5,06	39,82
4	2,32	6,31	14,64	5,38	41,22
5	2,49	6,42	15,99	6,20	11,29
Total	11,24	22,73	52,16	25,39	114,72

$$R = 0,8926$$

$$R^2 = 0,7968$$

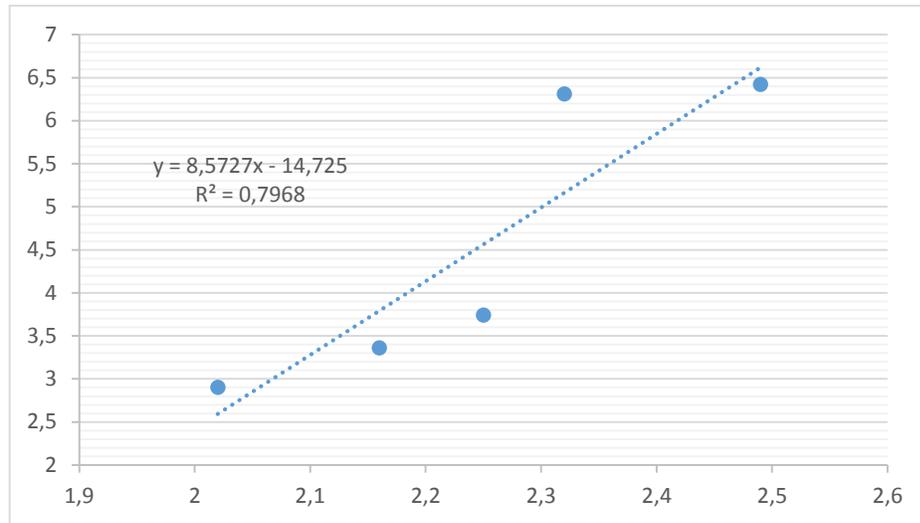


Figura 4.66. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Tras haber sido determinado el valor de R y la figura 4.66., se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina poliéster + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (PM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es alta.

Tabla 4.68. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	EA3	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,25	2,9	6,53	5,06	11,29
2	2,28	3,36	7,66	5,20	13,99
3	2,42	3,74	9,05	5,86	39,82
4	2,76	6,31	17,42	7,62	41,22
5	2,96	6,42	19,00	8,76	11,29
Total	12,67	22,73	59,66	32,50	114,72

$$R = 0,9754$$

$$R^2 = 0,9514$$

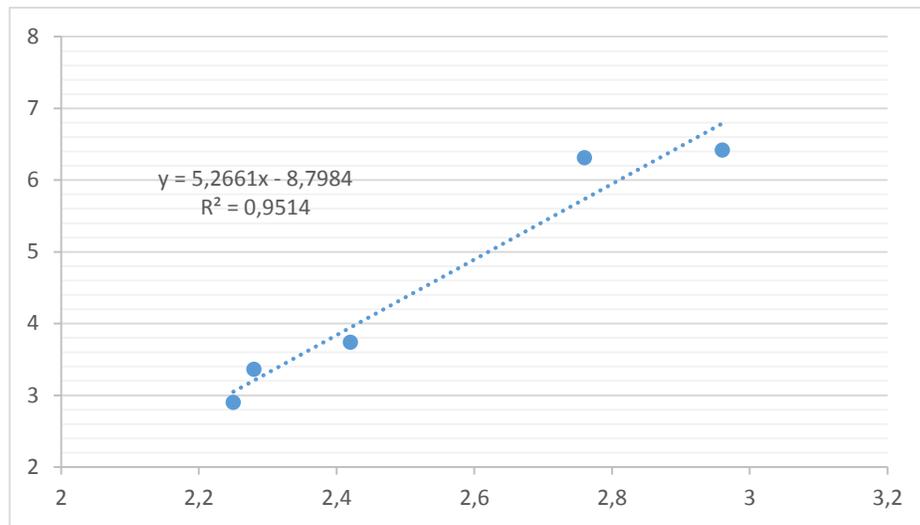


Figura 4.67. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

A través de la figura 4.67.y al valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de aluminio (EA3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.69. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	EA6	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,3	2,9	6,67	5,29	11,29
2	2,66	3,36	8,94	7,08	13,99
3	2,79	3,74	10,43	7,78	39,82
4	2,93	6,31	18,49	8,58	41,22
5	2,96	6,42	19,00	8,76	11,29
Total	13,64	22,73	63,53	37,50	114,72

$$R = 0,8453$$

$$R^2 = 0,7145$$

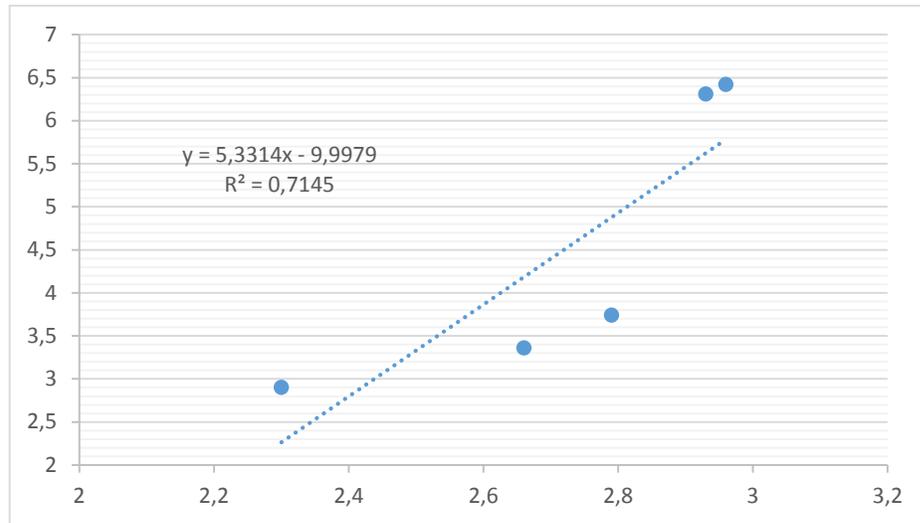


Figura 4.68. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Por medio del valor de R y la figura 4.68., se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de aluminio (EA6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es alta.

Tabla 4.70 Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	EA9	E	ΣXY	ΣX^2	Σy^2
1	2,98	2,9	8,64	8,88	11,29
2	3,34	3,36	11,22	11,16	13,99
3	3,36	3,74	12,57	11,29	39,82
4	3,72	6,31	23,47	13,84	41,22
5	6,62	6,42	42,50	43,82	11,29
Total	20,02	22,73	98,40	88,99	114,72

$$R = 0,7373$$

$$R^2 = 0,5437$$

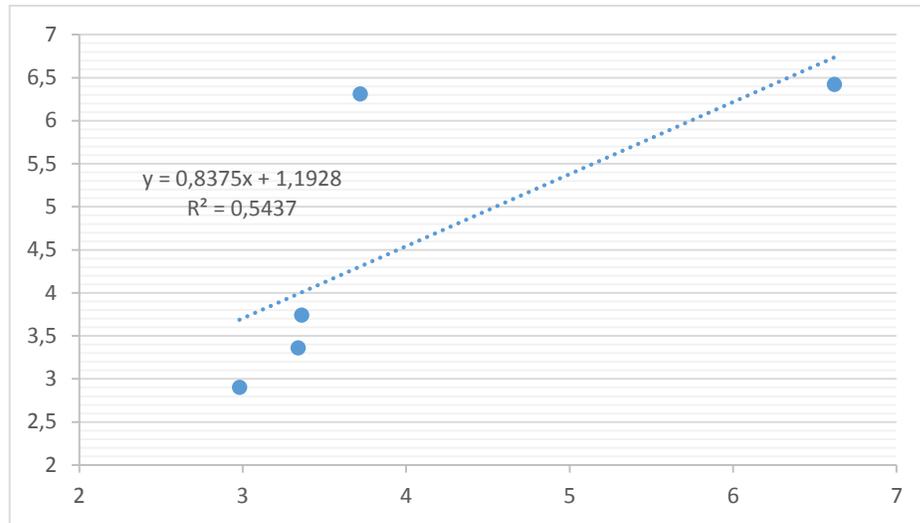


Figura 4.69. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Mediante la figura 4.69. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de aluminio (EA9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es alta.

Tabla 4.71. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	EM3	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,21	2,9	6,41	4,88	11,29
2	2,49	3,36	8,37	6,20	13,99
3	2,52	3,74	9,42	6,35	39,82
4	7,26	6,31	45,81	52,71	41,22
5	7,64	6,42	49,05	58,37	11,29
Total	22,12	22,73	119,06	128,51	114,72

$$R = 0,9902$$

$$R^2 = 0,9806$$

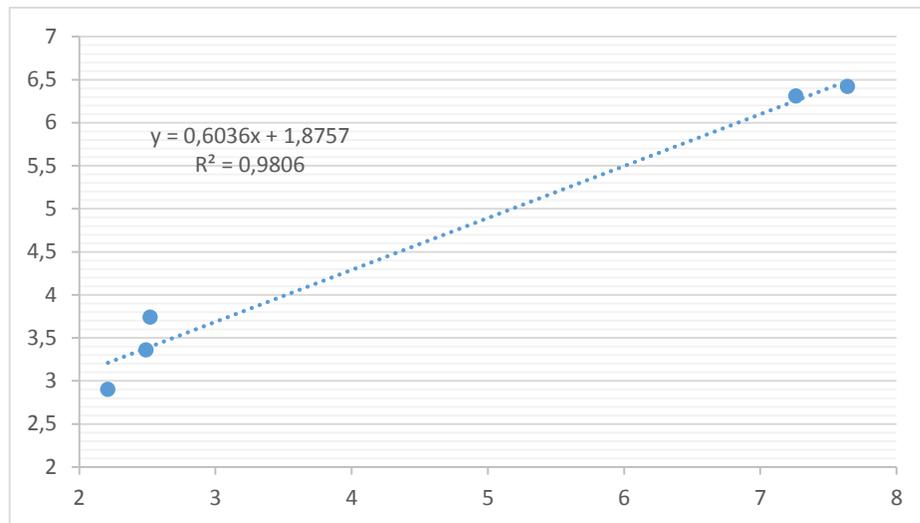


Figura 4.70. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Una vez obtenido el valor de R y la figura 4.70., se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 3% de hidróxido de magnesio (EM3) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.72. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	EM6	E	$\sum XY$	$\sum X^2$	$\sum y^2$
1	2,52	2,9	7,31	6,35	11,29
2	2,76	3,36	9,27	7,62	13,99
3	2,91	3,74	10,88	8,47	39,82
4	3,21	6,31	20,26	10,30	41,22
5	3,52	6,42	22,60	12,39	11,29
Total	14,92	22,73	70,32	45,13	114,72

$$R = 0,9460$$

$$R^2 = 0,8950$$

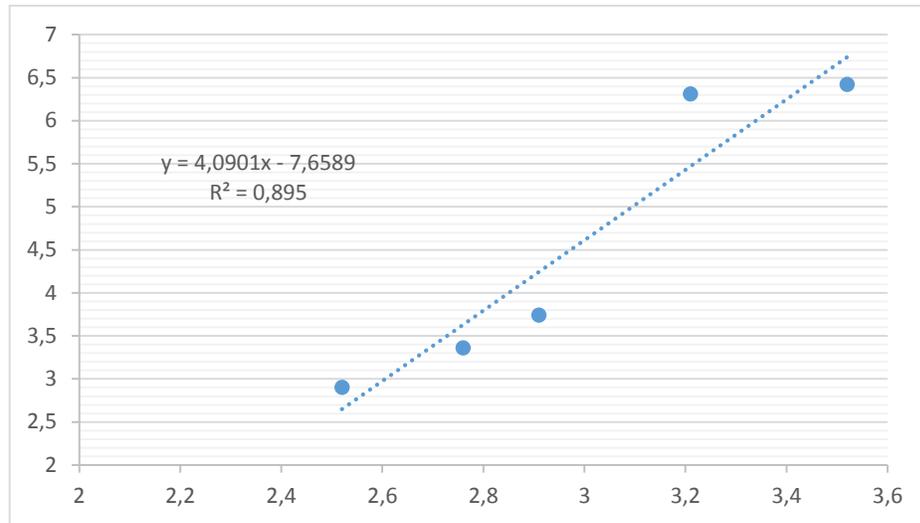


Figura 4.71. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Gracias a la figura 4.71. y al valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 6% de hidróxido de magnesio (EM6) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es muy alta.

Tabla 4.73. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Energía de ruptura (J)					
Replicas	EM9	E	ΣXY	ΣX^2	Σy^2
1	2,37	2,9	6,87	5,62	11,29
2	2,44	3,36	8,20	5,95	13,99
3	2,52	3,74	9,42	6,35	39,82
4	2,86	6,31	18,05	8,18	41,22
5	7,62	6,42	48,92	58,06	11,29
Total	17,81	22,73	91,46	84,16	114,72

$$R = 0,6834$$

$$R^2 = 0,4670$$

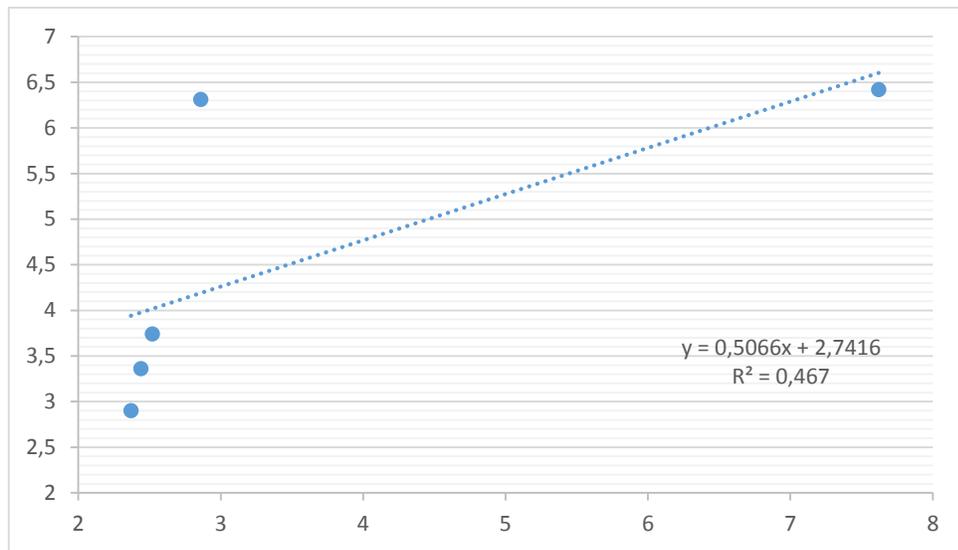


Figura 4.72. Correlación de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E).

Al observar la figura 4.72. y el valor de R, se interpreta que la correlación existente de la energía de ruptura entre un material de fibra de vidrio + resina epóxica + retardante de llama al 9% de hidróxido de magnesio (EM9) y un material de fibra de vidrio + resina epóxica (E) es moderada.

4.2.2 Comparación de resultados

Los valores obtenidos se comparan con los 2 grupos explicados en el punto 4.2.1.1, estos grupos será denominados como 13 y 14.

Siendo 13 aquel constituido de fibra de vidrio 30% + resina poliéster 70% aquel denominado como P cuyos datos pueden encontrarse en [1] y 14 aquel constituido de fibra de vidrio 30% + resina epóxica 70% o conocido como E cuyos datos se encuentran en el Anexo A.11.

Por lo que al comparar sus resultados se evidenciará la variación acontecida en las propiedades mecánicas debida a la adición de los retardantes en los materiales compuestos poliméricos.

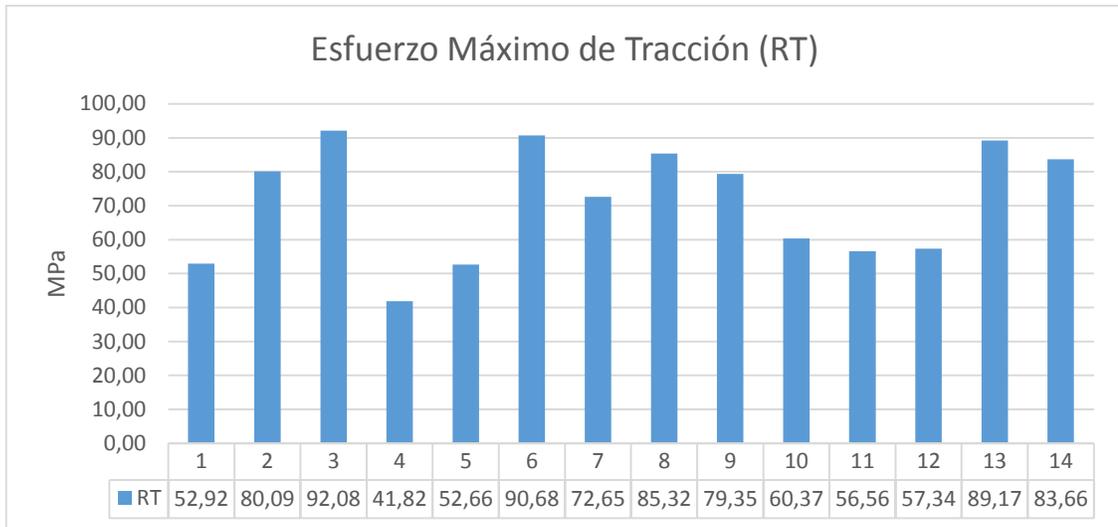


Figura 4.73. Comparación resultados del esfuerzo máximo de tracción (RT)

En la figura 4.73 se observa los valores obtenidos de RT, como se puede evidenciar 2 grupos obtuvieron valores superiores a los del grupo 13 cuyo valor es de 83.66 MPa, el que obtuvo un mayor valor fue el grupo 3 con 92.08 MPa y el grupo 6 con un valor de 90.68 MPa, mientras que para el grupo 14 cuyo valor es de 83.664 MPa, los grupos que obtuvieron mayores valores fueron además del 3 y el 6 el grupo 8 con un valor de 85,32 MPa, por lo que para obtener el mayor valor posible de RT debe utilizarse la composición del grupo 3 la cual consta de 30% de fibra de vidrio, 61% de resina poliéster y 9% de hidróxido de aluminio.

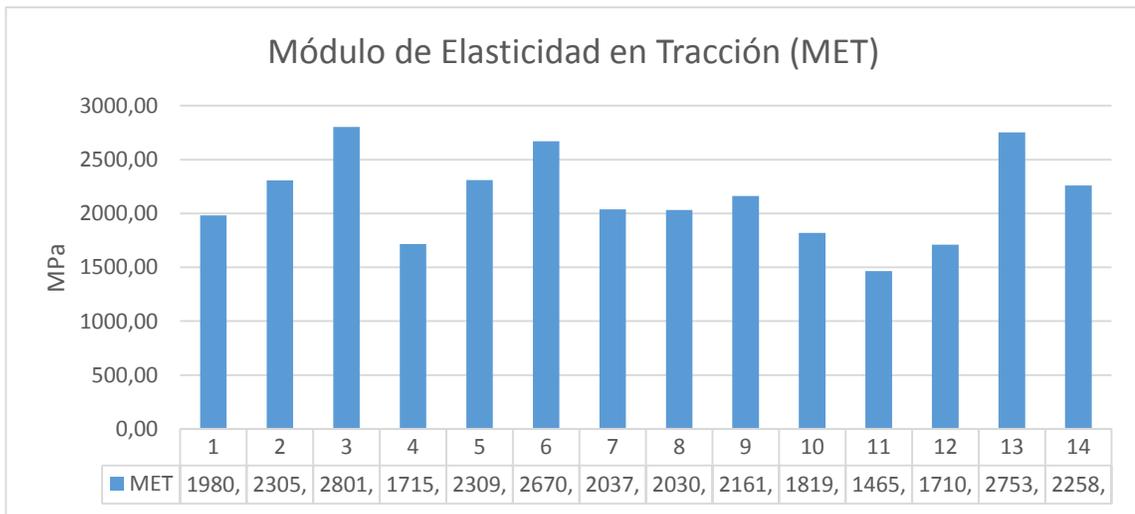


Figura 4.74. Comparación resultados de módulo de elasticidad en tracción (MET)

La comparación de los valores de MET se observa en la figura 4.74, como se puede apreciar 1 grupo obtuvo un valor superior a los del grupo 13 cuyo valor es de 2753,15 MPa, aquel grupo que obtuvo un mayor valor fue el grupo 3 con 2801,40 MPa; mientras que para el grupo 14 cuyo valor es de 2258,80 MPa, 4 grupos obtuvieron valores superiores el que obtuvo un mayor valor fue el grupo 3; seguido del grupo 6 con un valor de 2670,30 MPa, en tercer lugar el grupo 5 con un valor de 2309,97 MPa, y finalmente el grupo 2 con 2305,82 MPa, por lo que para obtener el mayor valor posible de MET debe utilizarse la composición del grupo 3 la cual consta de 30% de fibra de vidrio, 61% de resina poliéster y 9% de hidróxido de aluminio.

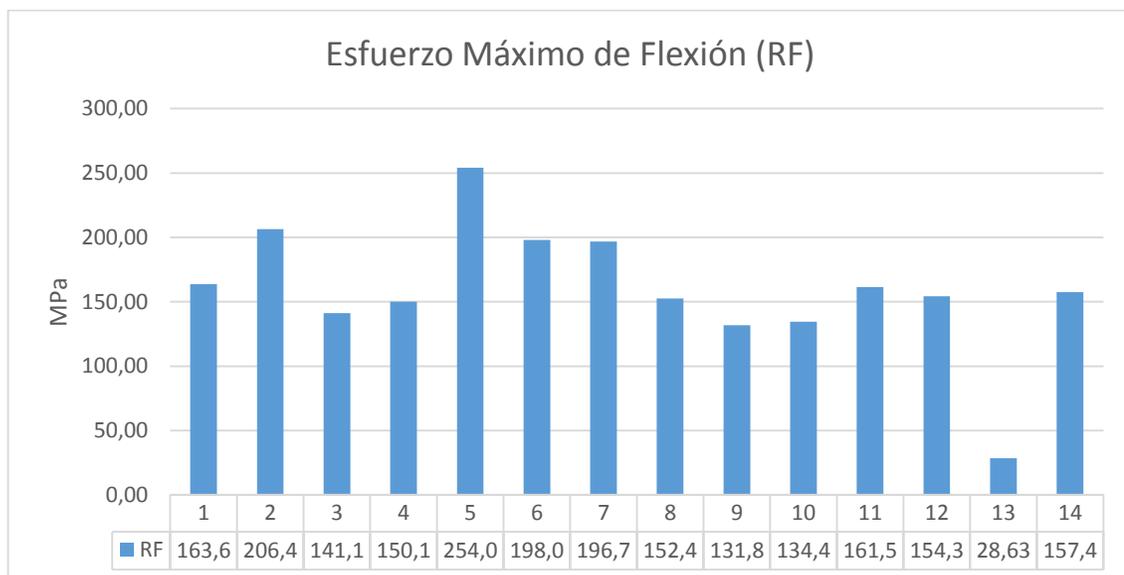


Figura 4.75. Comparación resultados del esfuerzo máximo de flexión (RF)

Como se observa en la figura 4.75, todos los grupo superan el valor obtenido por el grupo 13 que es de 28.63 MPa, mientras que la para el grupo 14 cuyo valor es de 157.4 MPa existen 6 grupos que obtuvieron valores superiores, el que obtuvo un mayor valor fue el grupo 5 con 254.09 MPa; seguido del grupo 2 con un valor de 206.41 MPa, en tercer lugar el grupo 6 con un valor de 198.07 MPa, en cuarto lugar el grupo 7 con un valor de 196.78 MPa, en quinto lugar el grupo 1 con 163.63 MPa y finalmente el grupo 11 con un valor de 161.54 MPa, por lo que para obtener el mayor valor posible de RF debe utilizarse la composición del grupo 11 la cual consta de 30% de fibra de vidrio, 64% de resina poliéster y 6% de hidróxido de magnesio.

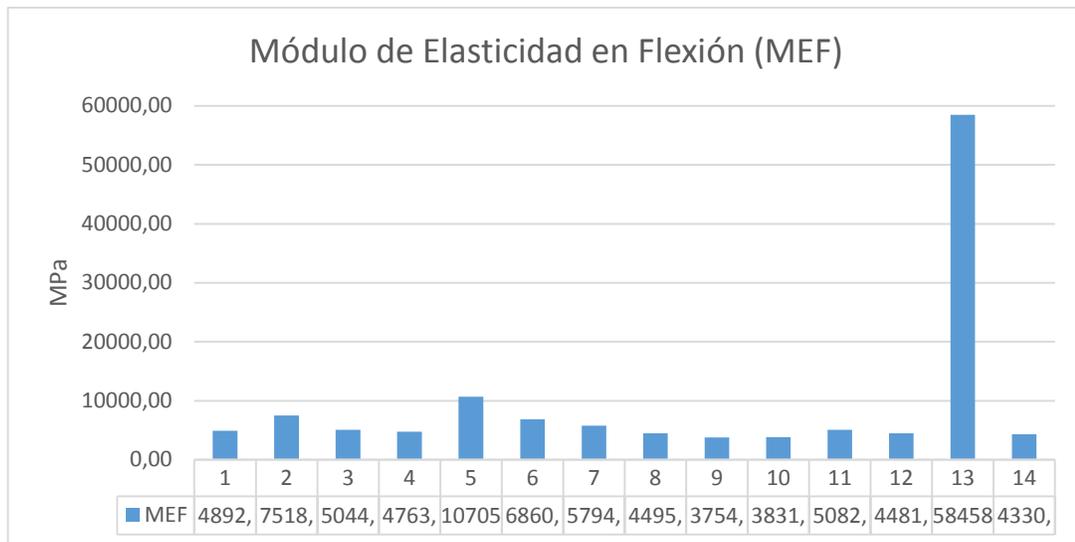


Figura 4.76. Comparación resultados de módulo de elasticidad en flexión (MEF)

Como se observa en la figura 4.76, ningún grupo supera el valor del grupo 13 de 58458,99 MPa, mientras que para el grupo 14 cuyo valor es de 4330,99 MPa todos los grupos a excepción del 3 y 4 obtuvieron valores superiores, los tres valores mayores fueron en primer lugar el grupo 5 con 10705,51 MPa; seguido del grupo 2 con un valor de 7518,99 MPa y en tercer lugar el grupo 6 con un valor de 6860,84 MPa, por lo que para obtener el mayor valor posible de RF debe utilizarse la composición del grupo 13 la cual consta de 30% de fibra de vidrio y 70% de resina poliéster.

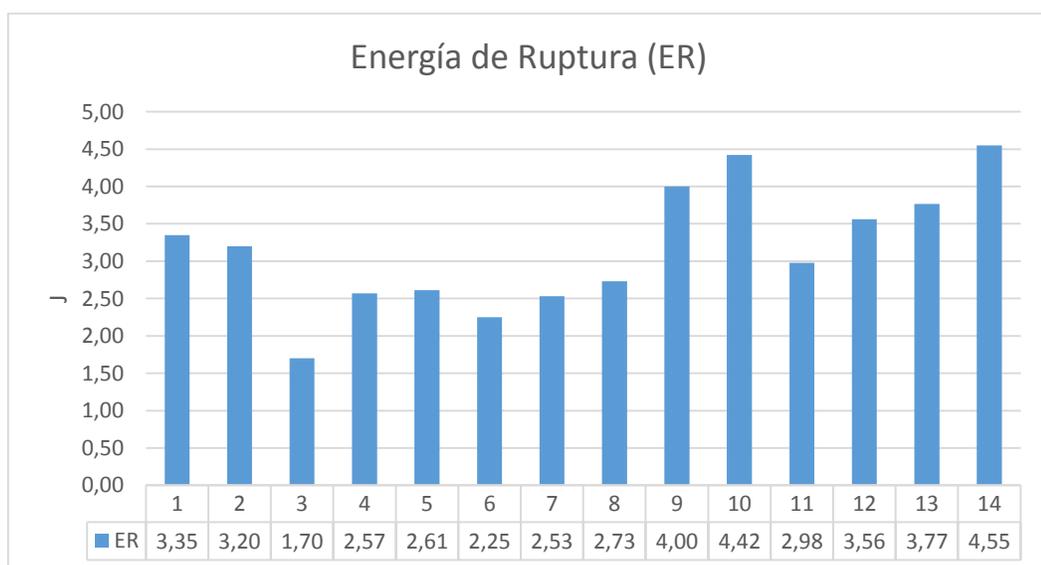


Figura 4.77. Comparación resultados de la energía de ruptura (ER)

En la figura 4.77 se observa que para el grupo 13 cuyo valor es de 3,77 J 2 grupos obtuvieron valores superiores, siendo estos los grupos 10 con un valor de 4.42 J y el grupo 9 con un valor de 4,00 J, sin embargo se puede apreciar que todos los grupos obtuvieron valores inferiores a los encontrados en el grupo 14 cuyo valor es de 4.55 J, el grupo que se acerca más a este valor es el 10, por lo que para obtener un valor cercano de ER al encontrado en el grupo 14 se debe utilizar la composición del grupo 10 la cual consta de 30% de fibra de vidrio, 61% de resina epóxica y 3% de hidróxido de magnesio.

4.3 Verificación de hipótesis

Para proceder a verificar la hipótesis se ha empleado mediante un software un análisis de varianza Anova, el cual se utiliza para comparar varios grupos en una variable cuantitativa, cuando la cantidad de grupos es mayor que 2, esto se lo realizó con un intervalo de confianza del 95% [31].

Se realizarán dos Análisis ANOVA de 13 grupos por cada propiedad mecánica analizada, el primero de estos análisis será entre los 12 grupos que se indican en el inciso 3.2.1 y el grupo P constituido de fibra de vidrio 30% + resina poliéster 70%, cuyos datos se encuentran en [1] y el segundo análisis será entre los 12 grupos que se indican en el inciso 3.2.1 y el grupo E constituido de fibra de vidrio 30% + resina epóxica 70% cuyos datos se encuentran en el Anexo A.11.

4.3.1 Anova de un factor

Requiere datos de poblaciones que tengan una distribución cercanamente normal, con varianzas semejantes entre los factores. No obstante, ANOVA se puede utilizar incluso si no se cumple la normalidad, siempre y cuando una o más de las distribuciones no sean muy desiguales o no exista mucha diferencia entre las varianzas. Se comprueba del siguiente modo: si el nivel de significancia es $p \leq 0,05$, entonces se rechaza la hipótesis nula la cual determina que todas las medias de la población son iguales y se escoge la hipótesis alternativa la cual determina que al menos una de las medias es diferente. En las Tablas 4.74. y 4.75. se muestran las fórmulas para realizar el análisis [32-33].

Tabla 4.74. Fórmulas para la realización del análisis [31]

Cantidad de replicas	Tipos de Materiales			Diferencia de cuadrados entre grupos.			Diferencia de cuadrados por grupos.		
	A	...	Z	$(X_i - \bar{X})^2$			$(X_i - \bar{X}_i)^2$		
1	X_{A1}	$X_{...}$	X_{z1}	$(X_{A1} - \bar{X})^2$	....	$(X_{z1} - \bar{X})^2$	$(X_{A1} - \bar{X}_{A1})^2$	....	$(X_{z1} - \bar{X}_{z1})^2$
2	X_{A2}	$X_{...}$	X_{z2}	$(X_{A2} - \bar{X})^2$	....	$(X_{z2} - \bar{X})^2$	$(X_{A2} - \bar{X}_{A1})^2$	....	$(X_{z2} - \bar{X}_{z2})^2$
⋮	$X_{A...}$	$X_{A...}$	$X_{z...}$	$(X_{A...} - \bar{X})^2$	....	$(X_{z...} - \bar{X})^2$	$(X_{A...} - \bar{X}_{A1})^2$	....	$(X_{z...} - \bar{X}_{z3})^2$
Total									
Media cada nivel	\bar{X}_{A1}$	.....	\bar{X}_{z...}$	Media Total		$\bar{\bar{X}}$			
Cantidad de datos por nivel	n_1	$n_{...}$	$n_{z...}$	Cantidad total de datos.		N			
Diferencia de cuadrados entre medias.									
	$n_1(\bar{X}_{A1} - \bar{\bar{X}})^2$	---	$n_z(\bar{X}_{z1} - \bar{\bar{X}})^2$						
Número de niveles de factores		a							

Tabla 4.75. Tabla ANOVA para los resultados de la Tabla 4.74. [31]

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios. (CM)
Variación explicada SS_B	$SS_B = n_i \sum_{l=1}^a (\bar{X}_{A1} - \bar{\bar{X}})^2$	a-1	$CM_B = \frac{SS_B}{a-1}$
Variación no explicada SS_W	$SS_W = n_i \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^a (X_{A1} - \bar{X}_{A1})^2$	N-a	$CM_W = \frac{SS_B}{N-a}$
Variación total SS_T	$SS_T = n_i \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^a (X_{A1} - \bar{\bar{X}})^2$	N-1	
Prueba F	$F = \frac{CM_B}{CM_W}$		

Variación explicada (SS_B). Se da al comparar el promedio de cada nivel con el promedio general de los datos, es decir muestra lo distinto que son los datos [31]

Variación no explicada (SS_W). Se da al comparar cada nivel de factor con su respectivo promedio, es decir muestra la diferencia de los datos dentro su mismo nivel de factor. [31]

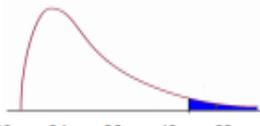
Una vez calculado F se debe comparar el mismo con el encontrado en la Tabla 4.76. para poder verificar la hipótesis; si el F que se ha calculado es mayor que el F encontrado en la Tabla 4.76. se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Para hallar el F de la Tabla 4.76. se busca de la siguiente manera: primero se posiciona en la columna mediante los grados de libertad de la Variación explicada SS_B y se interseca en la fila con el valor de los grados de libertad de la Variación no explicada SS_W , el valor encontrado en la intersección es el valor de F, en caso de no encontrar los grados de libertad en la columna y/o filas se debe interpolar para encontrar el valor de F. [31]

Tabla 4.76. Tabla de Distribución F con significancia de 0,05. [31]

		Distribución F 0.05																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	20	24	30	40	60
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35

En las columnas se encuentran los valores F que corresponden al área 0.05 a la derecha
 En las columnas se encuentran los grados de libertad del numerador
 En los renglones se encuentran los grados de libertad del denominador.



Para calcular el valor F en excel, se utiliza la función de la distribución F inversa
=distr.f.inv(0.05; gl num; gl den)

© Ing. Jesús Alberto Mellado Bosque

Hipótesis:

Hipótesis nula h_0 = Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas no incide en las propiedades mecánicas.

Hipótesis alternativa h_1 = Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas incide en las propiedades mecánicas.

4.3.2 Aplicación de Anova de un factor realizado analíticamente para el esfuerzo de tracción

Para poder realizar el Anova analíticamente se deben emplear las ecuaciones presentadas en las tablas 4.74 y 4.75

Tabla 4.77. Tabla de datos de todos del esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos.

N° réplicas	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)						
	PA3	PA6	PA9	PM3	PM6	PM9	EA3
1	50,13	74,94	88,3	40,61	52,58	68,83	54,1
2	53,55	80,95	94,62	33,54	46,46	116,87	76,67
3	54,13	82,09	89,38	42,07	52,77	87,74	76,31
4	56,85	94,63	91,23	45,94	54,46	84,79	71,45
5	50,14	67,86	96,88	46,93	57,06	95,15	84,71
Total	264,8	400,47	460,41	209,09	263,33	453,38	363,24
Media	53,0	80,1	92,1	41,8	52,7	90,7	72,6
n	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
N° réplicas	EA6	EA9	EM3	EM6	EM9	P	
1	81,67	64,41	43,18	39,12	56,13	82,09	
2	92,82	85,05	66,94	58,15	59,8	84,35	
3	85,33	83,56	71,99	67,37	73,59	94,5	
4	91,46	89,47	57,88	62,56	47,76	89,89	
5	75,34	74,26	61,85	55,62	49,4	95,04	
Total	426,62	396,75	301,84	282,82	286,68	445,87	
Media	85,3	79,4	60,4	56,6	57,3	89,2	
n	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	
Diferencia de cuadrados entre medias.							
	$5(53-70,08)^2$ = 1465,7354	501,2469	2420,102	3994,138	1516,505	2120,659	32,9336
	1161,663	429,5219	471,7641	913,6192	812,2438	1822,61	
Número de niveles de factores		13					

Tabla 4.78. Tabla de procesos primera parte.

N° replicas	Diferencia de cuadrados entre grupos.						
	$(X_i - \bar{X})^2$						
1	$(50,13 - 70,08)^2$ = 398,1	23,6	331,9	868,6	306,3	1,6	255,4
2	273,3	118,1	602,1	1335,3	558,0	2189,2	43,4
3	254,5	144,2	372,4	784,6	299,7	311,8	38,8
4	175,1	602,6	447,3	582,8	244,0	216,3	1,9
5	397,7	4,9	718,2	536,0	169,6	628,4	214,0
Total	1498,5458	893,4935	2471,8940	4107,3095	1577,5632	3347,3144	553,4757
N° replicas							
1	134,3	32,2	723,7	958,6	194,6	144,2	
2	517,0	224,1	9,9	142,4	105,7	203,6	
3	232,5	181,7	3,6	7,4	12,3	596,3	
4	457,0	375,9	148,9	56,6	498,3	392,4	
5	27,7	17,5	67,8	209,1	427,7	622,9	
Total	1368,5357	831,2621	953,8400	1374,0406	1238,6419	1959,3534	
	\bar{X}		70,08				
	N		65				

Tabla 4.79. Tabla de procesos segunda parte.

N° replicas	Diferencia de cuadrados por grupos.						
	$(X_i - \bar{X}_i)^2$						
1	$(50,13 - 53)^2$ = 8,01	26,56	14,30	1,46	0,01	477,25	344,03
2	0,35	0,73	6,44	68,53	38,51	686,13	16,18
3	1,37	3,98	7,30	0,06	0,01	8,62	13,41
4	15,13	211,30	0,73	16,99	3,22	34,64	1,44
5	7,95	149,67	23,02	26,13	19,31	20,02	145,49
Total	32,8104	392,2465	51,7925	113,1715	61,0583	1226,6551	520,5421
N° replicas							
1	13,35	223,20	295,43	304,29	1,45	50,18	
2	56,19	32,49	43,19	2,52	6,07	23,27	
3	0,00	17,72	135,07	116,77	264,19	28,37	
4	37,65	102,41	6,19	35,95	91,70	0,51	
5	99,68	25,91	2,20	0,89	62,98	34,41	
Total	206,8725	401,7402	482,0759	460,4213	426,3981	136,7429	

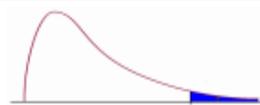
Tabla 4.80. Tabla de resultados

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios. (CM)
Variación explicada SS_B	$SS_B = 1465,7354 + 501,2469 + 2420,102 + 3994,138 + 1516,505 + 2120,659 + 32,9336 + 1161,663 + 429,5219 + 471,7641 + 913,6192 + 812,2438 + 1822,61 = 17662,7423$	$13 - 1 = 12$	$CM_B = \frac{17662,7423}{12}$ $CM_B = 1471,8950$
Variación no explicada SS_W	$SS_W = 32,8104 + 392,2465 + 51,7925 + 113,1715 + 61,0583 + 1226,6551 + 520,5421 + 206,8725 + 401,7402 + 482,0759 + 460,4213 + 426,398 + 1136,7429 = 4512,5274$	$65 - 13 = 52$	$CM_W = \frac{4512,5274}{52}$ $CM_W = 86,7794$
Variación total SS_T	$SS_T = 1498,5458 + 893,4935 + 2471,8940 + 4107,3095 + 1577,5632 + 3347,3144 + 553,4757 + 1368,5357 + 831,2621 + 953,8400 + 1374,0406 + 1238,6419 + 1959,3534 = 22175,270$	$65 - 1 = 64$	
Prueba F	$F = \frac{1471,8950}{86,7794} = 16,9614$		

Una vez calculado el valor de F por medio de las ecuaciones que resultó en 16,9614 se procede a buscar el valor de F en la Tabla 4.76. según se lo explica en el numeral 4.3.1, para compararlas y verificar la hipótesis.

Distribución F 0.05

En las columnas se encuentran los valores F que corresponden al área 0.05 a la derecha
 En las columnas se encuentran los grados de libertad del numerador
 En los renglones se encuentran los grados de libertad del denominador.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.0	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.78	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.87	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35

Para calcular el valor F en excel, se utiliza la función de la distribución F inversa
=distr.f.inv(0.05; gl num; gl den)

© Ing. Jesús Alberto Mellado Bosque

Debido a que el valor de 52 no se encuentra en la Tabla 4.76 se procede a interpolar con lo que se obtienen los siguientes resultados:

	12
40	2,00
52	X = 1,952
60	1,92

El F encontrado en las tablas es 1,952 y el F calculado es 16,9614 como el valor F calculado es mayor al de las tablas, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que dice $h_1 =$ Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmeccánicas incide en las propiedades mecánicas.

4.3.3 Cálculo de Anova de un factor para los datos obtenidos en el ensayo de tracción utilizando un software

4.3.3.1 Cálculo de Anova del esfuerzo máximo de tracción entre las 12 configuraciones comparado a un material compuesto de fibra de vidrio + resina poliéster (P)

Ahora se resolverá con ayuda de un software el cálculo de Anova de un factor que ya se realizó analíticamente, para comprobar que el resultado es el mismo.

Tabla 4.81. Tabla de datos de todos del esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos, incluido (P).

N° réplicas	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)						
	PA3	PA6	PA9	PM3	PM6	PM9	EA3
1	50,13	74,94	88,3	40,61	52,58	68,83	54,1
2	53,55	80,95	94,62	33,54	46,46	116,87	76,67
3	54,13	82,09	89,38	42,07	52,77	87,74	76,31
4	56,85	94,63	91,23	45,94	54,46	84,79	71,45
5	50,14	67,86	96,88	46,93	57,06	95,15	84,71
N° réplicas	EA6	EA9	EM3	EM6	EM9	P	
1	81,67	64,41	43,18	39,12	56,13	82,09	
2	92,82	85,05	66,94	58,15	59,8	84,35	
3	85,33	83,56	71,99	67,37	73,59	94,5	
4	91,46	89,47	57,88	62,56	47,76	89,89	
5	75,34	74,26	61,85	55,62	49,4	95,04	

Tabla 4.82. Resultados de Anova para el esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos, incluido (P), obtenidos en el software

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	17662,742	12	1471,895	16,961	0,000
Dentro de grupos	4512,527	52	86,779		
Total	22175,270	64			

Como se puede apreciar en la Tabla 4.82 se obtuvo el mismo resultado de F por lo que ambos métodos son correctos, sin embargo al utilizar el software el dato más importante para la verificación de la hipótesis es el nivel de significancia, ya que si este nivel es $p \leq 0,05$ se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. En este caso al realizar el Anova de un factor para el esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos, incluido (P) el nivel de significancia al comparar si es $p \leq 0,05$ por lo que se acepta la hipótesis alternativa que dice: $h_1 =$ Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas incide en las propiedades mecánicas.

Tabla 4.83. Prueba de Tukey del esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos comparados con (P)

Materiales a comparar		Nivel de Significancia	Hipótesis Nula h_0	Hipótesis alternativa h_1
P	PA3	0,000		X
	PA6	0,939	X	
	PA9	1,000	X	
	PM3	0,000		X
	PM6	0,000		X
	PM9	1,000	X	
	EA3	0,231	X	
	EA6	1,000	X	
	EA9	0,898	X	
	EM3	0,001		X
	EM6	0,000		X
	EM9	0,000		X

En la tabla 4.83. Se ha utilizado la prueba de Tukey en la cual se verifican uno por uno los materiales compuestos, y siguiendo el mismo principio si el nivel de significancia $p \leq 0,05$, se acepta la hipótesis alternativa caso contrario se acepta la hipótesis nula. En este caso se observa que al realizar la prueba de Tukey del esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos comparados con P, se encontró que para PA3-PM3-PM6-EM3-EM6 y EM9 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa que dice: $h_1 =$ Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación

del interior de carrocerías metalmecánicas incide en las propiedades mecánicas, mientras que para PA6-PA9-PM9-EA3-EA6 y EA9 se acepta la hipótesis nula que dice: $h_0 =$ Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas no incide en las propiedades mecánicas.

4.3.3.2 Cálculo de Anova del esfuerzo máximo de tracción entre las 12 configuraciones comparado a un material compuesto de fibra de vidrio + resina epóxica (E)

Tabla 4.84. Tabla de datos del esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos a comparar, incluido (E).

N° réplicas	Esfuerzo Máximo de Tracción (MPa)						
	PA3	PA6	PA9	PM3	PM6	PM9	EA3
1	50,13	74,94	88,3	40,61	52,58	68,83	54,1
2	53,55	80,95	94,62	33,54	46,46	116,87	76,67
3	54,13	82,09	89,38	42,07	52,77	87,74	76,31
4	56,85	94,63	91,23	45,94	54,46	84,79	71,45
5	50,14	67,86	96,88	46,93	57,06	95,15	84,71
N° réplicas	EA6	EA9	EM3	EM6	EM9	E	
1	81,67	64,41	43,18	39,12	56,13	75,69	
2	92,82	85,05	66,94	58,15	59,8	81,45	
3	85,33	83,56	71,99	67,37	73,59	82,6	
4	91,46	89,47	57,88	62,56	47,76	89,19	
5	75,34	74,26	61,85	55,62	49,4	89,39	

Tabla 4.85. Resultados de Anova para el esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos a comparar, incluido (E), obtenidos en el software

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	16750,871	12	1395,906	16,099	0,000
Dentro de grupos	4508,727	52	86,706		
Total	21259,598	64			

En la Tabla 4.85 se observa que al realizar el Anova de un factor para el esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos, incluido (E) el nivel de significancia es $p \leq 0,05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que dice: $h_1 =$ Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas incide en las propiedades mecánicas.

Tabla 4.86. Prueba de Tukey del esfuerzo máximo de tracción en los diferentes materiales compuestos comparados con (E)

Materiales a comparar		Nivel de Significancia	Hipótesis Nula h_0	Hipótesis alternativa h_1
E	PA3	0,000		X
	PA6	1,000	X	
	PA9	0,964	X	
	PM3	0,000		X
	PM6	0,000		X
	PM9	0,992	X	
	EA3	0,804	X	
	EA6	1,000	X	
	EA9	1,000	X	
	EM3	0,013		X
	EM6	0,002		X
	EM9	0,003		X

En la tabla 4.86. se observa que al realizar la prueba de Tukey para el esfuerzo máximo de tracción ente E y los diferentes materiales compuestos, se encontró que para PA3-PM3-PM6-EM3-EM6 y EM9 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa que dice: $h_1 =$ Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas incide en las propiedades mecánicas, mientras que para PA6-PA9-PM9-EA3-EA6 y EA9 se acepta la hipótesis nula que dice: $h_0 =$ Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas no incide en las propiedades mecánicas.

4.3.4 Cálculo de Anova de un factor para los datos obtenidos en el ensayo de flexión utilizando un software

4.3.4.1 Cálculo de Anova del esfuerzo máximo de flexión entre las 12 configuraciones comparado a un material compuesto de fibra de vidrio + resina poliéster (P)

Tabla 4.87. Tabla de datos de todos del esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos incluido P.

N° réplicas	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)						
	PA3	PA6	PA9	PM3	PM6	PM9	EA3
1	171,33	190,92	153,73	163,04	231,92	209,93	158,69
2	154,49	217,75	168,09	114,42	353,58	181,69	187,93
3	167,95	220,81	152,00	199,53	172,44	179,24	177,51
4	180,46	205,54	113,19	138,30	240,76	163,17	143,25
5	143,91	197,03	118,59	135,62	271,77	256,31	316,52
N° réplicas	EA6	EA9	EM3	EM6	EM9	P	
1	175,60	80,63	150,21	170,40	157,71	27,38	
2	161,89	171,36	145,93	171,34	148,51	31,06	
3	87,99	150,38	80,12	163,74	156,95	23,81	
4	160,54	181,84	135,44	167,08	143,29	36,93	
5	176,22	75,06	160,37	135,14	165,26	23,95	

Tabla 4.88. Resultados de Anova para el esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos, incluido (P), obtenidos en el software

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	165348,205	12	13779,017	10,086	0,000
Dentro de grupos	71036,602	52	1366,088		
Total	236384,807	64			

En la tabla 4.88 se observa que al realizar el Anova de un factor el esfuerzo máximo de flexión el nivel de significancia es $p \leq 0,05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que dice: $h_1 =$ Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas incide en las propiedades mecánicas.

Tabla 4.89. Prueba de Tukey del esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos comparados con (P)

Materiales a comparar		Nivel de Significancia	Hipótesis Nula h_0	Hipótesis alternativa h_1
P	PA3	0,000		X
	PA6	0,000		X
	PA9	0,001		X
	PM3	0,000		X
	PM6	0,000		X
	PM9	0,000		X
	EA3	0,000		X
	EA6	0,000		X
	EA9	0,003		X
	EM3	0,002		X
	EM6	0,000		X
	EM9	0,000		X

En la tabla 4.89 se observa que al realizar la prueba de Tukey para el esfuerzo máximo de flexión de P con los diferentes materiales compuestos, se encontró que para todas las configuraciones se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa que dice: $h_1 =$ Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas incide en las propiedades mecánicas.

4.3.4.2 Cálculo de Anova del esfuerzo máximo de flexión entre las 12 configuraciones comparado a un material compuesto de fibra de vidrio + resina epóxica (E)

Tabla 4.90. Tabla de datos de todos del esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos incluido E.

N° réplicas	Esfuerzo Máximo de Flexión (MPa)						
	PA3	PA6	PA9	PM3	PM6	PM9	EA3
1	171,33	190,92	153,73	163,04	231,92	209,93	158,69
2	154,49	217,75	168,09	114,42	353,58	181,69	187,93
3	167,95	220,81	152,00	199,53	172,44	179,24	177,51
4	180,46	205,54	113,19	138,30	240,76	163,17	143,25
5	143,91	197,03	118,59	135,62	271,77	256,31	316,52
N° réplicas	EA6	EA9	EM3	EM6	EM9	E	
1	175,60	80,63	150,21	170,40	157,71	148,45	
2	161,89	171,36	145,93	171,34	148,51	149,65	
3	87,99	150,38	80,12	163,74	156,95	154,99	
4	160,54	181,84	135,44	167,08	143,29	164,05	
5	176,22	75,06	160,37	135,14	165,26	169,86	

Tabla 4.91. Resultados de Anova para el esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos, incluido (E), obtenidos en el software

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	73351,466	12	6112,622	4,460	0,000
Dentro de grupos	71260,557	52	1370,395		
Total	144612,022	64			

En la tabla 4.91 se puede observar que al realizar el Anova de un factor para el esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos, incluido (E) el nivel de significancia es $p \leq 0,05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que dice: dice: $h_1 =$ Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas incide en las propiedades mecánicas.

Tabla 4.92. Prueba de Tukey del esfuerzo máximo de flexión en los diferentes materiales compuestos comparados con (E)

Materiales a comparar		Nivel de Sig.	Hipótesis Nula h_0	Hipótesis alternativa h_1
E	PA3	1,000	X	
	PA6	0,668	X	
	PA9	1,000	X	
	PM3	1,000	X	
	PM6	0,008		X
	PM9	0,870	X	
	EA3	0,893	X	
	EA6	1,000	X	
	EA9	0,996	X	
	EM3	0,999	X	
	EM6	1,000	X	
	EM9	1,000	X	

En la tabla 4.92 se observa que al realizar la prueba de Tukey para el esfuerzo máximo de flexión de E con los diferentes materiales compuestos, se encontró que para todas las configuraciones excepto PM6 se acepta la hipótesis nula que dice $h_0 =$ La adición de retardantes de llama no incide en las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas, y para PM6 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa que dice: $h_1 =$ Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas incide en las propiedades mecánicas.

4.3.5 Cálculo de Anova de un factor para los datos obtenidos en el ensayo de impacto utilizando un software

4.3.5.1 Cálculo de Anova de un factor de la energía de ruptura entre las 12 configuraciones comparado a un material compuesto de fibra de vidrio + resina poliéster (P)

Tabla 4.93. Tabla de datos de todos de la energía de ruptura en los diferentes materiales compuestos incluido (P).

N° réplicas	Energía de ruptura (J)						
	PA3	PA6	PA9	PM3	PM6	PM9	EA3
1	6,11	2,61	1,54	4,06	2,09	2,02	2,42
2	3,56	2,96	1,65	2,11	2,16	2,16	2,76
3	2,63	3,77	2,21	2,04	4,61	2,49	2,28
4	2,39	2,59	1,54	2,52	1,97	2,32	2,96
5	2,07	4,08	1,54	2,13	2,21	2,25	2,25
N° réplicas	EA6	EA9	EM3	EM6	EM9	P	
1	2,30	3,34	7,26	2,76	2,44	3,14	
2	2,66	2,98	7,64	2,52	2,52	3,45	
3	2,79	3,36	2,21	3,52	7,62	3,77	
4	2,96	3,72	2,49	3,21	2,37	4,08	
5	2,93	6,62	2,52	2,91	2,86	4,39	

Tabla 4.94. Resultados de Anova para la energía de ruptura en los diferentes materiales compuestos, incluido (P), obtenidos en el software

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	33,994	12	2,833	1,774	0,078
Dentro de grupos	83,038	52	1,597		
Total	117,032	64			

Como se observa en la tabla 4.94 al realizar el Anova de un factor para la energía de ruptura en los diferentes materiales compuestos, incluido (P) el nivel de significancia es $p \geq 0,05$ por lo que se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, que dice: $h_0 =$ Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la

fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas no incide en las propiedades mecánicas. Debido a que no existen diferencias entre los grupos no es necesario realizar la Prueba de Tukey para esta comparación.

4.3.5.2 Cálculo de Anova de un factor de la energía de ruptura entre las 12 configuraciones comparado a un material compuesto de fibra de vidrio + resina epóxica (E)

Tabla 4.95. Tabla de datos de todos de la energía de ruptura en los diferentes materiales compuestos incluido (E).

N° réplicas	Energía de ruptura (J)						
	PA3	PA6	PA9	PM3	PM6	PM9	EA3
1	6,11	2,61	1,54	4,06	2,09	2,02	2,42
2	3,56	2,96	1,65	2,11	2,16	2,16	2,76
3	2,63	3,77	2,21	2,04	4,61	2,49	2,28
4	2,39	2,59	1,54	2,52	1,97	2,32	2,96
5	2,07	4,08	1,54	2,13	2,21	2,25	2,25
N° réplicas	EA6	EA9	EM3	EM6	EM9	E	
1	2,30	3,34	7,26	2,76	2,44	2,90	
2	2,66	2,98	7,64	2,52	2,52	3,36	
3	2,79	3,36	2,21	3,52	7,62	3,74	
4	2,96	3,72	2,49	3,21	2,37	6,31	
5	2,93	6,62	2,52	2,91	2,86	6,42	

Tabla 4.96. Resultados de Anova para la energía de ruptura en los diferentes materiales compuestos, incluido (E), obtenidos en el software

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	43,183	12	3,599	1,993	0,044
Dentro de grupos	93,913	52	1,806		
Total	137,097	64			

Como se observa en la Tabla 4.97 al realizar el Anova de un factor para la energía de ruptura en los diferentes materiales compuestos, incluido (E) el nivel de significancia es

$p \leq 0,05$ por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa que dice: h_1 = Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas incide en las propiedades mecánicas.

Tabla 4.97. Prueba de Tukey de la energía de ruptura en los diferentes materiales compuestos comparados con (E)

Materiales a comparar		Nivel de Sig.	Hipótesis Nula h_0	Hipótesis alternativa h_1
E	PA3	0,969	X	
	PA6	0,928	X	
	PA9	0,068	X	
	PM3	0,512	X	
	PM6	0,541	X	
	PM9	0,280	X	
	EA3	0,482	X	
	EA6	0,637	X	
	EA9	1,000	X	
	EM3	1,000	X	
	EM6	0,822	X	
	EM9	0,994	X	

En la tabla 4.98 se observa que al realizar la prueba de Tukey de un factor para la energía de ruptura de E con los diferentes materiales compuestos, se encontró que para todas las configuraciones se acepta la hipótesis nula que dice: h_0 = Mediante la adición de retardantes de llama en materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas no incide en las propiedades mecánicas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

-Se determinaron los parámetros adecuados como son las medidas y el número de probetas a realizar de cada ensayo siguiendo sus normativas correspondientes, para el ensayo de tracción se utilizó la Norma ASTM D3039, las dimensiones seleccionadas fueron de: 250 mm de largo, 25mm de ancho y un espesor promedio de 2,5, este último puede variar, para flexión se utilizó la Norma ASTM D7264 con dimensiones de: 160 mm de largo, 13mm de ancho y un espesor promedio de 4, este último puede variar, y para impacto se utilizó la Norma ASTM D6110 con las dimensiones de: 127 mm de largo, 12,7mm de ancho y un espesor promedio de 4, este último puede variar, para cada ensayo se realizaron 5 probetas por cada grupo.

- La configuración principal escogida fue: Refuerzo + Matriz + Retardante de llama, con lo cual se obtuvo 4 tipos de configuraciones que se indican en el numeral 3.4 y la fracción volumétrica se basó una de: 30% de Refuerzo y 70% de Matriz, a partir de esto se adaptó a la configuración principal, por lo que se decidió disminuir el porcentaje de la matriz para colocar las fracciones volumétricas del retardante de llama escogidas que fueron de 3, 6 y 9%, con lo que se obtuvo las siguientes fracciones volumétricas:

- 30% Refuerzo/67% Matriz/3% Retardante de llama.
- 30% Refuerzo/67% Matriz/6% Retardante de llama.
- 30% Refuerzo/67% Matriz/9% Retardante de llama.

-Para la preparación de las probetas según las normas ASTM D3039, 7264 y 6110, se determinó la cantidad de matriz y retardante al realizar una regla de 3 con el peso de la fibra de vidrio previamente pesada, adicionalmente para la realización de las probetas con resina epoxi debe calcularse a su vez el 20% de la cantidad a utilizar de resina con el fin de determinar la cantidad a utilizar de catalizador, los valores que se obtuvieron para el primer grupo son de 40g para el refuerzo, 89,33 g para la matriz y 4 g para el retardante de llama; para el resto de grupos y de ensayos obsérvese desde la Tabla 3.8 a la 3.11. Una

vez determinado los valores correspondientes para cada grupo, se procede a colocar en el molde la fibra de vidrio, la matriz y los retardantes, cada vez que se coloque 2 capas se debe pasar con el rodillo por los materiales compuestos para una mejor adhesión entre los materiales, finalmente hay que esperar el tiempo de curado correspondiente para proceder a retirar y cortarlas, después del corte se procedió a lijar los bordes de las probetas con una lija muy fina para obtener un mejor acabado.

-Se ejecutó el experimento en los laboratorios del Centro de Fomento Metalmeccánico Carrocero, donde se utilizó la máquina Metrotec MTE 50 para los ensayos de tracción y flexión, en donde se determinó los esfuerzos máximos de tracción, módulo de elasticidad en el caso de tracción, y se determinó los esfuerzos máximos de flexión, módulo de elasticidad en el caso de flexión; para el ensayo de impacto se utilizó la máquina Metrotec PIT-25 y un péndulo de 10,9 J, en donde se determinó la energía de ruptura y la resistencia al impacto.

-El grupo que obtuvo un mejor esfuerzo máximo de tracción fue el PA9-T con un valor promedio de 92,081 MPa cuya fracción volumétrica es de 30% de fibra de vidrio; 61% de resina poliéster y 9 % de hidróxido de aluminio, a su vez el material que obtuvo el menor esfuerzo de tracción fue el PM3-T con un valor promedio de 41,819 MPa cuya fracción volumétrica es de 30% de fibra de vidrio; 67% de resina poliéster y 3 % de hidróxido de magnesio. El grupo que obtuvo un mejor esfuerzo máximo de flexión fue el PM6-F con un valor promedio de 254,093 MPa cuya fracción volumétrica es de 30% de fibra de vidrio; 64% de resina poliéster y 6 % de hidróxido de aluminio, a su vez el material que obtuvo el menor esfuerzo de flexión fue el EA9-F con un valor promedio de 131,853 MPa cuya fracción volumétrica es de 30% de fibra de vidrio; 61% de resina epóxica y 9 % de hidróxido de aluminio. El grupo que obtuvo una mayor energía de ruptura fue el EM3-I con un valor promedio de 4,42 J cuya fracción volumétrica es de 30% de fibra de vidrio; 67% de resina epóxica y 3 % de hidróxido de magnesio, a su vez el material que obtuvo la menor energía de ruptura fue el PA9-I con un valor promedio de 1,7 J cuya fracción volumétrica es de 30% de fibra de vidrio; 61% de resina poliéster y 9 % de hidróxido de aluminio.

-El grupo que obtuvo una mejor correlación en el esfuerzo máximo de tracción con el grupo P fue el EA6-T con un valor R de 0,9811 que nos indica que posee una correlación muy alta, este grupo posee una configuración de 30% de fibra de vidrio; 64% de resina epóxica y 6 % de hidróxido de aluminio, a su vez el grupo que obtuvo una menor correlación en el esfuerzo máximo de tracción con el grupo P fue el EA3-T con un valor R de 0,8695 que nos indica que posee una correlación alta, este grupo posee una configuración de 30% de fibra de vidrio; 67% de resina epóxica y 3 % de hidróxido de aluminio. El grupo que obtuvo una mejor correlación en el esfuerzo máximo de flexión con el grupo P fue el EA6-F con un valor R de 0,9765 que nos indica que posee una correlación muy alta, este grupo posee una configuración de 30% de fibra de vidrio; 64% de resina epóxica y 6 % de hidróxido de aluminio, a su vez el grupo que obtuvo una menor correlación en el esfuerzo máximo de flexión con el grupo P fue el PM9-F con un valor R de 0,6347 que nos indica que posee una correlación moderada, este grupo posee una configuración de 30% de fibra de vidrio; 61% de resina poliéster y 9 % de hidróxido de magnesio. El grupo que obtuvo una mejor correlación en la energía de ruptura con el grupo P fue el EM6-I con un valor R de 0,9919 que nos indica que posee una correlación muy alta, este grupo posee una configuración de 30% de fibra de vidrio; 64% de resina epóxica y 6 % de hidróxido de magnesio, a su vez el grupo que obtuvo una menor correlación en la energía de ruptura con el grupo P fue el EM9-I con un valor R de 0,7564 que nos indica que posee una correlación alta, este grupo posee una configuración de 30% de fibra de vidrio; 61% de resina epóxica y 9 % de hidróxido de magnesio.

-El grupo que obtuvo una mejor correlación en el esfuerzo máximo de tracción con el grupo E fue el EA6-T con un valor R de 0,9921 que nos indica que posee una correlación muy alta, este grupo posee una configuración de 30% de fibra de vidrio; 64% de resina epóxica y 6 % de hidróxido de aluminio, a su vez el grupo que obtuvo una menor correlación en el esfuerzo máximo de tracción con el grupo E fue el EM9-T con un valor R de 0,8480 que nos indica que posee una correlación alta, este grupo posee una configuración de 30% de fibra de vidrio; 61% de resina epóxica y 3 % de hidróxido de magnesio. El grupo que obtuvo una mejor correlación en el esfuerzo máximo de flexión con el grupo E fue el PA6-F con un valor R de 0,9773 que nos indica que posee una

correlación muy alta, este grupo posee una configuración de 30% de fibra de vidrio; 64% de resina poliéster y 6 % de hidróxido de aluminio, a su vez el grupo que obtuvo una menor correlación en el esfuerzo máximo de flexión con el grupo E fue el EA6-F con un valor R de 0,6887 que nos indica que posee una correlación moderada, este grupo posee una configuración de 30% de fibra de vidrio; 64% de resina epóxica y 6 % de hidróxido de aluminio. El grupo que obtuvo una mejor correlación en la energía de ruptura con el grupo E fue el EM3-I con un valor R de 0,9902 que nos indica que posee una correlación muy alta, este grupo posee una configuración de 30% de fibra de vidrio; 67% de resina epóxica y 3 % de hidróxido de magnesio, a su vez el grupo que obtuvo una menor correlación en la energía de ruptura con el grupo E fue el PM6-I con un valor R de 0,6697 que nos indica que posee una correlación alta, este grupo posee una configuración de 30% de fibra de vidrio; 64% de resina poliéster y 6 % de hidróxido de magnesio.

-Mediante el análisis de varianza Anova de los 12 grupos, en el cual además se incluye el grupo P, se obtuvieron los siguientes resultados: en el esfuerzo máximo de tracción se obtuvo un nivel de significancia menor a 0,05 que fue de 0 en este caso, por lo tanto se afirma la hipótesis alternativa la cual dice que la adición de retardantes de llama incide en las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas; en el esfuerzo máximo de flexión se obtuvo un nivel de significancia menor a 0,05 que fue de 0 en este caso, por lo tanto se afirma la hipótesis alternativa la cual dice que la adición de retardantes de llama incide en las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas; en la energía de ruptura se obtuvo un nivel de significancia menor a 0,05 que fue de 0 en este caso, por lo tanto se afirma la hipótesis alternativa la cual dice que la adición de retardantes de llama incide en las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas. Si se quiere observar una comparativa por el método de Tukey puede observarse desde el inciso 4.3.4.1 al 4.3.5.2.

-Mediante el análisis de varianza Anova de los 12 grupos, en el cual además se incluye el grupo E, se obtuvieron los siguientes resultados: en el esfuerzo máximo de tracción se

obtuvo un nivel de significancia menor a 0,05 que fue de 0 en este caso, por lo tanto se afirma la hipótesis alternativa la cual dice que la adición de retardantes de llama incide en las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas; en el esfuerzo máximo de flexión se obtuvo un nivel de significancia menor a 0,05 que fue de 0 en este caso, por lo tanto se afirma la hipótesis alternativa la cual dice que la adición de retardantes de llama incide en las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas; en la energía de ruptura se obtuvo un nivel de significancia menor a 0,05 que fue de 0,044 en este caso, por lo tanto se afirma la hipótesis alternativa la cual dice que la adición de retardantes de llama incide en las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la fabricación del interior de carrocerías metalmecánicas. Si se quiere observar una comparativa por el método de Tukey puede observarse desde el inciso 4.3.4.1 al 4.3.5.2.

5.2 Recomendaciones

-Utilizar los elementos de protección personal al momento de manipular los materiales para la fabricación de los materiales compuestos.

-Al momento de pegar los pedazos de lija a las probetas de tracción se recomienda utilizar la pega denominada “brujita” mezclada con bicarbonato, esto con el fin de obtener una mejor adhesión.

-Pasar el rodillo sobre el material compuesto al momento de aplicar 2 capas, con el fin de que los materiales que lo conforman puedan adherirse de mejor manera.

-Realizar al menos una probeta más para cada grupo para la realización de los ensayos, debido a que se pueden presentar inconvenientes en alguna de las probetas.

-Antes de realizar cualquier tipo ensayo se debe setear la máquina correspondiente al ensayo que se quiera realizar con el fin de que los resultados no sean erróneos.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] D. Castro. “ANÁLISIS DEL MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO CON MATRIZ POLIMÉRICA UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS PARA DETERMINAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS.” Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2017.
- [2] J. Paredes. “Estudio de Polímeros Híbridos Estratificados de Matriz Poliéster Reforzada con Fibra de Vidrio y Cabuya como Material Alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en Guardachoques para Buses.” M. A. Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2012.
- [3] A. Jácome. “ESTUDIO DE LA CONFIGURACIÓN DE FIBRAS DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON FIBRA DE PIÑA Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LA FABRICACIÓN DE BUTACAS DEPORTIVAS.” Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2015.
- [4] G. Mazón. “CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER CON FIBRA DE COCO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES.” Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2017.
- [5] “Tipos de carrocerías y sus principales características.” Internet: <https://blog.reparacion-vehiculos.es/tipos-de-carrocerias-principales-caracteristicas>. [12 Abril 2018].
- [6] Secretaría Nacional de Planificación y desarrollo. “Agenda Zonal Zona 3 - Centro.” Internet: <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Agenda-zona-3.pdf>. 2017. [12 Abril 2018].
- [7] I. Montejo. “Descarburación.” Internet: <https://es.scribd.com/doc/75417218/DESCARBURACION>. Dic.12, 2011. [12 Abril 2018].
- [8] P. Pujol. “Ingeniería de Materiales.” Internet: <https://sites.google.com/site/ingenieria3a/ingenieria-de-materiales>. Nov. 01, 2011. [12 Abril 2018].

- [9] F. Toro. “Ingeniería de Materiales.” Internet: <http://ingenieriaparavivir.blogspot.com/>. Mar. 12, 2013. [12 Abril 2018].
- [10] J. Vargas. “Innovaciones de materiales en Ingeniería Mecánica.” Internet: <https://prezi.com/1mkitfpaj5ir/innovaciones-de-materiales-en-ingernieria-mecanica/>. Ene. 12, 2016. [12 Abril 2018].
- [11] Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación “Materiales Compuestos.” Internet: <https://edoc.site/tema-10-materiales-compuestos-pdf-free.html>. [12 Abril 2018].
- [12] S. M. Sapuan. “Composite Materials” en *Composite Materials*. 1era ed. Vol 1 Matthew Deans, Oxford. Elsevier Inc 2017. pp: 59-75.
- [13] “Refuerzos y Matrices.” Internet: <https://vdocuments.site/documents/apt101-mpyctema10refuerzosmatrices.html>. Dic. 14, 2015. [12 Abril 2018].
- [14] G. Marosi, et al. “Fire-retardant recyclable and biobased polymer composites” en *Novel Fire Retardant Polymers and Composite Materials*. 1era ed. Vol 5. D. Wang, Oxford. Elsevier Inc 2017. pp: 135-137.
- [15] S. Rana & R. Figueiro. “Advanced composites in aerospace engineering” en *Advanced Composite Materials for Aerospace Engineering*. 1era ed. Vol 1. S. Rana & R. Figueiro, Oxford. Elsevier Inc 2016. pp: 1-15.
- [16] S. Greist, et al. “Composites in Sports Applications” en *Comprehensive Composite Materials II*. 2da ed. Vol 3. C Zweben & P. Beaumont, Oxford. Elsevier Inc 2018. pp: 471-526.
- [17] C. Navarro. “Efecto de un aditivo mineral en la flamabilidad de materiales compuestos a base de Polipropileno y Polietileno.” Tesis, Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C., Yucatán, México, 2015.
- [18] O. González. “Análisis: Los retardantes de fuego.” Internet: <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/08121037131692233724fuego1.pdf>. May. 2009. [15 Mayo 2018].
- [19] C. Castro. “ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS Y SU INCIDENCIA EN LA HOMOLOGACIÓN DE MODELOS Y COMPETITIVIDAD DE LA EMPRESA CARROCERA INDUSTRIA METÁLICA

CEPEDA.” M. A. Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2014.

[20] L. Torres. “Preservadores para madera.” Internet: <https://prezi.com/smqxg3iiwcuD/unidad-4-preservadores-para-madera/>. Nov. 21, 2014. [15 Mayo 2018].

[21] C. Yáñez. “Materiales retardantes al fuego.” Internet: <https://es.scribd.com/document/382725357/Materiales-Retardantes-Al-Fuego>. 2018. [15 Mayo 2018].

[22] I. Avedaño, et al. “Informe de comportamiento al fuego de la madera.” Internet: <https://es.scribd.com/document/315511415/Informe-de-Comportamiento-Al-Fuego-de-La-Madera>. Oct. 21, 2015 [15 Mayo 2018].

[23] B. Kandola & A. Horroks. “Composites” en *Fire Retardant Materials*, 1era ed., Vol. 5. A. Horroks & D. Price, New York. CRC Press LLC, 2001, pp: 182-203.

[24] A. Horroks & D. Price. *Advances in Fire Retardant Materials*. New York: CRC Press LLC, 2008, pp: 68-76.

[25] E. Alvarado. “Ensayo de Materiales.” Internet: <https://es.scribd.com/document/338428771/RESUMEN-DE-TIPOS-DE-ENSAYOS-pdf>. Feb. 04, 2017. [23 Mayo 2018].

[26] Metrotec. “Maquina Universal de Ensayos Electromecánica MTE-50 (50 kN).” Internet: <https://www.metrotec.es/producto/maquina-universal-ensayos-electromecanica-mte-50-de-50kn/>. [23 Mayo 2018].

[27] Metrotec. “Equipo Ensayos de Impacto Charpy e Izod Plásticos PIT-25” Internet: <https://www.metrotec.es/producto/equipo-ensayos-impacto-charpy-izod-plasticos-pit-25-5916/>. [23 Mayo 2018].

[28] ASTM D3039 – 00. Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. Conshohocken, PA, American Society for Testing and Materials. 2000

[29] ASTM D7264 – 07. Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials. West Conshohocken, PA, American Society for Testing and Materials. 2007.

[30] ASTM D6110 – 04. Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics. West Conshohocken, PA, American Society for Testing and Materials. 2004

[31] J. Villena. “Análisis de la velocidad de combustión y su incidencia en los materiales utilizados en el material de carrocerías para vehículos.” Tesis, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2017.

[32] "¿Qué es ANOVA?", Internet: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/>. [16 Nov 2018].

[33] H. Pulido & R. Salazar. *Análisis y diseño de experimentos*. México D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V., 2008, pp: 62-92.

ANEXOS:

A1. Ficha de las propiedades de la fibra de vidrio.

A2. Ficha de las propiedades de la resina poliéster.

A3. Ficha de las propiedades de la resina epóxica.

A4. Ficha de las propiedades del gelcoat.

A5. Ficha de las propiedades del hidróxido de aluminio.

A6. Ficha de las propiedades del hidróxido de magnesio.

A7. Extractos de la norma ASTM D3039 – 00.

A8. Extractos de la norma ASTM D7264 – 07.

A9. Extractos de la norma ASTM D6110 – 04.

A10. Informe técnico de los ensayos a tracción, flexión e impacto de los 12 grupos de materiales compuestos dadas por el laboratorio de resistencia de materiales del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del H.G.P de Tungurahua.

A11. Resultados de los ensayos a tracción, flexión e impacto del grupo extra E.

A1. Ficha de las propiedades de la fibra de vidrio.

粉剂毡39



**CERTIFICATE OF APPROVAL OF A
FIBRE REINFORCEMENT**

Certificate No. MATS/2892/2

This certificate is issued to the company named below. The fibre reinforcement described has been examined in accordance with the requirements of Lloyd's Register and is approved for use in constructions built under Lloyd's Register's survey. This approval is subject to Lloyd's Register being informed of any changes in or modifications to the reinforcement and the product being used in accordance with the manufacturer's instructions and with the relevant requirements of Lloyd's Register's Rules and Regulations.

Company	TAISHAN FIBERGLASS INC TAIAN CHINA, PEOPLE'S REPUBLIC OF
Trade name	EMC 450
Type	Chopped strand mat
Mass	450g/m ²
Finish	Silane
Characteristics	Powder Bound
Applicable LR Rules	Rules and Regulations for Classification of Special Service Craft
Approved Variants	EMC 300 EMC 400 EMC 600 EMC 900

M. Vasconez
GERENTE
MATS CER FIBRA
TAIAN CHINA

ENDORSEMENT

The approvals of mat weights of 900 g/m² and above are subject to the moulders demonstrating to the satisfaction of the surveyor their ability to produce hand laid laminates with these mats.

Valid until 1 July 2017

Date 13 July 2009

A2. Ficha de las propiedades de la resina poliéster.

REICHHOLD	[BOLETÍN TÉCNICO]
Septiembre, 2016	
Serie PolyLite® 33200 Resina Poliéster Química especial	
DESCRIPCION	
PolyLite® 33200 comprende una serie de resinas resina poliéster no saturadas, modificadas con un sistema polimérico especial. Estas resinas son rígidas, tixotrópicas, de reactividad y viscosidad medias y están preaceleradas, para gelado y curado a temperatura ambiente con la adición de Peróxido de Metil Etil Cetona al 50%. PolyLite 33200-25 es recomendada para trabajar en lugares de altas temperaturas ambientales.	
APLICACIONES SUGERIDAS	
<ul style="list-style-type: none">• Fabricación de partes automotrices de plástico reforzado con fibra de vidrio.• Fabricación de embarcaciones marinas.• Aplicación con pistola de aspersión, o por moldeo manual (picado).• En general, fabricación de partes reforzadas con fibra de vidrio.	
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	
<ul style="list-style-type: none">• Excelente humectación de la fibra• Excelente resistencia hidrolítica• Muy buena aceptación de cargas minerales.• Exotermia moderada• Sin pegajosidad (tack) residual, con muy buena adherencia entre laminados• Resistencia superior en temperaturas moderadamente altas comparada contra resinas convencionales de usos generales• Se obtienen laminados con muy buen acabado superficial, minimizando el fotografiado de la fibra de vidrio sobre el gel coat.• Rápidos ciclos de curado.• Cumple la norma FMVSS 302 de inflamabilidad para vehículos y autobuses de pasajeros.	
Nota: Esta resina es tixotrópica por lo que se recomienda su agitación antes de usarla.	
<small>La información contenida en el presente, es para ayudar a nuestros clientes a determinar si nuestros productos son apropiados para sus aplicaciones. Nuestros productos están diseñados para su venta a clientes industriales y comerciales. Antes de descargar o utilizar nuestros productos, le solicitamos realice los análisis que considere pertinentes para determinar la conveniencia del producto para su aplicación específica. Garantizamos que nuestros productos cumplen con nuestras especificaciones indicadas en el Certificado de Análisis, y que además son evaluados bajo los métodos de prueba de Reichhold; las pruebas se realizan durante el TIEMPO DE CONSUMO PREFERENTE (Mínimo definido más adelante), por lo que REICHHOLD no se hace responsable de reclamaciones realizadas fuera de dicho tiempo. En caso de requerir información adicional sobre lo aquí estipulado, acérquese a su agente de ventas. Nada de lo que se encuentra aquí expresado, constituye una garantía expresa o implícita, incluyendo cualquier garantía comercial o convenida. Todos los derechos de patente están registrados. La reparación de las posibles reclamaciones aceptadas, será la únicamente reposición de nuestros productos y en ningún momento será motivo de aceptación de daños especiales, incidentales o consecuentes.</small>	
<small>Reichhold México - Boulevard Arturo Montiel Rojas no. 10006 Parque Industrial Atzacmulco, CP 50456 Atzacmulco Estado de México</small>	

PROPIEDADES

PROPIEDADES TÍPICAS DE RESINA LIQUIDA @ 25°C

Propiedades	Unidades	Especificaciones	Métodos de Análisis
No volátiles	%	58 - 63	RQMPEA 0041
Número ácido en solución (máximo)	mg KOH/g muestra	25	RQMPEA 0026
Viscosidad Brookfield, LVF, 3/60	cPs	300 - 400	RQMPEA 0002
Índice de tixotropía (3/6) / (3/60) (mínimo)	s/u	2.7	RQMPEA 0006
Estabilidad @ 105°C	Horas	4	RQMPEA 0118

Propiedades	Unidades	Especificaciones			Métodos de Análisis
		Polylite 33200-01	Polylite 33200-12	Polylite 33200-25	
Color resina líquida	s/u	N.A.	N.A.	Gris-azul oscuro	RQMPEA 0019
Tiempo de gel *	minutos	15 - 18	9 - 12	20 - 30	RQMPEA 0066
Temperatura de exotermia	°C	140 - 170	140 - 170	Registro	RQMPEA 0066
Tiempo de curado	minutos	21 - 35	Registro	Registro	RQMPEA 0066

* 100 g de resina + 1.0 g de MEKP (Butanox M-50) @ 25°C

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS

Vaciado sin carga ni refuerzo (clear casting) ¹⁾

Propiedades	Unidades	Valor Típico	Métodos
Dureza Barcol	s/u	36 - 40	ASTM D-2583-07
HDT	°C	74.0	ASTM D-648-07
Absorción de agua 2hrs @ 212°F (100°C)	%	0.77	ASTM D-570-10
24hrs @ 73°F (23°C)	%	0.16	
Resistencia a la flexión	Psi	13245	ASTM D-790-10
Módulo de flexión	Psi x 10 ³	575	ASTM D-790-10
Resistencia a la tensión	Psi	6091	ASTM D-638-10
Módulo de tensión	Psi x 10 ³	507	ASTM D-638-10
Elongación hasta ruptura	%	1.3	ASTM D-638-10

¹⁾ Pruebas realizadas a una placa de 4 mm de espesor

Laminado reforzado con fibra de vidrio ²⁾

Propiedades	Unidades	Valor típico	Métodos
Dureza Barcol	s/u	50 - 55	ASTM D-2583-07
Absorción de agua 2hrs @ 212°F (100°C)	%	0.52	ASTM D-570-10
24hrs @ 73°F (23°C)	%	0.13	
Contenido de: Resina / Fibra de vidrio	%	68.0 / 32.0	ASTM D 2584-08
Resistencia a la flexión	Psi	27337	ASTM D-790-10
Módulo de flexión	Psi x 10 ³	1248	ASTM D-790-10
Resistencia a la tensión	Psi	13426	ASTM D-638-10
Módulo de tensión	Psi x 10 ³	1242	ASTM D-638-10
Elongación hasta ruptura	%	1.57	ASTM D-638-10
Resistencia a la compresión (Carga Maxima)	Psi	24798	ASTM D-695-10
Resistencia al impacto (Izod)	ft-lb/in	10.4	ASTM D-256-10
Tipo "A", Tipo de falla:		100% parcial	

²⁾ Construcción del laminado: 3 capas de Colchoneta 450 g/m²

CONDICIONES DE CURADO

Adicionar 1 ml de Peróxido de Metil Etil Cetona al 50% por cada 100 g de resina. Se puede curar a temperatura ambiente durante la noche o aplicar un postcurado de 2 - 4 horas a 60°C. Niveles de peróxido abajo de 0.8% resultan en largo gelado y curado, por lo que no se recomiendan.

ALMACENAMIENTO

Para asegurar la máxima estabilidad y mantener las propiedades óptimas de la resina, ésta debe ser almacenada en el envase original cerrado a temperatura por debajo de 25°C (77°F) y lejos de fuentes de ignición, calor y de la luz solar. La resina debe estar al menos a 18°C (65°F) antes de usarse con el fin de asegurar el curado y manejo adecuado. Después de un almacenamiento prolongado, se recomienda una agitación moderada sobre todo en el caso de resinas tixotrópicas. Evitar la contaminación del producto con agua. Evitar el almacenar a la intemperie. Mantenga los recipientes cerrados para evitar la absorción de humedad y la pérdida de monómeros. Los niveles de inventario deberán guardar un mínimo razonable, con una política de inventarios de primeras entradas - primeras salidas. Todas las zonas de almacenamiento y los tanques contenedores deberán cumplir con los códigos de incendio y de construcción locales. Se debe evitar usar tanques contenedores hechos a base de cobre o de sus aleaciones. Almacenar la resina separada de materiales oxidantes, peróxidos y sales metálicas. Mantener los recipientes cerrados cuando no estén en uso.

TIEMPO DE CONSUMO PREFERENTE

Bajo condiciones recomendadas de almacenamiento, el tiempo de consumo preferente de esta resina es de 3 meses a partir de la fecha de fabricación.

PRESENTACION

Tambor metálico no retornable de 230 Kg de peso neto y a granel en carro tanque.

SEGURIDAD**LEA Y ENTIENDA LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL ANTES DE USAR ESTE PRODUCTO**

Obtenga una copia de la Hoja de Datos de Seguridad del Material (HDS) antes de usarlo. Las HDS están disponibles con su representante de ventas en Reichhold. Tal información debe ser solicitada a todos sus proveedores de materiales y entendida antes de usarlos.

ADVERTENCIA: se debe tener precaución para evitar el mezclado directo de cualquier peróxido orgánico con jabones metálicos, aminas o cualquier otro tipo de acelerador o promotor, ya que puede ocurrir una descomposición violenta y explosiva.

INFORMACION GENERAL

Para información especial sobre esta resina le recomendamos ponerse en contacto con nuestros representantes de ventas o llamar a nuestro departamento de Soporte Técnico al teléfono (01) 712 122 95 22 en Atlacomulco, Edo. de México.

A3. Ficha de las propiedades de la resina epóxica.



SISTEMA EPOXICO

RESINA COLREPOX 6090 ENDURECEDOR COLREPOX 1956

QCEPOXI

GENERALIDADES

Es un sistema epóxico formulado de baja densidad, alta resistencia mecánica, excelente compatibilidad con fibra de vidrio, fibra de carbono, kevlar y otros tipos de cargas, baja contracción y alta estabilidad dimensional.

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA INICIAL.

Tiempo de uso para 500 gr de mezcla a 25°C (minutos)	40-60 sin carga. 80 - 100 con carga
Proporción de la mezcla	100/ 20 (resina /endurecedor)
Tiempo de desmolde	24 Horas
Resistencia a la compresión sin carga	8.740 Psi

CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES

	Resina 6090 A	Endurecedor 1956 B
Apariencia	Color blanco pastel	Transparente
Viscosidad a 25°C	1250-1260 mPas	200-500 mPas
Densidad a 20°C	1.1 g/cm ³	0,94 g/cm ³

Móvil: 318 795 60 98
MSN: quadcarbon@compuestos.com
e-mail: quadcarbon@gmail.com

PROPIEDADES

Por su viscosidad es fácil de aplicar con brocha, espátula o rodillo. Cubre muy bien los bordes agudos.

Ofrece excelentes propiedades mecánicas como resistencia a la abrasión, dureza con la ventaja de un pot life de amplio rango.

PROCESO DE MEZCLA

Al aplicar varias capas se debe esperar que cada una este al tacto para aplicar la siguiente.

Con el método tradicional de curado a temperatura ambiente debe esperarse un mínimo de 24 horas para desmoldar la pieza. De lo contrario se puede incurrir en modificaciones dimensionales de la pieza.

INDICACIONES GENERALES

ALMACENAMIENTO.

Tanto la resina como el endurecedor deben ser almacenado en lugares secos a temperatura entre 18 y 25 grados centígrados (°C) en sus envases originales bien sellados.

Es recomendable usar los envases parcialmente llenos lo antes posible, ya que cualquier grado de humedad puede afectar la composición y características de los componentes.

La vida de almacenamiento en sus envases originales es de un año.

PRECAUCIONES DE MANEJO.

Las resinas como los endurecedores son agentes químicos por tanto es recomendable seguir las instrucciones de manejo indicadas por el fabricante.

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- Es corrosivo por tanto puede causar algún grado de irritación en la piel y/o en los ojos.
- Evite el contacto directo con la piel, los ojos y procure evitar inhalación de vapores.
- En caso de tener contacto con los ojos lávese muy bien por un tiempo no menor a los 15 minutos y acuda inmediatamente al médico.
- En caso de contacto con la piel lávese muy bien con agua y jabón.
- En caso de inhalación excesiva salga a un lugar donde haya aire fresco. Suministre oxígeno en caso de dificultad respiratoria.
- En caso de ingestión. Si la persona esta consciente suministre abundante agua y acuda inmediatamente al médico.

A4. Ficha de las propiedades del gelcoat.



BOLETÍN TÉCNICO

Julio, 2015

CENTERGEL® GO-001-00

Gelcoat Ortoftálico

DESCRIPCION

CENTERGEL® GO-001-00 es un gelcoat blanco ortoftálico de usos generales donde se requiera un buen desempeño y buena flexibilidad. Tiene buen poder cubriente. Desarrolla buen brillo y blancura.

APLICACIONES

Diseñado para aplicarse con equipo de aspersión, para la fabricación de piezas con fibra de vidrio en procesos de moldeado abierto, donde se requieran películas de buena apariencia y muy manejables al mismo tiempo.

CARACTERISTICAS

BENEFICIOS

- Fabricado con sistemas poliméricos de alta Tecnología
- Adecuado balance de Viscosidad / Tixotropía
- Fórmula especialmente diseñada
- Fabricado bajo Sistema de Calidad ISO 9001:2008

- Excelente desempeño, mejor que otros gelcoats Ortoftálicos en su tipo
- Ideal para aplicarse con equipo de aspersión
- Adecuado balance entre costo/desempeño.
- Consistencia lote a lote

PROPIEDADES

PROPIEDADES TÍPICAS EN LÍQUIDO @ 25 °C

Propiedades	Unidades	Especificaciones	Métodos de Análisis
Tiempo de gel *	Minutos	8 - 13	RQMPEA-0066
Viscosidad Brookfield, LVF 4/30	cP	3500 - 4000	RQMPEA-0002
Índice de Tixotropía, LVF (4/6)/(4/60)	-	> 4	RQMPEA-0006
Estabilidad @ 105°C (mínimo)	Horas	2	RQMPEA-0017
Finura	Hegman	5 - 6	RQMPEA-0008
Porosidad	-	Pasa	RQMPEA-0011

* 100 g de gelcoat + 1.50 g de MEKP (Butanox M-50) @ 25 °C. ** Película Sólida.

TIEMPO DE CONSUMO PREFERENTE

Bajo condiciones recomendadas de almacenamiento, el tiempo de consumo preferente del CENTERGEL® GO-001-00 es de 2 meses a partir de la fecha de fabricación.

La información contenida en el presente, es para ayudar a nuestros clientes a determinar si nuestros productos son apropiados para sus aplicaciones. Nuestros productos están diseñados para su venta a clientes industriales y comerciales. Antes de descargar o utilizar nuestros productos, le solicitamos realice los análisis que considere pertinentes para determinar la conveniencia del producto para su aplicación específica. Garantizamos que nuestros productos cumplen con nuestras especificaciones indicadas en el Certificado de Análisis, y que además son evaluados bajo los métodos de prueba de Reichold; las pruebas se realizan durante el TIEMPO DE CONSUMO PREFERENTE (término definido más adelante), por lo que REICHOLD no se hace responsable de reclamaciones realizadas fuera de dicho tiempo. En caso de requerir información adicional sobre lo aquí estipulado, acérquese a su agente de ventas. Nada de lo que se encuentra aquí expresado, constituye una garantía expresa o implícita, incluyendo cualquier garantía comercial o convencional. Todos los derechos de patente están registrados. La reparación de las posibles reclamaciones aceptadas, será la únicamente reposición de nuestros productos y en ningún momento será motivo de aceptación de daños especiales, incidentales o consecuenciales.

Reichhold México - Boulevard Arturo Montiel Rojas no. 10006 Parque Industrial Atlacomulco, CP 50458 Atlacomulco Estado de México

ALMACENAMIENTO

Para asegurar la máxima estabilidad y mantener las propiedades óptimas del gelcoat, éste debe ser almacenado en el envase original cerrado a temperatura por debajo de 25°C (77°F) y lejos de fuentes de ignición, calor y de la luz solar. El gelcoat debe estar al menos a 18°C (65°F) antes de usarse con el fin de asegurar el curado y manejo adecuado. Después de un almacenamiento prolongado, se recomienda una agitación moderada. Evitar la contaminación del producto con agua. Evitar el almacenar a la intemperie. Mantenga los recipientes cerrados para evitar la absorción de humedad y la pérdida de monómeros. Los niveles de inventario deberán guardar un mínimo razonable, con una política de inventarios de primeras entradas - primeras salidas. Todas las zonas de almacenamiento y los tanques contenedores deberán cumplir con los códigos de incendio y de construcción locales. Se debe evitar usar tanques contenedores hechos a base de cobre o de sus aleaciones. Almacenar el gelcoat separado de materiales oxidantes, peróxidos y sales metálicas. Mantener los recipientes cerrados cuando no estén en uso.

AGITACION DEL GELCOAT

Antes de su uso, se recomienda que el gelcoat se agite adecuadamente para reincorporar cualquier material que se haya separado o sedimentado. Así mismo se recomienda que el gelcoat en el recipiente se agite por lo menos durante 10 minutos en cada periodo de 24 horas durante el tiempo que permanece en el área donde se utiliza. La operación de agitación asegura que el gelcoat mantenga uniformidad en sus propiedades durante su aplicación. Se recomienda que la agitación sea mecánica y que sea suficiente para mover el material unas 10 veces. Los equipos más comunes de agitación del gelcoat lograran una mezcla adecuada en menos de media hora. Nunca haga pasar aire comprimido a través del gelcoat, esto podría causar una severa contaminación con agua o aceite y además esta es una manera muy ineficiente de mezclar.

No mezcle el material continuamente! Ya que esto puede causar la pérdida de propiedades tixotrópicas. Si el gelcoat es inadvertidamente sobre-mezclado, entonces mantenga el material durante 4 horas sin agitación antes de la aplicación.

PRESENTACIÓN

Tambor y Cubeta metálicos no retornables de 240 y 20 kgs de peso neto respectivamente.

SEGURIDAD**LEA Y ENTIENDA LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL ANTES DE USAR ESTE PRODUCTO**

Obtenga una copia de la Hoja de Datos de Seguridad del Material (MSDS) antes de usarlo. Las MSDS están disponibles con su representante de ventas en Reichhold. Tal información debe ser solicitada a todos sus proveedores de materiales y entendida antes de usarlos.

ADVERTENCIA: se debe tener precaución para evitar el mezclado directo de cualquier peróxido orgánico con jabones metálicos, aminas o cualquier otro tipo de acelerador o promotor, ya que puede ocurrir una descomposición violenta y explosiva.

INFORMACION GENERAL

Para información especial sobre este gelcoat le recomendamos ponerse en contacto con nuestros representantes técnicos o llamar a nuestro departamento de Soporte Técnico al Tel. (01 712) 122 95 42 en Atlacomulco, Edo. de México.

A5. Ficha de las propiedades del hidróxido de aluminio.



Aluminum hydroxide, powder, ACROS Organics™

Quantity 500g

Packaging Plastic bottle

Chemical Identifiers

CAS 21645-51-2
Linear Formula $\text{Al}(\text{OH})_3$
Chemical Name or Material Aluminium hydroxide
Grade Extra Pure
Molecular Formula AlH_3O_3
Formula Weight 78
Assay $\geq 63.5\%$ (Al_2O_3)

Specifications

CAS 21645-51-2
Molecular Formula AlH_3O_3
Formula Weight 78
Packaging Plastic bottle
Color White
Quantity 500g
Assay $\geq 63.5\%$ (Al_2O_3)
Physical Form Powder
Linear Formula $\text{Al}(\text{OH})_3$
Loss on Ignition 36.5% max.
Water Soluble Substances 0.2% max.
pH 8.5 to 10 (5% aq. suspension)
Chemical Name or Material Aluminium hydroxide
Grade Extra Pure



Material Safety Data Sheet
Aluminum hydroxide hydrate

MSDS# 00933

Section 1 - Chemical Product and Company Identification

MSDS Name: Aluminum hydroxide hydrate
Catalog Numbers: A581-500
Synonyms: Aluminum hydroxide (Al(OH)₃), hydrate; Algedrate.
Company Identification: Fisher Scientific
One Reagent Lane
Fair Lawn, NJ 07410
For information in the US, call: 201-796-7100
Emergency Number US: 201-796-7100
CHEMTREC Phone Number, US: 800-424-9300

Section 2 - Composition, Information on Ingredients

Risk Phrases:

CAS#: 1330-44-5
Chemical Name: Aluminum hydroxide hydrate
%: 100
EINECS#: unlisted
Hazard Symbols:

Text for R-phrases: see Section 16

Hazard Symbols: None listed
Risk Phrases: None listed

Section 3 - Hazards Identification

EMERGENCY OVERVIEW

Caution! The toxicological properties of this material have not been fully investigated. May cause eye, skin, and respiratory tract irritation. Target Organs: No data found.

Potential Health Effects

Eye: May cause eye irritation.
Skin: Dust may cause mechanical irritation.
Ingestion: Ingestion of large amounts may cause gastrointestinal irritation. The toxicological properties of this substance have not been fully investigated. Ingestion of large amounts may cause pain, constipation or diarrhea.
Inhalation: May cause respiratory tract irritation. The toxicological properties of this substance have not been fully investigated.
Chronic: No information found.

Section 4 - First Aid Measures

Eyes: Flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes, occasionally lifting the upper and lower eyelids. Get medical aid.
Skin: Flush skin with plenty of water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes. Get medical aid if irritation develops or persists. Wash clothing before reuse.
Ingestion: Do not induce vomiting. If victim is conscious and alert, give 2-4 cupfuls of milk or water. Never give anything by mouth to an unconscious person. Get medical aid immediately.
Inhalation: Remove from exposure and move to fresh air immediately. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen. Get medical aid if cough or other symptoms appear.

Notes to

Physician:

Section 5 - Fire Fighting Measures

General Information: As in any fire, wear a self-contained breathing apparatus in pressure-demand, MSHA/NIOSH (approved or equivalent), and full protective gear. During a fire, irritating and highly toxic gases may be generated by thermal decomposition or combustion. Non-combustible, substance itself does not burn but may decompose upon heating to produce irritating, corrosive and/or toxic fumes.

Extinguishing Media: Substance is noncombustible; use agent most appropriate to extinguish surrounding fire.

Autoignition Temperature: Not applicable.

Flash Point: Not applicable.

Explosion Limits: Lower: Not available

Explosion Limits: Upper: Not available

NFPA Rating: health: 1; flammability: 0; instability: 1;

Section 6 - Accidental Release Measures

General Information: Use proper personal protective equipment as indicated in Section 8.

Spills/Leaks: Vacuum or sweep up material and place into a suitable disposal container. Clean up spills immediately, observing precautions in the Protective Equipment section. Avoid generating dusty conditions. Provide ventilation.

Section 7 - Handling and Storage

Handling: Wash thoroughly after handling. Remove contaminated clothing and wash before reuse. Use with adequate ventilation. Minimize dust generation and accumulation. Avoid contact with skin and eyes. Avoid ingestion and inhalation.

Storage: Store in a tightly closed container. Store in a cool, dry, well-ventilated area away from incompatible substances.

Section 8 - Exposure Controls, Personal Protection

Chemical Name	ACGIH	NIOSH	OSHA - Final PELs
Aluminum hydroxide hydrate	none listed	none listed	none listed
Aluminum hydroxide	none listed	none listed	none listed

OSHA Vacated PELs: Aluminum hydroxide hydrate: None listed Aluminum hydroxide: None listed

Engineering Controls:

Facilities storing or utilizing this material should be equipped with an eyewash facility and a safety shower. Use adequate ventilation to keep airborne concentrations low.

Exposure Limits

Personal Protective Equipment

Eyes: Wear appropriate protective eyeglasses or chemical safety goggles as described by OSHA's eye and face protection regulations in 29 CFR 1910.133 or European Standard EN166.

Skin: Wear appropriate gloves to prevent skin exposure.

Clothing: Wear appropriate protective clothing to prevent skin exposure.

Respirators: A respiratory protection program that meets OSHA's 29 CFR 1910.134 and ANSI Z88.2 requirements or European Standard EN 149 must be followed whenever workplace conditions warrant respirator use.

Section 9 - Physical and Chemical Properties

Physical State: Solid

Color: not available

Odor: none reported

pH: Not available

Vapor Pressure: Not available
Vapor Density: Not available
Evaporation Rate: Not available
Viscosity: Not available
Boiling Point: Not available
Freezing/Melting Point: Not available
Decomposition Temperature: Not available
Solubility in water: Insoluble in water.
Specific Gravity/Density: Not available.
Molecular Formula: Al(OH)₃.nH₂O
Molecular Weight: 78.0007

Section 10 - Stability and Reactivity

Chemical Stability: Stable under normal temperatures and pressures. Absorbs carbon dioxide from the air. Absorbs acids. When coprecipitated with bismuth hydroxide and reduced by hydrogen, becomes violently flammable in air.

Conditions to Avoid: Exposure to air, violently reacts with chlorinated rubber.

Incompatibilities with Other Materials: Strong oxidizing agents, chlorinated rubber.

Hazardous Decomposition Products: Chlorinated rubber, aluminum oxide.

Hazardous Polymerization: Has not been reported.

Section 11 - Toxicological Information

RTECS#: CAS# 1330-44-5: None listed
CAS# 21645-51-2: BD0940000

LD50/LC50: RTECS: Not available. RTECS: Not available.

Carcinogenicity: Aluminum hydroxide hydrate - Not listed as a carcinogen by ACGIH, IARC, NTP, or CA Prop 65.
Aluminum hydroxide - Not listed as a carcinogen by ACGIH, IARC, NTP, or CA Prop 65.

Other: See actual entry in RTECS for complete information.

Section 12 - Ecological Information

Not available

Section 13 - Disposal Considerations

Dispose of in a manner consistent with federal, state, and local regulations.

Section 14 - Transport Information

US DOT
Shipping Name: Not Regulated
Hazard Class:
UN Number:
Packing Group:
Canada TDG
Shipping Name: Not regulated as a hazardous material
Hazard Class:
UN Number:
Packing Group:

Section 15 - Regulatory Information

European/International Regulations

European Labeling in Accordance with EC Directives

Hazard Symbols: Not available

Risk Phrases:

Safety Phrases:

S 24/25 Avoid contact with skin and eyes.

WGK (Water Danger/Protection)

CAS# 1330-44-5: Not available

CAS# 21645-51-2: 0

Canada

CAS# 21645-51-2 is listed on Canada's DSL List

Canadian WHMIS Classifications: Not controlled.

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled Products Regulations and the MSDS contains all of the information required by those regulations.

CAS# 1330-44-5 is not listed on Canada's Ingredient Disclosure List.

CAS# 21645-51-2 is not listed on Canada's Ingredient Disclosure List.

US Federal

TSCA

CAS# 1330-44-5 is not on the TSCA Inventory because it is a hydrate. It is considered to be listed if the CAS number for the anhydrous form is on the Inventory (40CFR720.3(u)(2)).

CAS# 21645-51-2 is listed on the TSCA Inventory.

Section 16 - Other Information

MSDS Creation Date: 9/02/1997

Revision #7 Date 7/20/2009

The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall the company be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential, or exemplary damages howsoever arising, even if the company has been advised of the possibility of such damages.

A6. Ficha de las propiedades del hidróxido de magnesio.

SIGMA-ALDRICH®

sigma-aldrich.com

3050 Spruce Street, Saint Louis, MO 63103, USA

Website: www.sigmaaldrich.com

Email USA: techserv@sial.com

Outside USA: eurtechserv@sial.com

Product Specification

Product Name:
Magnesium hydroxide - reagent grade, 95%

Product Number: 310093
CAS Number: 1309-42-8
MDL: MFCD00011104
Formula: H2MgO2
Formula Weight: 58.32 g/mol



TEST	Specification
Appearance (Color)	White
Appearance (Form)	Powder
X-Ray Diffraction	Conforms to Structure
Titration with EDTA	94.5 - 105.5 %

Specification: PRD.1.ZQ5.10000009389

Sigma-Aldrich warrants, that at the time of the quality release or subsequent retest date this product conformed to the information contained in this publication. The current Specification sheet may be available at Sigma-Aldrich.com. For further inquiries, please contact Technical Service. Purchaser must determine the suitability of the product for its particular use. See reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

1 of 1

SAFETY DATA SHEET

according to Regulation (EC) No. 1907/2006

Version 6.0 Revision Date 31.03.2016

Print Date 10.12.2018

GENERIC EU MSDS - NO COUNTRY SPECIFIC DATA - NO OEL DATA

SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking**1.1 Product identifiers**

Product name : Magnesium hydroxide

Product Number : 310093
Brand : SIGALD
REACH No. : A registration number is not available for this substance as the substance or its uses are exempted from registration, the annual tonnage does not require a registration or the registration is envisaged for a later registration deadline.

CAS-No. : 1309-42-8

1.2 Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Identified uses : Laboratory chemicals, Manufacture of substances

1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

Company : Sigma-Aldrich Inc.
3050 Spruce Street
ST. LOUIS MO 63103
UNITED STATES

Telephone : +1 314 771-5765
Fax : +1 800 325-5052

1.4 Emergency telephone number

Emergency Phone # : (314) 776-6555

SECTION 2: Hazards identification**2.1 Classification of the substance or mixture****Classification according to Regulation (EC) No 1272/2008**

Skin irritation (Category 2), H315

Eye irritation (Category 2), H319

Specific target organ toxicity - single exposure (Category 3), Respiratory system, H335

For the full text of the H-Statements mentioned in this Section, see Section 16.

2.2 Label elements**Labelling according Regulation (EC) No 1272/2008**

Pictogram



Signal word : Warning

Hazard statement(s)

H315

Causes skin irritation.

H319

Causes serious eye irritation.

H335

May cause respiratory irritation.

Precautionary statement(s)
P261 Avoid breathing dust.
P305 + P351 + P338 IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing.

Supplemental Hazard Statements none

2.3 Other hazards

This substance/mixture contains no components considered to be either persistent, bioaccumulative and toxic (PBT), or very persistent and very bioaccumulative (vPvB) at levels of 0.1% or higher.

SECTION 3: Composition/information on ingredients

3.1 Substances

Formula : H_2MgO_2
Molecular weight : 58.32 g/mol
CAS-No. : 1309-42-8
EC-No. : 215-170-3

Hazardous ingredients according to Regulation (EC) No 1272/2008

Component	Classification	Concentration
Magnesium hydroxide		
CAS-No. 1309-42-8	Skin Irrit. 2; Eye Irrit. 2; STOT SE 3; H315, H319, H335	<= 100 %
EC-No. 215-170-3		

For the full text of the H-Statements mentioned in this Section, see Section 16.

SECTION 4: First aid measures

4.1 Description of first aid measures

General advice

Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance.

If inhaled

If breathed in, move person into fresh air. If not breathing, give artificial respiration. Consult a physician.

In case of skin contact

Wash off with soap and plenty of water. Consult a physician.

In case of eye contact

Rinse thoroughly with plenty of water for at least 15 minutes and consult a physician.

If swallowed

Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. Consult a physician.

4.2 Most important symptoms and effects, both acute and delayed

The most important known symptoms and effects are described in the labelling (see section 2.2) and/or in section 11

4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

No data available

SECTION 5: Firefighting measures

5.1 Extinguishing media

Suitable extinguishing media

Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide.

- 5.2 **Special hazards arising from the substance or mixture**
Magnesium oxide
- 5.3 **Advice for firefighters**
Wear self-contained breathing apparatus for firefighting if necessary.
- 5.4 **Further information**
No data available

SECTION 6: Accidental release measures

- 6.1 **Personal precautions, protective equipment and emergency procedures**
Use personal protective equipment. Avoid dust formation. Avoid breathing vapours, mist or gas. Ensure adequate ventilation. Evacuate personnel to safe areas. Avoid breathing dust.
For personal protection see section 8.
- 6.2 **Environmental precautions**
Do not let product enter drains.
- 6.3 **Methods and materials for containment and cleaning up**
Pick up and arrange disposal without creating dust. Sweep up and shovel. Keep in suitable, closed containers for disposal.
- 6.4 **Reference to other sections**
For disposal see section 13.

SECTION 7: Handling and storage

- 7.1 **Precautions for safe handling**
Avoid contact with skin and eyes. Avoid formation of dust and aerosols.
Provide appropriate exhaust ventilation at places where dust is formed.
For precautions see section 2.2.
- 7.2 **Conditions for safe storage, including any incompatibilities**
Store in cool place. Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place.
Storage class (TRGS 510): Non Combustible Solids
- 7.3 **Specific end use(s)**
Apart from the uses mentioned in section 1.2 no other specific uses are stipulated

SECTION 8: Exposure controls/personal protection

- 8.1 **Control parameters**
- 8.2 **Exposure controls**
- Appropriate engineering controls**
Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice. Wash hands before breaks and at the end of workday.
- Personal protective equipment**
- Eye/face protection**
Safety glasses with side-shields conforming to EN166 Use equipment for eye protection tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or EN 166(EU).
- Skin protection**
Handle with gloves. Gloves must be inspected prior to use. Use proper glove removal technique (without touching glove's outer surface) to avoid skin contact with this product. Dispose of contaminated gloves after use in accordance with applicable laws and good laboratory practices. Wash and dry hands.

The selected protective gloves have to satisfy the specifications of EU Directive 89/686/EEC and the standard EN 374 derived from it.

Full contact
Material: Nitrile rubber
Minimum layer thickness: 0.11 mm

Break through time: 480 min
Material tested: Dermatrill® (KCL 740 / Aldrich Z677272, Size M)

Splash contact
Material: Nitrile rubber
Minimum layer thickness: 0.11 mm
Break through time: 480 min
Material tested: Dermatrill® (KCL 740 / Aldrich Z677272, Size M)

data source: KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, phone +49 (0)6659 87300, e-mail sales@kcl.de, test method: EN374

If used in solution, or mixed with other substances, and under conditions which differ from EN 374, contact the supplier of the CE approved gloves. This recommendation is advisory only and must be evaluated by an industria situation of anticipated use by our customers. It should not be construed as offering an approval for any specific use scenario.

Body Protection

Impervious clothing, The type of protective equipment must be selected according to the concentration and amount of the dangerous substance at the specific workplace.

Respiratory protection

For nuisance exposures use type P95 (US) or type P1 (EU EN 143) particle r (US) or type ABEK-P2 (EU EN 143) respirator cartridges. Use respirators and components tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

Control of environmental exposure

Do not let product enter drains.

SECTION 9: Physical and chemical properties

9.1 Information on basic physical and chemical properties

a) Appearance	Form: powder Colour: white
b) Odour	No data available
c) Odour Threshold	No data available
d) pH	9.5 - 10.5
e) Melting point/freezing point	Melting point/range: 350 °C - lit.
f) Initial boiling point and boiling range	No data available
g) Flash point	Not applicable
h) Evaporation rate	No data available
i) Flammability (solid, gas)	No data available
j) Upper/lower flammability or explosive limits	No data available
k) Vapour pressure	No data available
l) Vapour density	No data available
m) Relative density	2.360 g/cm ³
n) Water solubility	insoluble
o) Partition coefficient: n-octanol/water	No data available
p) Auto-ignition temperature	No data available

- q) Decomposition temperature No data available
- r) Viscosity No data available
- s) Explosive properties No data available
- t) Oxidizing properties No data available

9.2 Other safety information
No data available

SECTION 10: Stability and reactivity

10.1 Reactivity

No data available

10.2 Chemical stability

Stable under recommended storage conditions.

10.3 Possibility of hazardous reactions

No data available

10.4 Conditions to avoid

No data available

10.5 Incompatible materials

Strong oxidizing agents, Strong acids

10.6 Hazardous decomposition products

Hazardous decomposition products formed under fire conditions. - Magnesium oxide
Other decomposition products - No data available
In the event of fire: see section 5

SECTION 11: Toxicological information

11.1 Information on toxicological effects

Acute toxicity

LD50 Oral - Rat - 8,500 mg/kg(Magnesium hydroxide)

Skin corrosion/irritation

No data available(Magnesium hydroxide)

Serious eye damage/eye irritation

Eyes - Rabbit(Magnesium hydroxide)
Result: Moderate eye irritation

Respiratory or skin sensitisation

No data available(Magnesium hydroxide)

Germ cell mutagenicity

No data available(Magnesium hydroxide)

Carcinogenicity

IARC: No component of this product present at levels greater than or equal to 0.1% is identified as probable, possible or confirmed human carcinogen by IARC.

Reproductive toxicity

No data available(Magnesium hydroxide)

Specific target organ toxicity - single exposure

Inhalation - May cause respiratory irritation.(Magnesium hydroxide)

Specific target organ toxicity - repeated exposure

No data available

Aspiration hazard

No data available(Magnesium hydroxide)

Additional Information

RTECS: OM3570000

To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.(Magnesium hydroxide)

SECTION 12: Ecological information**12.1 Toxicity**

No data available

12.2 Persistence and degradability

No data available

12.3 Bioaccumulative potential

No data available

12.4 Mobility in soil

No data available(Magnesium hydroxide)

12.5 Results of PBT and vPvB assessment

This substance/mixture contains no components considered to be either persistent, bioaccumulative and toxic (PBT), or very persistent and very bioaccumulative (vPvB) at levels of 0.1% or higher.

12.6 Other adverse effects

No data available

SECTION 13: Disposal considerations**13.1 Waste treatment methods****Product**

Offer surplus and non-recyclable solutions to a licensed disposal company. Dissolve or mix the material with a combustible solvent and burn in a chem scrubber.

Contaminated packaging

Dispose of as unused product.

SECTION 14: Transport information**14.1 UN number**

ADR/RID: -

IMDG: -

IATA: -

14.2 UN proper shipping name

ADR/RID: Not dangerous goods

IMDG: Not dangerous goods

IATA: Not dangerous goods

14.3 Transport hazard class(es)

ADR/RID: -

IMDG: -

IATA: -

14.4 Packaging group

ADR/RID: -

IMDG: -

IATA: -

14.5 Environmental hazards

ADR/RID: no

IMDG Marine pollutant: no

IATA: no

14.6 Special precautions for user

No data available

SECTION 15: Regulatory information**15.1 Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture**

This safety datasheet complies with the requirements of Regulation (EC) No. 1907/2006.

15.2 Chemical safety assessment

For this product a chemical safety assessment was not carried out

SECTION 16: Other information**Full text of H-Statements referred to under sections 2 and 3.**

H315	Causes skin irritation.
H319	Causes serious eye irritation.
H335	May cause respiratory irritation.

Further information

Copyright 2016 Sigma-Aldrich Co. LLC. License granted to make unlimited paper copies for internal use only.

The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information in this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product. Sigma-Aldrich Corporation and its Affiliates shall not be held liable for any damage resulting from handling or from contact with the above product. See www.sigma-aldrich.com and/or the reverse side of invoice or packing slip for additional terms and conditions of sale.

A7. Extractos de la norma ASTM D3039 – 00.



TABLE 2 Tensile Specimen Geometry Recommendations^a

Fiber Orientation	Width, mm [in.]	Overall Length, mm [in.]	Thickness, mm [in.]	Tab Length, mm [in.]	Tab Thickness, mm [in.]	Tab Bevel Angle, ^b
0° unidirectional	15 [0.5]	250 [10.0]	1.0 [0.040]	56 [2.25]	1.5 [0.062]	7 or 90
90° unidirectional	25 [1.0]	175 [7.0]	2.0 [0.080]	25 [1.0]	1.5 [0.062]	90
balanced and symmetric	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—
random-discontinuous	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—

^a Dimensions in this table and the tolerances of Fig. 2 or Fig. 3 are recommendations only and may be varied so long as the requirements of Table 1 are met.

must be able to withstand significant compressive loads. Some types of emery cloth have been found ineffective in this application because of disintegration of the abrasive.⁹

8.2.2.5 *Tab Material*—The most consistently used bonded tab material has been continuous E-glass fiber-reinforced polymer matrix materials (woven or unwoven) in a [0/90]ns laminate configuration. The tab material is commonly applied at 45° to the loading direction to provide a soft interface. Other configurations that have reportedly been successfully used have incorporated steel tabs or tabs made of the same material as is being tested.

8.2.2.6 *Bonded Tab Length*—When using bonded tabs, estimate the minimum suggested tab length for bonded tabs by the following simple equation. As this equation does not account for the peaking stresses that are known to exist at the ends of bonded joints. The tab length calculated by this equation should normally be increased by some factor to reduce the chances of joint failure:

$$L_{\min} = F^{tu}h/2F^{su} \quad (4)$$

where:

- L_{\min} = minimum required bonded tab length, mm [in.];
- F^{tu} = ultimate strength of coupon material, MPa [psi];
- h = coupon thickness, mm [in.]; and
- F^{su} = ultimate shear strength of adhesive, coupon material, or tab material (whichever is lowest), MPa [psi].

8.2.2.7 *Bonded Tab Adhesive*—Any high-elongation (tough) adhesive system that meets the environmental requirements may be used when bonding tabs to the material under test. A uniform bondline of minimum thickness is desirable to reduce undesirable stresses in the assembly.

8.2.3 *Detailed Examples*—The minimum requirements for specimen design discussed in 8.2.1 are by themselves insufficient to create a properly dimensioned and toleranced coupon drawing. Dimensionally toleranced specimen drawings for both tabbed and untabbed forms are shown as examples in Fig. 2 (SI) and Fig. 3 (inch-pound). The tolerances on these drawings are fixed, but satisfy the requirements of Table 1 for all of the recommended configurations of Table 2. For a specific configuration, the tolerances on Fig. 2 and Fig. 3 might be able to be relaxed.

8.3 Specimen Preparation:

8.3.1 *Panel Fabrication*—Control of fiber alignment is critical. Improper fiber alignment will reduce the measured

properties. Erratic fiber alignment will also increase the coefficient of variation. The specimen preparation method shall be reported.

8.3.2 *Machining Methods*—Specimen preparation is extremely important for this specimen. Mold the specimens individually to avoid edge and cutting effects or cut from them plates. If they are cut from plates, take precautions to avoid notches, undercuts, rough or uneven surfaces, or delaminations caused by inappropriate machining methods. Obtain final dimensions by water-lubricated precision sawing, milling, or grinding. The use of diamond tooling has been found to be extremely effective for many material systems. Edges should be flat and parallel within the specified tolerances.

8.3.3 *Labeling*—Label the coupons so that they will be distinct from each other and traceable back to the raw material and in a manner that will both be unaffected by the test and not influence the test.

9. Calibration

9.1 The accuracy of all measuring equipment shall have certified calibrations that are current at the time of use of the equipment.

10. Conditioning

10.1 *Standard Conditioning Procedure*—Unless a different environment is specified as part of the experiment, condition the test specimens in accordance with Procedure C of Test Method D 5229/D 5229M and store and test at standard laboratory atmosphere (23 ± 3°C [73 ± 5°F] and 50 ± 10 % relative humidity).

11. Procedure

11.1 Parameters To Be Specified Before Test:

11.1.1 The tension specimen sampling method, coupon type and geometry, and conditioning travelers (if required).

11.1.2 The tensile properties and data reporting format desired.

NOTE 5—Determine specific material property, accuracy, and data reporting requirements before test for proper selection of instrumentation and data-recording equipment. Estimate operating stress and strain levels to aid in transducer selection, calibration of equipment, and determination of equipment settings.

11.1.3 The environmental conditioning test parameters.

11.1.4 If performed, the sampling method, coupon geometry, and test parameters used to determine density and reinforcement volume.

11.2 General Instructions:

11.2.1 Report any deviations from this test method, whether intentional or inadvertent.

⁹ E-Z Flex Metalite K224 cloth, Grit 120-J, available from Norton Company, Troy, NY 12181, has been found satisfactory in this application. Other equivalent types of emery cloth should also be suitable.

TABLE 3 Specimen Alignment and Chord Modulus Calculation Strain Ranges

Tensile Chord Modulus Calculation Longitudinal Strain Range		Longitudinal Strain Checkpoint for Bending
Start Point $\mu\epsilon^A$	End Point $\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$
1000 ^B	3000	2000

^A 1000 $\mu\epsilon$ = 0.001 absolute strain.
^B This strain range is to be contained in the lower half of the stress/strain curve. For materials that fail below 6000 $\mu\epsilon$, a strain range of 25 to 50 % of ultimate is recommended.

percent bending is no more than 3 %. When bending is greater than 3 % averaged strains from back-to-back transducers of like kind are recommended.

$$B_y = \frac{|\epsilon_f - \epsilon_b|}{|\epsilon_f + \epsilon_b|} \quad (5)$$

where:

- ϵ_f = indicated strain from front transducer, $\mu\epsilon$;
- ϵ_b = indicated strain from back transducer, $\mu\epsilon$; and
- B_y = percent bending in specimen.

11.7 *Loading*—Apply the load to the specimen at the specified rate until failure, while recording data.

11.8 *Data Recording*—Record load versus strain (or transducer displacement) continuously or at frequent regular intervals. If a transition region or initial ply failures are noted, record the load, strain, and mode of damage at such points. If the specimen is to be failed, record the maximum load, the failure load, and the strain (or transducer displacement) at, or as near as possible to, the moment of rupture.

NOTE 8—Other valuable data that can be useful in understanding testing anomalies and gripping or specimen slipping problems includes load versus head displacement data and load versus time data.

11.9 *Failure Mode*—Record the mode and location of failure of the specimen. Choose, if possible, a standard description using the three-part failure mode code that is shown in Fig. 4.

11.10 *Grip/Tab Failures*—Reexamine the means of load introduction into the material if a significant fraction of failures in a sample population occur within one specimen width of the tab or grip. Factors considered should include the tab alignment, tab material, tab angle, tab adhesive, grip type, grip pressure, and grip alignment.

12. Calculation

12.1 *Tensile Stress/Tensile Strength*—Calculate the ultimate tensile strength using Eq 6 and report the results to three significant figures. If the tensile modulus is to be calculated, determine the tensile stress at each required data point using Eq 7.

$$F^{tu} = P^{max}/A \quad (6)$$

$$\sigma_i = P_i/A \quad (7)$$

where:

- F^{tu} = ultimate tensile strength, MPa [psi];
- P^{max} = maximum load before failure, N [lbf];
- σ_i = tensile stress at i th data point, MPa [psi];
- P_i = load at i th data point, N [lbf]; and
- A = average cross-sectional area from 11.2.3, mm² [in.²].

12.2 *Tensile Strain/Ultimate Tensile Strain*—If tensile modulus or ultimate tensile strain is to be calculated, and material response is being determined by an extensometer, determine the tensile strain from the indicated displacement at each required data point using Eq 8 and report the results to three significant figures.

$$\epsilon_i = \delta_i/L_g \quad (8)$$

where:

- ϵ_i = tensile strain at i th data point, $\mu\epsilon$;
- δ_i = extensometer displacement at i th data point, mm [in.]; and
- L_g = extensometer gage length, mm [in.].

12.3 Tensile Modulus of Elasticity:

NOTE 9—To minimize potential effects of bending it is recommended that the strain data used for modulus of elasticity determination be the average of the indicated strains from each side of the specimen, as discussed in 7.3 and 11.6.

12.3.1 *Tensile Chord Modulus of Elasticity*—Select the appropriate chord modulus strain range from Table 3. Calculate the tensile chord modulus of elasticity from the stress-strain data using Eq 9. If data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use the closest available data point. Report the tensile chord modulus of elasticity to three significant figures. Also report the strain range used in the calculation. A graphical example of chord modulus is shown in Fig. 5.

12.3.1.1 The tabulated strain ranges should only be used for materials that do not exhibit a transition region (a significant change in the slope of the stress-strain curve) within the given strain range. If a transition region occurs within the recommended strain range, then a more suitable strain range shall be used and reported.

$$E^{chord} = \Delta\sigma/\Delta\epsilon \quad (9)$$

where:

- E^{chord} = tensile chord modulus of elasticity, GPa [psi];
- $\Delta\sigma$ = difference in applied tensile stress between the two strain points of Table 3, MPa [psi]; and
- $\Delta\epsilon$ = difference between the two strain points of Table 3 (nominally 0.002).

12.3.2 *Tensile Modulus of Elasticity (Other Definitions)*—Other definitions of elastic modulus may be evaluated and reported at the user's discretion. If such data is generated and reported, report also the definition used, the strain range used,

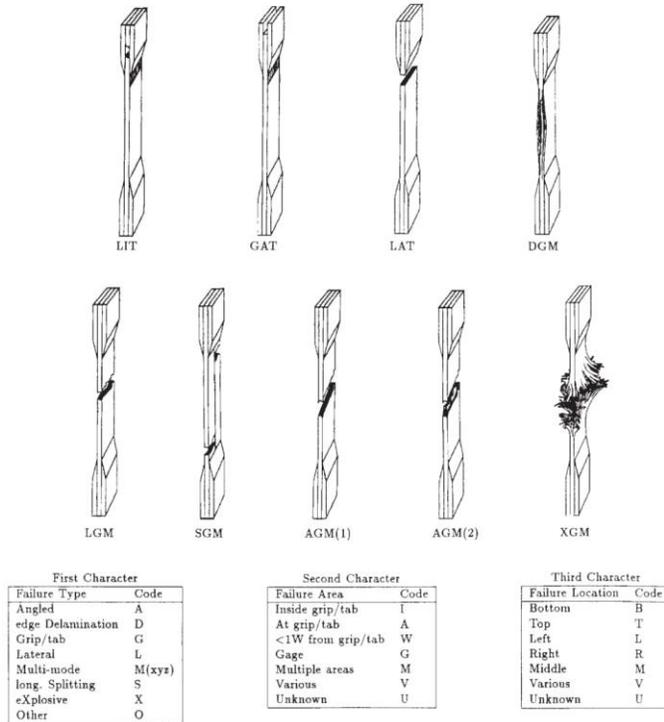


FIG. 4 Tensile Test Failure Codes/Typical Modes

and the results to three significant figures. Test Method E 111 provides additional guidance in the determination of modulus of elasticity.

NOTE 10—An example of another modulus definition is the secondary chord modulus for materials that exhibit essentially bilinear stress-strain behavior. An example of secondary chord modulus is shown in Fig. 5.

12.4 Poisson's Ratio:

NOTE 11—If bonded resistance strain gages are being used, the error produced by the transverse sensitivity effect on the transverse gage will generally be much larger for composites than for metals. An accurate measurement of Poisson's ratio requires correction for this effect. The strain gage manufacturer should be contacted for information on the use of correction factors for transverse sensitivity.

12.4.1 Poisson's Ratio By Chord Method—Select the appropriate chord modulus longitudinal strain range from Table 3. Determine (by plotting or otherwise) the transverse strain (measured perpendicular to the applied load), ϵ_p , at each of the two longitudinal strains (measured parallel to the applied load), ϵ_p , strain range end points. If data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use

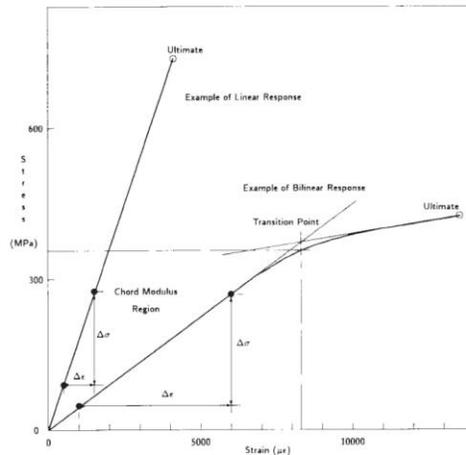


FIG. 5 Typical Tensile Stress-Strain Curves

the closest available data point. Calculate Poisson's ratio by Eq 10 and report to three significant figures. Also report the strain range used.

$$\nu = -\Delta\epsilon_r/\Delta\epsilon_l \quad (10)$$

where:

ν = Poisson's ratio;

$\Delta\epsilon_r$ = difference in lateral strain between the two longitudinal strain points of Table 3, $\mu\epsilon$; and

$\Delta\epsilon_l$ = difference between the two longitudinal strain points of Table 3 (nominally either 0.001, 0.002, or 0.005).

12.4.2 *Tensile Poisson's Ratio (Other Definitions)*—Other definitions of Poisson's ratio may be evaluated and reported at the user's direction. If such data is generated and reported, report also the definition used, the strain range used, and the results to three significant figures. Test Method E 132 provides additional guidance in the determination of Poisson's ratio.

12.5 *Transition Strain*—Where applicable, determine the transition strain from either the bilinear longitudinal stress versus longitudinal strain curve or the bilinear transverse strain versus longitudinal strain curve. Create a best linear fit or chord line for each of the two linear regions and extend the lines until they intersect. Determine to three significant digits the longitudinal strain that corresponds to the intersection point and record this value as the transition strain. Report also the method of linear fit (if used) and the strain ranges over which the linear fit or chord lines were determined. A graphical example of transition strain is shown in Fig. 5.

12.6 *Statistics*—For each series of tests calculate the average value, standard deviation and coefficient of variation (in percent) for each property determined:

$$\bar{x} = (\sum_{i=1}^n x_i)/n \quad (11)$$

$$s_{n-1} = \sqrt{(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2)/(n-1)} \quad (12)$$

$$CV = 100 \times s_{n-1}/\bar{x} \quad (13)$$

where:

\bar{x} = sample mean (average);

s_{n-1} = sample standard deviation;

CV = sample coefficient of variation, in percent;

n = number of specimens; and

x_i = measured or derived property.

13. Report

13.1 Report the following information, or references pointing to other documentation containing this information, to the maximum extent applicable (reporting of items beyond the control of a given testing laboratory, such as might occur with material details or panel fabrication parameters, shall be the responsibility of the requestor):

13.1.1 The revision level or date of issue of this test method.

13.1.2 The date(s) and location(s) of the test.

13.1.3 The name(s) of the test operator(s).

13.1.4 Any variations to this test method, anomalies noticed during testing, or equipment problems occurring during testing.

13.1.5 Identification of the material tested including: material specification, material type, material designation, manufacturer, manufacturer's lot or batch number, source (if not from manufacturer), date of certification, expiration of certification, filament diameter, tow or yarn filament count and twist, sizing, form or weave, fiber areal weight, matrix type, prepreg matrix content, and prepreg volatiles content.

13.1.6 Description of the fabrication steps used to prepare the laminate including: fabrication start date, fabrication end date, process specification, cure cycle, consolidation method, and a description of the equipment used.

13.1.7 Ply orientation stacking sequence of the laminate.

13.1.8 If requested, report density, volume percent reinforcement, and void content test methods, specimen sampling method and geometries, test parameters, and test results.

13.1.9 Average ply thickness of the material.

13.1.10 Results of any nondestructive evaluation tests.

13.1.11 Method of preparing the test specimen, including specimen labeling scheme and method, specimen geometry, sampling method, coupon cutting method, identification of tab geometry, tab material, and tab adhesive used.

13.1.12 Calibration dates and methods for all measurement and test equipment.

13.1.13 Type of test machine, grips, jaws, grip pressure, alignment results, and data acquisition sampling rate and equipment type.

13.1.14 Results of system alignment evaluations, if any such were done.

13.1.15 Dimensions of each test specimen.

13.1.16 Conditioning parameters and results, use of travelers and traveler geometry, and the procedure used if other than that specified in the test method.

13.1.17 Relative humidity and temperature of the testing laboratory.

13.1.18 Environment of the test machine environmental chamber (if used) and soak time at environment.

13.1.19 Number of specimens tested.

13.1.20 Speed of testing.

13.1.21 Transducer placement on the specimen and transducer type for each transducer used.

13.1.22 If strain gages were used, the type, resistance, size, gage factor, temperature compensation method, transverse sensitivity, lead-wire resistance, and any correction factors used.

13.1.23 Stress-strain curves and tabulated data of stress versus strain for each specimen.

13.1.24 Percent bending results for each specimen so evaluated.

13.1.25 Individual strengths and average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population. Note if the failure load was less than the maximum load before failure.

13.1.26 Individual strains at failure and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

A8. Extractos de la norma ASTM D7264 – 07.

D 7264/D 7264M – 07

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *flexural strength, n* —the maximum stress at the outer surface of a flexure test specimen corresponding to the peak applied force prior to flexural failure.

3.2.2 *flexural modulus, n* —the ratio of stress range to corresponding strain range for a test specimen loaded in flexure.

3.3 Symbols:

b = specimen width

CV = sample coefficient of variation, in percent

E_f^{chord} = flexural chord modulus of elasticity

E_f^{secant} = flexural secant modulus of elasticity

h = specimen thickness

L = support span

m = slope of the secant of the load-deflection curve

n = number of specimens

P = applied force

s_{n-1} = sample standard deviation

$x_{\bar{}}$ = measured or derived property

\bar{x} = sample mean

δ = mid-span deflection of the specimen

ϵ = strain at the outer surface at mid-span of the specimen

σ = stress at the outer surface at mid-span of the specimen

4. Summary of Test Method

4.1 A bar of rectangular cross section, supported as a beam, is deflected at a constant rate as follows:

4.1.1 *Procedure A*—The bar rests on two supports and is loaded by means of a loading nose midway between the supports (see Fig. 1).

4.1.2 *Procedure B*—The bar rests on two supports and is loaded at two points (by means of two loading noses), each an equal distance from the adjacent support point. The distance between the loading noses (that is, the load span) is one-half of the support span (see Fig. 2).

4.2 Force applied to the specimen and resulting specimen deflection at the center of span are measured and recorded until the failure occurs on either one of the outer surfaces, or the deformation reaches some pre-determined value.

4.3 The major difference between four-point and three-point loading configurations is the location of maximum bending moment and maximum flexural stress. With the four-point configuration the bending moment is constant between the central force application members. Consequently, the maximum flexural stress is uniform between the central force application members. In the three-point configuration, the maximum flexural stress is located directly under the center

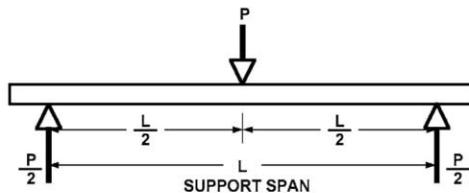


FIG. 1 Procedure A—Loading Diagram

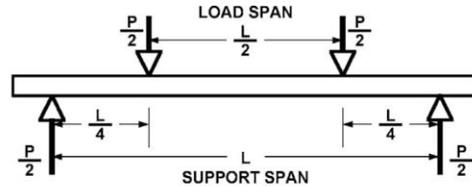


FIG. 2 Procedure B—Loading Diagram

force application member. Another difference between the three-point and four-point configurations is the presence of resultant vertical shear force in the three-point configuration everywhere in the beam except right under the mid-point force application member whereas in the four-point configuration, the area between the central force application members has no resultant vertical shear force. The distance between the outer support members is the same as in the equivalent three-point configuration.

4.4 The test geometry is chosen to limit out-of-plane shear deformations and avoid the type of short beam failure modes that are interrogated in Test Method D 2344/D 2344M.

5. Significance and Use

5.1 This test method determines the flexural properties (including strength, stiffness, and load/deflection behavior) of polymer matrix composite materials under the conditions defined. Procedure A is used for three-point loading and Procedure B is used for four-point loading. This test method was developed for optimum use with continuous-fiber-reinforced polymer matrix composites and differs in several respects from other flexure methods, including the use of a standard span-to-thickness ratio of 32:1 versus the 16:1 ratio used by Test Methods D 790 (a plastics-focused method covering three-point flexure) and D 6272 (a plastics-focused method covering four-point flexure).

5.2 This test method is intended to interrogate long-beam strength in contrast to the short-beam strength evaluated by Test Method D 2344/D 2344M.

5.3 Flexural properties determined by these procedures can be used for quality control and specification purposes, and may find design applications.

5.4 These procedures can be useful in the evaluation of multiple environmental conditions to determine which are design drivers and may require further testing.

5.5 These procedures may also be used to determine flexural properties of structures.

6. Interferences

6.1 Flexural properties may vary depending on which surface of the specimen is in compression, as no laminate is perfectly symmetric (even when full symmetry is intended); such differences will shift the neutral axis and will be further affected by even modest asymmetry in the laminate. Flexural properties may also vary with specimen thickness, conditioning and/or testing environments, and rate of straining. When evaluating several datasets these parameters should be equivalent for all data in the comparison.

 D 7264/D 7264M – 07

ground surfaces free of indentation and burrs with all sharp edges relieved. Loading noses and supports may be arranged in a fixed, rotatable or rolling arrangement. Typically, with composites, rotatable or fixed arrangements are used.

7.3 Micrometers—For width and thickness measurements the micrometers shall use a 4 to 7 mm [0.16 to 0.28 in.] nominal diameter ball-interface on an irregular surface such as the bag side of a laminate, and a flat anvil interface on machined edges or very smooth tooled surfaces. A micrometer or caliper with flat anvil faces shall be used to measure the length of the specimen. The accuracy of the instrument(s) shall be suitable for reading to within 1 % or better of the specimen dimensions. For typical section geometries, an instrument with an accuracy of ± 0.02 mm [± 0.001 in.] is desirable for thickness and width measurement, while an instrument with an accuracy of ± 0.1 mm [± 0.004 in.] is adequate for length measurement.

7.4 Deflection Measurement—Specimen deflection at the common center of the loading span shall be measured by a properly calibrated device having an accuracy of ± 1 % or better of the expected maximum displacement. The device shall automatically and continuously record the deflection during the test.

7.5 Conditioning Chamber—When conditioning materials at non-laboratory environments, a temperature/vapor-level controlled environmental conditioning chamber is required that shall be capable of maintaining the required temperature to within $\pm 1^\circ\text{C}$ [$\pm 2^\circ\text{F}$] and the required vapor level to within ± 3 % relative humidity, as outlined in Test Method D 5229/D 5229M. Chamber conditions shall be monitored either on an automated continuous basis or on a manual basis at regular intervals.

7.6 Environmental Test Chamber—An environmental test chamber is required for test environments other than ambient testing laboratory conditions. This chamber shall be capable of maintaining the test specimen at the required temperature

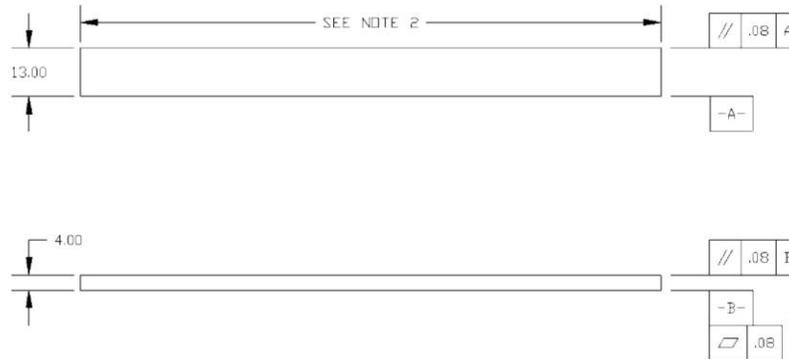
within $\pm 3^\circ\text{C}$ [$\pm 5^\circ\text{F}$] and the required vapor level to within ± 5 % relative humidity.

8. Test Specimens

8.1 Specimen Preparation—Guide D 5687/D 5687M provides recommended specimen preparation practices and should be followed when practical.

8.2 Specimen Size is chosen such that the flexural properties are determined accurately from the tests. For flexural strength, the standard support span-to-thickness ratio is chosen such that failure occurs at the outer surface of the specimens, due only to the bending moment (see Notes 2 and 3). The standard span-to-thickness ratio is 32:1, the standard specimen thickness is 4 mm [0.16 in.], and the standard specimen width is 13 mm [0.5 in.] with the specimen length being about 20 % longer than the support span. See Figs. 4 and 5 for a drawing of the standard test specimen in SI and inch-pound units, respectively. For fabric-reinforced textile composite materials, the width of the specimen shall be at least two unit cells, as defined in Guide D 6856. If the standard specimen thickness cannot be obtained in a given material system, an alternate specimen thickness shall be used while maintaining the support span-to-thickness ratio [32:1] and specimen width. Optional support span-to-thickness ratios of 16:1, 20:1, 40:1, and 60:1 may also be used provided it is so noted in the report. Also, the data obtained from a test using one support span-to-thickness ratio may not be compared with the data from another test using a different support span-to-thickness ratio.

8.2.1 Shear deformations can significantly reduce the apparent modulus of highly orthotropic laminates when they are tested at low support span-to-thickness ratios. For this reason, a high support span-to-thickness ratio is recommended for flexural modulus determinations. In some cases, separate sets of specimens may have to be used for modulus and strength determination.



NOTE 1—Drawing interpretation per ANSI Y14.5-1999 and ANSI B46.1-1995.
 NOTE 2—See 8.2 and 11.3 of this test standard for the required values of span and overall length.

FIG. 4 Standard Flexural Test Specimen Drawing (SI)


D 7264/D 7264M – 07

rate such that a minimum of 50 data points comprise the force deflection curve. (A higher sampling rate may be required to properly capture any nonlinearities or progressive failure of the specimen.) Measure deflection by a transducer under the specimen in contact with it at the center of the support span, the transducer being mounted stationary relative to the specimen supports. Do not use the measurement of the motion of the loading nose relative to the supports as this will not take into account the rotation of the specimen about the load and support noses, nor account for the compliance in the loading nose or crosshead.

11.7 Failure Modes—To obtain valid flexural strength, it is necessary that the specimen failure occurs on either one of its outer surfaces, without a preceding interlaminar shear failure or a crushing failure under a support or loading nose. Failure on the tension surface may be a crack while that on the compression surface may be local buckling. Buckling may be manifested as fiber micro-buckling or ply-level buckling. Ply-level buckling may result in, or be preceded by delamination of the outer ply.

11.7.1 Failure Identification Codes—Record the mode, area, and location of failure for each specimen. Choose a standard failure identification code based on the three-part code shown in Fig. 6. A multimode failure can be described by including each of the appropriate failure-mode codes between the parentheses of the M failure mode.

12. Validation

12.1 Values for properties at failure shall not be calculated for any specimen that breaks at some obvious, fortuitous flaw, unless such flaws constitute a variable being studied. Specimens that fail in an unacceptable failure mode shall not be included in the flexural property calculations. Retests shall be made for any specimen for which values are not calculated. If a significant fraction (>50 %) of the specimens fail in an unacceptable failure mode then the span-to-thickness ratio (for excessive shear failures) or the loading nose diameter (crushing under the loading nose) should be reexamined.

13. Calculation

NOTE 5—In determination of the calculated value of some of the properties listed in this section it is necessary to determine if the toe compensation (see Annex A2) adjustment must be made. This toe compensation correction shall be made only when it has been shown that the toe region of the curve is due to take up of the slack, alignment, or seating of the specimen and is not an authentic material response.

13.1 Maximum Flexural Stress, Procedure A—When a beam of homogenous, elastic material is tested in flexure as a

beam simply supported at two points and loaded at the midpoint, the maximum stress at the outer surface occurs at mid-span. The stress may be calculated for any point on the load-deflection curve by the following equation (**Note 6**):

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \tag{1}$$

where:

- σ = stress at the outer surface at mid-span, MPa [psi],
- P = applied force, N [lbf],
- L = support span, mm [in.],
- b = width of beam, mm [in.], and
- h = thickness of beam, mm [in.].

NOTE 6—Eq 1 applies strictly to materials for which the stress is linearly proportional to strain up to the point of rupture and for which the strains are small. Since this is not always the case, a slight error will be introduced in the use of this equation. The equation will however, be valid for comparison data and specification values up to the maximum fiber strain of 2 % for specimens tested by the procedure herein described. It should be noted that the maximum ply stress may not occur at the outer surface of a multidirectional laminate.⁴ Laminated beam theory must be applied to determine the maximum tensile stress at failure. Thus, Eq 1 yields an apparent strength based on homogeneous beam theory. This apparent strength is highly dependent on the ply-stacking sequence for multidirectional laminates.

13.2 Maximum Flexural Stress, Procedure B—When a beam of homogeneous, elastic material is tested in flexure as a beam simply supported at two outer points and loaded at two central points separated by a distance equal to ½ the support span and at equal distance from the adjacent support point, the maximum stress at the outer surface occurs between the two central loading points that define the load span (**Fig. 2**). The stress may be calculated for any point on the load-deflection curve by the following equation (**Note 7**):

$$\sigma = \frac{3PL}{4bh^2} \tag{2}$$

where:

- σ = stress at the outer surface in the load span region, MPa [psi],
- P = applied force, N [lbf],
- L = support span, mm [in.],
- b = width of beam, mm [in.], and

⁴ For the theoretical details, see Whitney, J. M., Browning, C. E., and Mair, A., "Analysis of the Flexure Test for Laminated Composite Materials," *Composite Materials: Testing and Design (Third Conference)*, ASTM STP 546, 1974, pp. 30-45.

First Character		Second Character		Third Character	
Failure Mode	Code	Failure Area	Code	Failure Location	Code
Tension	T	At loading nose	A	Top	T
Compression	C	Between loading noses	B	Bottom	B
Buckling	B	at Support nose	S	Left	L
interlaminar Shear	S	between Load and support nose	L	Right	R
Multi-mode	M(xyz)	Unknown	U	Middle	M
Other	O			Various	V
				Unknown	U

FIG. 6 Flexure Test Specimen Three-Part Failure Identification Code

h = thickness of beam, mm [in.].

NOTE 7—The limitations defined for Eq 1 in Note 6 apply also to Eq 2.

13.3 *Flexural Strength*—The flexural strength is equal to the maximum stress at the outer surface corresponding to the peak applied force prior to failure. (for multidirectional laminates, see Note 6). It is calculated in accordance with Eq 1 and 2 by letting P equal the peak applied force.

13.4 *Flexural Stress at a Given Strain*—The maximum flexural stress at any given strain may be calculated in accordance with Eq 1 and 2 by letting P equal the applied force read from the force-deflection curve at the deflection corresponding to the desired strain (for multidirectional laminates, see Note 6). Equations for calculating strains from the measured deflection are given in 13.5 and 13.6.

13.5 *Maximum Strain, Procedure A*—The maximum strain at the outer surface also occurs at mid-span, and it may be calculated as follows:

$$\epsilon = \frac{6\delta h}{L^2} \quad (3)$$

where:

- ϵ = maximum strain at the outer surface, mm/mm [in./in.],
- δ = mid-span deflection, mm [in.],
- L = support span, mm [in.], and
- h = thickness of beam, mm [in.].

13.6 *Maximum Strain, Procedure B*—The maximum strain at the outer surface also occurs at mid-span, and it may be calculated as follows:

$$\epsilon = \frac{4.36\delta h}{L^2} \quad (4)$$

where:

- δ = mid-span deflection, mm [in.],
- ϵ = maximum strain at the outer surface, mm/mm [in./in.],
- L = support span, mm [in.], and
- h = thickness of beam, mm [in.].

13.7 *Flexural Modulus of Elasticity:*

13.7.1 *Flexural Chord Modulus of Elasticity*—The flexural chord modulus of elasticity is the ratio of stress range and corresponding strain range. For calculation of flexural chord modulus, the recommended strain range is 0.002 with a start point of 0.001 and an end point 0.003. If the data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use the closest available data point. Calculate the flexural chord modulus of elasticity from the stress-strain data using Eq 5 (for multidirectional or highly orthotropic composites, see Note 8).

$$E_f^{chord} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \quad (5)$$

where:

- E_f^{chord} = flexural chord modulus of elasticity, MPa [psi],
- $\Delta\sigma$ = difference in flexural stress between the two selected strain points, MPa [psi], and
- $\Delta\epsilon$ = difference between the two selected strain points (nominally 0.002).

13.7.1.1 Report the chord modulus of elasticity in MPa [psi] for the strain range 0.001 to 0.003. If a different strain range is used in the calculations, also report the strain range used.

NOTE 8—Shear deformation can seriously reduce the apparent flexural modulus of highly orthotropic laminates when they are tested at low span-to-thickness ratios.⁵ For this reason, a high span-to-thickness ratio is recommended for flexural modulus determinations. In some cases, separate sets of specimens may have to be used for modulus and strength determination.

13.7.2 *Flexural Secant Modulus of Elasticity*—The flexural secant modulus of elasticity is the ratio of stress to corresponding strain at any given point on the stress-strain curve. The flexural secant modulus is same as the flexural chord modulus in which the initial strain point is zero. It shall be expressed in MPa [psi]. It is calculated as follows (for multidirectional or highly orthotropic composites, see Note 8):

13.7.2.1 *For Procedure A:*

$$E_f^{secant} = \frac{L^3 m}{4bh^3} \quad (6)$$

where:

- E_f^{secant} = flexural secant modulus of elasticity, MPa [psi],
- L = support span, mm [in.],
- b = width of beam, mm [in.],
- h = thickness of beam, mm [in.] and
- m = slope of the secant of the force-deflection curve.

13.7.2.2 *For Procedure B:*

$$E_f^{secant} = \frac{0.17L^3 m}{bh^3} \quad (7)$$

where E_f^{secant} , m , L , b , and h are the same as for Eq 6.

13.7.3 Chord modulus of elasticity shall be reported although other definitions of moduli may also be used. However, when other definitions of moduli are used, it should be clearly indicated in the report.

13.8 *Statistics*—For each series of tests calculate the average value, standard deviation, and coefficient of variation for each property determined:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \quad (8)$$

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

$$CV = 100 \cdot \frac{s_{n-1}}{\bar{x}}$$

where:

- \bar{x} = average value or sample mean,
- x_i = value of single measured or derived property,
- n = number of specimens,
- s_{n-1} = estimated standard deviation,
- CV = coefficient of variation in percentage.

⁵ For discussion of these effects, see Zweben C., Smith, W. S., and Wardle, M. W., "Test Methods for Fiber Tensile Strength, Composite Flexural Modulus, and Properties of Fabric-Reinforced Laminates," *Composite Materials: Testing and Design (Fifth Conference)*, ASTM STP 674, 1979, pp. 228-262.

A9. Extractos de la norma ASTM D6110 – 04.

ASTM D 6110 – 04

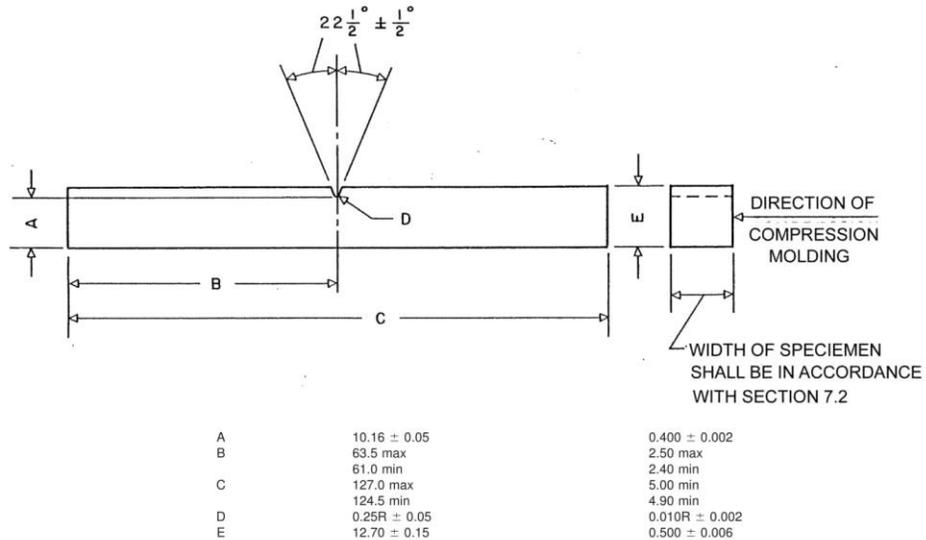


FIG. 4 Dimensions of Simple Beam, Charpy Type, Impact Test Specimen

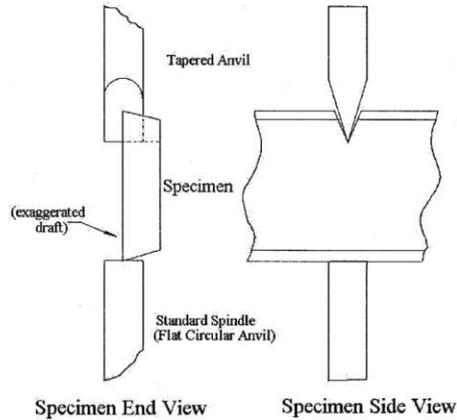


FIG. 5 Notch Depth Measurement on Test Specimens

7.2 Molded specimens shall have a width between 3.00 and 12.7 mm [0.118 and 0.500 in.]. Use the specimen width as specified in the material specification or as agreed upon between the supplier and the customer.

7.2.1 The type of mold and molding machine used and the flow behavior in the mold cavity will influence the strength obtained. It is possible that results from a specimen taken from

one end of a molded bar will give different results than a specimen taken from the other end. Cooperating laboratories should therefore agree on standard molds conforming to Practice D 647, and upon a standard molding procedure for the material under investigation.

7.2.2 A critical investigation of the mechanics of impact testing has shown that tests made upon specimens under 6.35 mm [0.250 in.] in width absorb more energy due to crushing, bending, and twisting than do wider specimens. Specimens 6.35 mm [0.250 in.] or over in width are therefore recommended. The responsibility for determining the minimum specimen width shall be the investigator's, with due reference to the specification for that material.

7.2.3 The impact resistance of a plastic material will be different if the notch is perpendicular to, rather than parallel to, the direction of molding.

7.3 For sheet materials, the specimens shall be cut from the sheet in both the lengthwise and crosswise directions unless otherwise specified. The width of the specimen shall be the thickness of the sheet if the sheet thickness is between 3.00 and 12.7 mm [0.118 and 0.500 in.]. Sheet material thicker than 12.7 mm [0.500 in.] shall be machined down to 12.7 mm [0.500 in.]. It is acceptable to test specimens with a 12.7-mm [0.500-in.] square cross section either edgewise or flatwise as cut from the sheet. When specimens are tested flatwise, the notch shall be made on the machined surface if the specimen is machined on one face only. When the specimen is cut from a thick sheet, notation shall be made of the portion of the thickness of the sheet from which the specimen was cut, for example, center, top, or bottom surface.

opposite the notch (see Fig. 3). The notch should be centered between the anvils. A centering jig is useful for this purpose.

10.3.5 Raise and secure the pendulum in the release mechanism. Zero the excess energy indicating mechanism.

10.3.6 Release the pendulum, allowing the striking edge of the pendulum to impact the specimen. Note the indicated breaking energy.

10.3.7 Calculate the net breaking energy (see 11.1). If the net breaking energy is greater than 85 % of the pendulum's nominal energy, the wrong pendulum was used. Discard the result. Select and install a pendulum with a greater available energy or add additional weight to the pendulum, determine the windage and friction correction factor, and repeat the test on a new specimen.

10.3.8 If the proper pendulum was used, test the remaining specimens as described in 10.3.1-10.3.6. Results from specimens that do not break should be discarded. A specimen that does not break completely into two or more pieces is not considered to be broken.

10.3.9 After all of the specimens for the sample have been tested, calculate the impact resistance, in joules per metre, for each individual specimen (see 11.2).

10.3.10 Calculate the average impact resistance for the group of specimens (see 11.3). Values obtained from specimens that did not break completely shall not be included in the average.

10.3.11 Calculate the standard deviation for the group of specimens (see 11.4).

11. Calculation

11.1 *Net Breaking Energy*—Subtract the windage and friction loss energy from the indicated breaking energy.

11.2 *Impact Resistance*—Divide the net breaking energy by the measured width of each individual specimen.

11.3 Calculate the average impact resistance for a group of specimens by adding the individual impact resistance values for the group and dividing the sum by the total number of specimens in the group.

11.4 Calculate the standard deviation as follows and report it to two significant figures:

$$s = \sqrt{(\sum X^2 - n\bar{X}^2)/(n - 1)} \tag{3}$$

where:

- s = estimated standard deviation,
- X = value of single observation,
- n = number of observations, and
- \bar{X} = arithmetic mean of the set of observations.

12. Report

12.1 Report the following information:

12.1.1 Complete identification of the material tested, including type source, manufacturer's code number, and previous history.

12.1.2 A statement of how the specimens were prepared, the testing conditions used, the number of hours the specimens were conditioned after notching, and for sheet materials, the direction of testing with respect to anisotropy, if any.

12.1.3 The capacity of the pendulum, J.

12.1.4 The span.

12.1.5 The width and depth under the notch of each specimen tested.

12.1.6 The total number of specimens tested per sample of material (that is five, ten, or more).

12.1.7 The average impact resistance, J/m. Impact resistance is not to be reported for other than complete breaks. Reporting results in kJ/m² is optional (see Appendix X4).

12.1.8 The standard deviation of the values of the impact resistance of the specimens in 10.3.11.

13. Precision and Bias

13.1 Table 1 is based on a round robin⁶ conducted in 1987 in accordance with Practice E 691, involving five materials tested by nine laboratories. For each material, all samples were prepared at one source, but the individual specimens were notched and conditioned at the laboratories which tested them. Each laboratory tested an average of nine specimens for each material. **Warning**—The explanations of *r* and *R* (13.2-13.2.3) are intended only to present a meaningful way of considering the approximate precision of this test method. The data presented in Table 1 should not be applied to acceptance or rejection of materials, as these data apply only to the materials tested in the round robin and are unlikely to be rigorously representative of other lots, formulations, conditions, materials, or laboratories. Users of this test method should apply the principles outlined in Practice E 691 to generate data specific to their materials and laboratory, or between specific laboratories. The principles of 13.2-13.2.3 would then be valid for such data.

13.2 *Concept of r and R in Table 1*—If *S_r* and *S_R* have been calculated from a large enough body of data, and for test results that were averages from testing nine specimens for each test result, then:

13.2.1 *Repeatability*—*r* is the interval representing the critical difference between two test results for the same material, obtained by the same operator using the same equipment on the

⁶ Supporting data is available from ASTM Headquarters. Request Research Report RR: D20-1041 and 1134.

TABLE 1 Precision for Charpy Test

Material	Values in ft-lbf/in. of Width					Number of Laboratories
	Average	<i>S_r</i> ^A	<i>S_R</i> ^B	<i>r</i> ^C	<i>R</i> ^D	
Phenolic Reinforced nylon	0.55	0.029	0.050	0.08	0.14	7
nylon	1.98	0.065	0.143	0.18	0.40	7
Polycarbonate	2.85	0.083	0.422	0.23	1.19	8
Polypropylene	4.06	0.151	0.422	0.42	1.19	9
ABS	10.3	0.115	0.629	0.32	1.78	9

^A*S_r* = within-laboratory standard deviation for the indicated material. It is obtained by pooling the within-laboratory standard deviations of the test result from all of the participating laboratories:

$$S_r = [((S_1)^2 + (S_2)^2 \dots + (S_n)^2)/n]^{1/2}$$

^B*S_R* = between-laboratories reproducibility, expressed as standard deviation:

$$S_R = [S_r^2 + S_l^2]^{1/2}$$

where *S_l* = standard deviation of laboratory means.

^C*r* = within-laboratory critical interval between two test results = 2.8 × *S_r*.

^D*R* = between laboratories critical interval between two test results = 2.8 × *S_R*.

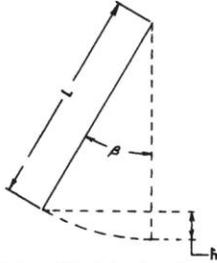


FIG. X3.1 Swing of Pendulum from Its Rest Position

$$(E_M - E_S)/E_M = L/h_M(1 - \cos \beta) \quad (X3.6)$$

X3.7 Solving Eq X3.6 for β gives the following:

$$\beta = \cos^{-1} \{1 - [(h_M/L)(1 - E_S/E_M)]\} \quad (X3.7)$$

X3.8 From Fig. X3.2, the total energy correction, E_{TC} , is given as:

$$E_{TC} = m\beta + b \quad (X3.8)$$

X3.9 At the zero point of the pendulum the potential energy is:

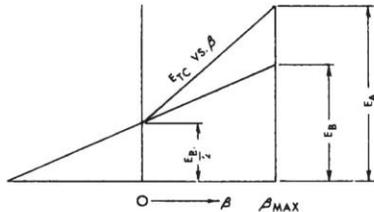


FIG. X3.2 Total Energy Correction for Pendulum Windage and Dial Friction as a Function of Pendulum Position

$$E_{\beta/2} = m(0) + b \quad (X3.9)$$

$$b = E_{\beta/2} \quad (X3.9)$$

X3.10 The energy correction, E_A , on the first swing of the pendulum occurs at the maximum pendulum angle, β_{max} . Substituting in Eq X3.8 gives the following:

$$E_A = m\beta_{max} + (E_{\beta/2}) \quad (X3.10)$$

X3.11 Combining Eq X3.8 and Eq X3.11 gives the following:

$$E_{TC} = (E_A - (E_{\beta/2}))(\beta/\beta_{max}) + (E_{\beta/2}) \quad (X3.11)$$

X3.12 Nomenclature:

- b = intercept of total correction energy straight line,
- E_A = energy correction, including both pendulum windage plus dial friction, J,
- E_{β} = energy correction for pendulum windage only, J,
- E_M = maximum energy of the pendulum (at the start of test), J,
- E_p = potential energy gain of pendulum from the pendulum rest position, J,
- E_S = uncorrected breaking energy of specimen, J,
- E_{TC} = total energy correction for a given breaking energy, E_S , J,
- g = acceleration of gravity, m/s^2 ,
- h = distance center of gravity of pendulum rises vertically from the rest position of the pendulum, m,
- h_m = maximum height of the center of gravity of the pendulum, m,
- m = slope of total correction energy straight line,
- L = distance from fulcrum to center of gravity of pendulum, m,
- W_p = weight of pendulum, as determined in X2.13, kg, and
- β = angle of pendulum position from the pendulum rest position.

X4. UNIT CONVERSIONS

X4.1 Joules per metre cannot be converted directly into kilojoules per square metre.

NOTE X4.1—The optional units of kJ/m^2 [$ft\cdot lb/in.^2$] also may be required; therefore, the cross-sectional area under the notch must be reported.

X4.2 The following examples are approximations:

$$1ft\cdot lb/39.37 in. = 1.356 J/m$$

$$1ft\cdot lb/in. = (39.37)(1.356) J/m$$

$$1ft\cdot lb/in. = 53.4 J/m$$

$$1ft\cdot lb/in. = 0.0534 kJ/m$$

$$1ft\cdot lb/1550 in.^2 = 1.356 J/m^2$$

$$1ft\cdot lb/in.^2 = (1550)(1.356) J/m^2$$

$$1ft\cdot lb/in.^2 = 2101 J/m^2$$

$$1ft\cdot lb/in.^2 = 2.1 kJ/m^2$$

A10. Informe técnico de los ensayos a tracción, flexión e impacto de los 12 grupos de materiales compuestos dadas por el laboratorio de resistencia de materiales del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero del H.G.P de Tungurahua.



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS**

INFORME DE RESULTADOS N°: 180453541520180415-ETC

DATOS GENERALES

DATOS INFORMATIVOS:

N° de proforma: RM_2018_017

Empresa / Cliente: Oscar Fabricio Freire Bonilla.

RUC/C.I.: 1804535415

Ciudad: Ambato.

Dirección: Av. Benjamín Franklin, Parroquia Pishilata.

Teléfono: 0999841049

Correo: oscar.shinigami@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 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 KN.

Fecha de Inicio de Ensayo: 23/07/2018 Fecha de Finalización de Ensayo: 23/07/2018

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *materiales compuestos de matriz polimérica de fibra de vidrio con resina poliéster y epóxica*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

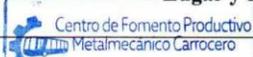
Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Tipo de secado	Orientación del tejido	Configuración	Probetas a Ensayar
1	180453541520180415-ETC 01	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Poliéster 3% Hidróxido de Aluminio	5
2	180453541520180415-ETC 02	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Poliéster 6% Hidróxido de Aluminio	5
3	180453541520180415-ETC 03	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Poliéster 9% Hidróxido de Aluminio	5

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

Lugar y fecha de emisión de informe: Ambato, 26 de julio de 2018

N° de Factura: 001-002-000005207



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

**INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN
MATERIALES COMPUESTOS**

Página 1 de 5



4	180453541520180415-ETC 04	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Poliéster 3% Hidróxido de Magnesio	5
5	180453541520180415-ETC 05	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Poliéster 6% Hidróxido de Magnesio	5
6	180453541520180415-ETC 06	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Poliéster 9% Hidróxido de Magnesio	5
Total					30

Nota: La fabricación y configuración de las probetas es declarada por el cliente.

Observaciones: Ninguna.

Informe de Pruebas Experimentales

Nº	Identificación del grupo	Tipo de prueba	Discontinua	Configuración
1	180453541520180415-ETC 04	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Poliéster 3% Hidróxido de Magnesio
2	180453541520180415-ETC 05	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Poliéster 6% Hidróxido de Magnesio
3	180453541520180415-ETC 06	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Poliéster 9% Hidróxido de Magnesio





Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



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	180453541520180415-ETC 01-1	20,3	56,1	26,58	2,34	3117,75	50,13	2157,66	2,32	AGM
2	180453541520180415-ETC 01-2	20,3	56,1	27,57	2,74	4045,50	53,55	2598,66	2,06	AGM
3	180453541520180415-ETC 01-3	20,3	56,1	26,19	2,70	3827,76	54,13	1739,65	3,11	AGM
4	180453541520180415-ETC 01-4	20,3	56,1	25,71	2,58	3770,96	56,85	1282,37	4,43	AGM
5	180453541520180415-ETC 01-5	20,3	56,1	26,28	2,13	2806,92	50,14	2125,86	2,36	AGM
				Promedio \bar{X}		3513,778	52,961	1980,839	2,858	
				Desviación estándar S_{n-1}		525,343	2,864	494,982	0,964	
				Coeficiente de variación CV		14,951	5,408	24,989	33,732	

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	180453541520180415-ETC 02-1	25	47,1	27,74	1,89	3928,74	74,94	2586,46	2,90	LAT
7	180453541520180415-ETC 02-2	25	47,1	25,11	2,46	5000,07	80,95	2794,32	2,90	LGM
8	180453541520180415-ETC 02-3	25	47,1	26,08	2,44	5224,12	82,09	2312,53	3,55	LIT
9	180453541520180415-ETC 02-4	25	47,1	26,04	1,88	4632,44	94,63	1902,11	4,97	LGM
10	180453541520180415-ETC 02-5	25	47,1	27,45	2,38	4433,64	67,86	1933,68	3,51	LAT
				Promedio \bar{X}		4643,802	80,093	2305,819	3,566	
				Desviación estándar S_{n-1}		504,804	9,901	393,354	0,849	
				Coeficiente de variación CV		10,870	12,361	17,059	23,811	

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

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 3 de 5



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrasco



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	180453541520180415-ETC 03-1	25,1	46,2	26,76	2,11	4985,87	88,30	2773,66	3,18	LAT	
12	180453541520180415-ETC 03-2	25,1	46,2	26,45	2,46	6156,60	94,62	2725,21	3,47	AGM	
13	180453541520180415-ETC 03-3	25,1	46,2	28,21	2,06	5194,14	89,38	2392,67	3,74	LIT	
14	180453541520180415-ETC 03-4	25,1	46,2	25,21	2,24	5151,54	91,23	3692,74	2,47	LAT	
15	180453541520180415-ETC 03-5	25,1	46,2	24,99	2,18	5277,76	96,88	2422,69	4,00	AGM	
				Promedio \bar{X}		5353,182	92,081	2801,395	3,372		
				Desviación estándar S_{N-1}		461,530	3,597	527,150	0,588		
				Coeficiente de variación CV		8,622	3,907	18,817	17,440		

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						
16	180453541520180415-ETC 04-1	25,1	46,1	27,01	2,96	3247,13	40,61	1017,81	3,990	AGM	
17	180453541520180415-ETC 04-2	25,1	46,1	26,08	2,72	2379,33	33,54	1333,96	2,514	AGM	
18	180453541520180415-ETC 04-3	25,1	46,1	26,53	2,69	3002,57	42,07	2230,81	1,886	AGM	
19	180453541520180415-ETC 04-4	25,1	46,1	26,8	2,7	3324,44	45,94	2104,78	2,183	AGM	
20	180453541520180415-ETC 04-5	25,1	46,1	24,55	2,82	3248,7	46,93	1892,16	2,480	AGM	
				Promedio \bar{X}		3040,434	41,819	1715,903	2,611		
				Desviación estándar S_{N-1}		388,989	5,318	519,766	0,812		
				Coeficiente de variación CV		12,794	12,716	30,291	31,107		

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

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 4 de 5



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrizero



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					
21	180453541520180415-ETC 05-1	25,1	46,3	25,39	2,04	2723,29	52,58	2163,69	2,430	AGM
22	180453541520180415-ETC 05-2	25,1	46,3	25,45	2,23	2636,51	46,46	2222,75	2,090	AGM
23	180453541520180415-ETC 05-3	25,1	46,3	26,84	2,11	2988,37	52,77	2691,69	1,960	AGM
24	180453541520180415-ETC 05-4	25,1	46,3	24,96	2,05	2786,41	54,46	2305,51	2,362	AGM
25	180453541520180415-ETC 05-5	25,1	46,3	26,27	1,96	2937,88	57,06	2166,22	2,634	AGM
				Promedio \bar{X}		2814,492	52,663	2309,970	2,295	
				Desviación estándar S_{n-1}		146,835	3,908	221,020	0,270	
				Coeficiente de variación CV		5,217	7,420	9,568	11,764	

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					
26	180453541520180415-ETC 06-1	24,6	48,3	26,43	2,36	4293,21	68,83	1923,03	3,58	AGM
27	180453541520180415-ETC 06-2	24,6	48,3	27,06	1,82	5755,84	116,87	3141,04	3,72	LIT
28	180453541520180415-ETC 06-3	24,6	48,3	25,09	2,30	5063,18	87,74	2931,68	2,99	LAT
29	180453541520180415-ETC 06-4	24,6	48,3	27	1,92	4395,77	84,79	2723,37	3,11	LAT
30	180453541520180415-ETC 06-5	24,6	48,3	24,98	2,34	5561,77	95,15	2632,50	3,61	LAT
				Promedio \bar{X}		5013,954	90,677	2670,326	3,404	
				Desviación estándar S_{n-1}		662,296	17,512	461,673	0,327	
				Coeficiente de variación CV		13,209	19,313	17,289	9,617	

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

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 5 de 5



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180453541520180425-ETC

DATOS GENERALES

DATOS INFORMATIVOS:

N° de proforma: RM_2018_011

Empresa / Cliente: Oscar Fabricio Freire Bonilla.

RUC/C.I.: 1804535415

Ciudad: Ambato.

Dirección: Av. Benjamín Franklin, Parroquia Pishilata.

Teléfono: 0999841049

Correo: oscar.shinigami@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 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 KN.

Fecha de Inicio de Ensayo: 23/07/2018 Fecha de Finalización de Ensayo: 24/07/2018

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *materiales compuestos de matriz polimérica de fibra de vidrio con resina poliéster y epóxica*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

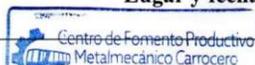
Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Tipo de secado	Orientación del tejido	Configuración	Probetas a Ensayar
7	180453541520180425-ETC 07	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Epóxica 3% Hidróxido de Aluminio	5
8	180453541520180425-ETC 08	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Epóxica 6% Hidróxido de Aluminio	5
9	180453541520180425-ETC 09	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Epóxica 9% Hidróxido de Aluminio	5

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

Lugar y fecha de emisión de informe: Ambato, 26 de julio de 2018

N° de Factura: 001-002-000004972





10	180453541520180425-ETC 10	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Epóxica 3% Hidróxido de Magnesio	5
11	180453541520180425-ETC 11	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Epóxica 6% Hidróxido de Magnesio	5
12	180453541520180425-ETC 12	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Epóxica 3% Hidróxido de Magnesio	5
Total					30

Nota: La fabricación y configuración de las probetas es declarada por el cliente.

Observaciones: Ninguna.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



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					
31	180453541520180425-ETC 07-1	24,7	47	25,3	2,71	3709,42	54,10	1801,01	3,00	LAT
32	180453541520180425-ETC 07-2	24,7	47	26,12	2,5	5006,38	76,67	2235,98	3,43	LIT
33	180453541520180425-ETC 07-3	24,7	47	25,06	2,67	5105,78	76,31	2203,90	3,46	AGM
34	180453541520180425-ETC 07-4	24,7	47	25,65	2,68	4911,71	71,45	1884,86	3,79	AGM
35	180453541520180425-ETC 07-5	24,7	47	26,03	2,44	5380,32	84,71	2059,91	4,11	LAT
					Promedio \bar{X}	4822,722	72,648	2037,134	3,560	
					Desviación estándar S_{n-1}	646,554	11,407	191,581	0,417	
					Coefficiente de variación CV	13,406	15,701	9,404	11,704	

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					
36	180453541520180425-ETC 08-1	24,8	47,8	26,13	3,54	7554,54	81,67	1871,63	4,36	AGM
37	180453541520180425-ETC 08-2	24,8	47,8	25,70	3,20	7633,43	92,82	2077,42	4,47	LAT
38	180453541520180425-ETC 08-3	24,8	47,8	26,49	2,88	6510,03	85,33	1888,53	4,52	AGM
39	180453541520180425-ETC 08-4	24,8	47,8	25,89	2,80	6629,94	91,46	2205,28	4,15	LIT
40	180453541520180425-ETC 08-5	24,8	47,8	26,01	2,88	5643,81	75,34	2110,20	3,57	LAT
					Promedio \bar{X}	6794,350	85,324	2030,611	4,214	
					Desviación estándar S_{n-1}	823,644	7,190	145,341	0,387	
					Coefficiente de variación CV	12,122	8,426	7,158	9,178	

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

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 3 de 5



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrasco



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Prob eta	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					
41	180453541520180425-ETC 09-1	24,2	47,8	27,47	3,18	5626,46	64,41	2092,85	3,078	AGM
42	180453541520180425-ETC 09-2	24,2	47,8	27	3,03	6958,13	85,05	2199,55	3,867	LIT
43	180453541520180425-ETC 09-3	24,2	47,8	24,8	3,15	6327,39	83,56	2203,48	3,792	LIT
44	180453541520180425-ETC 09-4	24,2	47,8	25,06	2,99	6704,10	89,47	2056,45	4,351	AGM
45	180453541520180425-ETC 09-5	24,2	47,8	26,78	2,91	5787,39	74,26	2256,72	3,291	LIT
				Promedio \bar{X}		6320,694	79,351	2161,811	3,676	
				Desviación estándar S_{n-1}		583,614	10,022	83,703	0,503	
				Coeficiente de variación CV		9,233	12,630	3,872	13,682	

Prob eta	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					
46	180453541520180425-ETC 10-1	24,0	47,9	29,07	3,10	3890,87	43,18	1357,90	3,18	LIT
47	180453541520180425-ETC 10-2	24,0	47,9	26,02	3,12	5433,97	66,94	1962,91	3,41	LAT
48	180453541520180425-ETC 10-3	24,0	47,9	25,61	3,18	5863,13	71,99	2011,21	3,58	LIT
49	180453541520180425-ETC 10-4	24,0	47,9	25,7	2,95	4387,88	57,88	1795,39	3,22	AGM
50	180453541520180425-ETC 10-5	24,0	47,9	24,93	3,04	4687,66	61,85	1971,09	3,14	LAT
				Promedio \bar{X}		4852,702	60,367	1819,702	3,306	
				Desviación estándar S_{n-1}		794,867	10,980	271,090	0,185	
				Coeficiente de variación CV		16,380	18,189	14,897	5,591	

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

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 4 de 5



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrizero



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					
51	180453541520180425-ETC 11-1	19,9	50,8	27,62	3,55	3835,65	39,12	1275,73	3,07	LAT
52	180453541520180425-ETC 11-2	19,9	50,8	26,31	2,93	4482,55	58,15	1711,45	3,40	LAT
53	180453541520180425-ETC 11-3	19,9	50,8	26,39	3,1	5511,28	67,37	1605,98	4,19	LAT
54	180453541520180425-ETC 11-4	19,9	50,8	25,44	2,88	4583,53	62,56	1623,39	3,85	LAT
55	180453541520180425-ETC 11-5	19,9	50,8	24,96	3,04	4220,63	55,62	1108,75	5,02	LAT
				Promedio \bar{X}		4526,728	56,564	1465,060	3,906	
				Desviación estándar S_{n-1}		621,652	10,728	259,057	0,756	
				Coeficiente de variación CV		13,733	18,967	17,682	19,344	

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					
56	180453541520180425-ETC 12-1	22,3	55,8	25,43	3,20	4567,75	56,13	1626,62	3,45	AGM
57	180453541520180425-ETC 12-2	22,3	55,8	27,17	3,13	5085,27	59,80	1753,17	3,41	LAT
58	180453541520180425-ETC 12-3	22,3	55,8	26,79	2,89	5697,46	73,59	1734,60	4,24	LAT
59	180453541520180425-ETC 12-4	22,3	55,8	25,83	3,37	4157,52	47,76	1679,62	2,84	AGM
60	180453541520180425-ETC 12-5	22,3	55,8	26,24	3,11	4031,30	49,40	1757,48	2,81	LIT
				Promedio \bar{X}		4707,860	57,336	1710,299	3,352	
				Desviación estándar S_{n-1}		689,562	10,324	56,120	0,583	
				Coeficiente de variación CV		14,647	18,006	3,281	17,380	

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

INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN MATERIALES COMPUESTOS

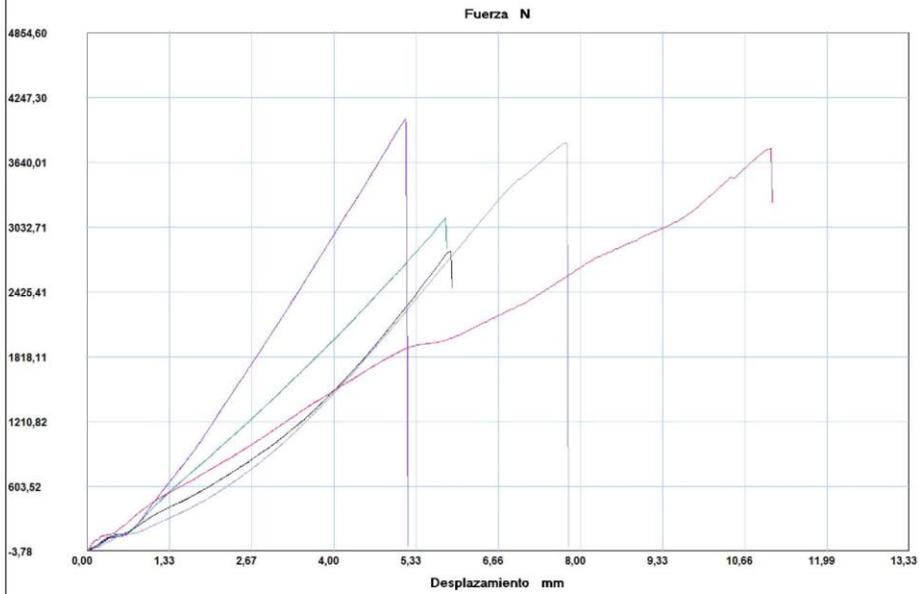
Página 5 de 5

INFORME :
ENSAYO :

ETC 01
TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039
 Fecha : 23/07/2018
 Hora : 9:57:00
 Temperatura : 20,3
 H.R.% : 56,1
 Pedido : 180453541520180415



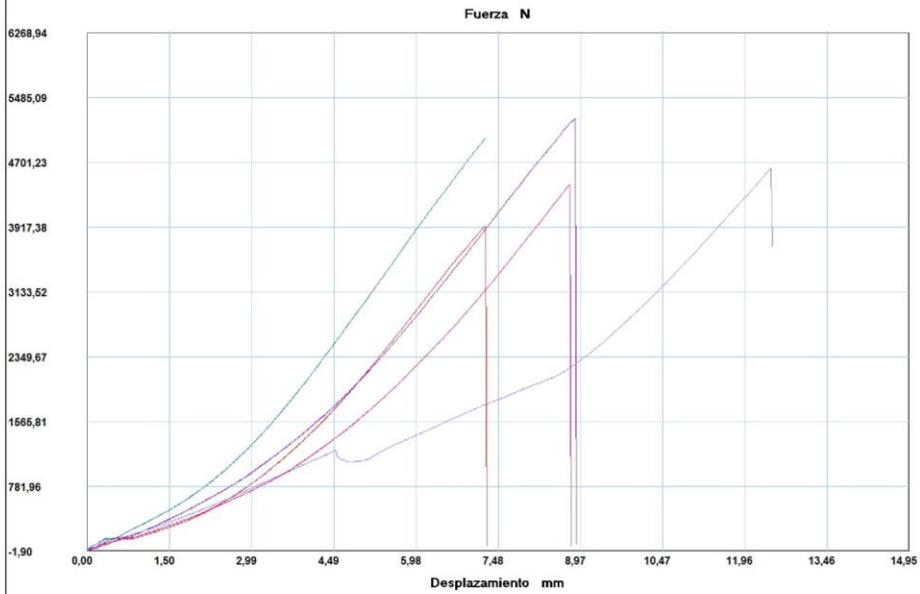
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	3117,75	3117,75	154,62	50,13	50,13	2,49
■ 2	4045,50	4045,50	140,42	53,55	53,55	1,86
■ 3	3827,76	3818,29	157,78	54,13	54,00	2,23
■ 4	3770,96	3770,96	320,29	56,85	56,85	4,83
■ 5	2806,92	2806,92	159,36	50,14	50,14	2,85
Media	3513,778	3511,884	186,494	52,961	52,934	2,850
Desv. Std	525,343	523,943	75,168	2,864	2,851	1,163
Coef. V.	0,150	0,149	0,403	0,054	0,054	0,408
+3 Sigma	5089,808	5083,714	411,998	61,553	61,487	6,340

INFORME :
 ENSAYO :

ETC 02
 TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039
 Fecha : 23/07/2018
 Hora : 12:19:04
 Temperatura : 25,0
 H.R.% : 47,1
 Pedido : 180453541520180415



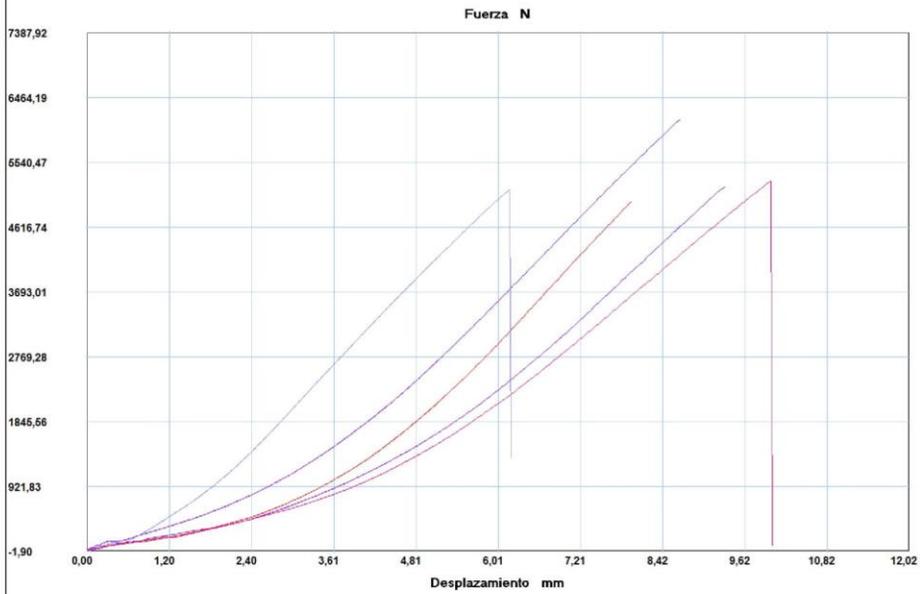
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	3928,74	3928,74	146,74	74,94	74,94	2,80
2	5000,07	5000,07	198,80	80,95	80,95	3,22
3	5224,12	5224,12	165,67	82,09	82,09	2,60
4	4632,44	4632,44	200,38	94,63	94,63	4,09
5	4433,64	4433,64	162,51	67,86	67,86	2,49
Media	4643,802	4643,802	174,820	80,093	80,093	3,040
Desv. Std	504,804	504,804	23,728	9,901	9,901	0,651
Coef. V.	0,109	0,109	0,136	0,124	0,124	0,214
+3 Sigma	6158,213	6158,213	246,004	109,795	109,795	4,993

INFORME :
ENSAYO :

ETC 03
TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039
 Fecha : 23/07/2018
 Hora : 12:39:43
 Temperatura : 25,1
 H.R.% : 46,2
 Pedido : 180453541520180415



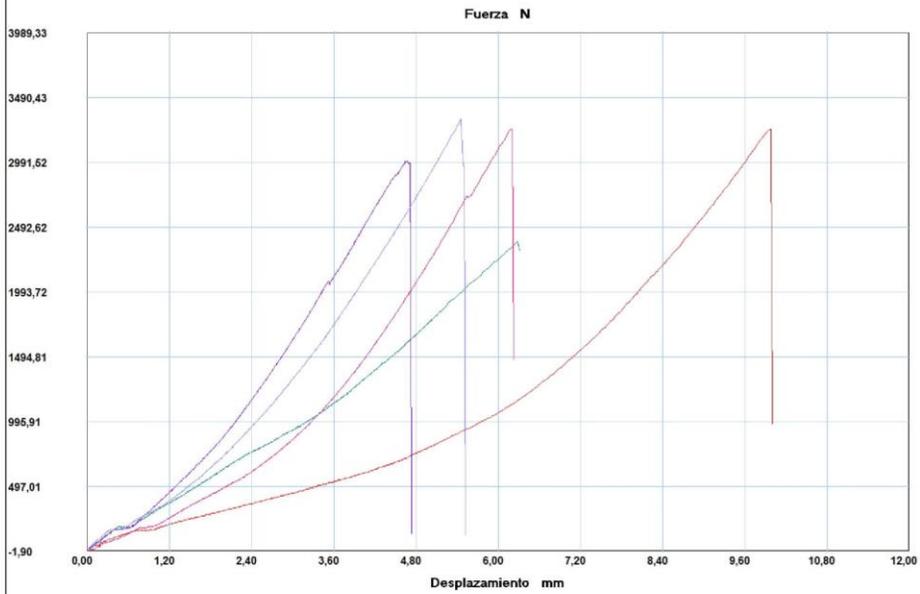
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	4985,87	4985,87	129,38	88,30	88,30	2,29
2	6156,60	6156,60	200,38	94,62	94,62	3,08
3	5194,14	5194,14	140,42	89,38	89,38	2,42
4	5151,54	5151,54	148,31	91,23	91,23	2,63
5	5277,76	5277,76	134,11	96,88	96,88	2,46
Media	5353,182	5353,182	150,520	92,081	92,081	2,575
Desv. Std	461,530	461,530	28,762	3,597	3,597	0,306
Coef. V.	0,086	0,086	0,191	0,039	0,039	0,119
+3 Sigma	6737,773	6737,773	236,807	102,873	102,873	3,494

INFORME :
 ENSAYO :

ETC 04
 TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039
 Fecha : 23/07/2018
 Hora : 13:03:44
 Temperatura : 25,1
 H.R.% : 46,1
 Pedido : 180453541520180415



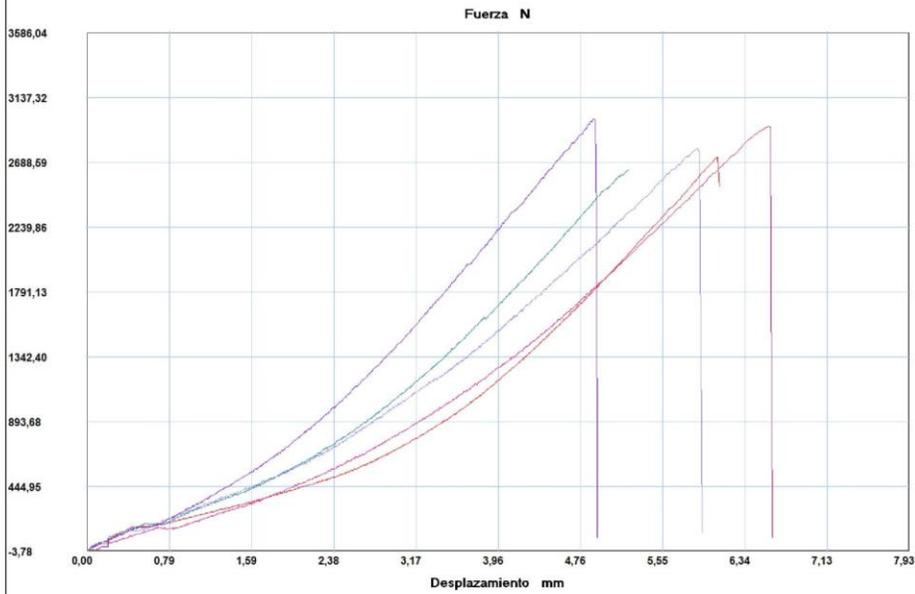
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	3247,13	3247,13	160,94	40,61	40,61	2,01
2	2379,33	2379,33	190,91	33,54	33,54	2,69
3	3002,57	2988,37	176,71	42,07	41,87	2,48
4	3324,44	3324,44	187,76	45,94	45,94	2,59
5	3248,70	3248,70	134,11	46,93	46,93	1,94
Media	3040,434	3037,594	170,086	41,819	41,780	2,342
Desv. Std	388,989	389,386	23,280	5,318	5,316	0,345
Coef. V.	0,128	0,128	0,137	0,127	0,127	0,147
+3 Sigma	4207,401	4205,752	239,926	57,773	57,729	3,377

INFORME :
ENSAYO :

ETC 05
TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039
 Fecha : 23/07/2018
 Hora : 13:19:34
 Temperatura : 25,1
 H.R.% : 46,3
 Pedido : 180453541520180415



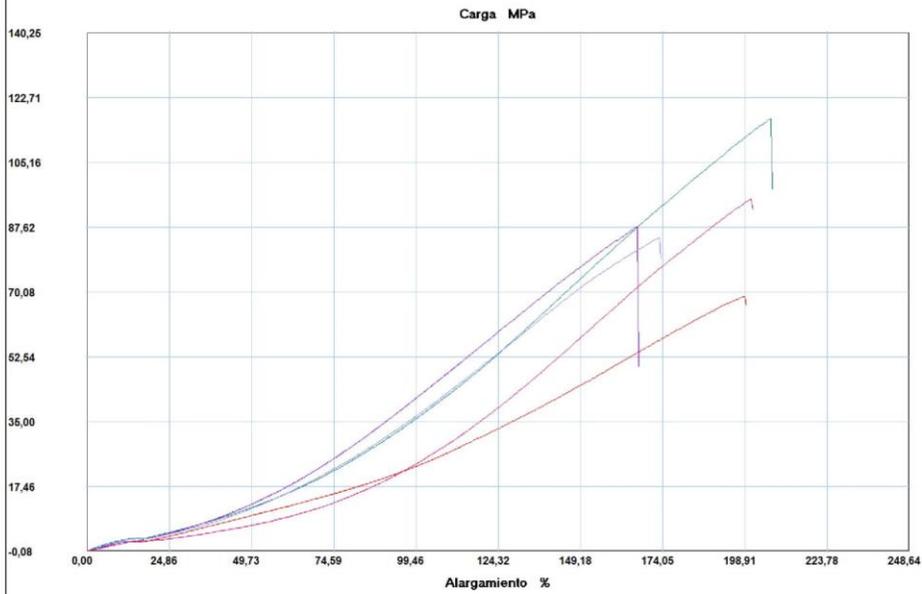
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	2723,29	2723,29	168,82	52,58	52,58	3,26
2	2636,51	2636,51	192,49	46,46	46,46	3,39
3	2988,37	2986,79	167,25	52,77	52,74	2,95
4	2786,41	2762,74	156,20	54,46	53,99	3,05
5	2937,88	2931,56	143,58	57,06	56,94	2,79
Media	2814,492	2808,178	165,668	52,663	52,540	3,089
Desv. Std	146,835	146,514	18,093	3,908	3,824	0,240
Coef. V.	0,052	0,052	0,109	0,074	0,073	0,078
+3 Sigma	3254,997	3247,721	219,946	64,387	64,013	3,810

INFORME :
ENSAYO :

ETC 06
TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039
 Fecha : 23/07/2018
 Hora : 14:49:59
 Temperatura : 24,6
 H.R.% : 48,3
 Pedido : 180453541520180415



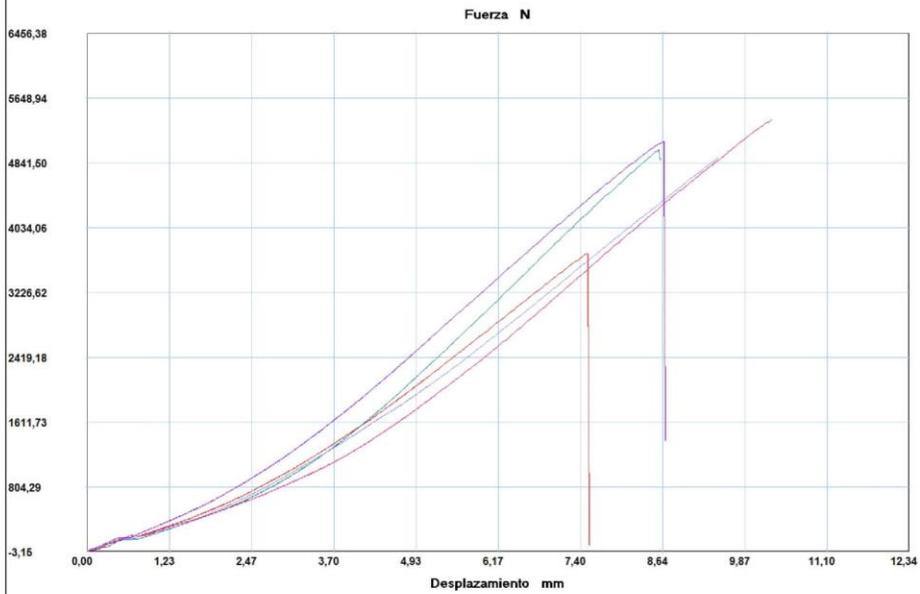
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	4293,21	4293,21	156,20	68,83	68,83	2,50
2	5755,84	5755,84	171,98	116,87	116,87	3,49
3	5063,18	5063,18	153,05	87,74	87,74	2,65
4	4395,77	4395,77	143,58	84,79	84,79	2,77
5	5561,77	5561,77	154,62	95,15	95,15	2,65
Media	5013,954	5013,954	155,886	90,677	90,677	2,813
Desv. Std	662,296	662,296	10,249	17,512	17,512	0,391
Coef. V.	0,132	0,132	0,066	0,193	0,193	0,139
+3 Sigma	7000,842	7000,842	186,634	143,214	143,214	3,986

INFORME :
 ENSAYO :

ETC 07
 TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039
 Fecha : 23/07/2018
 Hora : 15:17:34
 Temperatura : 24,7
 H.R.% : 47,0
 Pedido : 180453541520180425



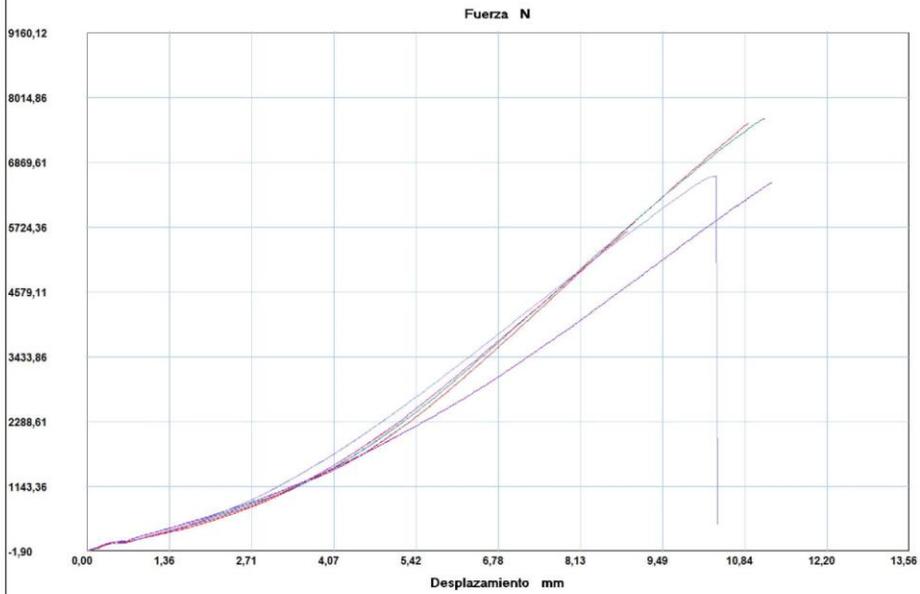
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	3709,42	3709,42	159,36	54,10	54,10	2,32
2	5006,38	5006,38	151,47	76,67	76,67	2,32
3	5105,78	5105,78	184,60	76,31	76,31	2,76
4	4911,71	4911,71	170,40	71,45	71,45	2,48
5	5380,32	5380,32	206,69	84,71	84,71	3,25
Media	4822,722	4822,722	174,504	72,648	72,648	2,627
Desv. Std	646,554	646,554	21,878	11,407	11,407	0,393
Coef. V.	0,134	0,134	0,125	0,157	0,157	0,150
+3 Sigma	6762,384	6762,384	240,138	106,869	106,869	3,807

INFORME :
 ENSAYO :

ETC 08
 TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039
 Fecha : 23/07/2018
 Hora : 15:33:12
 Temperatura : 24,8
 H.R.% : 47,8
 Pedido : 180453541520180425



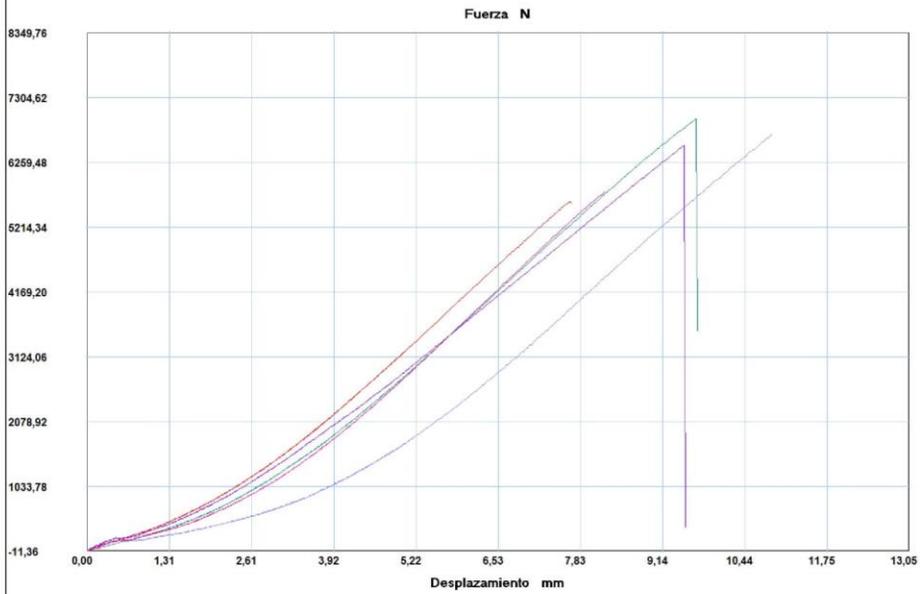
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	7554,54	7554,54	195,65	81,67	81,67	2,12
2	7633,43	7633,43	184,60	92,82	92,82	2,24
3	6510,03	6510,03	227,20	85,33	85,33	2,98
4	6629,94	6629,94	190,91	91,46	91,46	2,63
5	5643,81	5643,81	168,82	75,34	75,34	2,25
Media	6794,350	6794,350	193,436	85,324	85,324	2,445
Desv. Std	823,644	823,644	21,420	7,190	7,190	0,355
Coef. V.	0,121	0,121	0,111	0,084	0,084	0,145
+3 Sigma	9265,281	9265,281	257,697	106,894	106,894	3,511

INFORME :
ENSAYO :

ETC 09
TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039
 Fecha : 23/07/2018
 Hora : 15:49:36
 Temperatura : 24,2
 H.R.% : 47,8
 Pedido : 180453541520180425



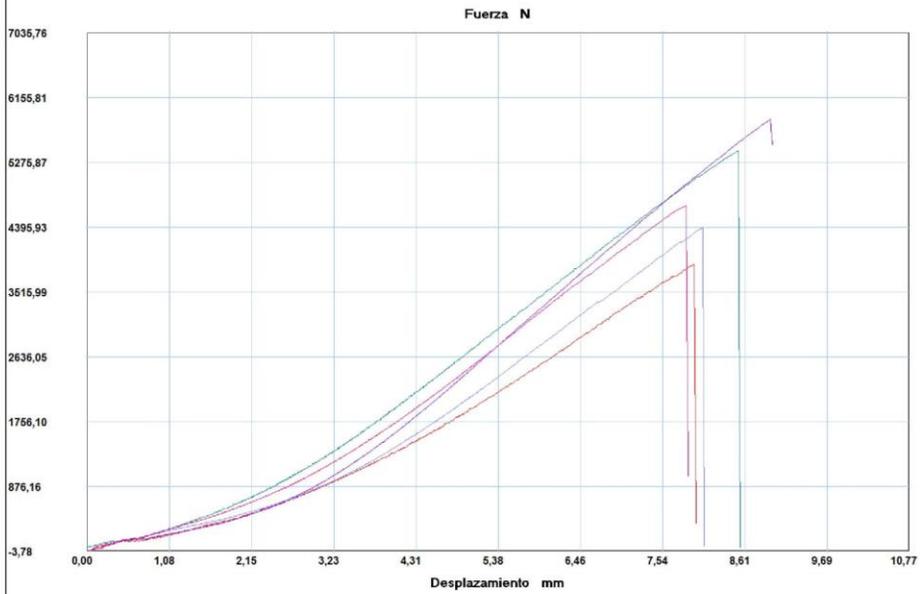
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	5626,46	5590,17	224,05	64,41	63,99	2,56
2	6958,13	6958,13	179,87	85,05	85,05	2,20
3	6527,39	6527,39	222,47	83,56	83,56	2,85
4	6704,10	6704,10	170,40	89,47	89,47	2,27
5	5787,39	5787,39	178,29	74,26	74,26	2,29
Media	6320,694	6313,436	195,016	79,351	79,268	2,435
Desv. Std	583,614	594,530	26,037	10,022	10,177	0,270
Coef. V.	0,092	0,094	0,134	0,126	0,128	0,111
+3 Sigma	8071,537	8097,026	273,128	109,416	109,799	3,243

INFORME :
 ENSAYO :

ETC 10
 TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039
 Fecha : 23/07/2018
 Hora : 16:08:57
 Temperatura : 24,0
 H.R.% : 47,9
 Pedido : 180453541520180425



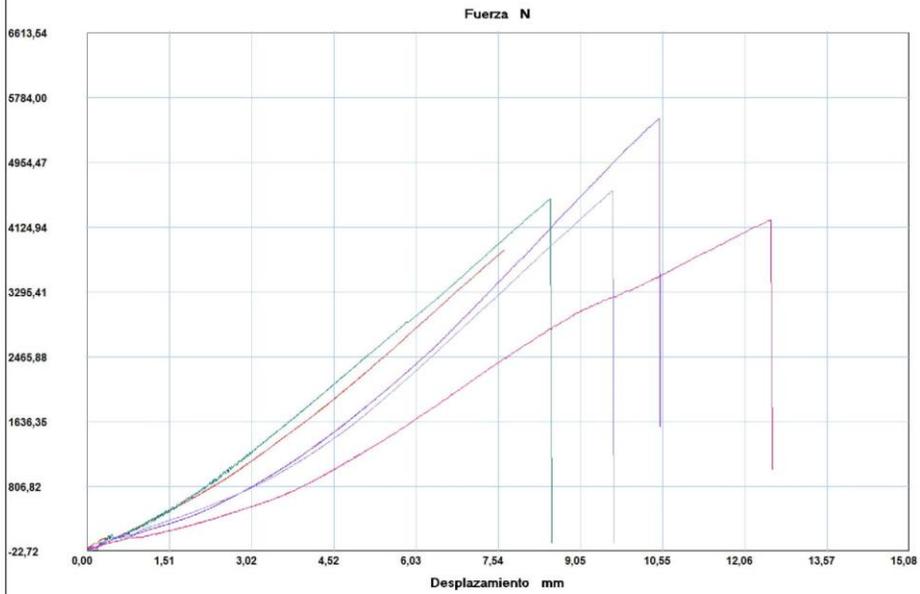
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	3890,87	3890,87	151,47	43,18	43,18	1,68
2	5433,97	5433,97	179,87	66,94	66,94	2,22
3	5863,13	5863,13	178,29	71,99	71,99	2,19
4	4387,88	4387,88	167,25	57,88	57,88	2,21
5	4687,66	4687,66	168,82	61,85	61,85	2,23
Media	4852,702	4852,702	169,140	60,367	60,367	2,104
Desv. Std	794,867	794,867	11,344	10,980	10,980	0,237
Coef. V.	0,164	0,164	0,067	0,182	0,182	0,113
+3 Sigma	7237,304	7237,304	203,172	93,308	93,308	2,815

INFORME :
 ENSAYO :

ETC 11
 TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039
 Fecha : 24/07/2018
 Hora : 9:28:04
 Temperatura : 19,9
 H.R.% : 50,8
 Pedido : 180453541520180425



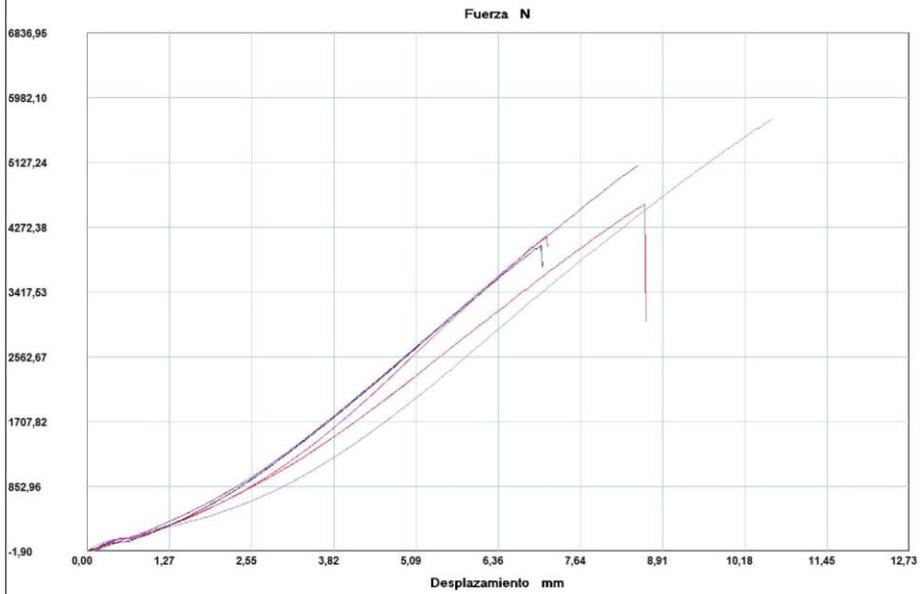
Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
1	3835,65	3835,65	194,07	39,12	39,12	1,98
2	4482,55	4482,55	194,07	58,15	58,15	2,52
3	5511,28	5511,28	175,14	67,37	67,37	2,14
4	4583,53	4583,53	194,07	62,56	62,56	2,65
5	4220,63	4220,63	149,89	55,62	55,62	1,98
Media	4526,728	4526,728	181,448	56,564	56,564	2,252
Desv. Std	621,652	621,652	19,453	10,728	10,728	0,313
Coef. V.	0,137	0,137	0,107	0,190	0,190	0,139
+3 Sigma	6391,684	6391,684	239,806	88,748	88,748	3,191

INFORME :
ENSAYO :

ETC 12
TRACCION



Referencia : MATERIALES COMPUEST
 Cliente :
 Calidad :
 Operario : A Tecnico 1
 Norma : ASTM D3039
 Fecha : 24/07/2018
 Hora : 10:02:50
 Temperatura : 22,3
 H.R.% : 55,8
 Pedido : 180453541520180425



Probeta	FMax N	FRot N	FYield N	CMax MPa	CRot MPa	C.Yield MPa
■ 1	4567,75	4567,75	165,67	56,13	56,13	2,04
■ 2	5085,27	5085,27	178,29	59,80	59,80	2,10
■ 3	5697,46	5697,46	197,22	73,59	73,59	2,55
■ 4	4157,52	4157,52	170,40	47,76	47,76	1,96
■ 5	4031,30	4031,30	127,80	49,40	49,40	1,57
Media	4707,860	4707,860	167,876	57,336	57,336	2,041
Desv. Std	689,562	689,562	25,431	10,324	10,324	0,351
Coef. V.	0,146	0,146	0,151	0,180	0,180	0,172
+3 Sigma	6776,547	6776,547	244,168	88,307	88,307	3,093



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE FLEXIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180453541520180415-EFC

DATOS GENERALES

DATOS INFORMATIVOS:

N° de proforma: RM_2018_017

Empresa / Cliente: Oscar Fabricio Freire Bonilla.

RUC/C.I.: 1804535415

Ciudad: Ambato.

Dirección: Av. Benjamín Franklin, Parroquia Pishilata. Teléfono: 0999841049

Correo: oscar.shinigami@gmail.com

DATOS DEL ENSAYO:

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

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

Método de ensayo: ASTM D7264-2015: Método de prueba estándar para propiedades de flexión de materiales compuestos de matriz de polímero.

Tipo de ensayo: Cuantitativo

Procedimiento: A

Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN

Modelo: MTE 50.

Serie: 8210M002

Velocidad de ensayo: 10 mm/min. Precarga: 100 N Distancia entre apoyos: 120 mm.

Fecha de Inicio de Ensayo: 24/07/2018 Fecha de Finalización de Ensayo: 25/07/2018.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *materiales compuestos de matriz polimérica de fibra de vidrio con resina poliéster y epóxica*. 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	Tipo de secado	Orientación del tejido	Configuración	Probetas a Ensayar
1	180453541520180415-EFC 01	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Poliéster 3% Hidróxido de Aluminio	5
2	180453541520180415-EFC 02	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Poliéster 6% Hidróxido de Aluminio	5
3	180453541520180415-EFC 03	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Poliéster 9% Hidróxido de Aluminio	5

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



Lugar y Fecha de emisión de Informe: Ambato, 27 de julio de 2018

N°. Factura: 001-002-000005207



4	180453541520180415-EFC 04	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Poliéster 3% Hidróxido de Magnesio	5
5	180453541520180415-EFC 05	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Poliéster 6% Hidróxido de Magnesio	5
6	180453541520180415-EFC 06	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Poliéster 9% Hidróxido de Magnesio	5
Total					30

Observaciones: Ninguna.



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor							
1	180453541520180415-EFC 01-1	23,5	49,5	14,56	2,98	123,07	24,962	171,33	5527,72	3,10	OAB	
2	180453541520180415-EFC 01-2	23,5	49,5	13,91	3,19	121,49	23,905	154,49	4862,24	3,18	OAB	
3	180453541520180415-EFC 01-3	23,5	49,5	13,88	3,18	130,96	24,291	167,95	5218,03	3,22	OAB	
4	180453541520180415-EFC 01-4	23,5	49,5	13,58	3,12	132,53	28,134	180,46	4934,04	3,66	OAB	
5	180453541520180415-EFC 01-5	23,5	49,5	13,62	3,53	135,69	24,958	143,91	3920,31	3,67	OAB	
				Promedio \bar{X}		128,748	25,250	163,627	4892,469	3,365		
				Desviación estándar S_{n-1}		6,171	1,674	14,435	603,587	0,277		
				Coeficiente de variación CV		4,793	6,631	8,822	12,337	8,224		

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor							
6	180453541520180415-EFC 02-1	23,9	48,5	13,22	5,02	291,89	17,650	157,71	4271,85	3,69	OAB	
7	180453541520180415-EFC 02-2	23,9	48,5	14,32	5,09	306,09	17,778	148,51	3938,71	3,77	OAB	
8	180453541520180415-EFC 02-3	23,9	48,5	13,86	4,78	276,12	16,254	156,95	4848,13	3,24	OAB	
9	180453541520180415-EFC 02-4	23,9	48,5	16,42	4,53	268,23	17,848	143,29	4253,38	3,37	OAB	
10	180453541520180415-EFC 02-5	23,9	48,5	14,27	4,63	280,85	16,806	165,26	5097,14	3,24	OAB	
				Promedio \bar{X}		284,636	17,267	154,34	4481,84	3,462		
				Desviación estándar S_{n-1}		14,739	0,704	8,57	475,41	0,253		
				Coeficiente de variación CV		5,178	4,079	5,55	10,61	7,299		

Código: RG-RM-005
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 18-04-2018
Revisión: 9

INFORME DE ENSAYO DE FLEXIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 3 de 6



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor							
11	180453541520180415-EFC 03-1	23,9	47,2	11,80	5,00	279,27	16,387	170,40	4991,33	3,41	OAB	
12	180453541520180415-EFC 03-2	23,9	47,2	13,81	4,57	274,54	15,754	171,34	5711,58	3,00	OAB	
13	180453541520180415-EFC 03-3	23,9	47,2	14,48	4,87	312,40	17,508	163,74	4608,96	3,55	OAB	
14	180453541520180415-EFC 03-4	23,9	47,2	14,04	4,55	269,80	16,283	167,08	5412,40	3,09	OAB	
15	180453541520180415-EFC 03-5	23,9	47,2	15,42	4,43	227,2	15,617	135,14	4688,12	2,88	OAB	
				Promedio \bar{X}		272,642	16,310	161,540	5082,479	3,187		
				Desviación estándar S_{n-1}		30,419	0,747	15,058	472,404	0,284		
				Coeficiente de variación CV		11,157	4,579	9,321	9,295	8,914		

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor							
16	180453541520180415-EFC 04-1	23,9	47,2	13,24	4,75	249,29	16,254	150,21	4669,38	3,22	OAB	
17	180453541520180415-EFC 04-2	23,9	47,2	14,65	4,78	271,38	18,917	145,93	3873,36	3,77	OAB	
18	180453541520180415-EFC 04-3	23,9	47,2	13,74	5,13	160,94	13,146	80,12	2851,12	2,81	OAB	
19	180453541520180415-EFC 04-4	23,9	47,2	14,47	5,37	313,98	16,494	135,44	3670,02	3,69	OAB	
20	180453541520180415-EFC 04-5	23,9	47,2	14,03	4,70	276,12	20,001	160,37	4094,29	3,92	OAB	
				Promedio \bar{X}		254,342	16,962	134,414	3831,635	3,480		
				Desviación estándar S_{n-1}		57,164	2,662	31,644	663,341	0,457		
				Coeficiente de variación CV		22,475	15,692	23,542	17,312	13,136		

Código: RG-RM-005
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 18-04-2018
Revisión: 9

INFORME DE ENSAYO DE FLEXIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 4 de 6



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrasco



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor							
21	180453541520180415-EFC 05-1	23,6	49,8	24,08	5,23	295,05	13,890	80,63	2663,89	3,03	OAB	
22	180453541520180415-EFC 05-2	23,6	49,8	14,12	4,71	298,20	19,372	171,36	4507,33	3,80	OAB	
23	180453541520180415-EFC 05-3	23,6	49,8	14,23	4,75	268,23	17,376	150,38	4372,76	3,44	OAB	
24	180453541520180415-EFC 05-4	23,6	49,8	14,29	4,97	356,58	19,603	181,84	4479,37	4,06	OAB	
25	180453541520180415-EFC 05-5	23,6	49,8	14,06	5,73	192,49	11,440	75,06	2748,00	2,73	OAB	
				Promedio \bar{X}		282,110	16,336	131,853	3754,269	3,412		
				Desviación estándar S_{n-1}		59,575	3,568	50,626	958,764	0,544		
				Coeficiente de variación CV		21,117	21,842	38,396	25,538	15,944		

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor							
26	180453541520180415-EFC 06-1	18,9	53,9	11,18	4,32	203,54	18,918	175,60	5156,62	3,41	OAB	
27	180453541520180415-EFC 06-2	18,9	53,9	13,42	4,09	201,91	17,930	161,89	5298,33	3,06	OAB	
28	180453541520180415-EFC 06-3	18,9	53,9	13,20	4,92	156,20	13,702	87,99	3132,65	2,81	OAB	
29	180453541520180415-EFC 06-4	18,9	53,9	14,59	5,01	326,61	19,203	160,54	4004,75	4,01	OAB	
30	180453541520180415-EFC 06-5	18,9	53,9	14,97	4,57	306,09	18,947	176,22	4884,52	3,61	OAB	
				Promedio \bar{X}		238,870	17,740	152,449	4495,374	3,377		
				Desviación estándar S_{n-1}		73,596	2,309	36,777	912,572	0,469		
				Coeficiente de variación CV		30,810	13,016	24,124	20,300	13,881		

Código: RG-RM-005
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 18-04-2018
Revisión: 9

INFORME DE ENSAYO DE FLEXIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 5 de 6



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Nomenclatura de tipo de falla evaluado:

El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D7264-2015.

Primer carácter	Segundo carácter	Área de falla		Tercer carácter	Ubicación de falla
		En el punto de carga	Entre la carga y el punto de apoyo		
O	A			B	Fondo
	L			V	Varios
	U		No conocido	R	Derecha
				M	Medio
				U	Desconocido
				L	Izquierda
				T	Parte superior

Código: RG-RM-005
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 18-04-2018
Revisión: 9

INFORME DE ENSAYO DE FLEXIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 6 de 6



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE FLEXIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180453541520180425-EFC

DATOS GENERALES

DATOS INFORMATIVOS:

N° de proforma: RM_2018_011

Empresa / Cliente: Oscar Fabricio Freire Bonilla.

RUC/C.I.: 1804535415

Ciudad: Ambato.

Dirección: Av. Benjamín Franklin, Parroquia Pishilata. Teléfono: 0999841049

Correo: oscar.shinigami@gmail.com

DATOS DEL ENSAYO:

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

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

Método de ensayo: ASTM D7264-2015: Método de prueba estándar para propiedades de flexión de materiales compuestos de matriz de polímero.

Tipo de ensayo: Cuantitativo

Procedimiento: A

Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Polímeros Metrotest 50 KN

Modelo: MTE 50.

Serie: 8210M002

Velocidad de ensayo: 10 mm/min. Precarga: 100 N Distancia entre apoyos: 120 mm.

Fecha de Inicio de Ensayo: 25/07/2018 Fecha de Finalización de Ensayo: 26/07/2018.

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *materiales compuestos de matriz polimérica de fibra de vidrio con resina poliéster y epóxica*. 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	Tipo de secado	Orientación del tejido	Configuración	Probetas a Ensayar
7	180453541520180425-EFC 07	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Epóxica 3% Hidróxido de Aluminio	5
8	180453541520180425-EFC 08	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Epóxica 6% Hidróxido de Aluminio	5
9	180453541520180425-EFC 09	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Epóxica 9% Hidróxido de Aluminio	5

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

Lugar y Fecha de emisión de Informe: Ambato, 30 de julio de 2018



N°. Factura: 001-002-000004972



10	180453541520180425-EFC 10	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Epóxica 3% Hidróxido de Magnesio	5
11	180453541520180425-EFC 11	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Epóxica 6% Hidróxido de Magnesio	5
12	180453541520180425-EFC 12	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Epóxica 3% Hidróxido de Magnesio	5
Total					30

Observaciones: Ninguna.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carroceros



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
31	180453541520180425-EFC 07-1	20,1	54,0	14,00	4,85	290,32	16,021	158,69	4901,37	3,24	OAB
32	180453541520180425-EFC 07-2	20,1	54,0	14,14	4,76	334,49	19,072	187,93	4968,21	3,78	OAB
33	180453541520180425-EFC 07-3	20,1	54,0	14,06	5,06	355,01	17,284	177,51	4871,28	3,64	OAB
34	180453541520180425-EFC 07-4	20,1	54,0	13,95	5,45	329,76	18,473	143,25	3414,92	4,19	OAB
35	180453541520180425-EFC 07-5	20,1	54,0	13,67	3,86	358,16	18,198	316,52	10814,51	2,93	OAB
					Promedio \bar{X}	333,548	17,810	196,780	5794,060	3,557	
					Desviación estándar S_{n-1}	27,158	1,190	69,110	2880,782	0,491	
					Coefficiente de variación CV	8,142	6,679	35,120	49,720	13,805	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
36	180453541520180425-EFC 08-1	23,0	48,3	13,76	3,71	220,89	20,771	209,93	6538,26	3,21	OAB
37	180453541520180425-EFC 08-2	23,0	48,3	13,14	4,11	224,05	18,077	181,69	5869,24	3,10	OAB
38	180453541520180425-EFC 08-3	23,0	48,3	14,86	3,78	211,43	16,918	179,24	6726,78	2,66	OAB
39	180453541520180425-EFC 08-4	23,0	48,3	14,29	4,04	211,43	21,506	163,17	4507,28	3,62	OAB
40	180453541520180425-EFC 08-5	23,0	48,3	14,21	3,42	236,67	16,869	256,31	10662,65	2,40	OAB
					Promedio \bar{X}	220,894	18,828	198,070	6860,841	2,999	
					Desviación estándar S_{n-1}	10,464	2,179	36,652	2296,646	0,476	
					Coefficiente de variación CV	4,737	11,574	18,505	33,475	15,870	

Código: RG-RM-005
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 18-04-2018
Revisión: 9

INFORME DE ENSAYO DE FLEXIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 3 de 6



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrasco



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
41	180453541520180425-EFC 09-1	22,2	44,7	14,49	3,34	208,27	19,830	231,92	8403,88	2,76	OAB
42	180453541520180425-EFC 09-2	22,2	44,7	14,27	3,33	310,83	13,963	353,58	18250,35	1,94	OAB
43	180453541520180425-EFC 09-3	22,2	44,7	14,56	3,82	203,54	17,980	172,44	6025,49	2,86	OAB
44	180453541520180425-EFC 09-4	22,2	44,7	14,14	3,49	230,36	17,814	240,76	9294,02	2,59	OAB
45	180453541520180425-EFC 09-5	22,2	44,7	15,91	3,40	277,69	16,604	271,77	11553,79	2,35	OAB
				Promedio \bar{X}		246,138	17,238	254,093	10705,507	2,500	
				Desviación estándar S_{n-1}		46,578	2,164	66,231	4659,308	0,369	
				Coeficiente de variación CV		18,924	12,552	26,066	43,523	14,762	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
46	180453541520180425-EFC 10-1	19,8	57,7	13,75	3,75	175,14	17,802	163,04	5861,43	2,78	OAB
47	180453541520180425-EFC 10-2	19,8	57,7	14,04	4,43	175,14	21,447	114,42	2890,18	3,96	OAB
48	180453541520180425-EFC 10-3	19,8	57,7	15,09	3,42	195,65	19,477	199,53	7189,09	2,78	OAB
49	180453541520180425-EFC 10-4	19,8	57,7	13,84	4,04	173,56	21,850	138,30	3760,12	3,68	OAB
50	180453541520180425-EFC 10-5	19,8	57,7	14,41	3,98	171,98	19,875	135,62	4114,73	3,30	OAB
				Promedio \bar{X}		178,294	20,090	150,181	4763,110	3,298	
				Desviación estándar S_{n-1}		9,790	1,628	32,531	1733,924	0,529	
				Coeficiente de variación CV		5,491	8,101	21,662	36,403	16,051	

Código: RG-RM-005
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 18-04-2018
Revisión: 9

INFORME DE ENSAYO DE FLEXIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 4 de 6



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor							
51	180453541520180425-EFC 11-1	21,4	55,8	14,10	3,05	112,02	21,457	153,73	5637,57	2,73	OAB	
52	180453541520180425-EFC 11-2	21,4	55,8	14,53	3,05	126,22	24,874	168,09	5317,42	3,16	OAB	
53	180453541520180425-EFC 11-3	21,4	55,8	14,90	2,72	93,09	22,977	152,00	5837,14	2,60	OAB	
54	180453541520180425-EFC 11-4	21,4	55,8	13,81	3,41	100,98	20,189	113,19	3945,91	2,87	OAB	
55	180453541520180425-EFC 11-5	21,4	55,8	12,71	3,16	83,62	20,084	118,59	4484,74	2,64	OAB	
				Promedio \bar{X}		103,186	21,92	141,12	5044,56		2,80	
				Desviación estándar S_{n-1}		16,570	2,03	23,94	802,30		0,23	
				Coeficiente de variación CV		16,058	9,25	16,96	15,90		8,04	

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor							
56	180453541520180425-EFC 12-1	25,1	47,8	14,42	4,05	250,87	14,854	190,92	7616,56	2,51	OAB	
57	180453541520180425-EFC 12-2	25,1	47,8	14,23	4,14	295,05	16,294	217,75	7747,22	2,81	OAB	
58	180453541520180425-EFC 12-3	25,1	47,8	14,26	4,30	323,45	16,207	220,81	7604,37	2,90	OAB	
59	180453541520180425-EFC 12-4	25,1	47,8	15,05	4,81	397,61	13,718	205,54	7476,16	2,75	OAB	
60	180453541520180425-EFC 12-5	25,1	47,8	13,72	4,10	252,45	16,129	197,03	7150,66	2,76	OAB	
				Promedio \bar{X}		303,886	15,440	206,410	7518,993		2,745	
				Desviación estándar S_{n-1}		60,625	1,129	12,893	227,157		0,147	
				Coeficiente de variación CV		19,950	7,314	6,246	3,021		5,356	

Código: RG-RM-005
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 18-04-2018
Revisión: 9

INFORME DE ENSAYO DE FLEXIÓN MATERIALES COMPUESTOS

Página 5 de 6



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Nomenclatura de tipo de falla evaluado:

El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D7264-2015.

Primer carácter	Segundo carácter	Área de falla	Tercer carácter	Ubicación de falla
O	Otros			
	A	En el punto de carga	B	Fondo
	L	Entre la carga y el punto de apoyo	V	Varios
	U	No conocido	R	Derecha
			M	Medio
			U	Desconocido
			L	Izquierda
			T	Parte superior

Código: RG-RM-005
Fecha de Elaboración: 11-05-2016
Fecha de última aprobación: 18- 04 -2018
Revisión: 9

INFORME DE ENSAYO DE FLEXIÓN MATERIALES COMPUESTOS

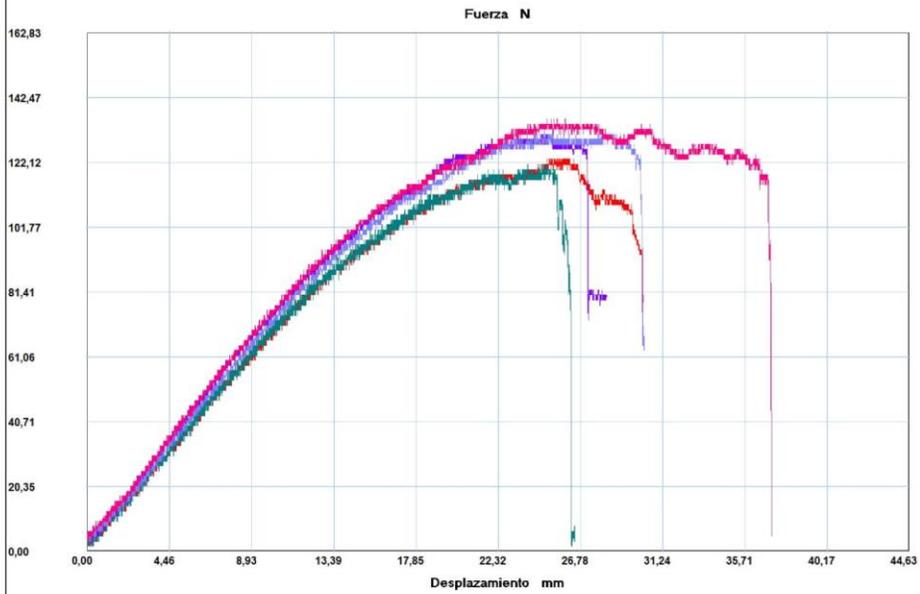
Página 6 de 6

INFORME :
ENSAYO :

EFC 01
FLEXION 3P



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ASTM D7264
Fecha : 24/07/2018
Hora : 12:49:15
Temperatura : 23,5
H.R.% : 49,5
Pedido : 180453541520180415



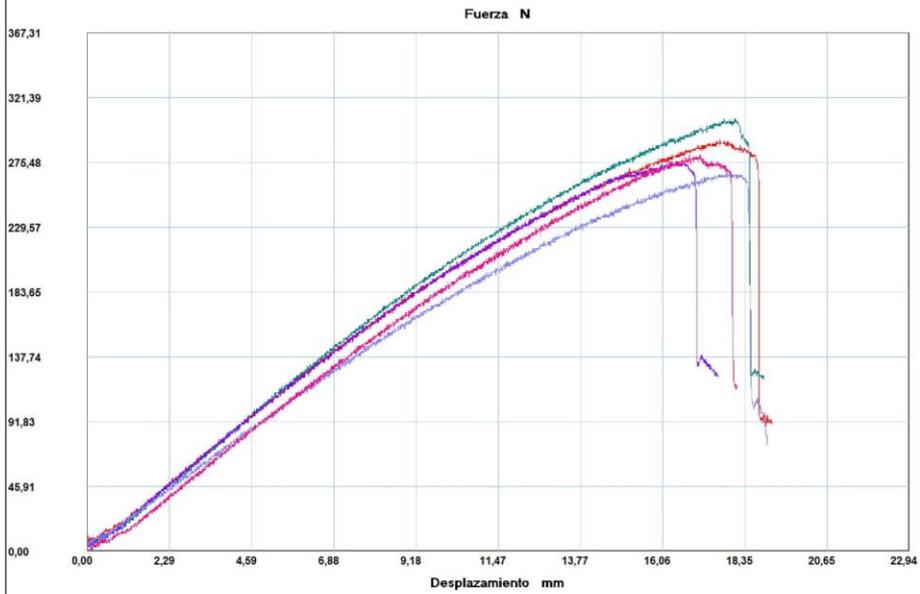
Probeta	FMax N
1	123,07
2	121,49
3	130,96
4	132,53
5	135,69
Media	128,748
Desv. Std	6,171
Coef. V.	0,048
+3 Sigma	147,260

INFORME :
ENSAYO :

EFC 02
FLEXION 3P



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ASTM D7264
Fecha : 24/07/2018
Hora : 15:46:32
Temperatura : 23,9
H.R.% : 48,5
Pedido : 180453541520180415



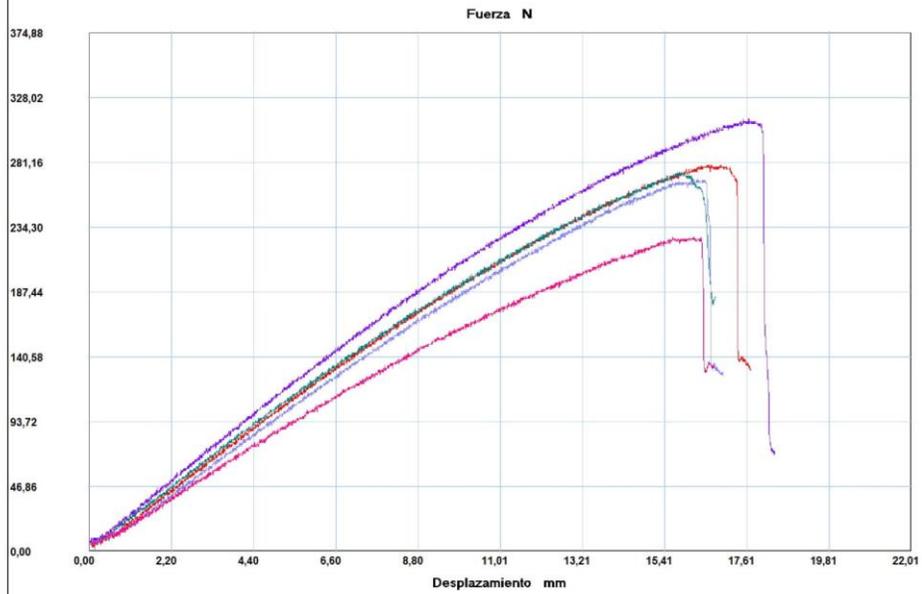
Probeta	FMax N
1	291,89
2	306,09
3	276,12
4	268,23
5	280,85
Media	284,636
Desv. Std	14,739
Coef. V.	0,052
+3 Sigma	328,852

INFORME :
ENSAYO :

EFC 03
FLEXION 3P



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ASTM D7264
Fecha : 24/07/2018
Hora : 16:02:12
Temperatura : 23,9
H.R.% : 47,2
Pedido : 180453541520180415



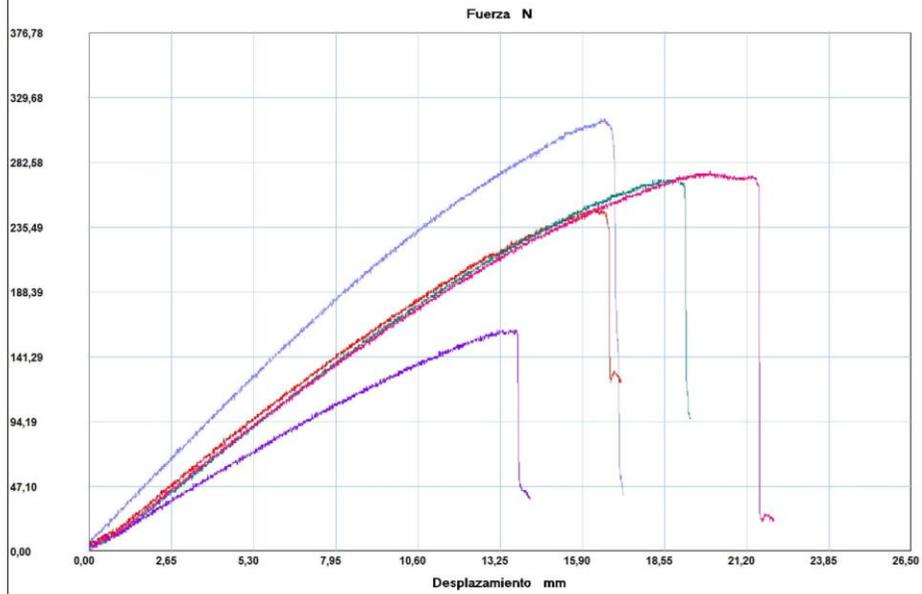
Probeta	FMax N
1	279,27
2	274,54
3	312,40
4	269,80
5	227,20
Media	272,642
Desv. Std	30,419
Coef. V.	0,112
+3 Sigma	363,899

INFORME :
ENSAYO :

EFC 04
FLEXION 3P



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ASTM D7264
Fecha : 24/07/2018
Hora : 16:19:44
Temperatura : 23,9
H.R.% : 47,2
Pedido : 180453541520180415



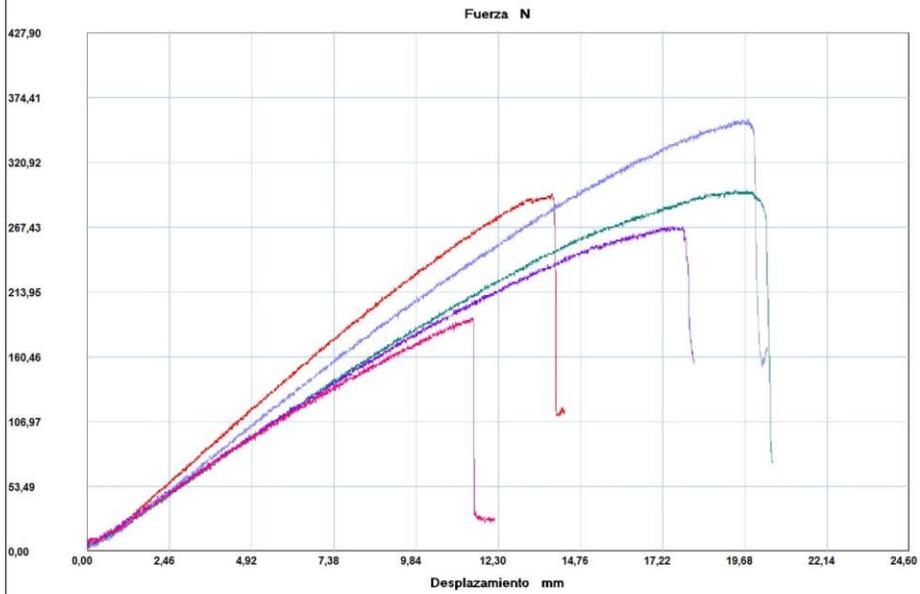
Probeta	FMax N
1	249,29
2	271,38
3	160,94
4	313,98
5	276,12
Media	254,342
Desv. Std	57,164
Coef. V.	0,225
+3 Sigma	425,833

INFORME :
ENSAYO :

EFC 05
FLEXION 3P



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ASTM D7264
Fecha : 24/07/2018
Hora : 16:37:21
Temperatura : 23,6
H.R.% : 49,8
Pedido : 180453541520180415



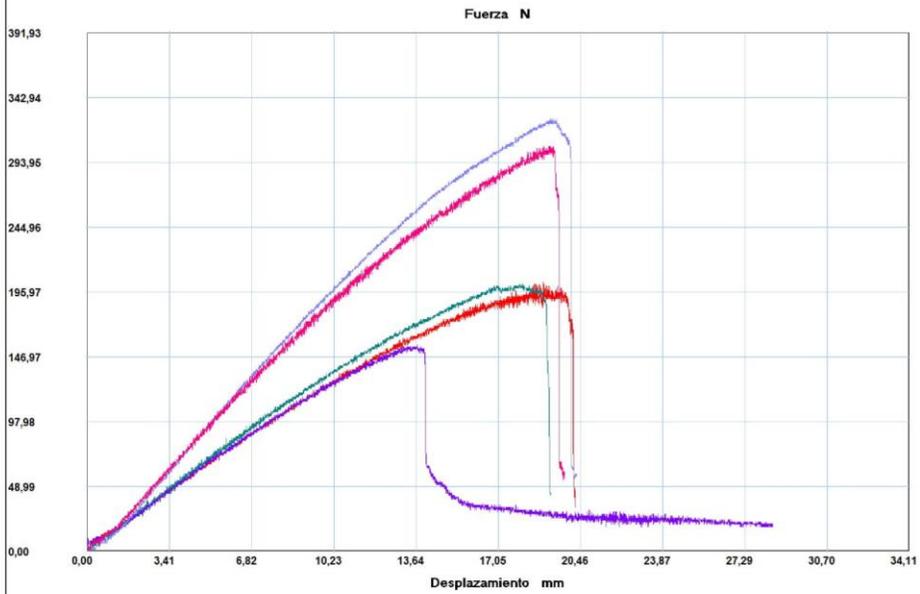
Probeta	FMax N
1	295,05
2	298,20
3	268,23
4	356,58
5	192,49
Media	282,110
Desv. Std	59,575
Coef. V.	0,211
+3 Sigma	460,834

INFORME :
ENSAYO :

EFC 06
FLEXION 3P



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ASTM D7264
Fecha : 25/07/2018
Hora : 8:55:26
Temperatura : 18,9
H.R.% : 53,9
Pedido : 180453541520180415



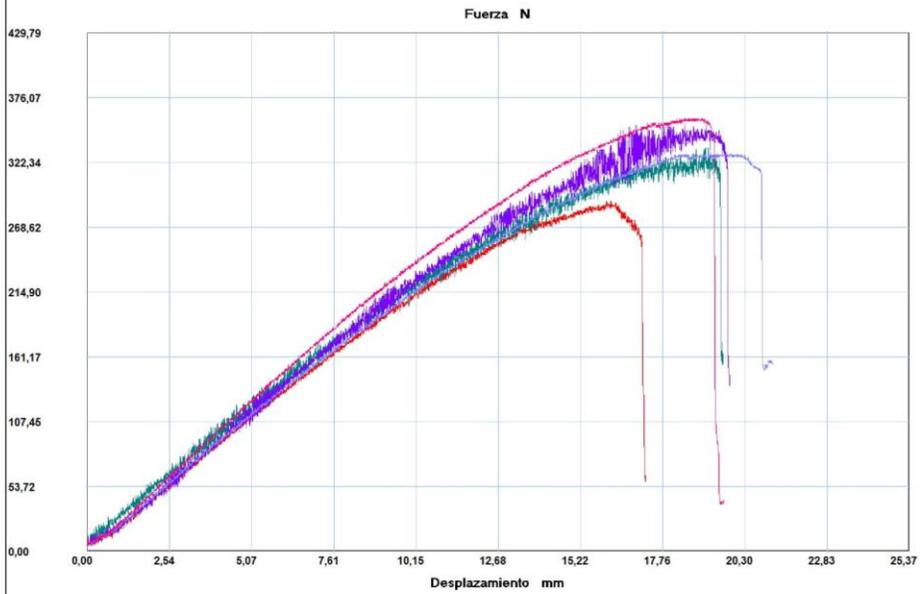
Probeta	FMax N
1	203,54
2	201,96
3	156,20
4	326,61
5	306,09
Media	238,880
Desv. Std	73,590
Coef. V.	0,308
+3 Sigma	459,649

INFORME :
ENSAYO :

EFC 07
FLEXION 3P



Referencia : MATERIALES COMPUEST
Cliente :
Calidad :
Operario : A Tecnico 1
Norma : ASTM D7264
Fecha : 25/07/2018
Hora : 9:26:05
Temperatura : 20,1
H.R.% : 54,0
Pedido : 180453541520180425



Probeta	FMax N
1	290,32
2	334,49
3	355,01
4	329,76
5	358,16
Media	333,548
Desv. Std	27,158
Coef. V.	0,081
+3 Sigma	415,023



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES PLÁSTICOS.
INFORME DE RESULTADOS N°: 180453541520180425-EIP

DATOS GENERALES

Datos informativos:

N° de proforma: RM_2018_012.

Empresa / Cliente: Oscar Fabricio Freire Bonilla.

RUC/C.I.: 1804535415

Ciudad: Ambato.

Dirección: Av. Benjamín Franklin, Parroquia Pishilata.

Teléfono: 0999841049

Correo: oscar.shinigami@gmail.com

Datos del ensayo:

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

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

Método de ensayo: ASTM D 6110: Método de prueba estándar para la determinación de la resistencia al impacto Charpy con muesca de especímenes de Plásticos.

Tipo de ensayo: Cuantitativo

Capacidad del péndulo, (J): 10,9

Horas de acondicionamiento (luego del entalle): No aplica acondicionamiento.

Equipo utilizado: Máquina de ensayo impacto Charpy **Modelo:** IC-25/IA **Serie:** 1986M002

Distancia entre yunques: 101.6 mm

Fecha de Inicio de Ensayo: 25/07/2018 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 25/07/2018

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de materiales compuestos. 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	Tipo de secado	Orientación del tejido	Configuración	Probetas a Ensayar
1	180453541520180415-ETC 01	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Poliéster 3% Hidróxido de Aluminio	5

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



Fecha de emisión de Informe: Ambato, 31 de julio de 2018.
N°. Factura: 001-002-000004601



2	180453541520180415-ETC 02	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Poliéster 6% Hidróxido de Aluminio	5
3	180453541520180415-ETC 03	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Poliéster 9% Hidróxido de Aluminio	5
4	180453541520180415-ETC 04	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Poliéster 3% Hidróxido de Magnesio	5
5	180453541520180415-ETC 05	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Poliéster 6% Hidróxido de Magnesio	5
6	180453541520180415-ETC 06	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Poliéster 9% Hidróxido de Magnesio	5
7	180453541520180425-ETC 07	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Epóxica 3% Hidróxido de Aluminio	5
8	180453541520180425-ETC 08	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Epóxica 6% Hidróxido de Aluminio	5
9	180453541520180425-ETC 09	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Epóxica 9% Hidróxido de Aluminio	5
10	180453541520180425-ETC 10	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 67% Resina Epóxica 3% Hidróxido de Magnesio	5
11	180453541520180425-ETC 11	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 64% Resina Epóxica 6% Hidróxido de Magnesio	5
12	180453541520180425-ETC 12	Ambiente	Discontinua Aleatoria	30% Fibra de vidrio 61% Resina Epóxica 3% Hidróxido de Magnesio	5
Total					60

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
1	180453541520180425-EIP 01-1	24,3	46,3	3,52	14,39	6,11	1735,80	120,625
2	180453541520180425-EIP 01-2	24,3	46,3	3,48	14,15	3,56	1022,99	72,296
3	180453541520180425-EIP 01-3	24,3	46,3	3,42	14,16	2,63	769,01	54,308
4	180453541520180425-EIP 01-4	24,3	46,3	3,57	14,40	2,39	669,47	46,491
5	180453541520180425-EIP 01-5	24,3	46,3	3,37	13,69	2,07	614,24	44,868
					Promedio \bar{X}	3,35	962,30	67,72
					Desviación estándar S_{n-1}	1,64	459,96	31,51
					Coefficiente de variación CV	48,88	47,80	46,54

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
6	180453541520180425-EIP 02-1	24,8	45,4	3,60	11,56	2,61	725,00	62,716
7	180453541520180425-EIP 02-2	24,8	45,4	3,67	11,29	2,96	806,54	71,438
8	180453541520180425-EIP 02-3	24,8	45,4	3,75	11,46	3,77	1005,33	87,725
9	180453541520180425-EIP 02-4	24,8	45,4	3,44	11,59	2,59	752,91	64,962
10	180453541520180425-EIP 02-5	24,8	45,4	3,62	12,04	4,08	1127,07	93,611
					Promedio \bar{X}	3,20	883,37	76,09
					Desviación estándar S_{n-1}	0,69	174,84	13,84
					Coefficiente de variación CV	21,39	19,79	18,19

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
11	180453541520180425-EIP 03-1	23,5	48,6	2,75	10,73	1,54	560,00	52,190
12	180453541520180425-EIP 03-2	23,5	48,6	2,72	10,79	1,65	606,62	56,220
13	180453541520180425-EIP 03-3	23,5	48,6	2,94	10,86	2,21	751,70	69,217
14	180453541520180425-EIP 03-4	23,5	48,6	2,74	10,62	1,54	562,04	52,923
15	180453541520180425-EIP 03-5	23,5	48,6	2,72	11,64	1,54	566,18	48,641
					Promedio \bar{X}	1,70	609,31	55,84
					Desviación estándar S_{n-1}	0,29	81,87	7,95
					Coefficiente de variación CV	17,17	13,44	14,24

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
16	180453541520180425-EIP 04-1	23,8	47,3	3,40	11,89	4,06	1194,12	100,430
17	180453541520180425-EIP 04-2	23,8	47,3	3,52	10,77	2,11	599,43	55,658
18	180453541520180425-EIP 04-3	23,8	47,3	3,57	9,97	2,04	571,43	57,315
19	180453541520180425-EIP 04-4	23,8	47,3	3,42	10,82	2,52	736,84	68,100
20	180453541520180425-EIP 04-5	23,8	47,3	3,66	10,53	2,13	581,97	55,268
					Promedio \bar{X}	2,57	736,76	67,35
					Desviación estándar S_{n-1}	0,85	264,26	19,22
					Coefficiente de variación CV	33,15	35,87	28,54



Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
21	180453541520180425-EIP 05-1	24,3	48,2	3,43	10,89	2,09	609,33	55,953
22	180453541520180425-EIP 05-2	24,3	48,2	3,45	10,75	2,16	626,09	58,241
23	180453541520180425-EIP 05-3	24,3	48,2	3,67	10,3	4,61	1256,13	121,954
24	180453541520180425-EIP 05-4	24,3	48,2	3,52	10,06	1,97	559,66	55,632
25	180453541520180425-EIP 05-5	24,3	48,2	3,58	9,63	2,21	617,32	64,104
				Promedio \bar{X}		2,61	733,70	71,18
				Desviación estándar S_{n-1}		1,12	293,18	28,59
				Coeficiente de variación CV		43,05	39,96	40,17

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
26	180453541520180425-EIP 06-1	23,8	47,8	3,49	10,92	2,02	578,80	53,003
27	180453541520180425-EIP 06-2	23,8	47,8	3,40	11	2,16	635,29	57,754
28	180453541520180425-EIP 06-3	23,8	47,8	3,65	12,28	2,49	682,19	55,553
29	180453541520180425-EIP 06-4	23,8	47,8	3,60	11,70	2,32	644,44	55,081
30	180453541520180425-EIP 06-5	23,8	47,8	3,68	10,92	2,25	611,41	55,990
				Promedio \bar{X}		2,25	630,43	55,48
				Desviación estándar S_{n-1}		0,18	38,49	1,71
				Coeficiente de variación CV		7,82	6,11	3,09

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
31	180453541520180425-EIP 07-1	23,8	48,0	4,66	9,14	2,42	519,31	56,818
32	180453541520180425-EIP 07-2	23,8	48,0	4,67	10,69	2,76	591,01	55,286
33	180453541520180425-EIP 07-3	23,8	48,0	4,35	11,35	2,28	524,14	46,180
34	180453541520180425-EIP 07-4	23,8	48,0	5,10	12,13	2,96	580,39	47,848
35	180453541520180425-EIP 07-5	23,8	48,0	4,39	11,22	2,25	512,53	45,680
					Promedio \bar{X}	2,53	545,48	50,36
					Desviación estándar S_{n-1}	0,31	37,14	5,28
					Coefficiente de variación CV	12,33	6,81	10,49

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
36	180453541520180425-EIP 08-1	23,7	48,2	4,55	9,46	2,30	505,49	53,435
37	180453541520180425-EIP 08-2	23,7	48,2	4,37	11,05	2,66	608,70	55,086
38	180453541520180425-EIP 08-3	23,7	48,2	4,58	11,83	2,79	609,17	51,494
39	180453541520180425-EIP 08-4	23,7	48,2	4,71	11,54	2,96	628,45	54,458
40	180453541520180425-EIP 08-5	23,7	48,2	4,53	11,10	2,93	646,80	58,270
					Promedio \bar{X}	2,73	599,72	54,55
					Desviación estándar S_{n-1}	0,27	54,98	2,49
					Coefficiente de variación CV	9,81	9,17	4,56

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
41	180453541520180425-EIP 09-1	23,8	47,8	5,13	10,31	3,34	651,07	63,150
42	180453541520180425-EIP 09-2	23,8	47,8	5,77	10,97	2,98	516,46	47,080
43	180453541520180425-EIP 09-3	23,8	47,8	5,22	9,9	3,36	643,68	65,018
44	180453541520180425-EIP 09-4	23,8	47,8	5,05	10,63	3,72	736,63	69,298
45	180453541520180425-EIP 09-5	23,8	47,8	5,31	9,39	6,62	1246,70	132,769
				Promedio \bar{X}		4,00	758,91	75,46
				Desviación estándar S_{n-1}		1,49	283,78	33,12
				Coeficiente de variación CV		37,10	37,39	43,89

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
46	180453541520180425-EIP 10-1	23,8	47,6	5,25	10,03	7,26	1382,86	137,872
47	180453541520180425-EIP 10-2	23,8	47,6	5,40	10,21	7,64	1414,81	138,571
48	180453541520180425-EIP 10-3	23,8	47,6	5,59	11,65	2,21	395,35	33,936
49	180453541520180425-EIP 10-4	23,8	47,6	5,50	11,87	2,49	452,73	38,140
50	180453541520180425-EIP 10-5	23,8	47,6	5,20	9,93	2,52	484,62	48,803
				Promedio \bar{X}		4,42	826,07	79,46
				Desviación estándar S_{n-1}		2,77	523,96	53,91
				Coeficiente de variación CV		62,57	63,43	67,84

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
51	180453541520180425-EIP 11-1	23,8	48,0	4,98	10,98	2,76	554,22	50,475
52	180453541520180425-EIP 11-2	23,8	48,0	5,32	10,30	2,52	473,68	45,989
53	180453541520180425-EIP 11-3	23,8	48,0	5,07	11,55	3,52	694,28	60,111
54	180453541520180425-EIP 11-4	23,8	48,0	5,23	11,05	3,21	613,77	55,545
55	180453541520180425-EIP 11-5	23,8	48,0	5,01	11,46	2,91	580,84	50,684
					Promedio \bar{X}	2,98	583,36	52,56
					Desviación estándar S_{n-1}	0,39	80,80	5,41
					Coefficiente de variación CV	13,08	13,85	10,29

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
56	180453541520180425-EIP 12-1	23,7	47,8	4,88	9,7	2,44	554,22	50,475
57	180453541520180425-EIP 12-2	23,7	47,8	4,95	8,95	2,52	473,68	45,989
58	180453541520180425-EIP 12-3	23,7	47,8	4,93	11,65	7,62	694,28	60,111
59	180453541520180425-EIP 12-4	23,7	47,8	5,19	10,67	2,37	613,77	55,545
60	180453541520180425-EIP 12-5	23,7	47,8	4,89	10,82	2,86	580,84	50,684
					Promedio \bar{X}	3,56	583,36	52,56
					Desviación estándar S_{n-1}	2,28	80,80	5,41
					Coefficiente de variación CV	63,90	13,85	10,29

Código: RG-RM-021
 Fecha de Elaboración: 08-05-2018
 Fecha de última aprobación: 17-05-2018
 Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES PLÁSTICOS.

Página 8 de 9



Observaciones:

Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita y certificada del ente emisor.

Código: RG-RM-021
Fecha de Elaboración: 08-03-2018
Fecha de última aprobación: 17-05-2018
Revisión: 1

INFORME DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES PLÁSTICOS.

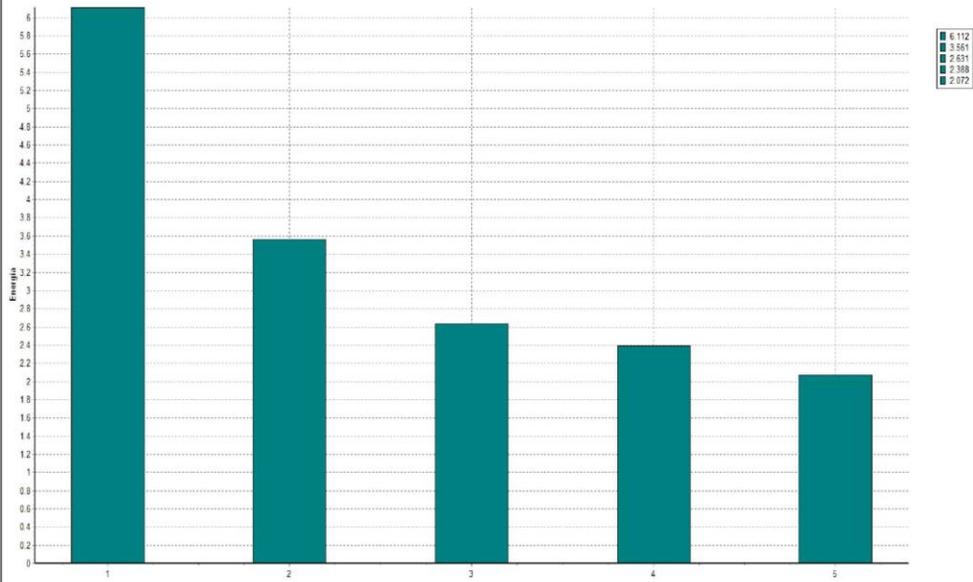
Página 9 de 9

INFORME :
ENSAYO :

EIP 01
IMPACT



Referencia : COMPUESTOS
Cliente :
Calidad :
Operario : TECNICO 1
Norma : ASTM D6110
Fecha : 25/07/2018
Hora : 22:34:10
Temperatura : 24,3
H.R.% : 46,3
Pedido : 18043541520180425



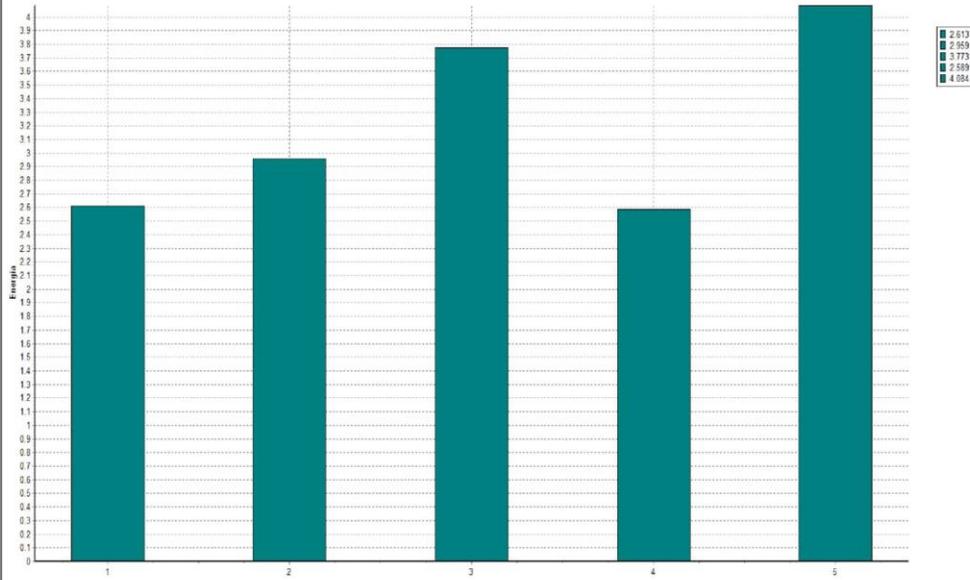
Probeta	Energía J	Resistencia kJ/m2
1	6.11	305.58
2	3.56	178.04
3	2.63	131.53
4	2.39	119.40
5	2.07	103.58
Media	3.35	167.63
Desv. Std	1.47	73.31
Coef. V.	0.44	0.44

INFORME :
ENSAYO :

EIP 02
IMPACT



Referencia : COMPUESTOS
Cliente :
Calidad :
Operario : TECNICO 1
Norma : ASTM D6110
Fecha : 26/07/2018
Hora : 19:40:04
Temperatura : 24,8
H.R.% : 45,4
Pedido : 18043541520180425



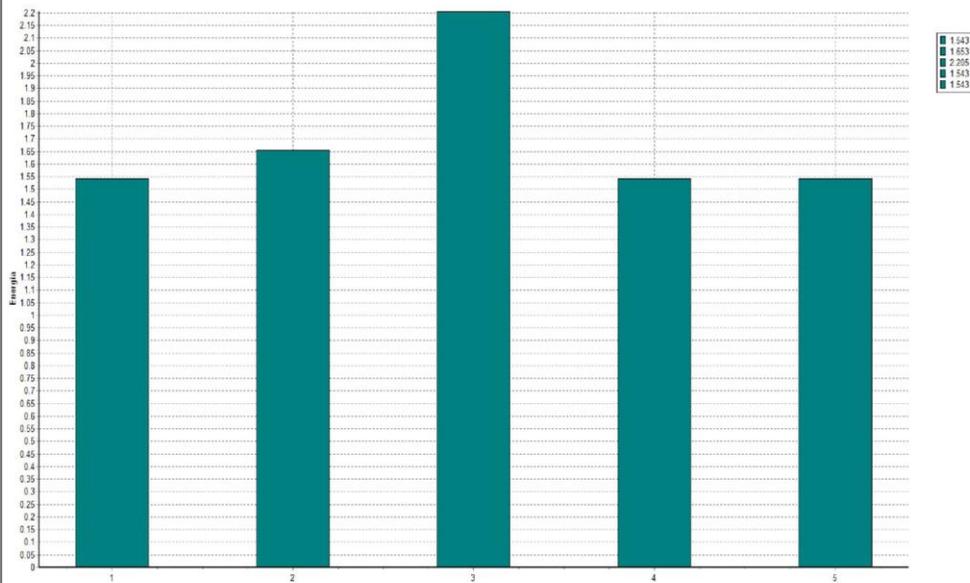
Probeta	Energia J
1	2.61
2	2.96
3	3.77
4	2.59
5	4.08
Media	3.20
Desv. Std	0.61
Coef. V.	0.19

INFORME :
ENSAYO :

EIP 03
IMPACT



Referencia : COMPUESTOS
Cliente :
Calidad :
Operario : TECNICO1
Norma : astm d6061
Fecha : 26/07/2018
Hora : 20:29:51
Temperatura : 23,5
H.R.% : 48,6
Pedido : 18043541520180425



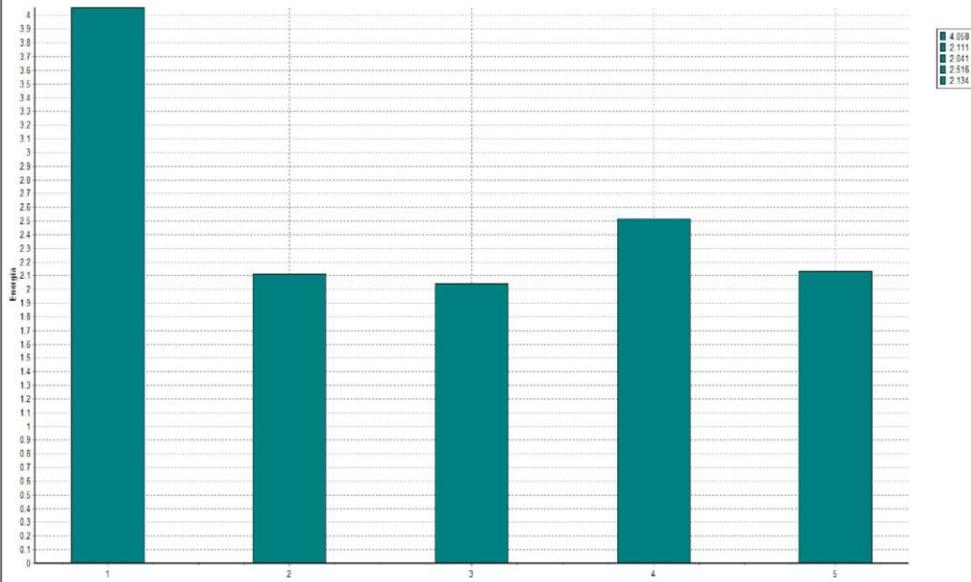
Probeta	Energia J
1	1.54
2	1.65
3	2.21
4	1.54
5	1.54
Media	1.70
Desv. Std	0.26
Coef. V.	0.15

INFORME :
ENSAYO :

EIP 04
IMPACT



Referencia : COMPUESTOS
Cliente :
Calidad :
Operario : TECNICO 1
Norma : ASTM D6061
Fecha : 26/07/2018
Hora : 21:58:52
Temperatura : 23,8
H.R.% : 47,3
Pedido : 18043541520180425



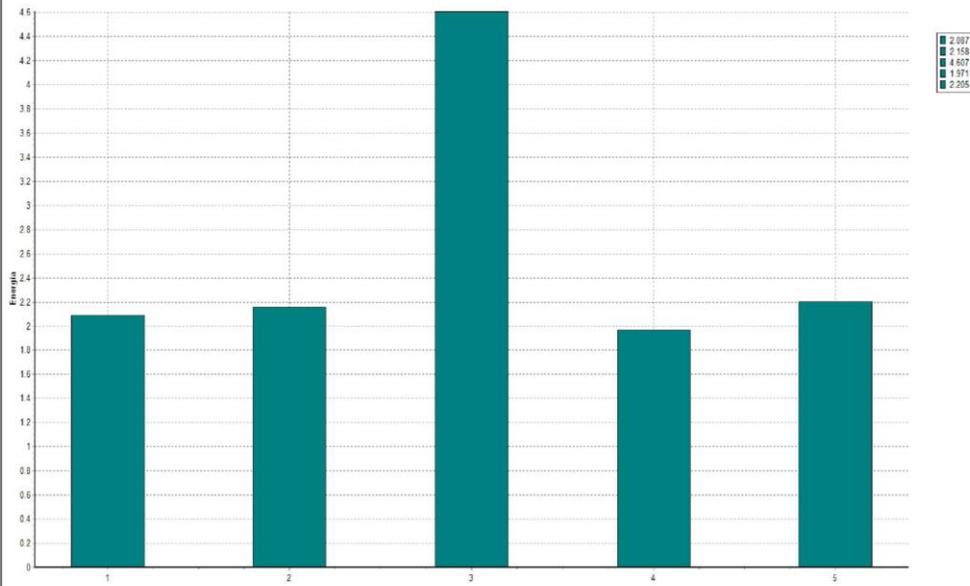
Probeta	Energia J
1	4.06
2	2.11
3	2.04
4	2.52
5	2.13
Media	2.57
Desv. Std	0.76
Coef. V.	0.30

INFORME :
ENSAYO :

EIP 05
IMPACT



Referencia : COMPUESTOS
Cliente :
Calidad :
Operario : TECNICO 1
Norma : ASTM D6061
Fecha : 26/07/2018
Hora : 22:16:28
Temperatura : 24,3
H.R.% : 48,2
Pedido : 18043541520180425



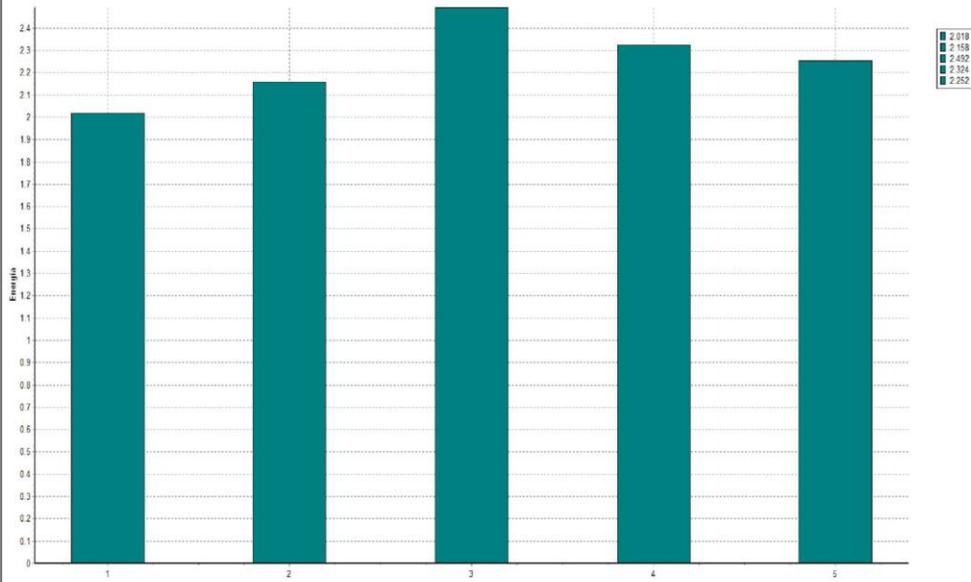
Probeta	Energia J
1	2.09
2	2.16
3	4.61
4	1.97
5	2.21
Media	2.61
Desv. Std	1.00
Coef. V.	0.39

INFORME :
ENSAYO :

EIP 06
IMPACT



Referencia : COMPUESTOS
Cliente :
Calidad :
Operario : TECNICO 1
Norma : ASTM D6061
Fecha : 26/07/2018
Hora : 22:27:28
Temperatura : 23,8
H.R.% : 47,8
Pedido : 18043541520180425



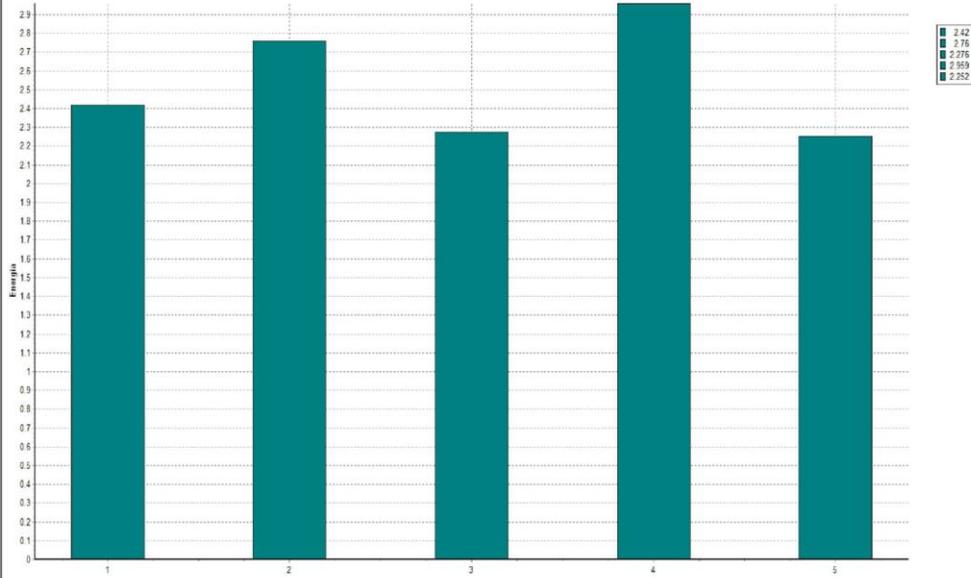
Probeta	Energia J
1	2.02
2	2.16
3	2.49
4	2.32
5	2.25
Media	2.25
Desv. Std	0.16
Coef. V.	0.07

INFORME :
ENSAYO :

EIP 07
IMPACT



Referencia : COMPUESTOS
Cliente :
Calidad :
Operario : TECNICO 1
Norma : ASTM D6061
Fecha : 26/07/2018
Hora : 22:40:20
Temperatura : 23,8
H.R.% : 48,0
Pedido : 18043541520180425



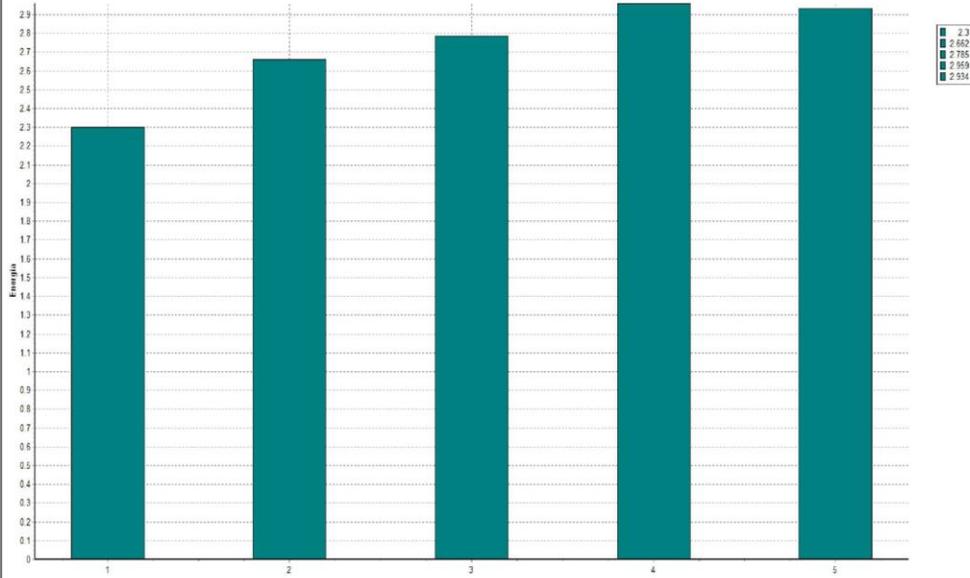
Probeta	Energia J
1	2.42
2	2.76
3	2.28
4	2.96
5	2.25
Media	2.53
Desv. Std	0.28
Coef. V.	0.11

INFORME :
ENSAYO :

EIP 08
IMPACT



Referencia : COMPUESTOS
Cliente :
Calidad :
Operario : TECNICO 1
Norma : ASTM D6061
Fecha : 26/07/2018
Hora : 22:45:44
Temperatura : 23,7
H.R.% : 48,2
Pedido : 18043541520180425



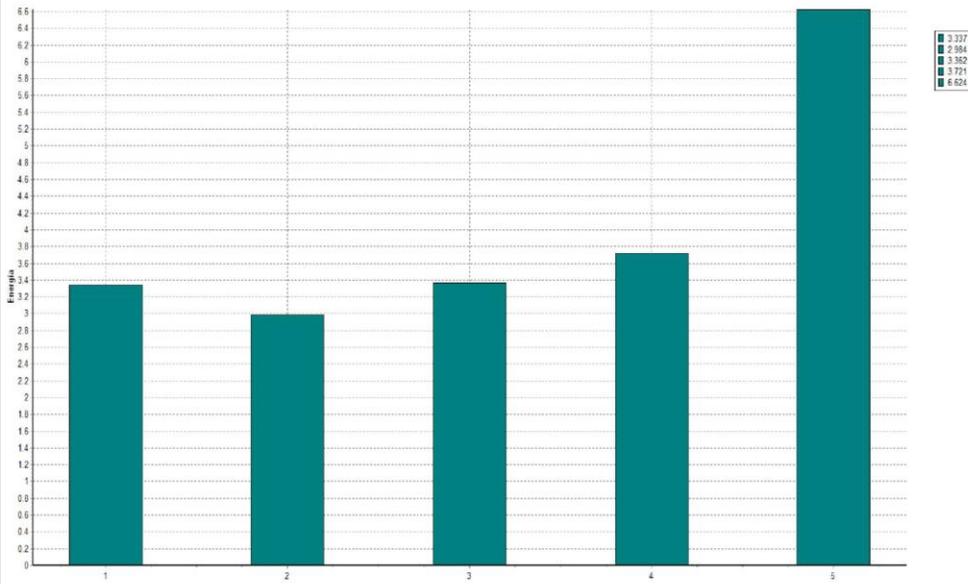
Probeta	Energia J
1	2.30
2	2.66
3	2.79
4	2.96
5	2.93
Media	2.73
Desv. Std	0.24
Coef. V.	0.09

INFORME :
ENSAYO :

EIP 09
IMPACT



Referencia : COMPUESTOS
Cliente :
Calidad :
Operario : TECNICO 1
Norma : ASTM D6061
Fecha : 26/07/2018
Hora : 22:54:17
Temperatura : 23,8
H.R.% : 47,8
Pedido : 18043541520180425



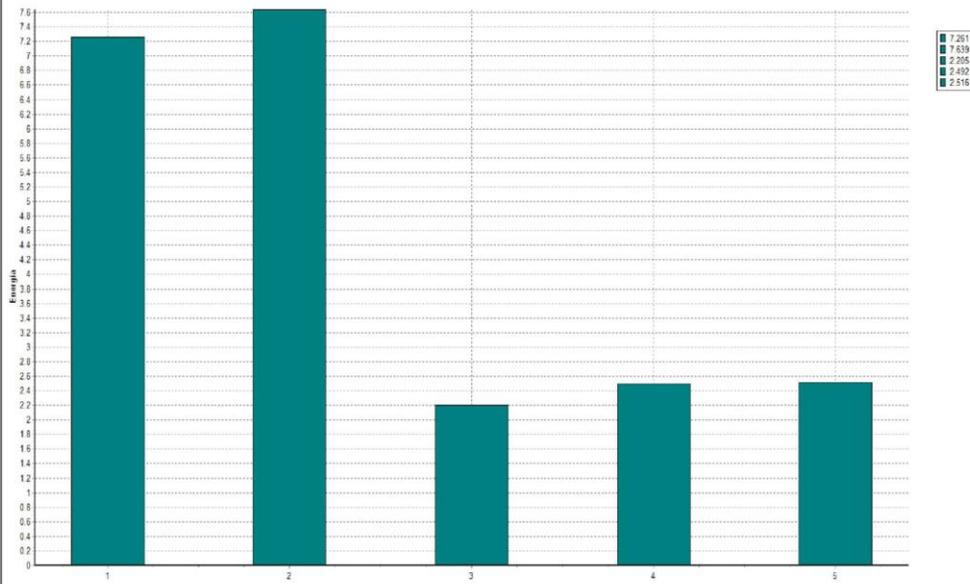
Probeta	Energia J
1	3.34
2	2.98
3	3.36
4	3.72
5	6.62
Media	4.01
Desv. Std	1.33
Coef. V.	0.33

INFORME :
ENSAYO :

EIP 10
IMPACT



Referencia : COMPUESTOS
Cliente :
Calidad :
Operario : TECNICO 1
Norma : ASTM D6061
Fecha : 26/07/2018
Hora : 23:01:04
Temperatura : 23,8
H.R.% : 48,0
Pedido : 18043541520180425



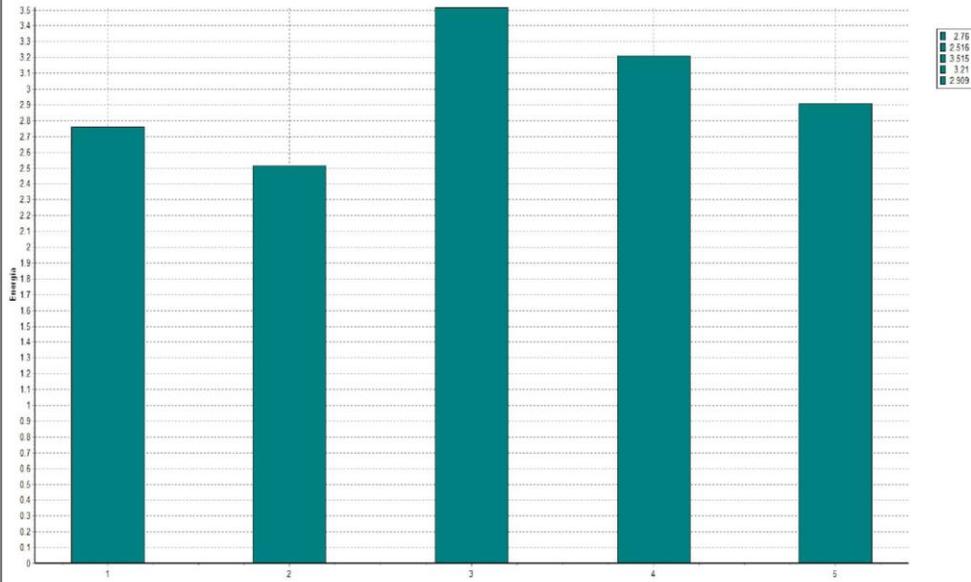
Probeta	Energia J
1	7.26
2	7.64
3	2.21
4	2.49
5	2.52
Media	4.42
Desv. Std	2.48
Coef. V.	0.56

INFORME :
ENSAYO :

EIP 11
IMPACT



Referencia : COMPUESTOS
Cliente :
Calidad :
Operario : TECNICO 1
Norma : ASTM D6061
Fecha : 26/07/2018
Hora : 23:08:21
Temperatura : 23,8
H.R.% : 48,0
Pedido : 18043541520180425



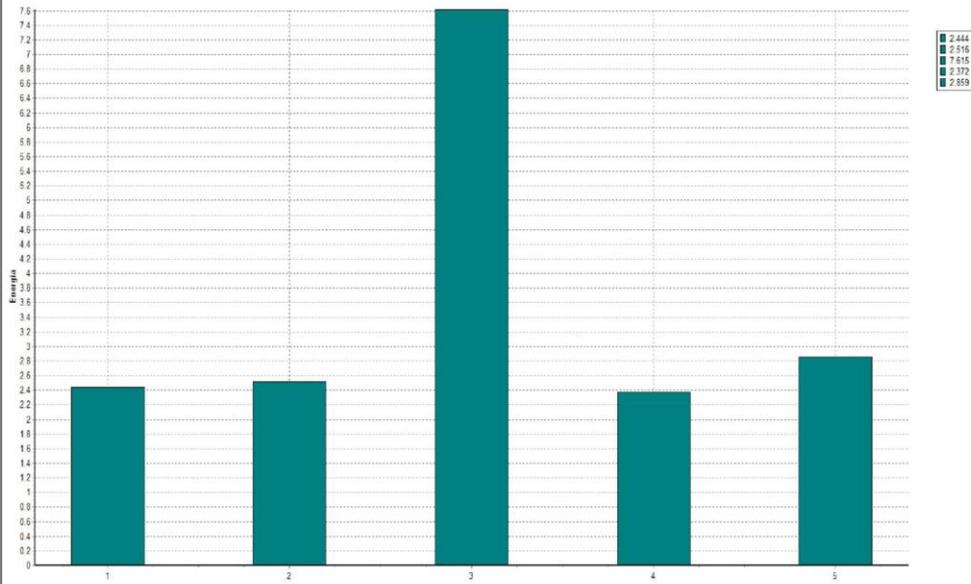
Probeta	Energia J
1	2.76
2	2.52
3	3.52
4	3.21
5	2.91
Media	2.98
Desv. Std	0.35
Coef. V.	0.12

INFORME :
ENSAYO :

EIP 12
IMPACT



Referencia : COMPUESTOS
Cliente :
Calidad :
Operario : TECNICO 1
Norma : ASTM D6061
Fecha : 26/07/2018
Hora : 23:13:18
Temperatura : 23.7
H.R.% : 47.8
Pedido : 18043541520180425



Probeta	Energia J
1	2.44
2	2.52
3	7.62
4	2.37
5	2.86
Media	3.56
Desv. Std	2.03
Coef. V.	0.57

A.11 Resultados de los ensayos de tracción, flexión e impacto del grupo extra E.

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	050434603220181002-ETC 01-1	18	62	25,338	2,83	5923,09	82,60	2337,08	3,53	AGM	
2	050434603220181002-ETC 01-2	18	62	25,3	2,82	6377,50	89,39	2492,98	3,59	AGM	
3	050434603220181002-ETC 01-3	18	62	25,99	2,74	5800,02	81,45	2177,25	3,74	AGM	
4	050434603220181002-ETC 01-4	18	62	27,09	2,93	7079,62	89,19	2217,86	4,02	LAT	
5	050434603220181002-ETC 01-5	18	62	26,67	2,96	5975,15	75,69	2068,69	3,66	AGM	
				Promedio \bar{X}		6231,076	83,664	2258,773	9,271		
				Desviación estándar S_{n-1}		521,447	5,766	162,355	0,479		
				Coeficiente de variación CV		8,368	6,892	7,188	5,169		

Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua

Resultados:

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

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Deformación máxima (%) (Calculado)	Tipo de falla evaluado	
				Ancho	Espesor							
1	050434603220181002-EFC 01-1	15	77	13,45	4,8	282,43	22,853	164,05	3589,26	4,57	OAB	
2	050434603220181002-EFC 01-2	15	77	13,93	5,08	339,23	18,08	169,86	4438,51	3,83	OAB	
3	050434603220181002-EFC 01-3	15	77	14,75	5,58	381,83	13,276	149,65	4848,33	3,09	OAB	
4	050434603220181002-EFC 01-4	15	77	14,31	5,00	295,05	15,142	148,45	4705,94	3,15	OAB	
5	050434603220181002-EFC 01-5	15	77	14,61	4,92	304,52	18,563	154,99	4072,92	3,81	OAB	
				Promedio \bar{X}		320,612	17,583	157,401	4330,993	3,689		
				Desviación estándar S_{n-1}		40,201	3,657	9,292	509,054	0,604		
				Coeficiente de variación CV		12,539	20,798	5,903	11,754	16,368		

Nomenclatura de tipo de falla evaluado:

El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D7264-2015.

Primer carácter	Segundo carácter	Área de falla	Tercer carácter	Ubicación de falla
O	A	En el punto de carga	B	Fondo
	L	Entre la carga y el punto de apoyo	V	Varios
	U	No conocido	R	Derecha
			M	Medio
			U	Desconocido
			L	Izquierda
			T	Parte superior



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrocero

Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Energía de ruptura (J)	Resistencia al impacto, (J/m)	Resistencia al impacto, (KJ/m ²)
				Ancho	Espesor (debajo de la muesca)			
1	050434603220181002-EIP 01-1	15,0	60,0	5,02	13,01	6,31	1256,97	96,616
2	050434603220181002-EIP 01-2	15,0	60,0	5,01	11,89	6,42	1281,44	107,774
3	050434603220181002-EIP 01-3	15,0	60,0	5,06	12,13	3,74	739,13	60,934
4	050434603220181002-EIP 01-4	15,0	60,0	5,22	12,04	3,36	643,68	53,462
5	050434603220181002-EIP 01-5	15,0	60,0	5,90	11,56	2,90	491,53	42,520
				Promedio \bar{X}		4,55	882,55	72,26
				Desviación estándar S_{n-1}		1,69	363,95	28,38
				Coeficiente de variación CV		37,12	41,24	39,27

Observaciones:

Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita y certificada del ente emisor.