

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Maestría en Diseño Mecánico

Mención Fabricación de Autopartes de Vehículos

Rediseño y construcción de un protector de cárter para un vehículo Chevrolet Sail mediante la aplicación de materiales híbridos reforzados con fibra de cabuya y fibra de vidrio, con base de resina poliéster, mediante estratificación manual, moldeo por contacto y por compresión.

Diego Armando Simbaña Ushiña

Nota del autor:

Diego Armando Simbaña Ushiña, Facultad de Ingeniería Arquitectura e Ingeniería,
Universidad Internacional SEK.

Director Ing. Jaime Molina, M.Sc.

Codirector: Ing. Javier Martínez, M.Sc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

dsimbana.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Diego Simbaña, con cédula de identidad 1720872249, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Ing. Diego Armando Simbaña Ushiña

C.I.: 1720872249

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi querido papito Dios a la Santísima Virgen María, por darme sabiduría y bendecirme en cada meta que me he propuesto.

A mis papitos Lolita y Segundo porque son pilares muy importantes en mi vida gracias a sus concejos, y por el apoyo incondicional que me brindan les estaré muy agradecido durante toda mi vida. A mis hermanas Rociito y Blanquita, a mis cuñados Manuel y Carmelo, a mis sobrinos Lady, Jonathan, Gladys, Anthony, Deybi, Nayeli, Maykel, Doménica, Luis, Soraya, Juanito de Jesús y Damiancito. A mis abuelitos Manuel, Juan José, María Dolores, Francisca. A mi novia Nelly y a cada uno les quiero agradecer por haberme apoyado a alcanzar la meta que me he propuesto. Los amo mucho familia.

Dieguito 1986

“El Señor es mi pastor: nada me falta; en verdes pastos él me hace reposar. A las aguas de descanso me conduce, y reconforta mi alma. Por el camino del bueno me dirige, por amor de su nombre. Aunque pase por quebradas oscuras, no temo ningún mal, porque tú estás conmigo con tu vara y tu bastón, y al verlas voy sin miedo. La mesa has preparado para mí frente a mis adversarios, con aceites perfumas mi cabeza y rellenas mi copa. Irán conmigo la dicha y tu favor mientras dura mi vida, mi mansión será la casa del Señora por largos, largos días.”

Salmo 23

“El Señor es mi Salvador”

Agradecimientos

A mí querida Universidad Internacional SEK, al personal docente, administrativo y a mis compañeros de aula en donde he adquirido conocimientos educativos muy importantes para mi formación profesional.

De manera muy especial a mi tutor de tesis al Ing. Jaime Molina Msc, quien con sus conocimientos y sus enseñanzas me ha ayudado a desarrollar mi proyecto de tesis y por ello siempre le estaré muy agradecido. Al PhD. Edilberto Llanes quien con sus sugerencias y observaciones me ayudo también al desarrollo de mi proyecto de tesis.

A Manuel Tituaña gerente propietario del taller automotriz Engineer Car por la prestación de sus instalaciones y por la aportación de conocimientos necesarios para el desarrollo de mi tesis.

Índice de contenido

Declaración Juramentada	2
Dedicatoria	3
Agradecimientos.....	4
Índice de contenido	5
Lista de figuras	10
Lista de tablas.....	13
Resumen	14
Summary	16
Introducción	18
Antecedentes	18
Planteamiento del problema	19
Justificación.....	20
Objetivos	21
Objetivo principal.....	21
Objetivos específicos.....	21
Estudio del Arte.....	22
Cárter.....	22
Protector de Cárter	23
Aplicaciones de las fibras naturales en la industria automotriz	24
Fibras vegetales usadas en compuestos de matriz polimérica.....	25
Fibras para materiales compuestos de plástico reforzado	26
Materiales híbridos	28
Propiedades de los compuestos reforzados con fibras	28
Situación de las fibras naturales en el Ecuador	30
Cabuya.....	30
Refuerzo de fibra de cabuya.....	32

REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MEDIANTE MATERIALES HÍBRIDOS.

	6
Fibras de vidrio.....	35
Selección de materiales matriz	36
Resina poliéster	37
Proceso de curado de la resina	37
Resinas epóxicas	39
Resinas de poliéster reforzadas con fibra de vidrio.....	41
Aceleradores (octoato de cobalto).....	43
Peróxido Endurecedor	43
Manufactura	43
Los materiales en la manufactura.....	44
Procesos de manufactura.....	45
Estratificación manual.....	45
Materiales de núcleo.....	47
Estructura sándwich	47
Refuerzos.....	49
Moldes para la fabricación de piezas	50
Moldeo por contacto (laminado manual)	50
Herramientas para el moldeo por contacto.....	51
Moldeo por compresión	52
Método	53
Tipo de estudio	53
Modalidad de investigación	53
Investigativo bibliográfico	53
Investigativo experimental	53
Investigativo aplicada.....	54
Población.....	54
Muestra.....	54

REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MEDIANTE MATERIALES HÍBRIDOS.

	7
Materiales	54
Resina poliéster isoftálica.....	54
Monómero de estireno.....	55
Octoato de cobalto 12%	55
Meck peróxido.....	56
Meck peróxido.....	56
Cera desmoldante	57
Bate piedra.....	57
Equipos y Herramientas	57
Moldes para la construcción de protector de cárter.....	57
Moldes para las probetas de ensayo de impacto	58
Moldes para las probetas para el ensayo de desgaste por abrasión	59
Vaso de medición	59
Máquina para ensayo de impacto por caída de dardo	60
Máquina para ensayo de desgaste por abrasión	61
Precauciones de producción	61
Preparación de la resina poliéster isoftálica	62
Proceso de gelidificacion de la resina	63
Proceso de curado de la resina	63
Caracterización del material hibrido (fibra de cabuya y fibra de vidrio)	64
Preparación del molde del protector de cárter de vehículo Chevrolet Sail	65
Proceso de construcción del protector del cárter.....	65
Preparación de la resina isoftálica.....	65
Determinación de las capas de fibra de vidrio y cabuya para la conformación de la estructura sándwich.....	68
Preparación de fibra de vidrio	69
Preparación de fibra de cabuya	70
Aplicación de fibra de cabuya (2da capa)	72

REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MEDIANTE MATERIALES HÍBRIDOS.

	8
Aplicación de la fibra de vidrio (3ra capa).....	72
Aplicación del contra molde	73
Desmolde.....	74
Etapas de post-terminado del protector del cárter	74
Etapas de lijado.....	75
Proceso de aplicación de fondo de relleno	75
Proceso final (Aplicación de bate piedra)	76
Protocolo de pruebas del protector del cárter.....	77
Vía asfaltada.....	78
Vía adoquinada.....	80
Vía sin asfaltar.....	80
Resultados	82
Periodo de maduración del curado de la resina isoftálica	82
Obtención del proceso de gelificación de la resina isoftálica tratada:	82
Obtención de la etapa de endurecimiento de la resina isoftálica tratada:.....	82
Caracterización mecánica de la resina resina poliéster isoftálica mediante ensayo de desgaste por abrasión mediante la norma ASTM G 65	84
Aplicación de la estratificación manual para la formación de estructura sándwich del material híbrido	86
Microscopía de adherencia de las fibras de vidrio, cabuya y la resina poliéster isoftálica	87
Caracterización mecánica del material híbrido (fibra de vidrio y cabuya) con base de resina poliéster isoftálica mediante ensayo de impacto ASTM D5628-10.....	89
Resultados de las pruebas de funcionalidad realizadas en diferentes vías	92
Discusión.....	94
Valoración económica del proyecto	95
Costos directos	95
Costos indirectos	96
Total de costos del proyecto.....	97

REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MEDIANTE MATERIALES HÍBRIDOS.

	9
Costo por protector.....	98
Detalle de los costos de la mano de obra presentada	98
Análisis total de costos	99
Conclusiones	100
Recomendaciones.....	102
Bibliografía:	104
Anexos.....	107
Anexo A. Preparación de la resina poliéster.....	107
Anexo B. Ficha técnica del fondo base	108
Anexo C. Ficha técnica del monómero de estireno	109
Anexo D. Ficha técnica del peróxido de meck.....	110
Anexo E. Ficha técnica del octoato de cobalto.....	111
Anexo F. Ficha técnica de la resina isoftalica	112
Anexo G. Ficha técnica de la masilla lijable	113
Anexo H. Ensayo de desgaste por abrasión.....	114
Anexo I. Ensayo de Impacto mediante norma ASTM D5628-10	116

	10
Lista de figuras	
Figura 1. Cárter.	22
Figura 2. Cárter formado por aletas.	23
Figura 3. Protector de cárter.	24
Figura 4. Autopartes del vehículo Mercedes Benz formado por fibras naturales.	25
Figura 5. Clasificación de las fibras naturales.	26
Figura 6. Alineaciones de las fibras.	29
Figura 7. Planta de cabuya.	31
Figura 8. Tipos de tejido de cabuya a) Grueso; b) Normal; c) Fino.	32
Figura 9. Gráfico esfuerzo vs deformación de la fibra de cabuya.	33
Figura 10. Resinas.	36
Figura 11. Resina poliéster.	37
Figura 12. Curva de curado de la resina.	38
Figura 13. Curva exotérmica en función del laminado manual.	39
Figura 14. Resinas epóxicas.	40
Figura 15. Microfotografía de la fibra de vidrio y la resina poliéster.	42
Figura 16. Catalización de la resina.	43
Figura 17. Procesos de manufactura.	44
Figura 18. Tipos básicos de materiales y materiales compuestos.	44
Figura 19. Proceso de manufactura.	45
Figura 20. Estratificación manual.	46
Figura 21. Técnicas de estratificación manual.	47
Figura 22. Estructura sándwich del material compuesto.	48
Figura 23. Panel sándwich sometido a flexión.	48
Figura 24. Secuencia de laminado.	49
Figura 25. Solape mínimo recomendado.	50

REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MEDIANTE MATERIALES HÍBRIDOS.

	11
Figura 26. Moldeo por contacto.	51
Figura 27. Herramientas utilizadas para el moldeo por contacto.	52
Figura 28. Moldeo por compresión.	52
Figura 29. Resina poliéster isoftálica.	55
Figura 30. Molde del protector del cárter.	57
Figura 31. Contra molde del protector del cárter.	58
Figura 32. Molde matriz.	58
Figura 33. Molde para probetas e impacto norma ASTM D5628-10	58
Figura 34. Moldes para probetas de ensayo de desgaste por abrasión mediante norma ASTM G 65.	59
Figura 35. Vaso de medición.	60
Figura 36. Equipo de ensayo de impacto.	60
Figura 37. Máquina para ensayo de desgaste por abrasión.	61
Figura 38. Preparación de la resina isoftálica con su componentes.	62
Figura 39. Proceso de gelificacion de la resina isoftálica.	63
Figura 40. Proceso de endurecimiento dela resina isoftálica.	63
Figura 41. Compuesto Híbrido.	65
Figura 42. Dimensiones del protector del cárter del vehículo Chevrolet Sail.	66
Figura 43. Composición de la resina isoftálica tratada.	67
Figura 44. Fracción volumétrica del material hibrido.	68
Figura 45. Composición del material híbrido.	69
Figura 46. Corte de la fibra de vidrio.	69
Figura 47. Corte de la fibra de cabuya.	70
Figura 48. Ancho de solape.	70
Figura 49. Primera capa de fibra de vidrio.	71

REDISEÑO Y CONSTRUCCIÓN MEDIANTE MATERIALES HÍBRIDOS.

	12
Figura 50. Aplicación de la fibra de vidrio.	71
Figura 51. Aplicación de la fibra de cabuya.....	72
Figura 52. Aplicación de la tercera capa de fibra de vidrio.	73
Figura 53. Moldeo por compresión.	73
Figura 54. Protector del cárter.....	74
Figura 55. Aplicación de la masilla lijable.....	75
Figura 56. Etapa de lijado.	75
Figura 57. Aplicación de fondo de relleno automotriz.....	76
Figura 58. Aplicación de bate piedra.	76
Figura 59. Ensamble del protector del cárter.	77
Figura 60. Límite de velocidad permitido.	78
Figura 61. Vía asfáltica.	78
Figura 62. Límites permitidos de velocidad.....	79
Figura 63. Vía adoquinada.	80
Figura 64. Vía sin asfaltar.	81
Figura 65. Obtención del periodo de gelidificación de la resina isoftálica tratada.	83
Figura 66. Obtención de la etapa de endurecimiento de la resina poliéster isoftálica tratada.	83
Figura 67. Probetas para ensayo de desgaste por abrasión.	84
Figura 68. Obtención de los resultados del ensayo de desgaste.....	85
Figura 69. Microscopia de las fibras de cabuya.....	87
Figura 70. Microscopia de las fibras de vidrio.....	88
Figura 71. Composición del material híbrido (estructura sándwich).	88
Figura 72. Probetas para ensayo de impacto norma ASTM D5628-10.	89
Figura 73. Condiciones de la probeta después del ensayo de impacto ASTM D5628-10.	90
Figura 74. Determinación de la altura de fallo.....	91

Figura 75. Resultados de las pruebas de funcionalidad realizados en diferentes tipos de vías.

..... 93

Lista de tablas

Tabla 1. Clases de compuestos 27

Tabla 2. Configuración de la fibra 33

Tabla 3. Propiedades mecánicas de la cabuya..... 34

Tabla 4. Propiedades mecánicas de los hilos 35

Tabla 5. Propiedades mecánicas de la resina poliéster y epóxica. 41

Tabla 6. Propiedades mecánicas de los compuestos poliéster de fibra de vidrio..... 42

Tabla 7. Octoato de cobalto y meck de peróxido..... 56

Tabla 8. Formulaciones de la resina..... 59

Tabla 9. Cntidades para la obtención de la resina poliéster isoftálica..... 82

Tabla 10. Cpmposición del material híbrido..... 87

Tabla 11. Resultados de los ensayos de impacto según la norma ASTM D5628-10..... 90

Tabla 12. Altura de fallo. 91

Tabla 13. Comparacion de resultados de ensayos de impacto. 94

Tabla 14. Costos directos de materiales de fabricación. 95

Tabla 15. Costos indirectos. 97

Tabla 16. Costos totales del proyecto..... 97

Tabla 17. Costos de la materia prima. 98

Tabla 18. Costos de la mano de obra. 98

Tabla 19. Costo total por elemento obtenido. 99

Resumen

El presente proyecto “Rediseño y construcción de un protector de cárter, para un vehículo Chevrolet Sail, mediante la aplicación de materiales híbridos reforzados con fibra de cabuya y fibra de vidrio, con base de resina poliéster, mediante estratificación manual, moldeo por contacto y por compresión”, se lo realizó a base de un estudio descriptivo, mediante el cual se describe el proceso de manufactura de cómo se construirá el protector de cárter el cual se lo realizó, mediante la estratificación manual que es la composición homogénea de la resina isoftálica, mediante un proceso de preparación, como lo indican fuentes bibliográficas, se designó una composición química por cada 100 cc de resina isoftalica se aplicó, un 10 % de etileno que sirvió para diluir la resina isoftálica, + 2cc octoato de cobalto, y por último 2 cc de meck de peróxido. Obteniendo así un proceso de gelidificación cuya duración fue entre (2 a 3 minutos), periodo en el cual la resina se transformó en un gel, etapa en la que no se puede seguir impregnado las capas de fibra de vidrio y cabuya, y entre (10 a 12 minutos) para el proceso de curado (endurecimiento) tiempo en que la resina isoftálica pasa de estado líquido a estado sólido total denominado curado de la resina a la cual se realizó un ensayo de desgaste abrasivo ASTM G 65 para determinar el porcentaje de desgaste, para la construcción del protector de cárter se optó por el moldeo por contacto mediante la utilización de herramientas manuales como rodillos, brochas, espátulas, permitió obtener una óptima impregnación de cada una de las capas tipo sándwich las cuales estaban conformadas de la siguiente manera primera capa de fibra de vidrio, segunda capa de fibra de cabuya, tercera capa de fibra de vidrio, con la aplicación del moldeo por contacto ayudo a evitar imperfecciones en cada superficie de cada capa , y para obtener una mejor compactación entre las fibras de cabuya y vidrio con la resina poliéster isoftalica se trabajó mediante el proceso de moldeo por compresión consistió en aplicar un peso extra, una vez obtenido el material se realizó un ensayo de impacto mediante la norma ASTM D5628-10

para determinar sus propiedades mecánicas del material híbrido, para el terminado del prototipo se aplicó procesos de masillado, lijado y acabado superficial mediante la aplicación de bate piedra, procesos que se utilizaron para el mejoramiento del protector del cárter del vehículo Chevrolet Sail, ya obtenido el prototipo se ensablo en vehículo para verificar posibles contrariedades, y para verificar su funcionalidad se realizó en escenarios reales un análisis de ruta el cual consistió en circular por diferentes tipos de vías (vías asfaltadas, vías adoquinadas, vías sin asfaltar), con lo que permitió determinar su correcta funcionalidad del protector de cárter, el cual consiste en salvaguardar a los elementos que se sitúan en la parte inferior delantera del vehículo contra obstáculos presentes en la vías.

Palabras claves:

Materiales híbridos, Estratificación manual, Impregnación, Compactación, Gelidificación

Summary

The present project "Redesign and construction of a crankcase protector, for a Chevrolet Sail vehicle, by means of the application of hybrid materials reinforced with fiber of cabuya and fiberglass, with base of polyester resin, by means of manual stratification, molding by contact and by compression ", was made based on a descriptive study, which describes the manufacturing process of how the crankcase protector will be built, which was done through manual stratification, which is the homogeneous composition of the isophthalic resin. By means of a preparation process, as indicated by bibliographic sources, a chemical composition was designated for each 100 cc of isophthalic resin was applied, 10% of ethylene that served to dilute the isophthalic resin, + 2cc cobalt octoate, and finally 2 cc of peroxide meck. Obtaining thus a process of gelidificación whose duration was between (2 to 3 minutes), period in which the resin was transformed into a gel, stage in which it is not possible to continue impregnated the layers of glass fiber and cabuya, and between (10 to 12 minutes) for the curing process (hardening) time in which the isophthalic resin passes from the liquid state to the total solid state called curing of the resin to which an abrasive wear test was carried out ASTM G 65 to determine the percentage of wear, for the construction of the crankcase protector was chosen by contact molding by using hand tools such as rollers, brushes, spatulas, allowed to obtain an optimal impregnation of each of the sandwich type layers which were shaped as follows First layer of fiberglass, second layer of fiber of cabuya, third layer of fiberglass, with the application of the molding by contact I help to avoid imperfection it is in each surface of each layer, and to obtain a better compaction between the fibers of cabuya and glass with the polyester isophthalic resin we worked through the process of compression molding consisted of applying an extra weight Once the material was obtained, an impact test was carried out using the ASTM D5628-10 standard to determine its mechanical properties of the hybrid material. For the finishing of the prototype, putty, sanding and surface finishing processes were applied by applying stone cream, processes that were

used to improve the guard of the Chevrolet Sail vehicle crankcase, once the prototype was obtained, it was assembled in a vehicle to verify possible setbacks, and to verify its functionality, a road analysis was carried out in real scenarios, which consisted in circulating through different types of roads (paved roads, paved roads, unpaved roads), which allowed to determine the correct functionality of the crankcase protector, which consists in safeguarding the elements that are located in the lower front part of the vehicle against obstacles present in the tracks.

Keywords:

Hybrid materials, Manual stratification, Impregnation, Compaction, Gelidification

Introducción

Antecedentes

Durante años se ha dado uso a los materiales compuestos, un claro ejemplo en la región interandina la paja, es utilizada para darle resistencia y refuerzo a los adobes para formar las paredes de las casas, técnica que también utilizaban en el antiguo Egipto. Durante la Segunda Guerra Mundial aparecen los primeros materiales compuestos formados por un refuerzo de fibra natural y una matriz polimérica.

A tiempo seguido en el año 1950 el grupo *Sachsenring Automobile Zwickau* (VEB) ex fábrica de Horch, lanzo un automóvil al mercado denominado Trabant, que tenía algo innovador, la carrocería estaba constituida mediante fibras naturales de algodón y de matriz poliéster, en el siglo XXI Europa ya adoptó el uso de materiales compuestos formados por fibras naturales y fibras sintéticas para la obtención de un sin número piezas o autopartes dando como resultado reducción del peso del vehículo y por consecuencia el ahorro del combustible, ya que son temas importantes y primordiales el fabricación de los vehículos.

Cabe destacar que las industrias carroceras en el Ecuador están implementando en algunos componentes o autopartes tales como guardachoques, paneles de las puertas, cobertores de llantas, tableros entre otros, el uso de materiales de compuestos híbridos, debido que actualmente la utilización de estos materiales es muy amplia en el sector automotriz, aeronáutico, construcción entre otras áreas. Algo muy importante, la aplicación de los materiales compuestos va de la mano con el proceso de manufactura debido a que este proceso involucra la participación de la mano de obra para la elaboración de autopartes o accesorios.

Planteamiento del problema

La necesidad del consumidor de adquirir un producto de calidad, con prestaciones mecánicas óptimas, niveles de seguridad altos, y estéticamente agradable, exige que las autopartes que conforma el vehículo sean importadas o que se adquieran en el mercado nacional a costos muy excesivos debido a factores tales como una elevación en los aranceles, a pesar que se fabrican en el país, los costos son elevados o la importación de la materia prima es muy costosa. Tal es el caso que un protector de cárter para un vehículo Chevrolet Sail mediante un sondeo en el mercado nacional, tiene un valor aproximado de \$ 250 dólares americanos. A través de la investigación sobre el uso de los materiales alternos, se va a fabricar un protector de cárter formado por compuestos híbridos reforzados con fibras de cabuya y fibra de vidrio, a base de resina poliéster isoftálica, utilizando el proceso de manufactura de estratificación manual, por moldeo por contacto y compresión, que posea las mismas características mecánicas, seguridad y estética que el protector original.

Esto representa una gran oportunidad para el potencial que el Ecuador tiene en este campo, ya que en su territorio se han registrado cerca de 25 mil especies de plantas vasculares, de las cuales, tan solo el 25 % de las especies utilizadas comercialmente. Entre ellas se cuentan a la cabuya, totora, abacá, paja toquilla, algodón, seda, bambú (Guerrero V. , 2011, pág. 87).

Justificación

Mediante el proceso de manufactura de estratificación manual, aplicando el moldeo por contacto y por compresión se va a construir el protector del cárter de un vehículo Chevrolet Sail debido a que la suspensión de este vehículo es muy baja, y los elementos que están expuestos en la parte inferior delantera del auto como mangueras, cables y el cárter permanecen expuestos a factores extra normales como ramas, piedras, rompe velocidades que pueden dañar el estado físico de los elementos, por lo cual aplicando el proceso de manufactura y un material alternativo que sustituya al acero, aluminio o plástico que comúnmente están fabricados el protector de cárter, se va a construir esta autoparte formada por materiales híbridos.

En la construcción del protector se utilizará como material base la resina poliéster isoftálica, la misma que utilizan las industrias carroceras en la fabricación de guardachoques para buses la cual es disponible en el mercado ecuatoriano, y además la inclusión de materiales híbridos formados por fibras de cabuya y fibra de vidrio, tanto la resina poliéster como el material híbrido, son materiales esenciales que formarán parte del proceso de manufactura que comprende la estratificación manual, en la cual la matriz polimérica estará formada del 70 % de resina poliéster isoftálica, un 20 % de fibra de vidrio y un 10 % de fibra de cabuya. El moldeo por contacto se trabajará con un molde matriz del protector del cárter en el cual se dará la forma mediante la resina isoftálica y el compuesto híbrido (fibras de vidrio y cabuya), utilizando herramientas como rodillos de tela y rodillos metálicos que ayudarán a la compactación de las capas para evitar imperfecciones en cada una de las superficies. Y para el moldeo de compresión se utilizará una pesa para unión de los moldes macho y hembra.

Ya que hoy en día la utilización de procesos de manufactura para la fabricación de autopartes y la aplicación de materiales híbridos por sus buenas características mecánicas que

presenta el material tienen una gran posición en la industria automotriz. Gracias a su favorable relación entre resistencia y peso, se estima que estos materiales compuestos comprenden aproximadamente 50% del volumen de un vehículo liviano (Tecnologic, 2017). Al realizar un proceso de manufactura para la obtención de autopartes aportara al país en un 2.83 %, con lo que corresponde al proceso de manufactura, según el Instituto de Promoción de Importaciones e Inversiones (PRO ECUADOR).

Objetivos

Objetivo principal

Construir el protector del cárter de un vehículo Chevrolet Sail a base de fibras de cabuya, vidrio y resina poliéster isoftálica, aplicando el proceso de manufactura de estratificación manual por moldeo de contacto y compresión para la disminución de los costos de producción.

Objetivos específicos

Obtener el prototipo del protector de cárter desde un modelo original, empleando el proceso de manufactura de estratificación manual mediante moldeo por contacto y compresión.

Comprobar el proceso de curado de la resina teniendo en cuenta el tiempo y la temperatura para que al momento que alcance en punto gel (endurecimiento de la resina), ya no se siga impregnando los refuerzos de fibra de cabuya y vidrio para evitar imperfecciones en la superficie.

Aplicar el número de capas de fibra de cabuya y vidrio correspondientes para la composición de la estructura sándwich.

Definir el proceso de maduración del laminado manual conformado por la fibra de cabuya y fibra de vidrio.

Determinar las propiedades mecánicas para el material híbrido (fibra de vidrio y cabuya) mediante el ensayo de e impacto ASTM D5628-10, y para la resina poliéster isoftálica, mediante ensayos por desgaste por abrasión ASTM G 65.

Estudio del Arte

Cárter

El cárter es un recipiente fabricado en aleación de aluminio o acero cuya finalidad es almacenar el aceite lubricante del motor. Cuando el auto no está en marcha el cárter hace de depósito del aceite, por la misma ley de gravedad y, al arrancar, la bomba de aceite se encarga de bombear ese aceite hacia todos lados: donde las piezas friccionan, cigüeñal, árbol de levas. También ayuda a refrigerar el fluido, en funcionamiento, el motor genera mucho calor, el aceite en circulación toma temperatura y al pasar por el cárter tiene la posibilidad de refrigerarse. Por eso muchos cárter tienen aletas, para favorecer el enfriamiento (Fierros Clásicos, 2015). Ver figuras 1 y 2.



Figura 1. Cárter.
Fuente: Autor



Figura 2. Cárter formado por aletas.
Fuente: <http://www.fierrosclasicos.com>

Protector de Cárter

El protector para Carter es una lámina metálica que cubre gran parte del motor y su función es evitar golpes y fisuras en el cárter de su vehículo, este se sujeta a los puntos pre-diseñados por el fabricante, con el fin de no afectar las normas de seguridad activas (choque frontal, estabilidad y recalentamiento) (Anonimo, 2016).

Si el cárter presentara alguna fisura o se rompiera, el motor del auto podría correr peligro de fundirse debido a la perdida de aceite.

El protector para cárter protege partes esenciales del motor, contra piedras, lunetas, lomos de burro, barro, ramas, y cualquier objeto que pueda aparecer en un trayecto normal diario de una calle, así como también en rutas y todo tipo de circuitos (Escobar, 1999).

Por lo general los protectores para cárter se construyen en chapa metálica de 2 mm de espesor, y en chapa de aluminio de 4 mm de espesor; siendo trabajada esta con plegados, diferentes tipos de agujeros según la necesidad, y soldado de refuerzos, y soportes para la fijación al automóvil. De esta manera, no hace falta soldar, agujerear o modificar de ninguna manera el chasis del automotor (Metalurgica, 2009). Ver figura 3.



Figura 3. Protector de cárter.
Fuente: <https://frenomotor.com>

Aplicaciones de las fibras naturales en la industria automotriz

En la actualidad, existen notables tendencias hacia la sustitución de materiales ya establecidos por varios tipos de fibras vegetales incrustadas en matrices poliméricas. (Velásquez y Giraldo, 2016, pág. 82). La industria del automóvil está utilizando lino, cáñamo, yute, sisal, kenaf o madera como producto de refuerzo. La matriz polimérica más utilizada es el polipropileno, aunque están emergiendo muchas aplicaciones en poliuretano (Bledzki, 2002), principalmente porque las fibras naturales son más livianas que las de vidrio o carbono.

La compañía Mercedes Benz ha utilizado yute y algodón desde hace más de 15 años en componentes de interiores de sus vehículos, aprovechado también su capacidad de aislamiento acústico y que no se astillan en caso de impacto directo; incluso en la actualidad realizan investigaciones para reducir la utilización de fibras sintéticas (Tapia, Simbaña y Bermúdez, 2013). También han desarrollado compuestos con funcionalidad estructural, utilizándolos en los paneles de las puertas, en los pilares de la cabina, partes de los asientos, parachoques y apoyacabezas (Pickering, 2008). Ver figura 4.



Figura 4. Autopartes del vehículo Mercedes Benz formado por fibras naturales.
Fuente: (Tadeusz & Andrzej, 2010, pág. 30)

Fiat Chrysler Automóviles emplea paneles de puerta de para vehículos basados en polipropileno reforzado con fibras naturales de kenaf y cáñamo (Bledzki, 2002). Los paneles interiores de energía eficiente del Audi A2 se fabrican con poliuretano reforzado con fibras naturales, como lino, sisal o cáñamo, obteniendo compuestos con muy bajas densidades en comparación con otros materiales, y una alta estabilidad dimensional (Ashori, 2008).

Fibras vegetales usadas en compuestos de matriz polimérica

Según Velásquez y Giraldo (2016, pág. 78), el uso de la fibras vegetales, como algodón, fique, cáñamo y yute, por ser las de mayor consumo en compuestos de matriz polimérica, actuando, incluso, como reforzantes en numerosas aplicaciones. Estas fibras están constituidas principalmente por celulosa, lignina, pectina y hemicelulosa (Thakur, 2013). Ver figura 5.

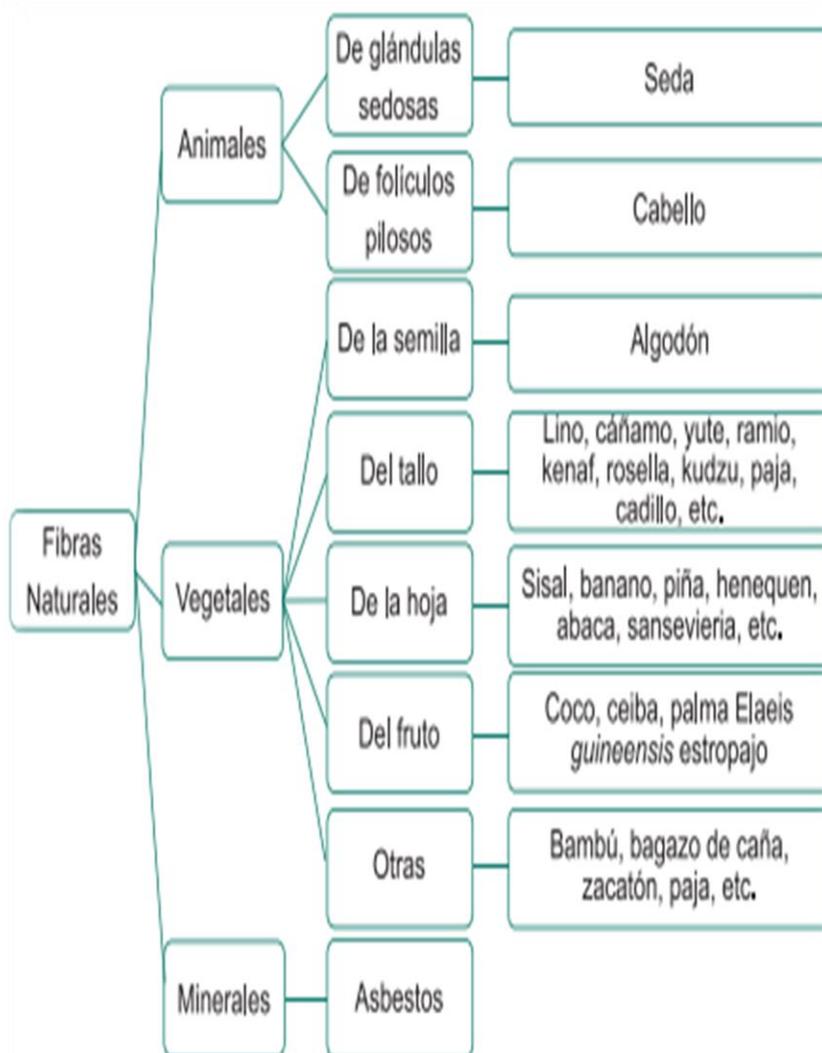


Figura 5. Clasificación de las fibras naturales.

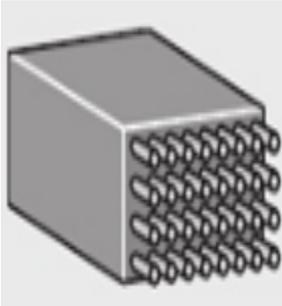
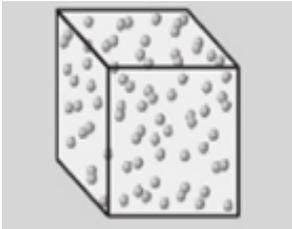
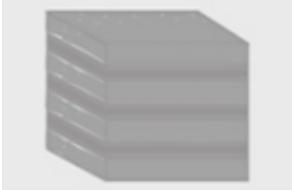
Fuente: (Velasquez & Giraldo, 2016, pág. 78)

Fibras para materiales compuestos de plástico reforzado

El vidrio es, por amplio margen, la fibra de refuerzo que se usa más y a menudo la de menor costo. Las fibras de aramida y de carbono tienen alta resistencia y baja densidad, por lo cual se usan en muchas aplicaciones, sobre todo aeroespaciales, a pesar de tener un costo más alto (Smith y Javad, 2004, pág. 651).

Según Newell (2011, pág. 226) los compuestos reforzados con fibras, mostrados en la tabla 1, rodean a las fibras fuertes con un material matriz típicamente amorfo que protege y orienta a las fibras.

Tabla 1
Clases de compuestos.

CATEGORÍA DEL COMPUESTO	DEFINICIÓN	DIAGRAMA	EJEMPLO
Reforzado con fibras	Compuestos en el que algún material se forman de la matriz externa y transfiere cualquier carga aplicada a las fibras más fuertes y débiles		Compuestos epóxicas Kevlar
De partículas	Compuestos que contienen grandes números de partículas gruesas para reforzar la matriz		Concreto
Laminares	Compuestos que se hacen al alternar juntas con un adhesivo capas de distintos materiales		Madera contrachapada
Híbridos	Compuestos hechos de otros materiales compuestos		Concreto reforzado con barras de refuerzo

Nota: De acuerdo al autor (Newell, 2011, pág. 227) en la tabla 1 se aprecia algunos ejemplos de clases de compuestos.

Los compuestos reforzados con fibras consisten de dos fases: la fibra y la matriz. En la mayoría de los casos, fibras fuertes y rígidas pero frágiles son puestas en una matriz tenaz pero más dúctil, resultando en un material con excelente proporción de resistencia-peso, rigidez y resistencia a la fatiga. El rol de la fibra es soportar cargas relevantes de tracción en la dirección longitudinal. Las fibras comunes utilizadas para el reforzamiento incluyen carbono, vidrio, polímeros de alto desempeño, poliéster, acero, titanio y tungsteno (Newell, 2011, pág. 227).

El uso de compuestos reforzados con fibras data desde la antigüedad, cuando los ladrillos se hacían de mezclas de arcilla (la matriz) y paja (la fibra). Los compuestos reforzados con fibras de carbono encuentran su uso en las aplicaciones militares y aeroespaciales, así como

en modernos veleros, autos de carrera, bicicletas de rendimiento y equipos de golf y tenis (Newell, 2011, pág. 228).

Materiales híbridos

Algunos autores definen el término “material híbrido” como aquel que utiliza más de un tipo de material de refuerzo. Los materiales compuestos híbridos pueden formarse utilizando varios tipos fibras sintéticas o una combinación entre fibras sintéticas y fibras naturales; un material híbrido es la combinación de dos o más materiales ensamblados con una configuración y escala predeterminada, de tal forma que se generen propiedades o atributos que no son ofrecidos por ninguno de los componentes por si solos (Paredes, 2012, pág. 61).

Propiedades de los compuestos reforzados con fibras

Debido a que las fibras funcionan como el material de carga en el compuesto, se seleccionan preferentemente fibras fuertes, pero la relación entre la resistencia de la fibra y la resistencia del compuesto no es simple. La matriz debe ser capaz de transferir la carga mecánica a la fibra a través del enlace covalente entre la fibra y la matriz. Muchos factores (incluyendo el tamaño y la orientación de la fibra, la química de superficie de la fibra, la cantidad de cavidades presentes y el grado de curado) influyen en estos enlaces. Sin embargo, el grado y la calidad del enlace entre la fibra y la matriz es el factor más relevante en la resistencia del compuesto (Newell, 2011, pág. 228).

La orientación de las fibras también juega un rol importante en las propiedades de las fibras. Como se muestra en la figura 6, los compuestos se pueden hacer con fibras uniaxiales, fibras picadas orientadas aleatoriamente, o con complejas esteras tejidas bidimensionales o tridimensionales (Newell, 2011, págs. 232-233).

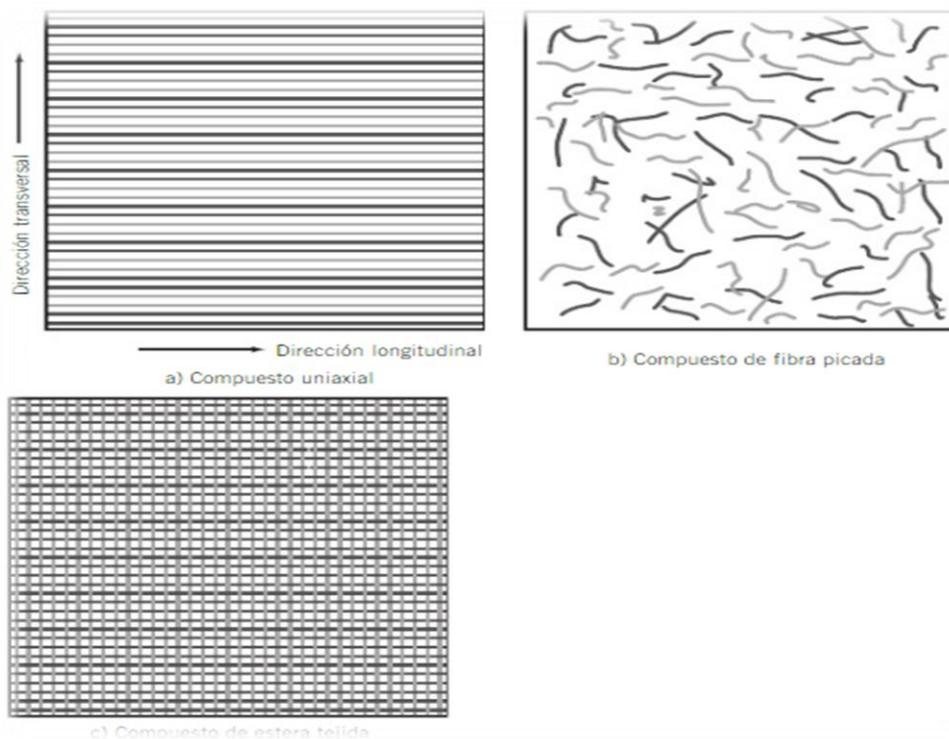


Figura 6. Alineaciones de las fibras.

Fuente: (Newell, 2011, pág. 233)

Las fibras uniaxiales hacen que el compuesto tenga significativamente más capacidad de reforzamiento en la dirección longitudinal que en la transversal debido a la alineación casi perfecta de las fibras. Las fibras picadas orientadas aleatoriamente son isotrópicas, proporcionando fundamentalmente las mismas propiedades en todas las direcciones. Debido a que las fibras son más pequeñas y sólo una pequeña fracción se alinea a cualquier dirección de carga aplicada, las capacidades de reforzamiento máximas son menores que en los compuestos uniaxiales. Sin embargo, los compuestos de fibra picada se producen más fácil y de forma menos cara. Cuando se requieren fuerzas más altas y capacidad para soportar cargas en múltiples direcciones se utilizan tejidos bidimensionales y tridimensionales. Con los tejidos, las fibras se pueden alinear en múltiples direcciones, y las cargas aplicadas siempre serán perpendiculares a alguna fracción de las fibras. Sin embargo, mientras más complicado es el patrón de tejido, más complicado y caro el proceso de fabricación (Newell, 2011, págs. 232-233).

Situación de las fibras naturales en el Ecuador

En el Ecuador, la utilización de fibras naturales se ha limitado en su mayor parte a la extracción y uso artesanal. Sin embargo, existen diversos proyectos de investigación en el campo de los materiales, los cuales se centran en el desarrollo y estudio de aplicaciones de materiales compuestos reforzados con dichas fibras. Para esto, es necesario recordar que Ecuador posee cerca de 25 mil especies de plantas vasculares, lo que lo convierte en la nación con el mayor número de plantas (o unidad vegetal) por unidad de área en América Latina. Entre las plantas más utilizadas para la extracción de fibra están 25 especies. Se trata de fibras extraídas de plantas como la cabuya, totora, abacá, coco, palmas, paja toquilla, algodón, lufa, seda, bambú, bejucos, balsa, matapalo, caucho, anona, batea, achiote, majagua, higuerón, ortiga, mimbre y bejuco real. Es así que el uso de refuerzos vegetales en materiales compuestos es prometedor en nuestro país. De esta forma, el principal objetivo de la investigación en este campo, es darle un valor agregado a los recursos naturales y no limitarse a la producción de bienes artesanales y exportación de fibras, además de generar nuevas alternativas de materiales con mejores características y que sean amigables con el ambiente (Guerrero V. , 2011, pág. 221).

Cabuya

Esta fibra es extraída de la hoja de la cabuya (*Furcraea Andina*), la misma que es una planta que crece en forma silvestre o cultivada en los valles y laderas de los Andes y pertenece a la familia de las agaváceas. La cabuya es ampliamente distribuida en la sierra del Ecuador, esta se cultiva en los valles y en las estribaciones de la cordillera para la obtención de su fibra. Se trata de una planta arrosetada que alcanza hasta 1,5 metros de altura en su parte vegetativa y si se incluye la estructura reproductora, puede alcanzar hasta los 15 metros (Guerrero V. , 2011, pág. 235) Ver figura 7.



Figura 7. Planta de cabuya.

Fuente: Autor

Tomando en cuenta que la resistencia a la tracción de la resina poliéster oscila entre 40 y 90 MPa, la fibra de cabuya constituye una buena opción para la elaboración de materiales compuestos. Además, en nuestro país se encuentran disponibles diferentes tipos de fibras y tejidos elaborados con fibra de cabuya, los cuales son utilizados principalmente en aplicaciones artesanales y podrían usarse en la elaboración de materiales compuestos. Básicamente existen dos tipos de hilos de cabuya, el hilo fino y el hilo grueso. Los diámetros aproximados de estos hilos son 0,9 mm y 1,5 mm. Por esta razón, y debido a la caracterización mecánica que requieren las probetas de un material compuesto, en el proyecto PIC-08-493 se trabajó con fibra fina de cabuya, ya que el hilo grueso dificulta el procesamiento del material dentro de los moldes. Asimismo, existen diferentes tipos de tejidos de fibra de cabuya, los más utilizados son conocidos con los nombres de tejido grueso, normal y fino, tal y como se muestra en la figura 8 (Guerrero V. , 2011, pág. 236).

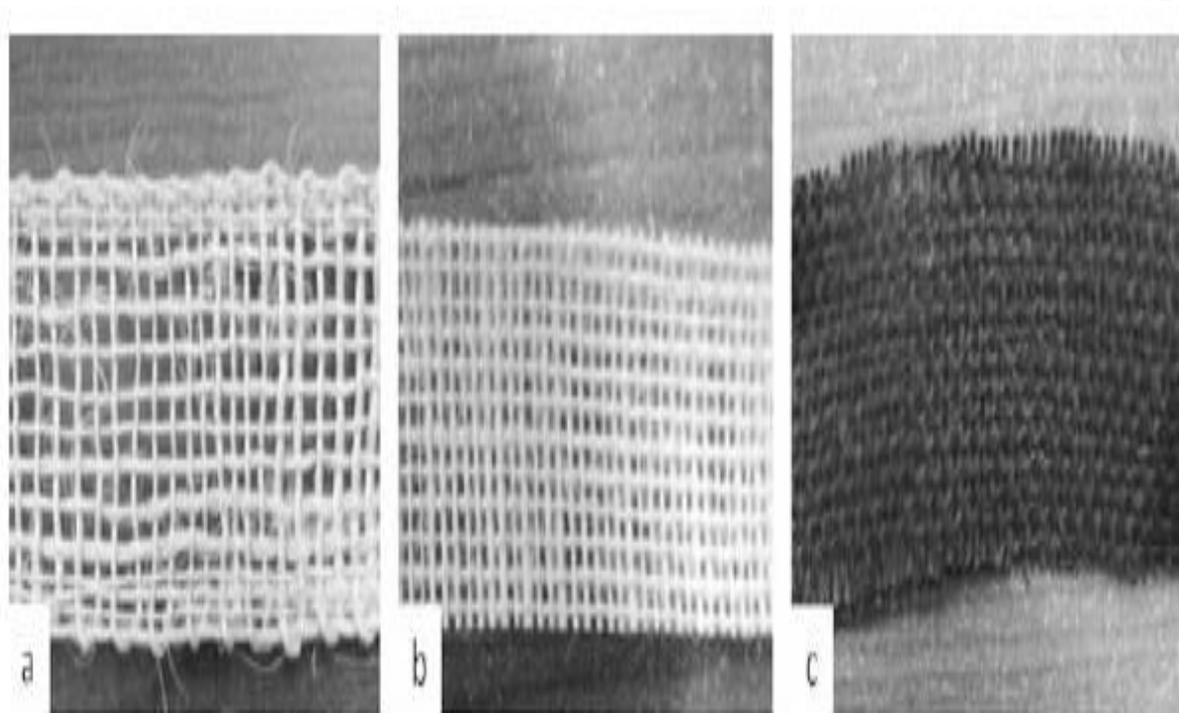


Figura 8. Tipos de tejido de cabuya a) Grueso; b) Normal; c) Fino.

Fuente: (Guerrero V. , 2011, pág. 236)

Refuerzo de fibra de cabuya

Se puede apreciar que existe un aumento en el esfuerzo máximo a tracción en las configuraciones de mayor fracción volumétrica de refuerzo y una disminución en las de menor fracción volumétrica. En cuanto al módulo elástico existió un incremento considerable respecto al módulo de la matriz de resina poliéster, para todos los compuestos siendo los de mayor fracción volumétrica los que muestran un mayor aumento ver figura 9.

Es importante indicar que los materiales compuestos elaborados con tejido mostraron incrementos mayores en el módulo de elasticidad que los materiales compuestos fabricados con fibra continua longitudinal. Estos resultados se complementan con los de elongación a la ruptura, puesto que en este caso el aumento en la rigidez del material se tradujo en la disminución de su capacidad de elongarse (Guerrero, Pontón, Tamayo, Villacís, Delgado y Galeas, 2011, pág. 3).

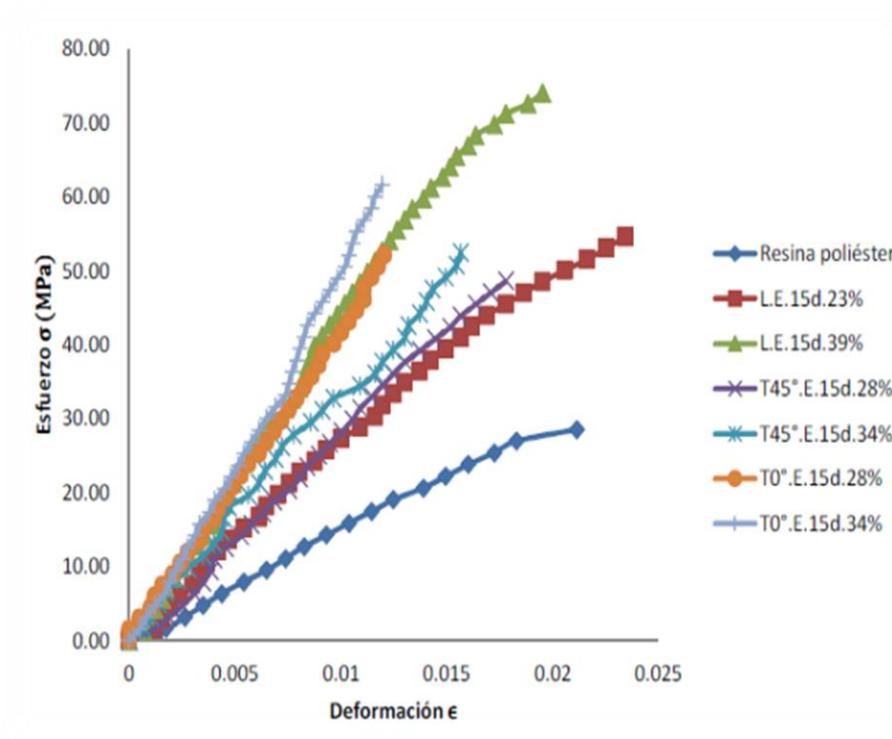


Figura 9. Gráfico esfuerzo vs deformación de la fibra de cabuya.

Fuente: (Guerrero, Pontón , Tamayo , Villacis, Delgado , & Galeas, 2011, pág. 3)

En la tabla 2 se observa la fracción volumétrica de refuerzo tanto de la fibra cabuya como fibra de abacá

Tabla 2
Configuración de la fibra.

Refuerzos	Configuración de la fibra	Fracción volumétrica de refuerzo
	Fibra continua longitudinalmente orientada	0.23
		0.39
	Tejido orientado a 45°	0.28
		0.34
	Tejido orientado a 0°	0.28
		0.34
	Tejido alterado orientación 0 y 45° (temperatura ambiente 15 días)	0.34

Cabuya	Tejido alterado orientación 0 y 45° (40°C y 16 horas)	0.34
	Tejido alterado orientación 0 y 45° (40°C y 24 horas)	0.34
	Tejido orientado a 0°(sin estireno)	0.34
	Tejido alterado orientación 0 y 45° (sin estireno, curado a temperatura ambiente 15 días)	0.34
	Tejido alterado orientación 0 y 45° (sin estireno, curado a 40°C y 24 horas)	0.34

Nota: De acuerdo a la fuente extraída de los autores (Guerrero, Pontón , Tamayo , Villacis, Delgado , & Galeas, 2011, pág. 3) en la tabla 2 se aprecia la configuración de la fibra de cabuya.

La cabuya posee buena resistencia mecánica, son livianas por lo que son muy utilizadas para la aplicación en distintas industrias por lo que ahorra energía por ser livianas y resistentes a la tracción. La cabuya está dentro de la familia de las fibras duras por lo que se utiliza en general en cordelería, sogas, tapetes, papel, filtros, colchones, tapicería y para refuerzo en materiales compuestos con matriz plástica como en partes, autopartes de automóviles (Macía M. , 2006).

En la tabla 3 se muestran las propiedades mecánicas de la cabuya.

Tabla 3

Propiedades mecánicas de la Cabuya.

Fibra	Densidad (g/cm³)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Elongación a la fractura (%)	Resistencia al corte (Mpa)
Cabuya	1.3	305.15	7.5	4.96	112

Nota: En la tabla 3 se presenta las propiedades mecánicas de la cabuya de la fuente extraída de los autores (Contreras & Hormaza, 2009).

Fibras de vidrio

Las fibras de vidrio se usan como refuerzo de matrices de plástico para formar compuestos estructurales y compuestos de moldeo. Los materiales compuestos de plástico con fibra de vidrio tienen las siguientes características favorables: alta relación entre resistencia y peso; buena estabilidad dimensional; buena resistencia al calor, el frío, la humedad y a la corrosión; buenas propiedades de aislamiento eléctrico; facilidad de fabricación y costo relativamente bajo. Los dos tipos más importantes de vidrio que se utilizan en la producción de fibra de vidrio para compuestos son los vidrios E (eléctricos) y S (alta resistencia) (Smith y Javad, 2004, pág. 651).

En la tabla 4 se observa las propiedades mecánicas de los hilos utilizados como fibras de refuerzo.

Tabla 4*Propiedades Mecánicas de los Hilos.*

Propiedad	Vidrio (E)	Carbono (HT)	Aramida (Kevlar 49)
Resistencia a la tensión (Mpa)	3100	3450	3600
Módulo de tensión (GPa)	76	228	131
Elongación en el punto de ruptura (%)	4.5	1.6	2.8
Densidad (g/cm ³)	2.54	1.8	1.44

Fuente: De acuerdo a los autores (Smith & Javad, 2004, págs. 653-654) en la tabla 4 se presenta las propiedades mecánicas de los hilos de vidrio, carbono y arámida.

El vidrio E es el que se usa más comúnmente en fibras continuas. En esencia, el vidrio E está hecho de cal, aluminio y borosilicato con niveles de sodio y potasio nulos o bajos. La composición básica del vidrio E fluctúa entre 52 y 56% SiO₂, 12 a 16% Al₂O₃, 16 a 25% CaO y de 8 a 13% B₂O₃. El vidrio E tiene una resistencia a la tensión de (3.44 GPa),

aproximadamente, en estado virgen y un módulo de elasticidad de (72,3 GPa) (Smith y Javad, 2004, pág. 651).

El vidrio S tiene una relación entre resistencia y peso más alta y es más caro que el vidrio E; se usa sobre todo en aplicaciones militares y aeroespaciales. La resistencia a la tensión del vidrio S es superior a 4,48 GPa y su módulo de elasticidad es de 85,4 GPa, aproximadamente. Una composición típica del vidrio S es de cerca de 65% SiO₂, 25% Al₂O₃ y 10% MgO.) (Smith y Javad, 2004, pág. 651).

Selección de materiales matriz

La mayoría de los compuestos de fibra reforzada utilizan materiales poliméricos como la fase matriz, aunque algunas aplicaciones se benefician del uso de metales o cerámicos. Cuando las propiedades mecánicas de la matriz no son crucial es para la aplicación, las resinas de poliéster proporcionan la opción más económica. Ver figura 10. La mayoría de los compuestos reforzados con fibras utiliza una resina de poliéster ortoftálica que mezcla los monómeros de poliéster con el estireno para reducir la viscosidad (Newell, 2011, pág. 236).



Figura 10. Resinas.

Fuente: Autor.

Resina poliéster

Son las resinas más utilizadas a escala mundial, ocupa un sitio destacado con más del 90% del volumen de consumo entre las matrices termoestables y, dadas sus características son las más utilizadas en la construcción de embarcaciones en serie. (Besednjak A. , 2005, pág. 27)

Una resina de poliéster isoftálica proporciona una mayor resistencia al agua y se elige cuando el compuesto estará expuesto a ambientes acuáticos, como el casco de un bote.

Cuando se va a usar resina, un catalizador se añade al líquido pálido y viscoso para iniciar la polimerización. Una reticulación, llamada curado, se lleva a cabo para solidificar la resina de poliéster (Newell, 2011, págs. 236-237). Ver figura 11.



Figura 11. Resina poliéster.

Fuente: http://www.poliformas.mx/mercado_automotriz.php

Proceso de curado de la resina

Es el proceso por el cual la resina se transforma de un estado líquido a un estado sólido, para que este cambio de estados se produzca, es necesario adicionarle a la resina diferentes sustancias, como el catalizador y el acelerador (activador). Desde el instante en el cual se produce la mezcla de los mismos, podemos decir que el proceso de endurecimiento ha comenzado ver figura 12 (Besednjak A. , 2005, págs. 24-25).

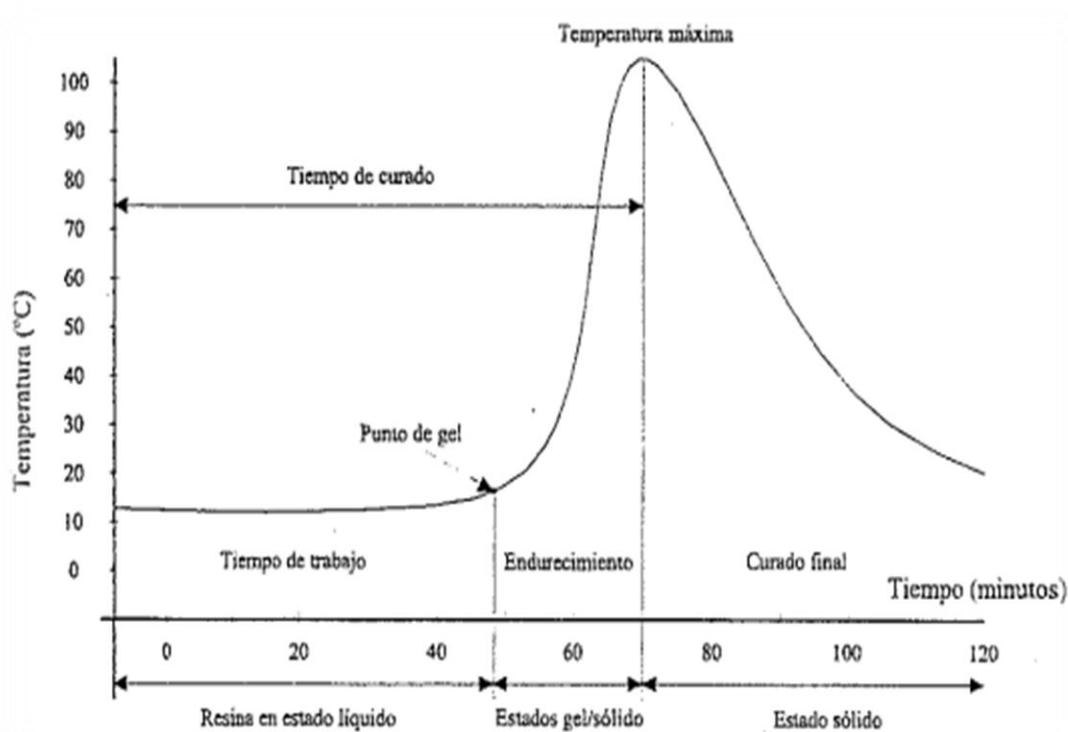


Figura 12. Curva de curado de la resina.

Fuente: (Besednjak A. , 2005, pág. 25)

En el gráfico 12 se puede observar que no existe un incremento notable de la temperatura de la mezcla, aunque la misma comienza a aumentar la viscosidad, hasta el punto en que se transforma en un gel que imposibilita seguir impregnado los refuerzos; este punto se conoce como punto gel y determina los límites del tiempo de trabajo de la resina. En general es el punto que indican los fabricantes en sus especificaciones, para unas condiciones determinadas, dependiendo de algunas variables como el porcentaje de catalizador, la temperatura ambiente y el espesor de laminado (Besednjak A. , 2005, pág. 25).

Factores que intervienen en el curado:

- Tipo de resina
- Temperatura de ambiente de trabajo (17 a 22°C)
- Cantidad de catalizador y acelerador
- Espesor de laminado
- Procesos de curado o postcurado

El curado también puede realizarse a temperatura ambiente tal como se indica en la figura 13, proceso que se conoce como maduración de laminado, el mismo que tendrá mayor o menor brevedad dependiendo de las propiedades de la resina utilizada en el mismo, una resina poliéster necesita entre 24 a 48 horas a 20° C para alcanzar un grado de curado del 90 %, hecho que permitirá extraer la pieza del molde, es cuando la resina adquiere una buena parte de sus características mecánicas y químicas, sin embargo el curado total al 100 % se producirá a lo largo de varias semanas o meses (Besednjak A. , 2005, págs. 25-26).

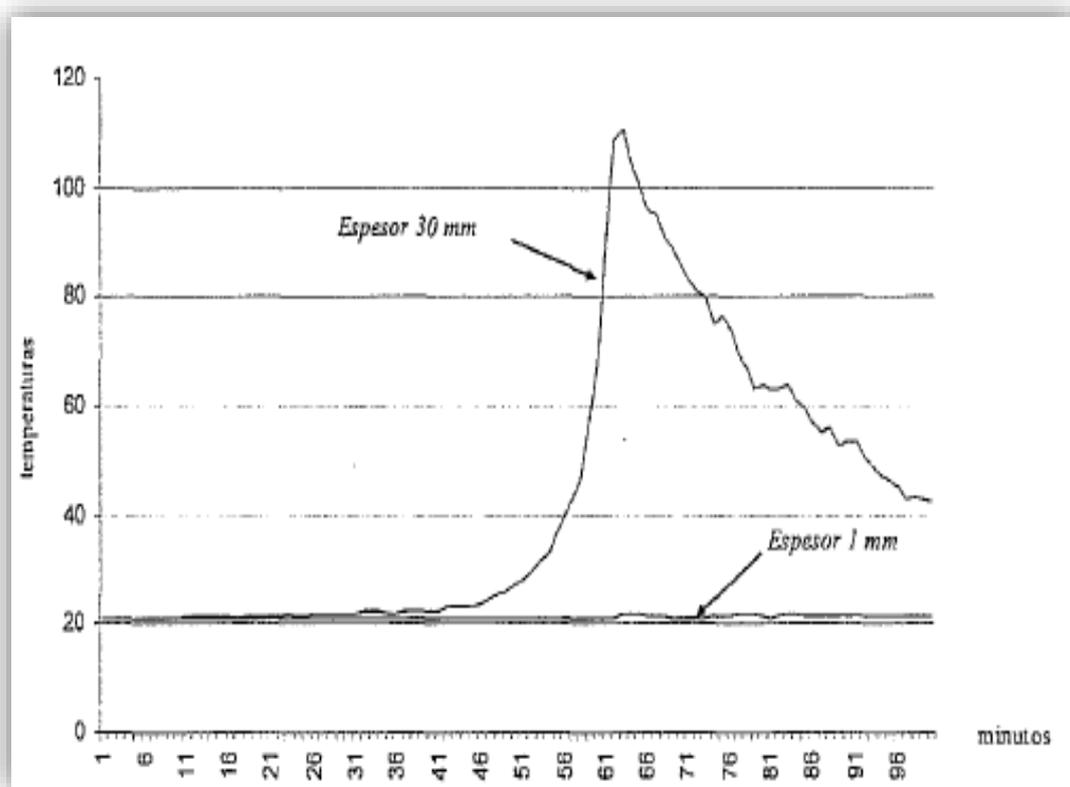


Figura 13. Curva exotérmica en función del laminado manual.

Fuente: (Besednjak A. , 2005, pág. 25)

Resinas epóxicas

Las resinas epóxicas son mucho más caras pero proporcionan propiedades mecánicas mejoradas y resistencia ambiental excepcional. La mayoría de los compuestos utilizados en la industria de aeronaves se hacen con resinas epóxicas debido a sus propiedades superiores. Las resinas epóxicas tienen un color ámbar característico y por lo general pueden curarse a temperaturas ambiente con la adición de un endurecedor, aunque el proceso puede

acelerarse al calentarlo. Los endurecedores difieren de los catalizadores en que los endurecedores se incorporan en el polímero resultante a través de un polímero de adición. La mayoría de los endurecedores contienen grupos amino (Newell, 2011, pág. 237). Ver figura 14.



Figura 14. Resinas epóxicas.

Fuente: Autor

Algunas propiedades de las resinas de poliéster y de las epóxicas rígidas fundidas sin relleno se mencionan en la tabla 5. Las resinas de poliéster cuestan menos, pero de ordinario no son tan resistentes como las resinas epóxicas. El poliéster no saturado se usa ampliamente en matrices de plásticos reforzados con fibras. Entre las aplicaciones de esos materiales se encuentran los cascos de las lanchas, paneles de construcción y paneles estructurales para automóviles, aviones y aparatos electrodomésticos. Las resinas epóxicas cuestan más pero tienen ventajas especiales, como son las buenas propiedades de resistencia y menor contracción que las resinas de poliéster después de ser curadas. Las resinas epóxicas se usan de ordinario como materiales aglutinantes para compuestos con fibras de carbono y de aramida (Smith y Javad, 2004, pág. 657-658).

Tabla 5.

Propiedades mecánicas de la resina poliéster y epóxica.

Propiedad	Poliéster	Epóxicas
Resistencia a la tensión (Mpa)	40-90	55-130
Módulo de elasticidad bajo tensión (GPa)	2-4.4	2.8-4.2
Esfuerzo de fluencia a la flexión (Mpa)	60-160	125
Resistencia al impacto (prueba de Izod de resistencia) pie*lb/pulg	10.6-21.2	5.3-53
Densidad (g/cm ³)	1.10-1.46	1.2-1.3

Nota: En la tabla 5 de acuerdo a los autores (Smith & Javad, 2004, págs. 657-658) se observa la propiedades mecánicas de la resina poliéster y epóxica.

Resinas de poliéster reforzadas con fibra de vidrio

La resistencia de los plásticos reforzados con fibra de vidrio depende sobre todo del contenido de vidrio del material y del arreglo de las fibras de vidrio. En general, mientras más alto es el porcentaje en peso de vidrio en el compuesto, tanto más resistente es el plástico reforzado. Cuando hay hilos de vidrio en dirección paralela, como puede ocurrir en el caso del embobinado de los filamentos, el contenido de fibra de vidrio puede ser hasta de 80% en peso, lo cual conduce a valores de resistencia muy altos para el material compuesto. La figura 15 es la microfotografía de la sección transversal de un material compuesto de resina poliéster y fibra de vidrio con fibras unidireccionales (Smith y Javad, 2004, pág. 658-659).

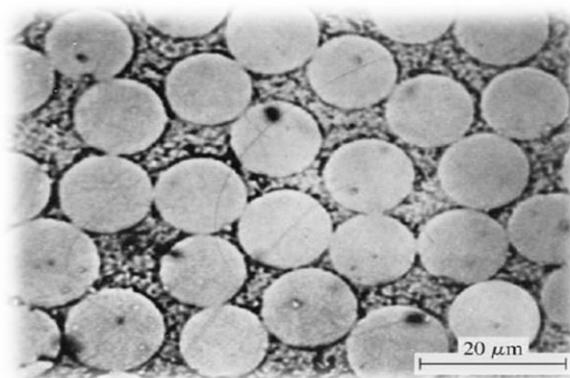


Figura 15. Microfotografía de la fibra de vidrio y la resina poliéster.

Fuente: (Smith & Javad, 2004, págs. 657-658).

Cualquier desviación de la alineación paralela de los hilos de vidrio reduce la resistencia mecánica del compuesto de fibra de vidrio. Por ejemplo, los compuestos hechos con telas de fibra de vidrio tejidas tienen menor resistencia a causa de su enlace, que si todas las hebras de vidrio fueran paralelas como lo indica la tabla 6. Si el roving es triturado, con lo cual se produce un arreglo aleatorio de las fibras de vidrio, la resistencia es más baja en una dirección específica, pero es igual en todas las demás direcciones (Smith y Javad, 2004, pág. 658-659).

Tabla 6.

Propiedades mecánicas de los compuestos poliéster de fibra de vidrio.

Propiedad Mecánica	Tela tejida	Roving triturado	Compuesto de moldeo de lámina
Resistencia a la tensión (Mpa)	206-344	103-206	55-138
Módulo de tensión elástica (GPa)	103-310	55-138	
Resistencia al impacto (prueba de Izod de resistencia) pie*lb/pulg	276-1600	107-1070	374-1175
Densidad (g/cm ³)	1.5-2.1	1.35-230	1.65-2

Nota: De acuerdo a (Smith & Javad, 2004, págs. 658-659) en la tabla 6 se presenta las propiedades mecánicas de la fibra de vidrio.

Aceleradores (octoato de cobalto)

Son productos que tal cual lo indica su nombre, tienen la propiedad de acelerar el tiempo de solidificación de la resina y su endurecedor. Se tiene en cuenta, que la mezcla de resina con catalizador, por sí sola no endurece en forma aceptable, ni en tiempos previsibles, ni siquiera con seguridades en cuanto a su aspecto final. A la resina antes de ser mezclada con su catalizador, debemos agregarle un tercer elemento llamado acelerante o acelerador (Rojas, 2013, pág. 35). Ver figura 16.



Figura 16. Catalización de la resina.

Fuente: (Rojas, 2013, pág. 35)

Peróxido Endurecedor

Es un producto que, mezclado según proporciones determinadas, permite solidificar a la resina de poliéster. Se lo conoce e identifica como “agente endurecedor” aunque su denominación exacta es catalizador. Podremos encontrar dos tipos de agentes endurecedores. Uno de ellos líquidos y otro de ellos en pasta. R.H.D.S. (1985: 80) el líquido se conoce como Peróxido Endurecedor de MEKP (Metil-Etil-Cetona). Y el otro, bajo forma de pasta, se identifica como Peróxido de Benzoilo o simplemente Benzoilo en pasta. La proporción de endurecedor (catalizador que se agrega a la resina poliéster oscila entre el 1% y el 4%, según sean los trabajos y el tiempo que estimemos correcto (Rojas, 2013, pág. 38).

Manufactura

La palabra manufactura se deriva de las palabras latinas manus (manos) y factus (hacer); esta combinación de términos significa hacer con las manos. La manufactura como campo de estudio en el contexto moderno, puede definirse de dos maneras: tecnología y economía. Tecnológicamente es la aplicación de procesos químicos y físicos que alteran la geometría, las

propiedades, o el aspecto de un determinado material para elaborar partes o productos terminados (UMSS, 2017). Ver figura 17.

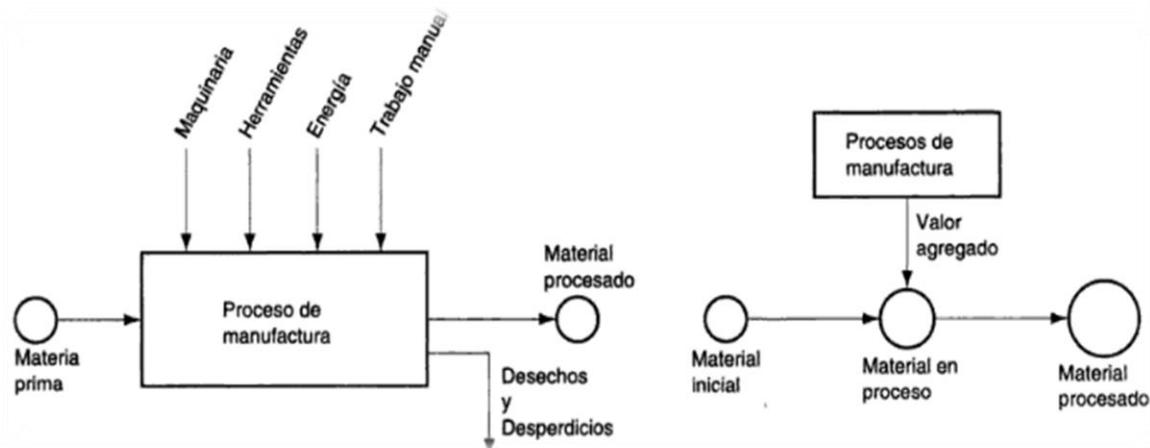


Figura 17. Procesos de manufactura.

Fuente: (Groover, 1997, pág. 3)

Los materiales en la manufactura

La mayoría de los materiales de ingeniería pueden clasificarse en una de las tres categorías básicas; 1) metales, 2) productos cerámicos, 3) polímeros; tanto sus características químicas como sus propiedades físicas y mecánicas son diferentes; estas diferencias afectan los procesos de manufactura que se usan para transformarlos en productos finales además de estas tres categorías básicas existe otra 4) materiales compuestos, los cuales son la mezcla no homogénea de los otros tres tipos básicos de materiales, en lugar de una categoría única. La relación de los cuatro grupos se encuentra en la figura 18 (Groover, 1997, págs. 9-10)



Figura 18. Tipos básicos de materiales y materiales compuestos.

Fuente: (Groover, 1997, pág. 10)

Procesos de manufactura

Los procesos de manufactura pueden dividirse en dos tipos básicos: 1) operaciones de proceso y 2) operaciones de ensamble. Una operación de proceso transforma un material de trabajo de una etapa a otra más avanzada, que lo sitúa cerca del estado final deseado para el producto. Esto le agrega valor al cambiar la geometría, las propiedades o la apariencia del material inicial. Por lo general las operaciones de proceso se ejecutan sobre partes discretas de trabajo, pero en alguna de ellas se aplican también a artículos (Groover, 1997, pág. 12). Ver figura 19.

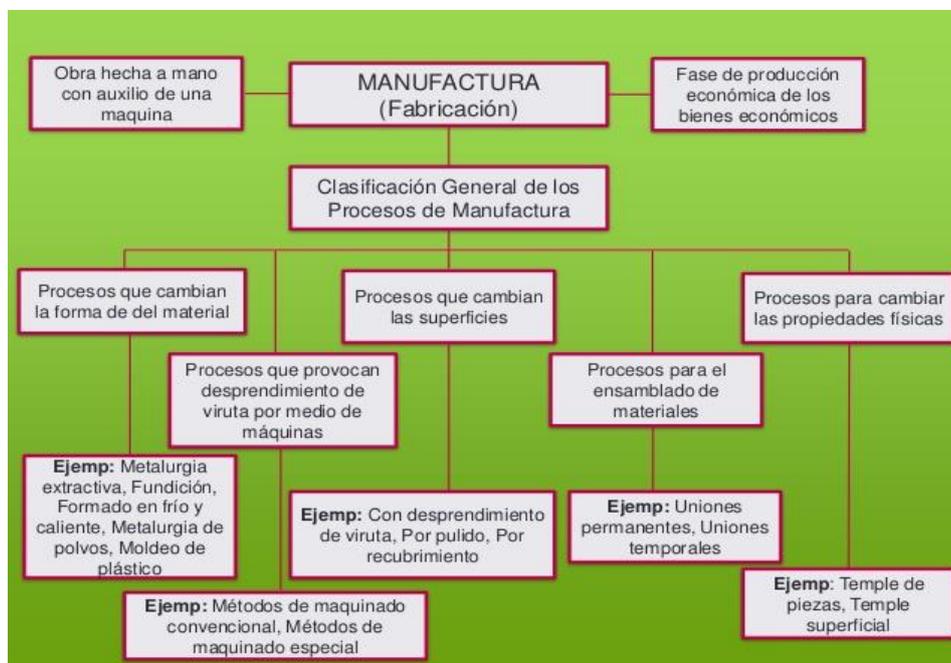


Figura 19. Proceso de manufactura.

Fuente: <https://es.slideshare.net/marisela-carlis/proceso-de-manufactura-marisela-carlis>

Estratificación manual

La estratificación manual, también llamada hand lay-up, es la técnica más simple y antigua para la obtención de materiales compuestos de matriz termoestable, con la ayuda de herramientas manuales tales como rodillos, brochas, espátulas entre otros (Anónimo,2017).

Ver figura 20.



Figura 20. Estratificación manual.

Fuente: <http://www.siliconaparamoldes.net/productos/resinas-poliester/>

Como lo indica García (2009, págs. 208-209) la técnica manual de estratificación a molde abierto o “hand lay up”, en sinopsis se basa en lo siguiente:

- Limpieza del molde o superficie y aplicación de los correspondientes lubricantes o agentes desmoldeantes como ceras o película de alcohol polivinílico en solución.
- Aplicación del Gel coat o de una primera capa de resina reactiva (pigmentada o no).
- Cuando la resina alcance el estado de gelificación y se presente pegajosa al tacto, se aplican capas de fibras adaptándolas correctamente a la forma del molde o del modelo original si deseamos realizar un molde sobre éste. Obligatoriamente serán bien impregnadas de resina mediante brochas o rodillos metálicos, la cohesión entre resina y fibra habrá de ser total.
- Si se desea se puede aplicar en el interior o exterior, una fina película de resina reactiva para sellar. Ver figura 21.



Figura 21. Técnicas de estratificación manual.
Fuente: (Smith & Javad, 2004, págs. 667-668).

Materiales de núcleo

Una estructura sándwich es un estructura constituida por dos pieles de material resistente entre las que se interpone un material ligero y, por lo general, de baja densidad. Este núcleo, si bien aumentara el espesor y en mínima medida el peso de la nueva estructura comparada con una estructura simple, reportara grandes beneficios desde el punto de vista de la rigidez del conjunto (Besednjak A. , 2005, pág. 53).

Estructura sándwich

Las pieles exteriores son los elementos resistentes, generalmente realizadas con materiales de mejores propiedades que el resto; el núcleo de material ligero, cuyas funciones principales son mantener separadas las pieles exteriores, transmitir los esfuerzos cortantes de una cara a la opuesta; y por último la interface, que tiene como función principal mantener unido todo el conjunto (Besednjak A. , 2005, pág. 53) . Ver figura 22.

Una estructura sándwich está formada por 3 elementos importantes:

1. Pieles exteriores
2. El núcleo de sándwich
3. Interface de unión entre el núcleo y las pieles (generalmente un adhesivo)

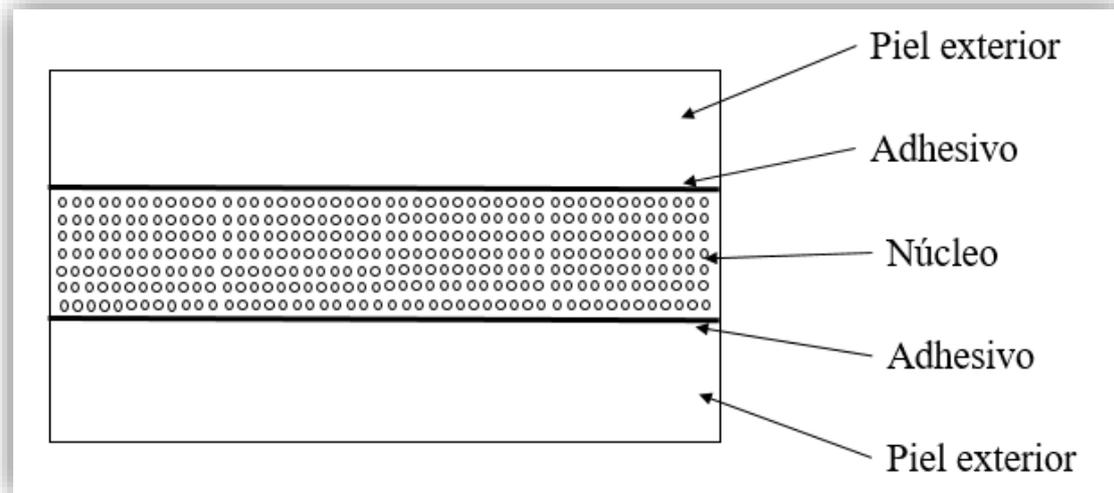


Figura 22. Estructura sándwich del material compuesto.

Fuente: (Besednjak A. , 2005, pág. 53)

Si un panel sándwich es sometido a flexión, las pieles exteriores experimentarían esfuerzos diferentes. Por ejemplo en la figura 23, la piel superior está sometida a tracción, y la inferior estará sometida a compresión, por lo cual en núcleo debe mantener la distancia relativa entre las pieles y la distancia entre las pieles y la línea neutra. Debe el núcleo, por lo tanto, ser suficientemente resistente para poder soportar los esfuerzos de corte que se producen y evitar que se produzca un desplazamiento de las pieles en el sentido longitudinal. Por lo cual las pieles deberán ser capaces de resistir el esfuerzo de flexión al cual están sometidas a través de los correspondientes esfuerzos de tracción y compresión (Besednjak A. , 2005, págs. 53-54).

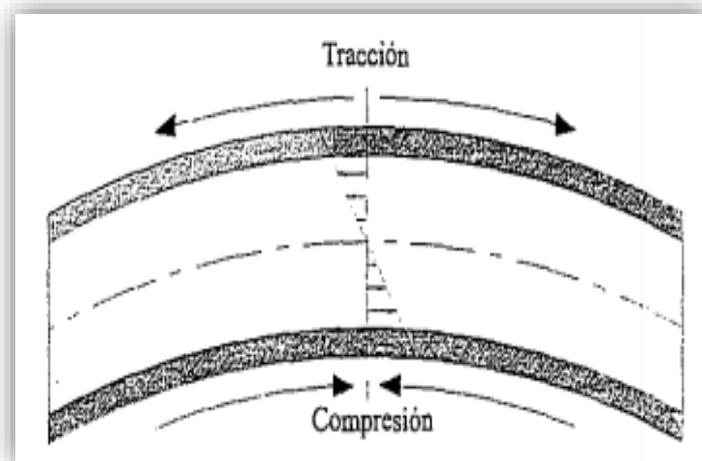


Figura 23. Panel sándwich sometido a flexión.

Fuente: (Besednjak A. , 2005, pág. 54)

Refuerzos

La totalidad de los tejidos ensamblados y fieltro pueden ser aplicados mediante la técnica de laminado manual en la figura 24. No obstante, existen una serie de recomendaciones acerca de la secuencias de laminado para mejorar la calidad de la pieza (Besednjak A. , 2005, pág. 72).

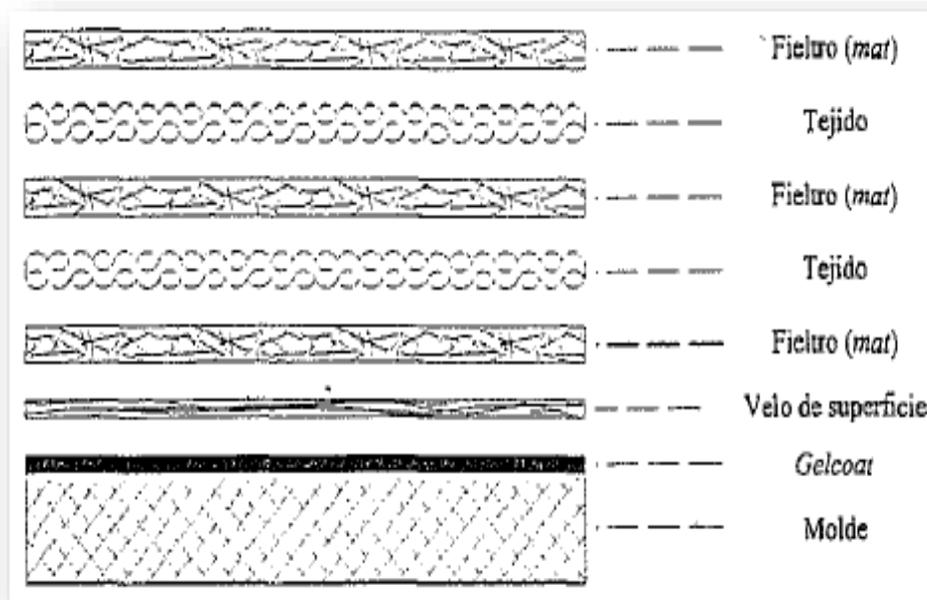


Figura 24. Secuencia de laminado.
Fuente: (Besednjak A. , 2005, pág. 72)

Siempre que sea posible la primera capa o piel de contacto con el gelcoat o el molde deberá ser un velo de superficie, su presencia permitirá mejorar el aspecto superficial de la pieza, evitara problemas de marcado de la misma. Cuando los espesores de la pieza sean grandes es recomendable realizar el estratificado por partes para evitar calentamientos en el mismo producto de la reacción exotérmica de la matriz (Besednjak A. , 2005, pág. 72).

Si debido al tamaño de la pieza los tejidos no pueden ser colocados enteros, se procederá a realizar juntas debidamente solapadas. El ancho de solape mínimo de la figura 25 dependerá del material de refuerzo y de la matriz utiliza (Besednjak A. , 2005, pág. 73).

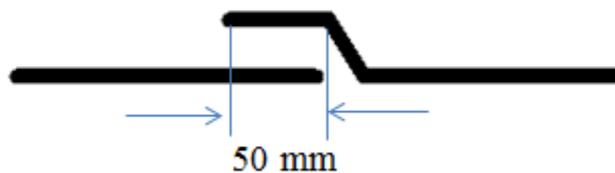


Figura 25. Solape mínimo recomendado.

Fuente: (Besednjak A. , 2005, pág. 73)

Moldes para la fabricación de piezas

Los moldes están hechos de acero, acero inoxidable, aluminio fibra de vidrio entre otros materiales, estos ayudan para producir a gran escala componentes con superficies lisas. Ese es el caso de la industria automotriz, en la que se están produciendo piezas de polipropileno reforzado con fibra natural. Además, esta técnica permite la fabricación de compuestos híbridos tipo sandwich, de bajo peso y de gran resistencia a la flexión (Paredes, 2012, pág. 79).

Moldeo por contacto (laminado manual)

La técnica de moldeo por contacto es aquella en la cuales la mano del hombre juega un papel muy importante en la constitución del material compuesto. Las técnicas de laminado por contacto aprovechan las ventajas de sistemas de matrices poliéster en su procedimiento de curado; que no necesitan la aportación de calor externo para su completa polimerización ni de alta presión de moldeo para su estratificación (Besednjak A. , 2005, pág. 69).

El proceso de laminado manual consiste en la aplicación de sucesivas capas de material de refuerzo sobre un molde, para impregnarlas gradualmente con resina mediante la acción de un rodillo o brocha (Besednjak A. , 2005, pág. 69).

- La acción de pasar el rodillo sobre la superficie tiene dos razones fundamentales:
- Ayuda a la impregnación del refuerzo
- Evita que se produzcan burbujas de aire atrapadas entre las sucesivas capas del estratificado manual.

La presión de compactación del laminado tiene valores que varían entre 0 y 0.1 Kg/m².

Dicha presión ocurre cuando se aplica la acción del rodillo y presenta variaciones en diversos aspectos como geometría de la pieza, posición de laminado, viscosidad de la resina (Besednjak A. , 2005, pág. 70) . Ver figura 26.



Figura 26. Moldeo por contacto.
Fuente: Autor

Herramientas para el moldeo por contacto

Son aquellas que permiten impregnar el material de refuerzo con la matriz, compactar las capas de material, eliminar las burbujas de aire atrapadas dentro del laminado. Entre los más importantes se tiene: los rodillos de laminación son ideales para extender la matriz polimérica en grandes superficies con mayor agilidad, permitiendo una distribución más uniforme de la misma para dicha tarea se utiliza el rodillo de lana. Los rodillos metálicos de consolidación su función es ayudar a la extracción del aire atrapado entre las capas de material. Las brochas para laminados son permiten expandir la resina en la superficie del molde y entre las capas de refuerzo (Besednjak A. , 2005, pág. 71). Ver figura 27.



Figura 27. Herramientas utilizadas para el moldeo por contacto.
Fuente: Autor

Moldeo por compresión

Este proceso también es conocido como el de estampado de placas metálicas; esta técnica de moldeo es utilizado tanto para materiales termoplásticos como para termoestables y consiste en intercalar láminas de matriz y refuerzo en forma de preimpregnados en un molde que es posteriormente prensado ver en figura 28. En los materiales termoestables, las láminas son pre mezclas de matriz refuerzo debidamente formuladas y la consolidación puede o no requerir de la aplicación de calor, dependiendo de la resina utilizada. El contenido máximo de fibra que se puede alcanzar es de 30 %. El proceso para las matrices termoestables consiste en cortar las láminas de preimpregnados en la forma deseada y colocarlas en la mitad inferior del molde (hembra) (Paredes, 2012, pág. 78).



Figura 28. Moldeo por compresión.
Fuente: (Guerrero V. , 2011, pág. 110)

Método

Tipo de estudio

Para el desarrollo del tema de investigación se aplicó un estudio descriptivo, mediante el cual detalla el proceso de manufactura como la estratificación manual, moldeo por contacto y compresión que se va a emplear, además se efectúa en una parte de este estudio un análisis cuantitativo porque se obtendrán valores numéricos que ayudaran a determinar las propiedades mecánicas del compuesto híbrido caracterizado, y de resina poliéster isoftálica los cuales serán utilizados en la construcción del protector para el cárter.

Modalidad de investigación

Investigativo bibliográfico

Para el desarrollo del tema planteado se requiere el apoyo de fuentes de información tales como tesis, libros, artículos científicos, artículos de páginas web.

Investigativo experimental

En la investigación experimental se fundamenta el proceso de distribución homogénea de resina isoftálica previamente tratada (curado de resina), y del material híbrido caracterizado (fibras de vidrio y cabuya), además del moldeo por contacto que permitirá obtener una óptima impregnación de las capas tipo sándwich, y del moldeo por compresión el cual permitirá la compactación y adherencia total de los elementos (resina poliéster isoftálica + material híbrido caracterizado), para determinar y evaluar las propiedades mecánicas del material se realizará ensayos de desgaste e impacto aplicados al material, y de esta manera se emplearan para la construcción del protector del cárter.

Permite describir las propiedades mecánicas del material híbrido caracterizado, el curado de la resina poliéster, y el proceso de manufactura que va a aplicar para la construcción del protector de cárter.

Investigativo aplicada

Mediante los resultados obtenidos de la investigación de los ensayos de laboratorio de impacto y desgaste permitirá determinar las cualidades del compuesto híbrido caracterizado (fibra de vidrio y cabuya), que se utilizarán para la construcción del protector de cárter de un Chevrolet Sail.

Población

Involucra los materiales para la fabricación como el material híbrido caracterizado (fibra de vidrio y cabuya), la resina poliéster isoftálica materiales que serán utilizados para la fabricación del protector del vehículo Chevrolet Sail.

Muestra

Para el ensayo de impacto se tomaran 24 probetas a las cuales se evaluarán mediante la norma ASTM 5628-10, posteriormente se realizará la evaluación a 5 probetas según la norma ASTM G 65 que corresponde al ensayo de desgaste por abrasión, al utilizar las normas establecidas para cada ensayo permitirá evaluar sus propiedades mecánicas las cuales serán útiles para la obtención del protector del cárter.

Materiales

Para el proceso de manufactura los materiales que se utilizaran son resina poliéster isoftálica, estireno, octoato de cobalto 12 %, meck peróxido, cera desmoldante, masilla lijable, fondo de relleno, bate piedra, material híbrido (caracterizado) conformado por fibra de cabuya y vidrio.

Resina poliéster isoftálica

Este tipo de resina puede estar expuesta por largos períodos de tiempo a temperaturas altas de entre 80 ° C en adelante, de esta manera se obtienen mejores propiedades de resistencia química. Es importante que en este tipo de contacto con productos químicos ésta no se pigmente ni agregue cargas a la resina, ya que puede dañarla y perder algunas de sus

propiedades. La resina isoftálica es fabricada para las aplicaciones de moldeo por contacto, en las cuales se requiere una mayor resistencia en los agentes químicos y una excelente resistencia a la temperatura. En algunos casos, a la resina isoftálica se le puede agregar un 10% de estireno, lo cual logrará que aumente su resistencia química, mejorando la facilidad de trabajo. En el caso que se busque bajar la viscosidad de la resina y aplique un estireno monómero, éste se debe aplicar con la ayuda de un soplete a temperaturas de entre los 70 y los 80 ° C, durante aproximadamente 8 a 12 horas (Quiminet, 2017). Ver figura 29.



Figura 29. Resina poliéster isoftálica.

Fuente: Autor

Monómero de estireno

Es un líquido transparente se utiliza como diluyente para resinas poliéster isoftálica, gel coats este compuesto ayuda a mejorar la resistencia química..

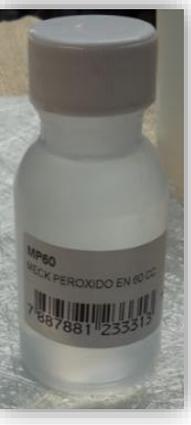
Octoato de cobalto 12 %

Actúa como acelerador en gel coats y resinas, desarrollando un adecuado secado superficial buena formación de la película (Distribuidor, 2015). Ver tabla 7.

Meck peróxido

Es un catalizador para resinas de poliéster insaturado y es generalmente usado para aplicaciones que emplean curado a temperatura ambiente. Es necesario que la resina contenga un promotor o acelerante antes de adicionarle el peróxido. Ampliamente usado en la producción de productos en plástico reforzado con fibra de vidrio como botes, cabinas de automóviles, tejas plásticas, entre otros (Protokimica, 2015). Ver tabla 7.

Tabla 7.
Octoato de cobalto y meck peróxido.

Material	Características:
 <p data-bbox="359 1265 606 1310">Octoato de cobalto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Producto líquido • Lenta volatilidad • Alta reactividad con agentes oxidantes.
 <p data-bbox="359 1881 606 1926">Meck peróxido</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Color violeta o azul violeta. • Alto nivel de acelerabilidad • Color transparente • Alto nivel de secado

Cera desmoldante

La cera desmoldante ha sido diseñada para lograr un máximo y fácil desprendimiento de moldes y artículos fabricados con resina, fibra de vidrio. Así como también en moldes de materiales tales como metal, vidrio, yeso, madera entre otros (Distribuidor, 2015).

Características:

- Aplicación manual fácil.
- Rápido secado.

Bate piedra

Es un recubrimiento formulado con resinas acrílicas especiales cuya función principal es formar una barrera para impedir la acción del agua, impermeabilizando y sellando la parte inferior del chasis de los vehículos, formando una película dura, flexible y resistente que protege contra el golpeo de gravillas y pequeñas piedras (Superior, 2014).

Equipos y Herramientas

Moldes para la construcción de protector de cárter

Para la fabricación del molde y contra molde, se diseñó en el software Siemens NX, tomando en cuenta la configuración y simetría de los elementos que se encuentran en la parte inferior delantera vehículo Chevrolet Sail. Los moldes una vez prototipados con la ayuda de un modelo original de protector de cárter y el software se procedieron a la fabricación, utilizando como material base fibra de vidrio (ver figuras 30, 31, 32).

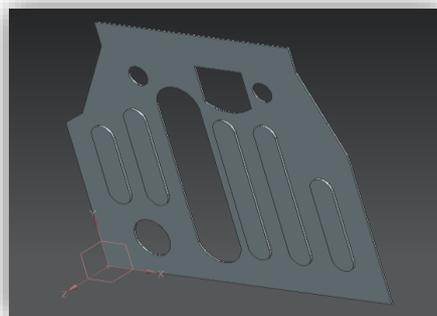


Figura 30. Molde del protector del cárter.
Fuente: Autor

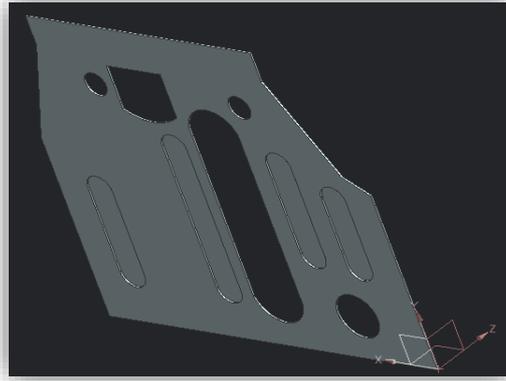


Figura 31. Contra molde del protector del cárter.
Fuente: Autor



Figura 32. Molde matriz.
Fuente: Autor

Moldes para las probetas de ensayo de impacto

Para la obtención de la probetas para el ensayo de impacto se rigió mediante la norma ASTM D5628-10 la cual estipula que las medidas sean de 2 pulgadas x 2 pulgadas (50.8 mm x 50.8 mm) las cuales se representan en la figura 33.



Figura 33. Molde para probetas e impacto norma ASTM D5628-10
Fuente: Autor

Moldes para las probetas para el ensayo de desgaste por abrasión

Para la fabricación de las probetas para el ensayo de desgaste se rigió mediante la norma ASTM G 65 cuyas características son las siguientes: diámetro 15.9 mm y altura 12 mm. Ver figura 34.

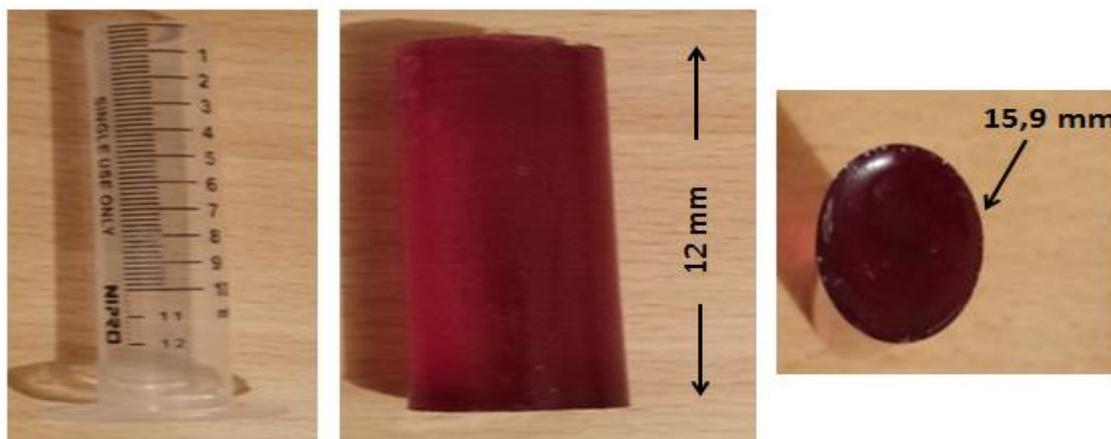


Figura 34. Moldes para probetas de ensayo de desgaste por abrasión mediante norma ASTM G 65.
Fuente: Autor

Vaso de medición

El vaso de medición se realizará la preparación de la resina poliéster isoftálica con el estireno, octoato de cobalto 12 %, meck peróxido teniendo en cuenta la siguiente tabla 8 de formulaciones.

Tabla 8.
Formulaciones de la resina.

Cada 100 cc de resina	Acelerador (octoato de cobalto)	Catalizador MECK	Tiempo de trabajo	Temperatura ambiente
Isoftálica	2 cc	2 cc	20 min	25 ° C
H-197 – Antiácida/Ignífuga	1 cc	2 cc	30 min	25 ° C

Fuente: Delta-Glass

Para la medición del octoato de cobalto y el catalizador MECK se utilizó una jeringuilla de 10 ml, con lo cual hay que tener en cuenta el número de proporcionalidades de cada componente para que el proceso de gelificación como el curado de la resina isoftálica sea eficaz (ver figura 35).



Figura 35. Vaso de medición.
Fuente: Autor

Máquina para ensayo de impacto por caída de dardo

La Izod en la cual una barra es fijada por un extremo como una viga en voladizo vertical y golpeada a una cierta distancia por medio de un dardo, encima de una especificada muesca como indica el figura 36.



Figura 36. Equipo de ensayo de impacto.
Fuente: Autor

Características técnicas de la máquina de impacto:

- Dardo normalizado FB de la norma ASTM D5628-10
- Masa del dardo (117.5 gr)
- Altura de la regla de medición 0 a 1000 mm.

Máquina para ensayo de desgaste por abrasión

En la figura 37, el ensayo para el desgaste abrasivo es el llamado “roll paper”, y se trata de un cilindro con papel de lija en la superficie, con el que conociendo las condiciones y parámetros del ensayo como velocidad (rpm), tipo de abrasivo, se puede conocer el comportamiento posterior del material controlando la masa perdida en la probeta durante el ensayo.

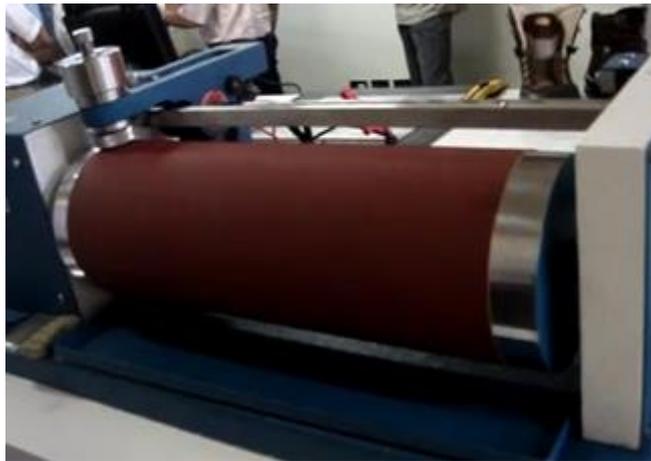


Figura 37. Máquina para ensayo de desgaste por abrasión.
Fuente: Autor

Características técnicas de la máquina de desgaste:

- Revoluciones del rodillo 1500 rpm.
- Fuerza de presión 2.5 N a 20 N.

Precauciones de producción

Antes de comenzar con el proceso de manufactura del protector del cárter para un vehículo Chevrolet Sail, se toma en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El material inflamable que se va a utilizar tiene que estar correctamente almacenado en su respectivo envase de plástico.
- Usar equipo de protección personal (EPP) como: guantes, mascarilla, gafas.
- El espacio de trabajo debe estar limpio.
- Las herramientas como los materiales que se van a emplear deben estar ordenadas.
- Tener un equipo contra incendios (extintor de fuego tipo PQS o CO₂), ya que se va a trabajar con materiales inflamables.
- Seguir las recomendaciones de los fabricantes para la preparación de la resina isoftálica.

Preparación de la resina poliéster isoftálica

Por cada 100 cc de resina se aplicó, un 10 % de etileno que sirve para diluir la resina isoftálica, después se agregara octoato de cobalto en una cantidad de 2 cc, y por último se agrega 2 cc de meck de peróxido.

Hay que tomar cuenta si se mezcla por accidente el octoato de cobalto con el meck de peróxido puede causar una reacción explosiva como. Ver figura 38.



Figura 38. Preparación de la resina isoftálica con su componentes.

Fuente: Autor

Una vez que se obtuvo la resina isoftálica tratada, se obtiene las siguientes reacciones químicas:

Proceso de gelidificacion de la resina

El proceso de gelificación tiene una duración de (2 a 3) minutos como se aprecia en la figura 39.



Figura 39. Proceso de gelificacion de la resina isoftálica.

Fuente: Autor

Proceso de curado de la resina

En la figura 40, el proceso de curado (endurecimiento) tiene una duración (10 a 12) minutos.



Figura 40. Proceso de endurecimiento dela resina isoftálica.

Fuente: Autor

Caracterización del material híbrido (fibra de cabuya y fibra de vidrio)

Estudios investigativos en instituciones de educación superiores a nivel nacional e internacional han desarrollado estudios a base de materiales compuestos híbridos, en los cuales la utilización de fibras de vidrio (tipo manto) y fibra de cabuya (entre tejida) en una matriz de resina poliéster presentando propiedades mecánicas excelentes, una de las investigaciones similares al planteado en este estudio, es la realizada por los autores (Navarro O. y Ramírez A. 2014), bajo el tema de tesis "Evaluación de las Propiedades Mecánicas de un Material Compuesto reforzado con fibra de fique y fibra de vidrio en una matriz de Resina Poliéster", en el cual propusieron utilizar la siguiente composición de la ecuación (1):

$$\text{Material híbrido} = \text{Fibra de Vidrio (FV)} + \text{Fibra de Cabuya (FC)} + \text{Fibra de Vidrio (FV)}. \quad (1)$$

Cuyo material propuesto al ser analizado mediante ensayos de flexión y tracción, el módulo de elasticidad y la resistencia a la tracción fueron aproximadamente 141.58 y 1480.34 Mpa respectivamente. Por lo cual para la construcción del protector de cárter se toma en cuenta el material híbrido caracterizado que tiene la siguiente configuración:

- El 70 % corresponderá a la matriz polimérica conformada por la resina poliéster.
- El 30 % corresponderá a los refuerzos que van a conformar en material híbrido en este caso son las fibras de cabuya y fibra de vidrio los cuales se conformaran de la siguiente manera. Ver figura 41.
- 20 % Fibra de vidrio
- 10 % Fibra de cabuya

La formación del material híbrido a utilizar estará compuesto de tres capas de refuerzo como se indica en la ecuación 2:

$$\text{Número de capas} = \text{Fibra de Vidrio (FV)} + \text{Fibra de Cabuya (FC)} + \text{Fibra de Vidrio (FV)} \quad (2)$$



Figura 41. Compuesto Híbrido.
Fuente: Autor

Preparación del molde del protector de cárter de vehículo Chevrolet Sail

Para la preparación del molde se sigue los siguientes pasos:

Limpiar las impurezas que se encuentren en el molde.

Bañar con cera desmoldante las superficies internas del molde del protector de cárter durante unos 10 minutos.

La aplicación de la cera desmoldante permite que no se unan entre sí el molde con la pieza a fabricarse y el contra molde.

Proceso de construcción del protector del cárter

Preparación de la resina isoftálica

La cantidad de la resina requerida para la construcción del cárter se determinó mediante el cálculo de su volumen (ecuación 3), como se muestra a continuación, (ver figura 42):

$$\text{Volumen del protector del cárter} = \text{base del protector del cárter} \times \text{altura del protector del cárter} \times \text{ancho de cada capa (Fibra de vidrio y cabuya).}$$

(3)

$$\text{Volumen del protector del cárter} = 0.74 \text{ m} \times 0.615 \text{ m} \times 0.00166 \text{ m}$$

$$\text{Volumen del protector del cárter} = 0.000755466 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del protector del cárter} = 0.755466 \text{ lt}$$

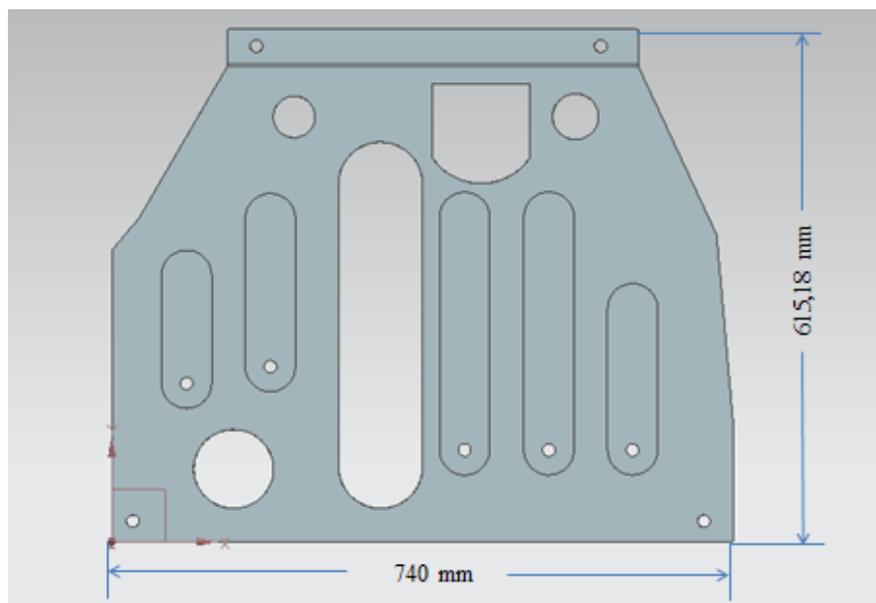


Figura 42. Dimensiones del protector del cárter del vehículo Chevrolet Sail.
Fuente: Autor

La cantidad necesaria de resina poliéster isoftálica que se utilizó para la fabricación del protector del cárter quedo de siguiente manera.

- 2 capas de fibra de vidrio se utilizó 1.56 litros de resina isoftálica.
- 1 capa de fibra de cabuya se utilizó 0.755466 litros de resina isoftálica.

Debido a que el protector del cárter está conformado por 3 capas de material híbrido (2 capas de fibra de vidrio y 1 capa de cabuya) se utilizó 2.26 litros de resina poliéster isoftálica.

Por lo tanto la configuración de la resina poliéster isoftálica tratada quedo de la siguiente manera. Ver ecuación 4.

Resina poliéster isoftálica tratada = Resina poliéster isoftálica + Estireno + Octoato de cobalto + Meck de peróxido.

(4)

- Resina poliéster isoftálica = 0.755466 litros.
- La cantidad que se necesitó de estireno fue de 0.076 litros esto equivale al 10 % de la resina isoftálica.
- Como indica los fabricantes la cantidad de octoato de cobalto y meck de peróxido que se utilizó fue de 2 cc o 0.002 litros respectivamente.

Resina poliéster isoftálica tratada = 0.755466 litros + 0.076 litros de estireno + 0.002 litros de octoato de cobalto + 0.002 litros de meck de peróxido.

Resina poliéster isoftálica tratada = 0.84 litros.

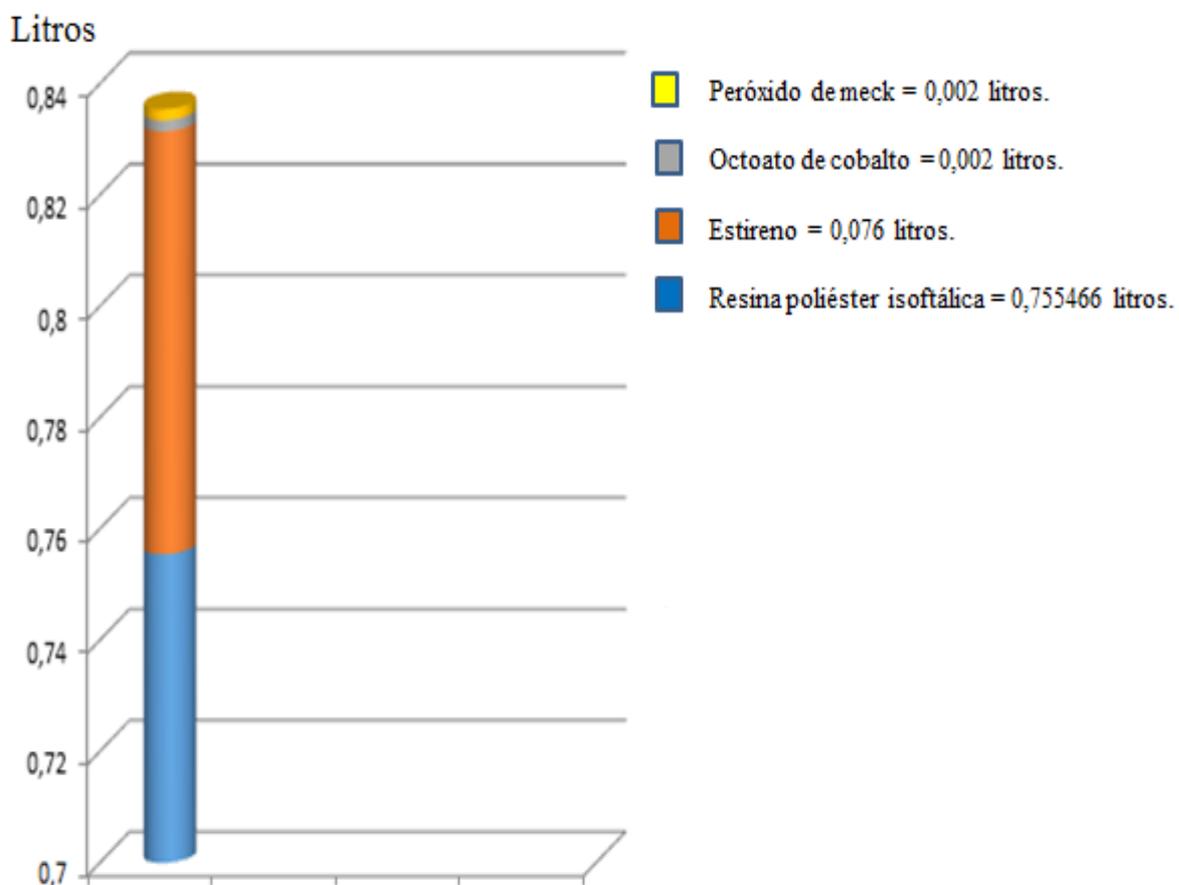


Figura 43. Composición de la resina isoftálica tratada.
Fuente: Autor

Como se indica en la figura 43, por cada capa se necesita 0.84 litros de resina poliéster isoftálica tratada.

Determinación de las capas de fibra de vidrio y cabuya para la conformación de la estructura sándwich

A continuación se detalla la configuración del número de capas del material híbrido que está constituido además del proceso de manufactura que se utilizó para la conformación de su estructura.

Para la aplicación de cada capa se tomó en cuenta el área del protector del cárter la cual está definida mediante la siguiente ecuación (5):

Área del protector del cárter = base del protector del cárter x altura del protector del cárter

$$\text{Área del protector del cárter} = 0.74 \text{ m} \times 0.615 \text{ m} \quad (5)$$

$$\text{Área del protector del cárter} = 0.46 \text{ m}^2$$

Entonces la conformación de las fibras de refuerzo en el material híbrido está definida de la siguiente manera como se indica en la figura 44:

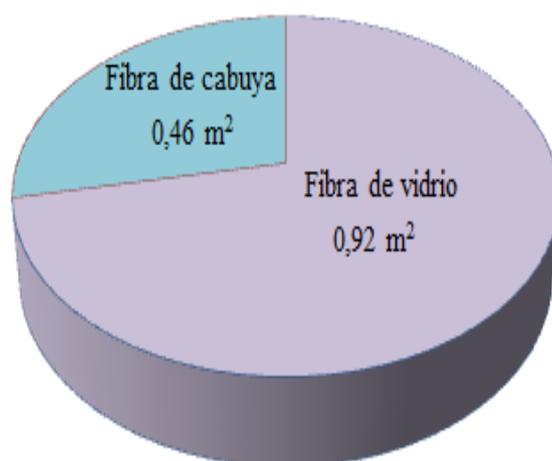


Figura 44. Fracción volumétrica del material híbrido.
Fuente: Autor

- 2 Capas de fibra de vidrio (0.92 m²)
- 1 Capa de fibra de cabuya tejida (0.46 m²)

Por lo tanto la configuración del material compuesto híbrido obtenido para la construcción del protector del cárter quedó conformado de la siguiente manera como se indica en la figura 45.

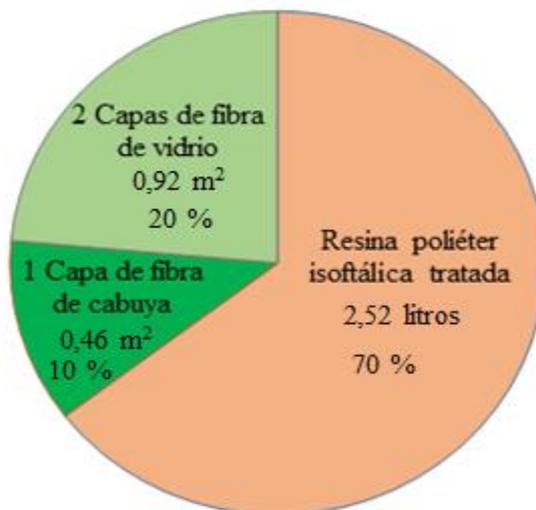


Figura 45. Composición del material híbrido.

Fuente: Autor

Preparación de fibra de vidrio

Para la preparación de la fibra de vidrio se toma en cuenta las medidas del molde del protector del cárter, para que no haya desperdicio de material, con lo cual se procede a cortar la cantidad de 0.46 m² de fibra de vidrio. Ver figura 46.



Figura 46. Corte de la fibra de vidrio.

Fuente: Autor

Preparación de fibra de cabuya

La fibra de cabuya adquirida en el mercado Santa Clara de Quito, la preparación será igual a la de fibra de vidrio tomando en cuenta la cantidad necesaria (0.46 m^2), que se empleará para la fabricación del protector del cárter. Ver figura 47.

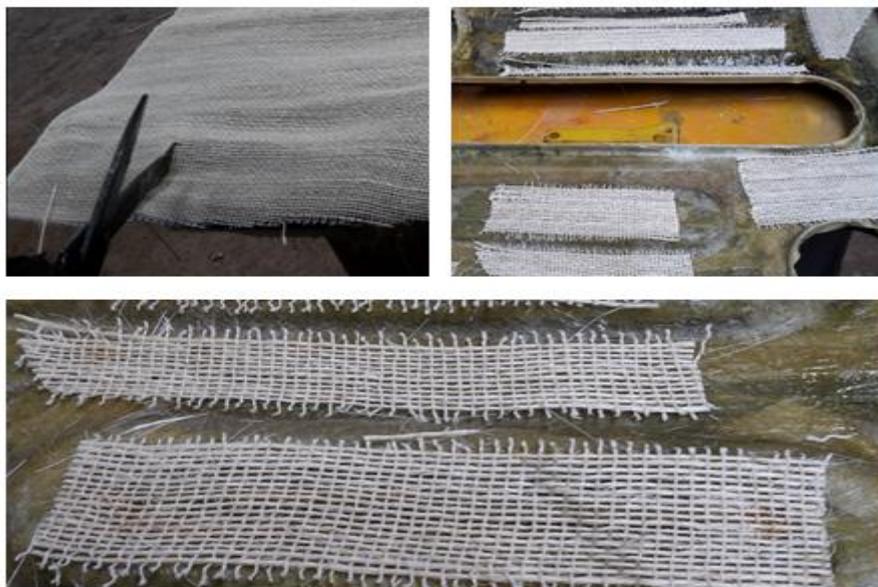


Figura 47. Corte de la fibra de cabuya.
Fuente: Autor

Para la aplicación de las capas de fibra de vidrio y cabuya se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

Debido al tamaño del prototipo los tejidos de fibra de vidrio y cabuya no se pueden colocar de forma entera, con lo cual se procederá a realizar juntas debidamente solapadas. El ancho de solape recomendado será de 50 mm. Ver figura 48.

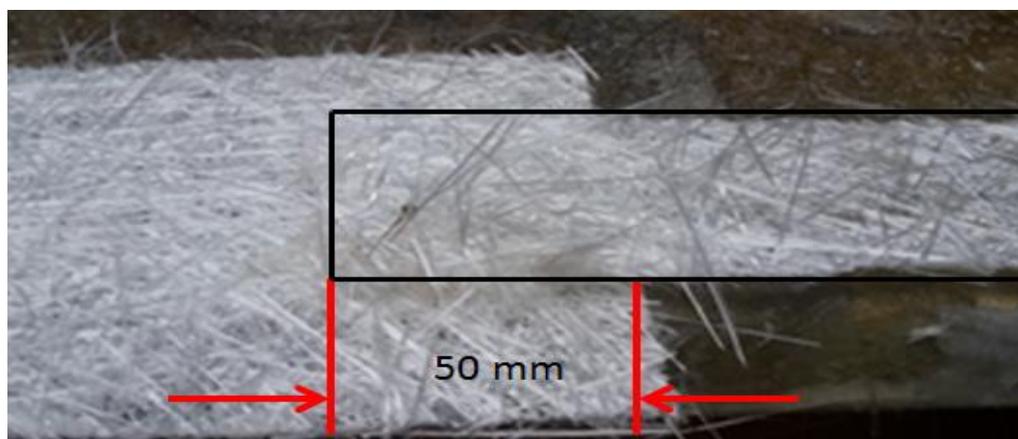


Figura 48. Ancho de solape.
Fuente: Autor

Aplicar con la ayuda de una brocha la resina isoftalica tratada sobre el molde, y colocar la primera capa que está conformada por fibra de vidrio. Ver figura 49.



Figura 49. Primera capa de fibra de vidrio.
Fuente: Autor

Con la ayuda del rodillo pasar sobre la superficie de la fibra vidrio para evitar que se produzca burbujas atrapadas en la superficie y también permitirá moldear la pieza. Ver figura 50.



Figura 50. Aplicación de la fibra de vidrio.
Fuente: Autor

Aplicación de fibra de cabuya (2da capa)

Aplicar sobre la capa de fibra de vidrio, la capa de fibra de cabuya, con la ayuda de una brocha esparcir la resina isoftalica sobre la superficie, para evitar que se produzcan burbujas en la superficie utilizando un rodillo. Ver figura 51.



Figura 51. Aplicación de la fibra de cabuya.
Fuente: Autor

Aplicación de la fibra de vidrio (3ra capa)

Colocar sobre la capa de fibra de cabuya, la capa de fibra de vidrio, aplicar la resina isoftalica con una brocha, y con el rodillo evitar que se produzcan burbujas en la superficie. Ver figura 52.



Figura 52. Aplicación de la tercera capa de fibra de vidrio.
Fuente: Autor

Aplicación del contra molde

Una vez formadas las capas de fibra de vidrio y cabuya, se aplica el contra molde, en el cual se aplicará un peso de aproximado de 15.88 kg, en este caso se utilizó pesas, a este proceso de manufactura se denomina moldeo por compresión. Ver figura 53.

El tiempo de secado del protector del cárter dentro de sus moldes, fue de 48 horas a temperatura ambiente, tiempo en el cual el curado de la resina es del 100 %.



Figura 53. Moldeo por compresión.
Fuente: Autor

Desmolde

El desmolde consiste en extraer la pieza entre el molde y el contra molde, con la ayuda de una palanca manual. Ver figura 54.



Figura 54. Protector del cárter.
Fuente: Autor

Etapa de post-terminado del protector del cárter

Una vez ya obtenido el prototipo del cárter se aplica una capa de 1.5 mm de masilla lijable con su respectivo catalizador y con la ayuda de una espátula, se aplica tanto en la cara principal como en la cara secundaria del protector, la utilización de la masilla permite cubrir las pequeñas porosidades dejadas por la resina, y también sirve para adherente del fondo de relleno. El tiempo de secado de la masilla lijable es inmediato para este proceso se trabajó a temperatura ambiente. Ver figura 55.



Figura 55. Aplicación de la masilla lijable.
Fuente: Autor

Etapas de lijado

Una vez que la masilla pasó de estado líquido a sólido con la ayuda de una lija y un taco de lijar se procede a rebajar las imperfecciones dejadas por la masilla, hasta obtener una superficie lisa y plana. El sentido de lijado puede ser tanto en sentido recto como en sentido circular. El tipo de lija que se utilizó fue número 36 para desbaste en seco. Ver figura 56.



Figura 56. Etapa de lijado.
Fuente: Autor

Proceso de aplicación de fondo de relleno

El proceso consiste en aplicar fondo de relleno automotriz sobre la superficie de la masilla lijable de la cara principal y secundaria del protector de cárter, la aplicación del fondo sirve para cubrir ciertas porosidades producidas por la masilla y sirve como adherente para la aplicación de la capa de protección del material bate piedra. El periodo de secamiento del fondo es de 15 minutos a temperatura ambiente. Ver figura 57.



Figura 57. Aplicación de fondo de relleno automotriz.
Fuente: Autor

Proceso final (Aplicación de bate piedra)

Una vez aplicado el fondo de relleno automotriz en las superficies del protector de cárter, con la ayuda de una pistola para embrear se aplica dos capas de bate piedra, el cual sirve para proteger contra la gravilla y pequeñas piedras o ciertos elementos como agua, aceite, refrigerante, entre otros compuestos que puedan afectar al protector de cárter. El tiempo de secado del bate piedra es de 25 minutos a temperatura ambiente. Ver figura 58.



Figura 58. Aplicación de bate piedra.
Fuente: Autor

Una vez obtenido el protector de cárter se incorporó al vehículo Chevrolet Sail verificando que no exista algún inconveniente entre los componente que se sitúan debajo del motor y el

protector, ya verificado se procede al ensamble de protector con la estructura del vehículo, debido a la vibración del vehículo la unión se realiza mediante pernos M 10, aplicando un torque de 10.3 Nm. Ver figura 59.

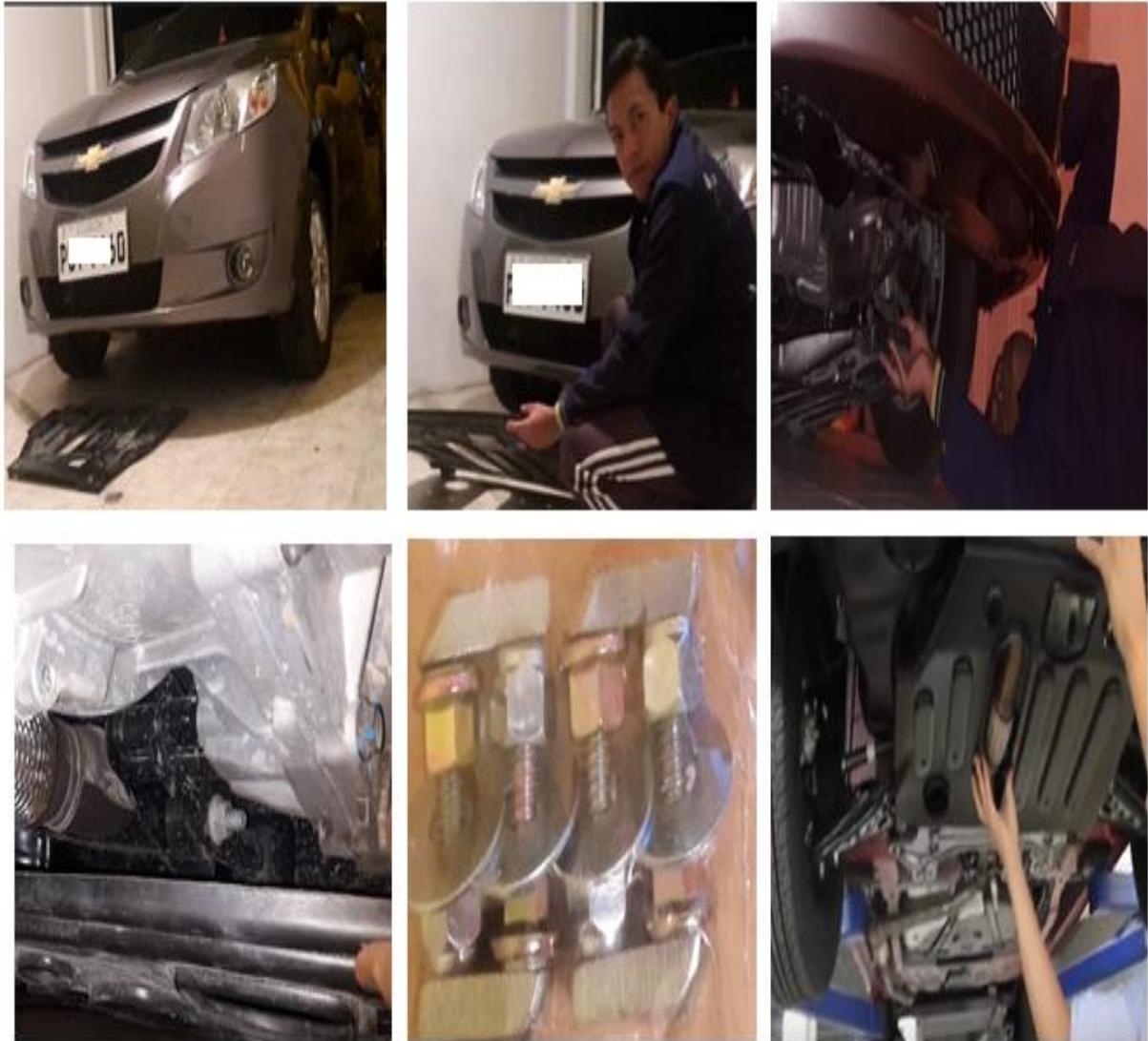


Figura 59. Ensamble del protector del cárter.

Fuente: Autor

Protocolo de pruebas del protector del cárter

Para verificar posibles inconvenientes que presente el protector de cárter con la estructura del vehículo, se realizó varias pruebas de ruta, el cual consiste en probar la resistencia superficial e impacto del elemento en tres tipos de carreteras: asfalto, adoquín y tierra, suelos muy comunes en las vías de Quito y del Ecuador.

Vía asfaltada

En este tipo de vía se realizó el análisis durante 10 días alrededor de (80 horas), tanto en vías urbanas, perimetrales y rectas en carretera, en este caso al emplear un vehículo liviano, el rango de velocidades empleadas para la prueba estuvo entre 50 a 100 km/h dependiendo el tipo de vía (ver figura 60).

Límite máximo de velocidad			
Por tipo de vehículo			
Tipo de vía	Livianos, motocicletas	Transporte público	Transporte de carga
Urbana	50 Km/h	40 Km/h	40 Km/h
Perimetral	90 Km/h	70 Km/h	70 Km/h
Rectas en carreteras	100 Km/h	90 Km/h	70 Km/h
Curvas en carreteras	60 Km/h	50 Km/h	40 Km/h

La excepción
 Los límites máximos de velocidad de trenes y autocarriles



Sanción:
 Según la Ley de Tránsito que está vigente
3 días de prisión
 Multa: **USD 292**
10 puntos menos en la licencia.

Figura 60. Límite de velocidad permitido.
 Fuente: (Comercio, 2012)

Durante el proceso de pruebas, se procuró pasar con el automóvil por: rompe velocidades, gravilla entre otras imperfecciones encontradas en el trayecto. Estos tiene como finalidad que el protector tomo contacto con la superficie asfáltica, y así poder evaluar el desgaste o deterioro que presenta. Ver figura 61.



Figura 61. Vía asfáltica.
 Fuente: Autor

Vía adoquinada

El análisis se realizó en la parroquia de Cumbaya debido a que cuenta con la mayor cantidad de adoquinado alrededor de 13 738 m², tal como lo indica la fuente Pichincha Universal. Para este tipo de análisis se lo realizó durante 6 días alrededor de (40 horas), al tratarse de un tipo de vía urbana la velocidad fue de 50 km/h. Esto tiene como finalidad que el protector toma contacto con la superficie adoquina y así poder evaluar el desgaste o deterioro que este presenta. Ver figura 63.

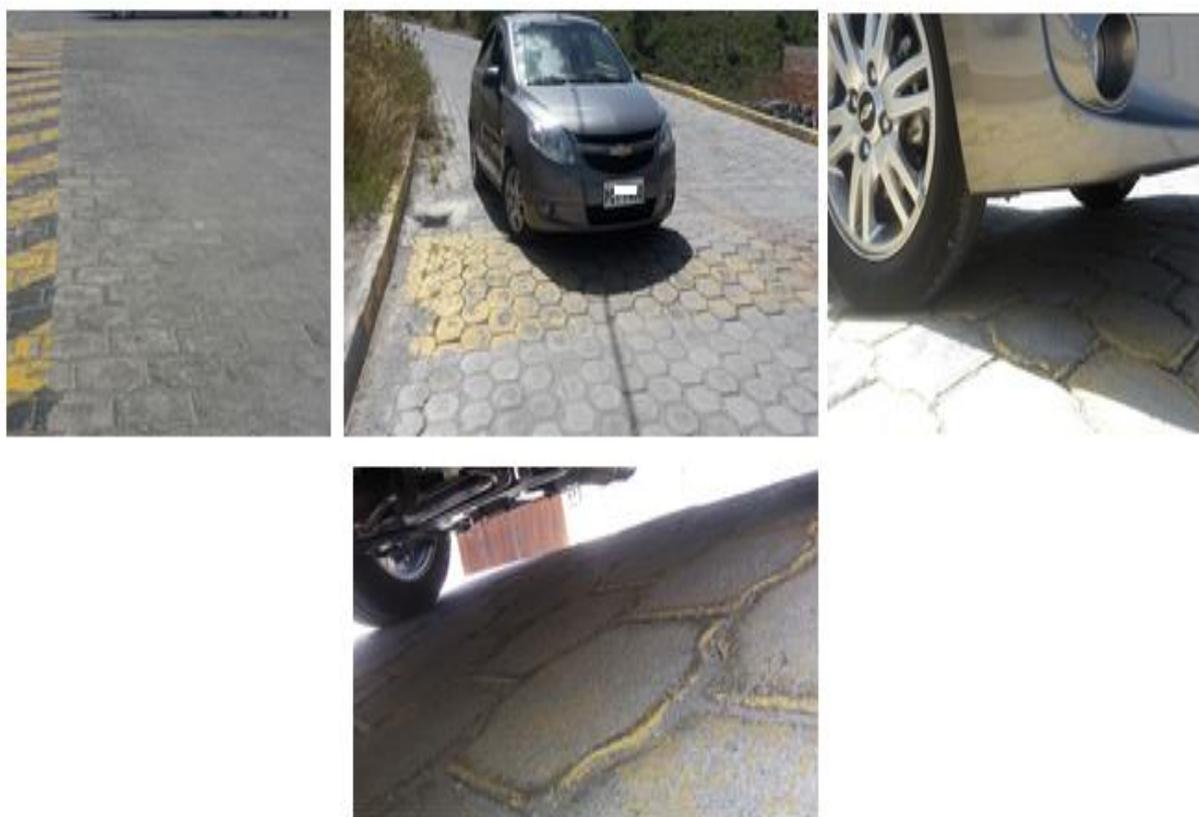


Figura 63. Vía adoquinada.

Fuente: Autor

Vía sin asfaltar

El análisis se realizó en las parroquias de Pomasqui, San Antonio de Pichincha debido a que existe ciertas vías que todavía no están asfaltadas las cuales fueron útiles para este análisis, el tipo de velocidad fue de 50 km/h por tratarse de zonas urbanas, el tiempo de duración del análisis fue de 15 días alrededor de (95 horas). Esto tiene como finalidad que el

protector toma contacto con la superficie sin asfaltar y así poder evaluar el desgaste o deterioro que presenta. Ver figura 64.



Figura 64. Vía sin asfaltar.
Fuente: Autor

Resultados

En este capítulo se detalla los resultados obtenidos de la construcción del protector del cárter de un vehículo Chevrolet Sail, a base de fibras de cabuya, vidrio y resina poliéster isoftálica, aplicando el proceso de manufactura de estratificación manual por moldeo de contacto y compresión.

Periodo de maduración del curado de la resina isoftálica

La etapa de curado de la resina poliéster isoftálica se realizó a temperatura ambiente debido a que se trata de un polímero termostable. Para obtener una reacción química de forma gradual se aplicó la siguiente formulación de la tabla 9.

Tabla 9.

Cantidades para la obtención de la resina poliéster isoftálica tratada.

Denominación	Cantidad de resina poliéster	Cantidad de etileno	Cantidad de octoato de cobalto	Cantidad de meck de peróxido
Resina poliéster isoftalica tratada	100 cc	10 % de la cantidad de resina poliéster isoftalica	2 cc	2 cc

Fuente: Autor.

Obtención del proceso de gelidificación de la resina isoftálica tratada:

Es el periodo en el cual se pudo impregnar las fibras de vidrio y cabuya en un periodo de tiempo de 2 a 3 minutos a temperatura ambiente como se aprecia en la figura 65.

Obtención de la etapa de endurecimiento de la resina isoftálica tratada:

Fue el periodo entre 10 a 12 minutos en el cual ya no se pudo impregnar las fibras de cabuya como las fibras de vidrio periodo en el cual la resina paso de estado líquido a solido como se aprecia en figura 66.

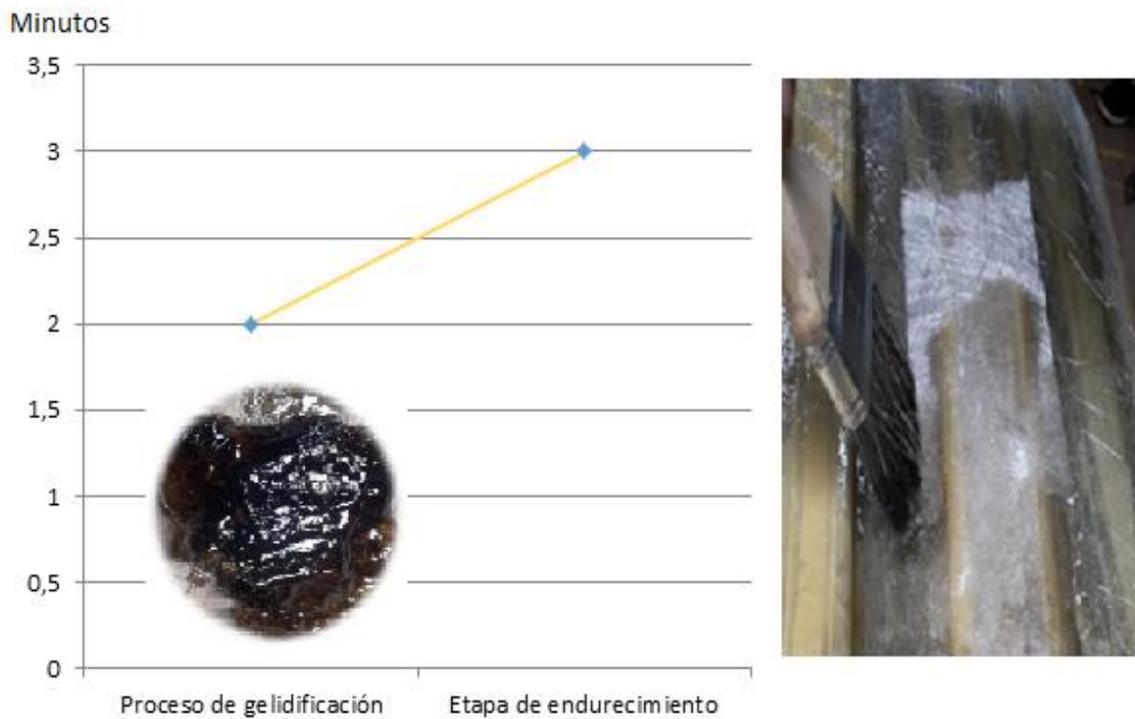


Figura 65. Obtención del periodo de gelidificación de la resina isoftálica tratada.
Fuente: Autor

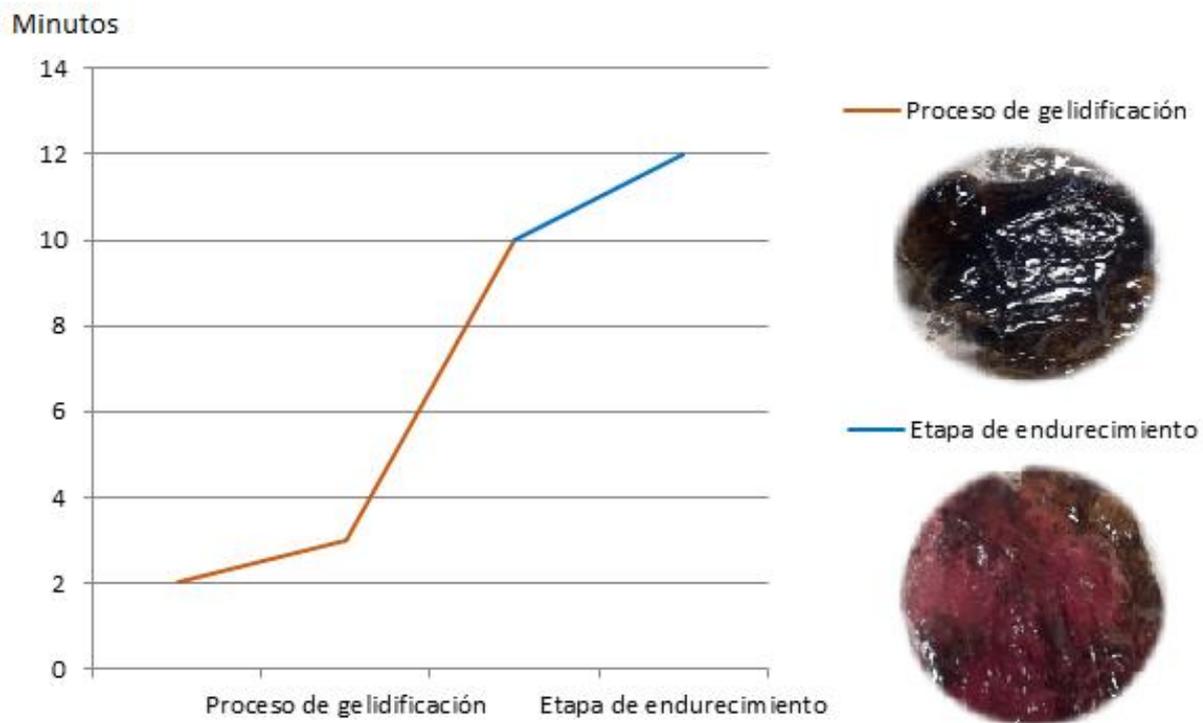


Figura 66. Obtención de la etapa de endurecimiento de la resina poliéster isoftálica tratada.
Fuente: Autor

Caracterización mecánica de la resina poliéster isoftálica mediante ensayo de desgaste por abrasión mediante la norma ASTM G 65

Para determinar el porcentaje de desgaste que presenta la resina poliéster isoftálica tratada se realizó un ensayo de desgaste el cual permite conocer la resistencia al desgaste por abrasión. Para el ensayo se fabricó 4 probetas denominadas R, previamente tratadas con un periodo de gelidificación de 3 minutos y un proceso de endurecimiento de 12 minutos y con sus respectivas medidas tal como indica la norma ver figura 67.

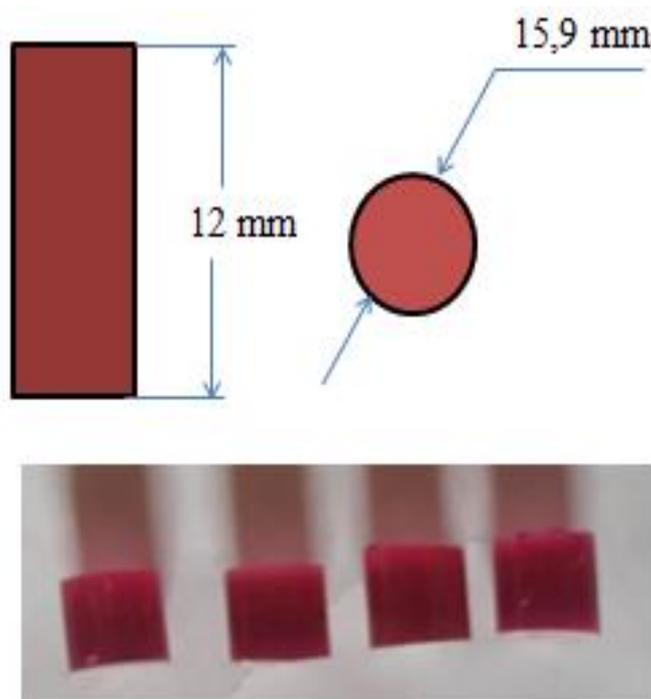


Figura 67. Probetas para ensayo de desgaste por abrasión.
Fuente: Autor

El ensayo de desgaste por abrasión se realizó en un abrasímetro en el cual se ejerce una presión que puede variar entre 2.5 N hasta 20 N según la norma establecida, contra una lija que se encuentra adherida a un rodillo que tiene un movimiento rotacional. Para la obtención de la resistencia al desgaste por abrasión se determina por la diferencia entre el peso de la probeta antes y el peso que tiene después del ensayo.

Cálculo experimental:

El ensayo de desgaste por abrasión se realizó en la Escuela Politécnica Nacional de Quito – Ecuador en el Laboratorio de Fundición (Anexo H), en el cual se obtuvo los siguientes resultados tal como se indica en la figura 68:

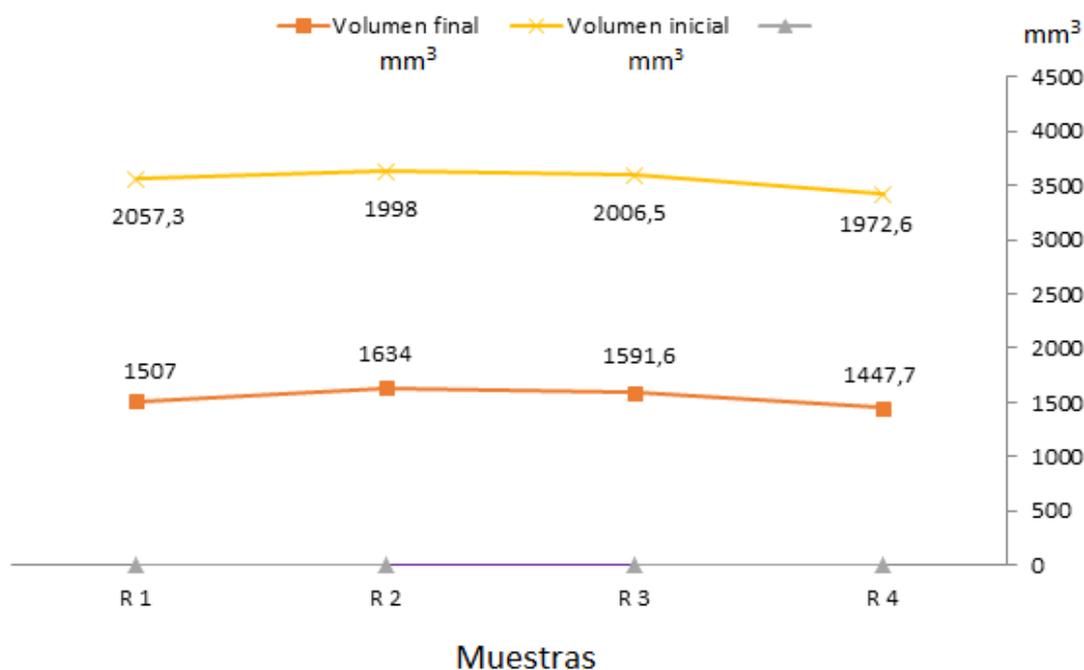


Figura 68. Obtención de los resultados del ensayo de desgaste.
Fuente: Autor.

- Para determinar el volumen total inicial se realizó la siguiente ecuación (6).

En donde R es la denominación de cada probeta.

$$\text{Volumen inicial total} = \frac{R1 \text{ (inicial)} + R2 \text{ (inicial)} + R3 \text{ (inicial)} + R4 \text{ (inicial)}}{\text{Número de muestras}} \tag{6}$$

$$\text{Volumen inicial total} = \frac{2057.3+1998+2006.5+1972.6}{4}$$

$$\text{Volumen inicial total} = 2008.6 \text{ mm}^3$$

- Para determinar el volumen total final se realizó la siguiente ecuación (7).

$$\text{Volumen final total} = \frac{R1 \text{ (final)} + R2 \text{ (final)} + R3 \text{ (final)} + R4 \text{ (final)}}{\text{Número de muestras}} \tag{7}$$

$$\text{Volumen final total} = \frac{1507.0+1634.0+1591.6+1447.7}{4}$$

$$\text{Volumen final total} = 1545.075 \text{ mm}^3$$

- Por lo tanto el porcentaje de desgaste está definido de la siguiente ecuación (8):

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{\text{Volumen inicial} - \text{Volmen final}}{\text{Volumen inicial}} * 100 \%$$

(8)

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{2008.6 - 1545.075}{2008.6} * 100 \%$$

$$\% \text{ Desgaste} = 23.07 \%$$

De acuerdo a los resultados se determina que el compuesto tiene una alta resistencia al desgaste del 23.07 %, Con lo cual el compuesto es apto para la construcción del protector del cárter.

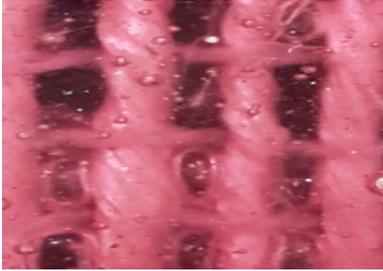
Aplicación de la estratificación manual para la formación de estructura sándwich del material híbrido

Para la obtención de la estructura sándwich del compuesto se aplicó el proceso de manufactura de estratificación manual en el cual consistió en la distribución homogénea de la resina poliéster isoftálica tratada con la fibra de vidrio y cabuya, para evitar que se produzcan imperfecciones en las superficies de cada capa se aplicó el proceso de laminado por contacto en la cual se utilizó herramientas manuales (rodillos de lana, metálicos, brochas). Además se adiciono un peso extra para obtener un mejor compactación entre cada capa denominada moldeo por compresión.

En la tabla 10 se indica los compuestos obtenidos.

Tabla 10.

Composición del material híbrido

Proceso de manufactura de estratificación manual	Resultados
<p>Moldeo por contacto+ moldeo por compresión aplicado en la fibra de vidrio</p>	
<p>Moldeo por contacto + moldeo por compresión aplicado el en la fibra de cabuya</p>	

Fuente: Autor

Microscopia de adherencia de las fibras de vidrio, cabuya y la resina poliéster isoftálica

Mediante una microscopia de barrido se analizó al compuesto verificándose la composición estructural del cual está conformado. La figuras 69 y 70, mediante un corte transversal muestra la micrografía realizada en donde se observa las fibras de cabuya y vidrio, con la resina poliéster isoftálica tratada se encuentran totalmente compactadas.

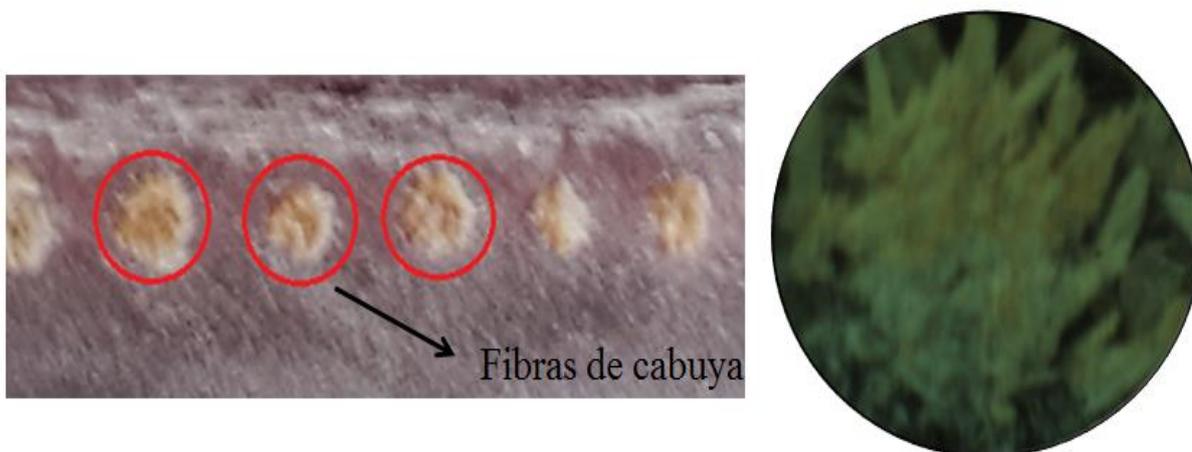


Figura 69. Microscopia de las fibras de cabuya.

Fuente: Autor

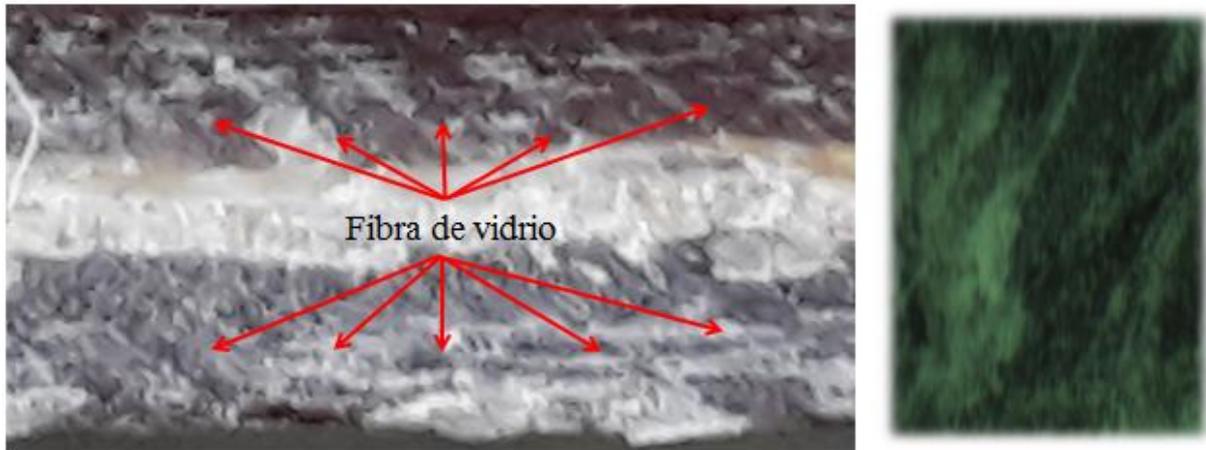


Figura 70. Microscopia de las fibras de vidrio.
Fuente: Autor

En la figura 71, se aprecia la composición del material híbrido, en el cual se observa que el compuesto no presenta imperfecciones como burbujas de aire atrapadas, levantamientos entre capas, entre otros, corroborándose que los procesos de estratificación manual, moldeo por contacto y compresión fueron aplicados correctamente.

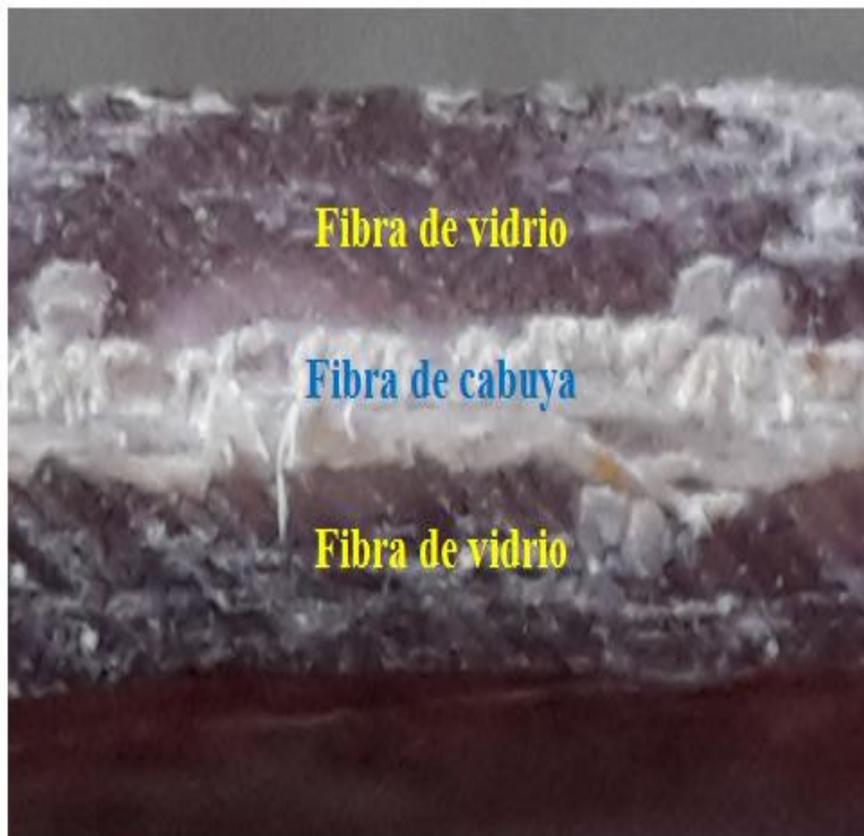


Figura 71. Composición del material híbrido (estructura sándwich).
Fuente: Autor

Caracterización mecánica del material híbrido (fibra de vidrio y cabuya) con base de resina poliéster isoftálica mediante ensayo de impacto ASTM D5628-10

El ensayo de impacto se realizó en el laboratorio de Nuevos Materiales de la Escuela Politécnica Nacional de Quito - Ecuador, mediante la norma ASTM D5628-10 (Anexo I), en la cual se construyó alrededor de 24 probetas del material híbrido reforzado con fibra de vidrio y cabuya con base de resina poliéster isoftálica mediante estratificación manual, moldeo por contacto y por compresión, de 2 pulgadas x 2 pulgadas y con un espesor promedio de 2.57 mm como indica la figura 72.

Equipos utilizados para el ensayo de impacto:

- Calibrador de Vernier para medir las dimensiones de las probetas.
- Balanza Adam con apreciación de 0.1 gr utilizada para determinar la masa del dardo.

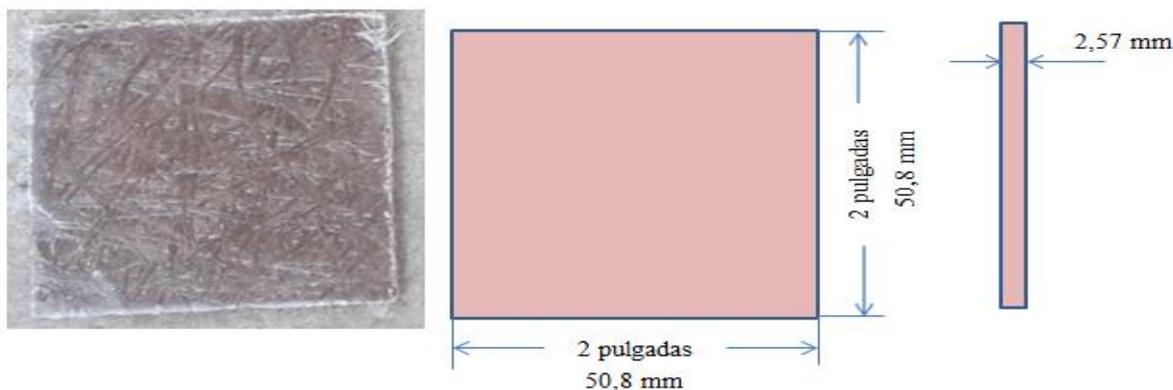


Figura 72. Probetas para ensayo de impacto norma ASTM D5628-10.
Fuente: Autor

El procedimiento del ensayo de impacto consiste mediante un dardo con dimensiones normalizadas y con una masa fija determinada con (masa de 117.5 gr) se deja caer libremente desde diferentes alturas. En la cual se toma una altura inicial (que posiblemente no genere un fallo en la probeta) y un diferencial de altura que será la medida que se tenga que aumentar en la altura de caída del dardo si la probeta no falla o reducir si la probeta falla. Se considera fallo una fisura o rotura de la probeta que sean observadas sin dificultad. El fin del ensayo es

encontrar la altura media de fallo que sirve para determinar la energía que cause el fallo del 50 % de las muestras ensayadas.

En la figura 73, se observa una de las probetas del material híbrido después del ensayo de impacto.

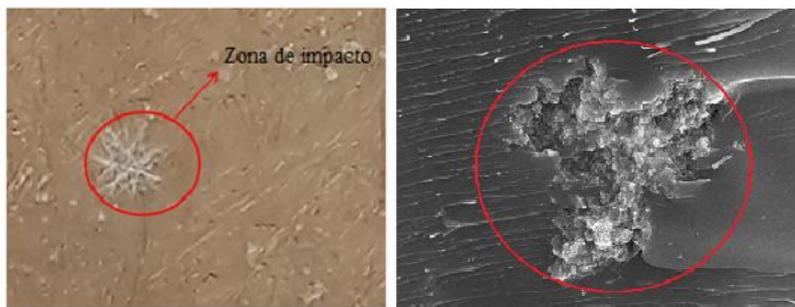


Figura 73. Condiciones de la probeta después del ensayo de impacto ASTM D5628-10.
Fuente: Autor

En la tabla 11 se indica los resultados de los ensayos de impacto por caída libre de dardo según la norma ASTM D5628-10 en las probetas del material híbrido reforzado con fibra de vidrio y cabuya con base de resina poliéster isoftálica, aplicando el proceso de manufactura mediante estratificación manual, moldeo por contacto y por compresión

Tabla 11.

Resultados de los ensayos de impacto según la norma ASTM D5628-10.

Material híbrido reforzado con fibra de vidrio y cabuya con base de resina poliéster isoftálica mediante estratificación manual, moldeo por contacto y por compresión																								
Altura h (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
540																								
530																								
520																								
510																								
500																								
Falla																								
No falla																								

Fuente: Escuela Politécnica Nacional de Quito.

A continuación en la tabla 12 se obtuvo la altura de fallo:

Tabla 12.
Altura de fallo.

Altura h (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
540			█			█	█					
530		█		█				█	█			
520					█					█	█	
510	█											█
500												
Falla	█											

Fuente: Autor

Resultados obtenidos de la variación de la altura máxima a la ruptura (ver figura 74):

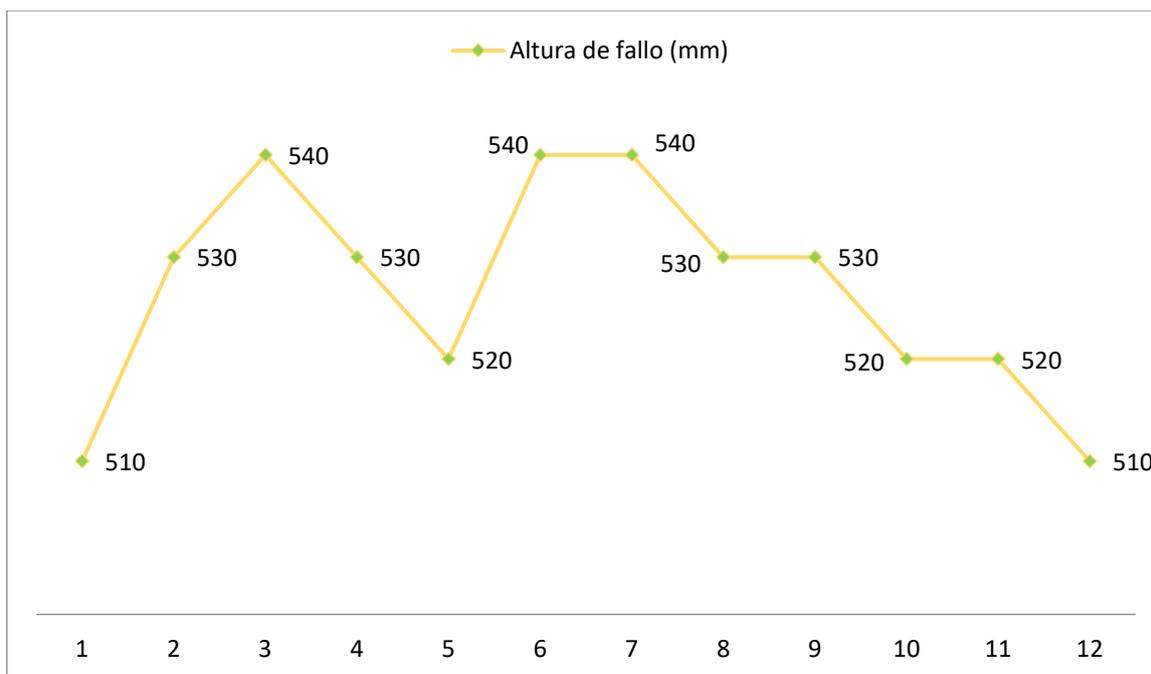


Figura 74. Determinación de la altura de fallo.

Fuente: Autor

Mediante la ecuación 9 se procedió a calcular la altura máxima que permitirá determinar el cálculo de la energía de impacto:

$$\text{Altura máxima a la ruptura} = \frac{\sum \text{de alturas}}{\text{Número de probetas fallidas}}$$

$$\text{Altura máxima a la ruptura} = \frac{510+530+540+530+520+540+540+530+530+520+520+510}{12}$$

$$\text{Altura máxima a la ruptura} = 562.66 \text{ mm} = 0.526 \text{ m}$$

Una vez obtenido el resultado de la altura máxima de la ruptura se procede a calcular la energía de impacto mediante la ecuación 10:

$$\text{MEF} = h \cdot w \cdot f \quad (10)$$

MEF = Resistencia máxima al Impacto (J)

h = Altura máxima para la ruptura (m)

w = masa del impactador (Kg) = 0.1175 Kg

f = Factor de conversión a Jouls (9.80665×10^{-3})

$$\text{MEF} = 0.526 \times 0.1175 \times 9.81$$

$$\text{MEF} = 0.6063 \text{ J}$$

Los resultados obtenidos permiten afirmar que el material híbrido reforzado con fibra de cabuya y fibra de vidrio, con base de resina poliéster, mediante estratificación manual, moldeo por contacto y por compresión tiene propiedades mecánicas aceptables para la construcción del protector del cárter, debido a que esta autoparte se encuentra en la parte inferior delantera del vehículo cuya función es proteger los elementos situados debajo del motor contra algún objeto que pueda aparecer en el trayecto (ramas, gravilla, reductores de velocidad entre otros), el tipo del material con el que está construido el protector al ser analizado mediante ensayos de impacto permite determinar que la resistencia máxima al impacto es de 0.6063 J

Resultados de las pruebas de funcionalidad realizadas en diferentes vías

Las pruebas de funcionamiento del protector del cárter, se realizó en vías asfálticas, adoquinadas y sin asfaltar (mal estado de la vía), en los cuales se determinó que a pesar que existen ciertas anomalías como deterioro del asfalto o adoquín, además de rompe

velocidades, lomos de burro, gravilla entre otros elementos presentes en la vía, el protector de cárter no presentó ningún problema de funcionamiento, con lo cual al circular por estas vías presento un desgaste de 0.2 a 0.3 mm. Pero en las vías sin asfaltar existió una serie de obstáculos como, piedras, ramas, lodo, arbustos, residuos pétreos entre otros factores. El protector de cárter presentó ciertos rapones en el recubrimiento de bate piedra, pero la integridad de su estructura del protector no sufrió ningún daño, presentando un desgaste de 1.05 mm, por lo tanto la resistencia que presenta el prototipo despliega buenas propiedades mecánicas permitiendo que trabaje de manera normal. Ver figura 75.

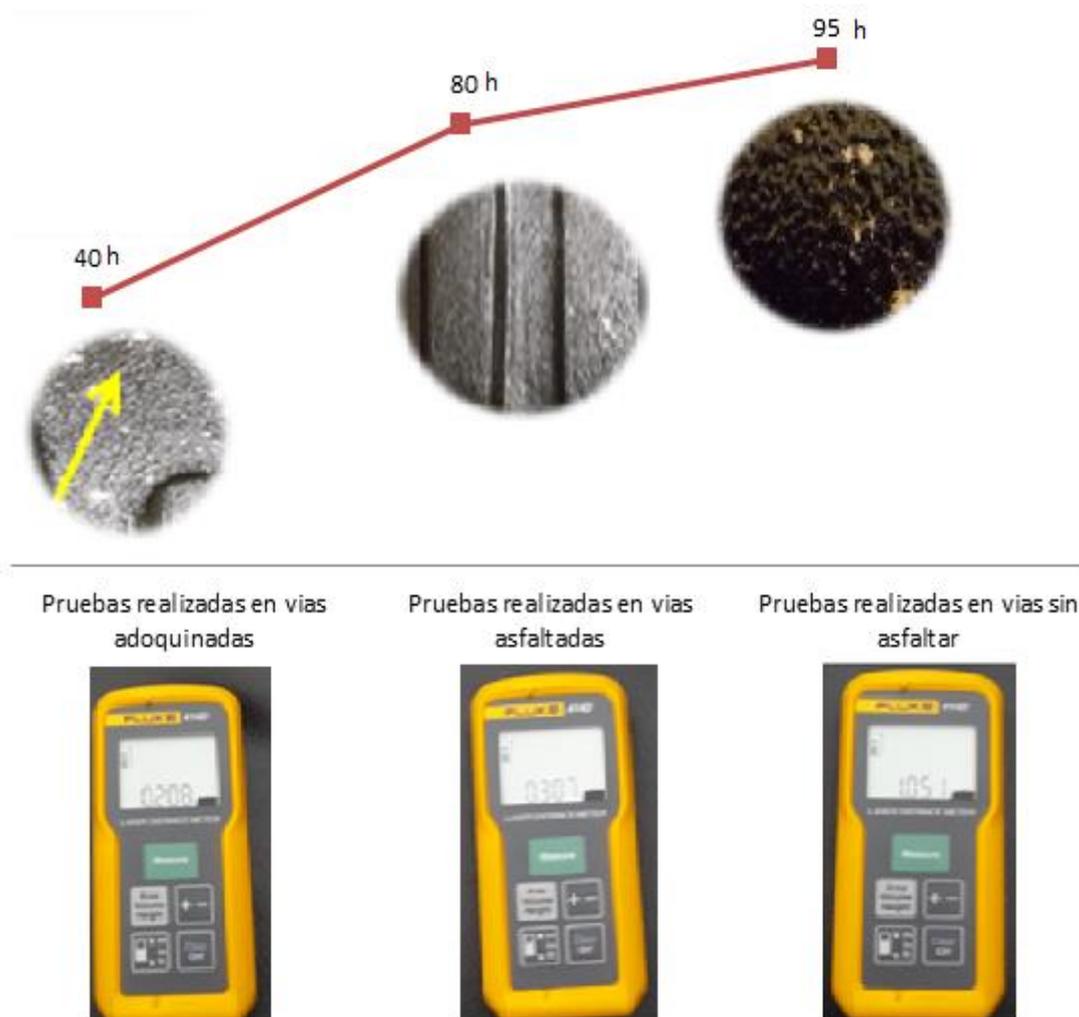


Figura 75. Resultados de las pruebas de funcionalidad realizados en diferentes tipos de vías.
Fuente: Autor.

Discusión

En la tabla 13, presenta una comparación entre los resultados obtenidos del presente estudio con el trabajo de investigación del tema de tesis “ Evaluación de las Propiedades Mecánicas de un Material Compuesto Reforzado con Fibra de Fique y Fibra de Vidrio en una Matriz de Resina Poliéster” de los autores Navarro O. y Ramírez A. (2014).

Tabla 13.
Comparación de resultados de ensayos de impacto.

Comparación de resultados de Ensayos de Impacto		
Tema de investigación	Tipo de material	Resistencia máxima al impacto
Evaluación de las Propiedades Mecánicas de un Material Compuesto Reforzado con Fibra de Fique y Fibra de Vidrio en una Matriz de Resina Poliéster	Material compuesto= Fibra de vidrio + Fibra de cabuya + resina poliéster.	0.4714 J
Rediseño y construcción de un protector de cárter para un vehículo Chevrolet Sail mediante la aplicación de materiales híbridos reforzados con fibra de cabuya y fibra de vidrio, con base de resina poliéster, mediante estratificación manual, moldeo por contacto y por compresión	Material compuesto= Fibra de vidrio + Fibra de cabuya + resina poliéster isoftalica. Proceso de gelidificacion de la resina poliéster isoftálica: 2 a 3 minutos. Etapa de endurecimiento: 10 a 12 minutos.	0.6063 J

Fuente: Autor

Por lo tanto se determina experimentalmente que el material híbrido caracterizado del presente estudio es superior, debido a que presenta propiedades mecánicas aceptables en cada análisis que se realizó, esto se debe a que se tomó en cuenta criterios muy importantes

como la preparación de la fibra de cabuya y vidrio, el periodo de curado de la resina poliéster isoftálica, en el cual se utilizó etileno, octoato de cobalto y peróxido de meck en porcentajes recomendados por los fabricantes, obteniendo así proceso de gelidificacion entre 2 a 3 minutos y una etapa de endurecimiento de 10 a 12 minutos, además de la aplicación del proceso estratificación manual en el cual se aplicó el proceso de moldeo por contacto y compresión para obtener una mejor impregnación de las fibras de cabuya y vidrio con la resina poliéster isoftálica.

Valoración económica del proyecto

La valoración económica incluye un listado detallado de los costos directos e indirectos para la ejecución del proyecto.

Costos directos

Son los costos que influyen de forma directa a los gastos del proyecto. Ver tabla 14.

Tabla 14.

Costos directos de materiales de fabricación.

Denominación	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Valor total
Resina poliéster isofalica	1	gl	\$ 35	\$ 45
Cera desmoldante	1	kg	\$ 25	\$ 25
Fibra de cabuya tejida	2	m	\$ 10	\$ 20
Fibra de vidrio	4	m	\$ 5	\$ 20
Molde del protector del cárter	1	Pieza	\$ 45	\$ 45
Contra molde del	1	Pieza	\$ 45	\$ 45

protector del cárter				
Moldes para las	1	Pieza	\$ 30	\$ 30
probetas de ensayo de impacto				
Bate piedra	1	3.78 lt	\$ 12	\$ 12
Moldes para las	5	5	\$ 3	\$ 15
probetas de ensayo de desgaste				
Masilla lijable +	1	1 lt	\$ 12	\$ 12
Acelerante				
Fondo base	1	1 lt	\$ 10	\$ 10
Equipos para	1	1	\$ 20	\$ 20
estratificación manual				
Equipo de	1	1	\$ 25	\$ 25
protección personal				
TOTAL				\$ 324

Fuente: Autor

Cabe señalar en el precio de la resina poliéster isoftalica ya está incluido su respectivo octoato de cobalto y el peróxido de meck.

Costos indirectos

Son aquellos costos que generan como parte del desarrollo del prototipado del protector del cárter. Ver tabla 15.

Tabla 15.
Costos indirectos.

Denominación	Cantidad	Valor \$	Valor total \$
Transporte gasolina para funcionabilidad del protector en diferentes vías	80 gl	\$ 1.30	\$ 104
Ensayos de impacto	1	\$ 50	\$ 50
Ensayos de desgaste	1	\$ 45	\$ 40
Mano de obra	1	\$ 50	\$ 50
Imprevistos	1	\$ 50	\$ 50
Total			\$ 294

Fuente: Autor

Total de costos del proyecto

El valor total del proyecto es la suma de todos los gastos generados en la fabricación del protector del cárter. Ver tabla 16.

Tabla 16.
Costos totales del proyecto.

Costos directos	\$ 324
Costos indirectos	\$ 294
Total	\$ 618

Fuente: Autor

Costo por protector

Se tomó en cuenta el análisis económico de la pieza terminada valorado en función a los costos de la materia prima. Ver tabla 17.

Tabla 17.
Costos de la materia prima.

Denominación	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Valor total
Resina poliéster isofalica	1	gl	\$ 35	\$ 45
Cera desmoldante	1	kg	\$ 25	\$ 25
Fibra de cabuya tejida	2	m	\$ 10	\$ 20
Fibra de vidrio	4	m	\$ 5	\$ 20
Total				\$ 110

Fuente: Autor

El valor de la materia prima estimada es de \$ 110 dólares americanos.

Detalle de los costos de la mano de obra presentada

Son aquellos costos que generan como parte del desarrollo del prototipado del protector del cárter. Ver tabla 18.

Tabla 18.
Costos de mano de obra.

Denominación	Valor total \$
Estratificación manual, Corte del tejido de fibra de cabuya y	\$ 90

vidrio, preparación de	
la resina poliéster	
isoftálica, acabados	
superficiales.	
Total	\$ 90

Fuente: Autor

El costo de la mano de obra tiene un costo de \$ 90 dólares americanos ya incluido IVA.

Análisis total de costos

El valor total del proyecto es la suma de costos de materia prima y los costos de mano de obra generados en la fabricación del protector del cárter. Ver tabla 19.

Tabla 19.

Costo total por elemento obtenido.

Costos de materia prima	\$ 110
Costos de mano de obra	\$ 90
Total	\$200

Fuente: Autor

Por la tanto el valor del protector del cárter en el mercado nacional ecuatoriano obtendrá un valor de \$ 200 dólares americanos.

Conclusiones

La utilización de herramientas manuales como rodillos de lana y metálicos, brochas, entre otros instrumentos utilizados en el proceso de moldeo por contacto ayudo a evitar imperfecciones en las superficies de cada capa como burbujas de aire, y para el proceso de compresión mediante la utilización de un peso extra permitió obtener una buena compactación entre las capas de fibra de vidrio y cabuya, con lo cual mediante una microscopia de barrido se determinó que la estructura sándwich es óptima para la fabricación del protector del cárter.

La caracterización de la resina isoftalica tratada se rigió mediante la fracción volumétrica establecida por el fabricante en el que se obtuvo un punto de gelidificacion de 2 a 3 minutos. Y para el proceso de curado (endurecimiento) un tiempo de 10 a 12 minutos. Cuya caracterización al ser analizado mediante ensayos de desgaste en el laboratorio el material presento una buena resistencia al desgaste de 23.07 %. La norma ASTM G 65 establece si (\leq al 50 % tiene alta resistencia al desgaste), por lo cual el compuesto es aceptable para la construcción del protector del cárter.

Al emplear el proceso de manufactura de estratificación manual permitió obtener una distribución homogénea entre la resina isoftálica (tratada), con el material hibrido caracterizado (fibras de vidrio y cabuya), cuyo material compuesto al ser analizado mediante ensayos de impacto mediante la norma ASTM D5628-10, presento una resistencia máxima al impacto de 0.6063 J, haciendo una comparación directa con el tema de investigación de los señores Navarro O. y Ramírez A. (2014). Con lo cual se estable que el material híbrido del presente estudio es superior.

Al realizar las pruebas de campo por diferentes tipos de vías, se determinó que el material hibrido del cual está formado el protector del cárter presento un desgaste mínimo de 0.2 mm a

1.05 mm, debido a la capa protectora del bate piedra que se le añadió al protector del cárter, determinando así que el deterioro no afectará a su estructura.

Mediante un análisis de costos el valor del protector de cárter se encuentra en un promedio de \$200 dólares americanos , que implica un ahorro de \$ 50 a 80 dólares americanos, ya que un protector del cárter en mercado nacional fluctúa entre \$250 a \$280 dólares dependiendo de la calidad de la cual este fabricado.

Recomendaciones

Al momento de manipular las fibras de vidrio y cabuya, como en el proceso de tratamiento de la resina isoftálica utilizar el correspondiente equipo de protección personal (EPP) debido a las macropartículas que emana tanto las fibras como los gases tóxicos producidos por la resina pueden afectar a la salud del operario.

Aplicar la cantidad necesaria de cera desmoldante para evitar que no se unan entre si el molde, con la pieza a fabricarse y el contra molde.

Cortar la cantidad suficiente de fibras de vidrio y cabuya, tomando en cuenta las medidas del molde del protector para que no exista desperdicio de material.

Evitar golpear los moldes porque pueden dañar el prototipo.

Para obtener un laminado manual óptimo utilizar los rodillos correspondientes, los cuales ayudaran a moldear la pieza evitando así que se produzcan burbujas o imperfecciones atrapadas en cada superficie.

Para obtener una resina tratada tener en cuenta la siguiente consideración por cada 100 gr de resina isoftálica aplicar 10 % de etileno, más 2 cc de octoato de cobalto, más 2 cc de meck de peróxido, formulación que permitirá obtener un proceso de gelidificación de 2 a 3 minutos y un proceso de curado de la resina entre 10 a 12 minutos.

No mezclar conjuntamente el octoato de cobalto con el meck de peróxido porque puede causar una reacción química explosiva.

Para realizar la etapa de lijado se recomienda utilizar el equipo de protección personal, debida que al momento del lijado y la limpieza con el compresor de aire, se desprende pequeñas partículas de polvo las cuales pueden ser inhaladas y pueden causar severos daños a las vías respiratorias.

Implementar otro tipo de recubrimiento que suplante a la capa protectora del bate piedra para que en una futura investigación mediante las pruebas de campo se determine cuál es su comportamiento ante diferentes tipos de vías.

Implementar una norma dentro del marco legal la utilización de materiales híbridos para la fabricación de autopartes en la industria automotriz ecuatoriana.

Bibliografía:

- Anónimo. (s.f.). Recuperado el 09 de 03 de 2017, de
https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/pfcm15_9_2.html
- Anónimo. (2016). *Seguros Jonhly*. Recuperado el 11 de Junio de 2017, de
<http://www.segurosjohnly.com/protector-para-carter-bogota/>
- Ashby, M. (1998). *Engineering Materials*. Oxford: Elsevier.
- Ashori, A. (2008). Wood–plastic composites as promising green-composites for automotive industries. *Bioresourse Technology*.
- Bendezú, J. (2002). *Los plásticos reforzados en fibra de vidrio (prfv), sus aplicaciones y desarrollo en la industria nacional*.
- Besednjak, A. (2005). *Materiales compuestos para procesos de fabricación de embarcaciones*. Barcelona: Edicions UPS.
- Bledzki, A., & Speber, v. (2002). Natural and wood fiber reinforcement in polymers. *Smithers Rapra Publishing*.
- Callister, W. (2014). Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. En W. Callister, *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales* (pág. 534). Estados Unidos: John Wiley y Sons.
- Comercio, E. (2012). Recuperado el 1 de 07 de 2017, de
<http://especiales.elcomercio.com/infografias/2012/07/viasquito/Index.html>
- Contreras, M., & Hormaza, W. (2009). Fractografía de la fibra natural extraída del fique de un material compuesto reforzado con tejido de fibra de fique y matriz de resina poliéster. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*.
- Distribuidor. (2015). Recuperado el 01 de 07 de 2017, de
<http://tudistribuidoronline.com/octoato-de-cobalto-12>
- Distribuidor. (2015). Recuperado el 02 de 07 de 2017, de <http://tudistribuidoronline.com/cera-desmoldante-para-fibra-de-vidrio>
- Escobar, F. (1999). Recuperado el 06 de 2017, de <http://www.escobarford.com.ar/preguntas-frecuentes/>
- Experimental, M. (21 de 10 de 2014). *Comportamiento Mecánico*. Recuperado el 8 de 10 de 2017, de
<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6040/09Mss09de14.pdf?sequence=9>
- Fierros Clásicos. (9 de 05 de 2015). *El carter del motor*. Recuperado el 11 de 06 de 2017, de
<http://www.fierrosclasicos.com/el-carter-del-motor-que-es-que-pasa-si-se-rompe/>
- García, S. (2009). Técnica de estratificación manual aplicada a la escultura: moldes y contramoldes. *Revista Iberoamericana de Polímeros*.
- Garzón, N., Kuflas, M., & Palacios, J. (2016). Evolución del Sector Mnaufacturero Ecuatoriano. *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*, 5.

- Groover, M. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna materiales, procesos y sistemas*. Mexico: Prentice-Hall Hispanoamerica S.A.
- Guerrero, V. (2011). Nuevos Materiales Aplicaciones Estructurales e Industriales. En V. Guerrero, *Nuevos Materiales Aplicaciones Estructurales e Industriales* (págs. 120-121). Quito: Imprefepp.
- Guerrero, V., Pontón, P., Tamayo, A., Villacis, H., Delgado, F., & Galeas, S. (2011). Materiales Compuestos de Matriz Poliéster reforzados con fibras naturales y sintéticas.
- Importadora, E. P. (31 de Marzo de 2014). *Desagregación Tecnológica*. Recuperado el 09 de 03 de 2017, de <https://importacionresponsable.wordpress.com/2014/03/31/que-es-la-desagregacion-tecnologica/>
- Johnly, S. (2016). *Seguros Johnly*. Recuperado el 12 de 03 de 2017, de <http://www.segurosjohnly.com/protector-para-carter-bogota/>
- Macía, M. (2006). Recuperado el 09 de 03 de 2017, de <http://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2023.pdf>
- Macía, M. (2006). Las plantas de fibra. *Materiales compuestos de matriz poliéster reforzados*. (s.f.).
- Metalurgica. (2009). *Metalurgica RB*. Recuperado el 11 de 03 de 2017, de Metalurgica RB: <http://www.metalurgicarb.com.ar/webfaq3.htm>
- Newell, J. (2011). Ciencia de materiales Aplcaciones en Ingenieria. En Newell, *Ciencia de materiales Aplcaciones en Ingenieria* (pág. 226). Mexico: Alfa omega.
- Navarro, N. (2014). *Evaluación de las Propiedades Mecánicas de un Material Compuesto Reforzado con Fibra de Fique y Fibra de Vidrio en una Matriz de Resina Poliéster*. Colombia.
- Pachacama, V. (2015). *Diseño, caracterización y aplicación de un material compuesto con base de resina epoxi y refuerzo de fibras orgánicas para la aplicación en un prototipo de capot de la camioneta mazda bt50 2010*. Latacunga: ESPE.
- Paredes, J. (2012). *Estudio de polímeros híbridos estratificados de matriz poliéster reforzada con fibra de fibra de vidrio y cabuya como material alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en guardachoques para buses*. 2012: Universidad Técnica de Ambato.
- Pickering, K. (2008). Properties and performance of natural-fibre composites. *Elsevier*.
- Pintulac. (2008). Recuperado el 06 de 07 de 2017, de http://pintulac.com.ec/images/productos/docs_descarga/6669.pd
- Protokimica. (2015). Recuperado el 01 de 07 de 2017, de <http://www.protokimica.com/tienda/materias-primas/mek-peroxido/>
- Quiminet. (2017). Recuperado el 1 de 07 de 2017, de <https://www.quiminet.com/articulos/las-caracteristicas-y-aplicaciones-mas-importantes-de-la-resina-isoftalica-60413.htm>
- Regis. (2012). Recuperado el 04 de 07 de 2017, de http://www.regissa.com/productos/masillas-y-enduidos/59_masilla-epoxi-lijable

- Rojas, F. (2013). *Propuesta técnica del proceso de laminado manual en plástico reforzado con fibra de vidrioPRFV en la fabricación de elementos utilitarios*. Loja: Universidad Internacional del Ecuador.
- Sagrista, P. (s.f.). Obtenido de <http://www.sagristaproducts.com/es/31-resinas-poliester-para-laminar>
- Smith, W., & Javad, H. (2004). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. México: Mc Graw Hill.
- Superior, P. (2014). Recuperado el 05 de 07 de 2017, de http://www.pinturassuperior.com/linea_automotriz.html
- Tadeusz, M., & Andrzej, B. (2010). Plásticos reforzados con fibras naturales en el sector automotriz. 30.
- Tapia, C., Simbaña, A., & Bermúdez, J. (2013). Aplicación de las fibras naturales en el desarrollo de materiales compuestos y como biomasa. *Revista Tecnológica ESPOL*.
- Tecnologic, P. (2017). *Gardner Business Media*. Recuperado el 04 de 07 de 2017, de <http://www.pt-mexico.com/art%C3%ADculos/materiales-reforzados-que-marcan-tendencia-en-automotriz>
- Thakur, V. (2013). Green composites from natral resources. *CRC Press*.
- Tixe, J., & Vistín, J. (2015). *Aplicación de materiales compuestos pra la formacion de guardabarros y tapas laterales de una moto de 125 cc,4 tiempos*. Riobamba.
- UMSS. (4 de 07 de 2017). *Ing. Mecánica- tecnologia* . Obtenido de <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/PDF/cap-11.pdf>
- Velasquez, P. y., & Giraldo, D. (2016). Uso de las fibras vegetales en materiales compuestos de matriz polimerica: una revision con miras a su aplicación en el diseño de nuevos productos. *Compartirlgual 4.0 International*, 82.

Anexos

Anexo A. Preparación de la resina poliéster



CENTRO INTEGRAL DEL PLÁSTICO REFORZADO

FORMULACIONES – RESINAS POLIESTER

Cada 100 g _n de resina	Agregar →	Acelerador 0,6%	Catalizador MEK	Tiempo de trabajo	Temperatura ambiente
Náutica		2 cc	2 cc	15 min	25 °C
R-211 -Coladas		2 cc	2 cc	10 min	25 °C
R-211 -Preacelerada			2 cc	8 min	25 °C
PT – 505 Tereftálica		2 cc	2 cc	10 min	25 °C
Gel Coat		2 cc	2 cc	25 min	25 °C
		Acelerador 2 %	Catalizador MEK	Tiempo de trabajo	Temperatura ambiente
Isoftálica		2 cc	2 cc	20 min	25 °C
H-197 – Antiácida/Ignífuga		1 cc	2 cc	30 min	25 °C

Preparación: Mezclar la resina con el acelerador durante 1 ó 2 minutos, luego agregar el catalizador y mezclar otra vez durante 1 ó 2 minutos. Si la temperatura ambiente fuera mayor que la indicada, se puede reducir la cantidad de acelerador con lo que se mantendrá el tiempo de trabajo. A la inversa si la temperatura es menor. Tener en cuenta que a mayor masa de mezcla, menor tiempo de trabajo. Asimismo reduciendo ó aumentando el acelerador se reduce ó aumenta el tiempo de trabajo.

El curado se verifica a las 24 horas, y en todos los casos la dureza final se obtiene a los 7 días (25°C) ó se puede hornear durante 4 a 6 horas a 80 °C.

Anexo B. Ficha técnica del fondo base

	<p>REFERENCIA Y COLOR 9216 (19070) Gris</p>																						
	<p>DESCRIPCIÓN Base poliuretano en dos componentes para repintado de vehículos, de excelente poder de relleno, rápido secamiento y baja demanda de isocianato lijable en húmedo o en seco.</p>																						
	<p>USOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Como Base – Fondo para garantizar la adherencia, facilitar el cubrimiento y permitir extraordinarios acabados en los colores planos, metalizados y perlados. • Permite visualizar fácilmente los defectos de preparación de superficie. 																						
	<p>ESPECIFICACIONES</p> <table border="1"> <tr> <td>% Sólidos por peso</td> <td>61.4 – 65.4</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad, KU</td> <td>90 - 100</td> </tr> <tr> <td>Relación de mezcla por volumen con 3555 De Base Poliuretano Ref. 9216 De Catalizador concentrado Ref. 3555 De Thinner Ref. 121.108</td> <td>5 partes 1 partes 2 partes</td> </tr> <tr> <td>Tiempo secamiento a 25°C y humedad relativa del 60% Para segundas manos</td> <td>1 hora máximo 10 minutos</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de activación antes de aplicar</td> <td>10 minutos</td> </tr> <tr> <td>Rendimiento a 25 micrones</td> <td>17.51 mtr²/litro</td> </tr> <tr> <td>Número de manos</td> <td>2 a 3</td> </tr> <tr> <td>Tiempos de aireo</td> <td>5-10 minutos entre manos</td> </tr> <tr> <td>Superficie de aplicación</td> <td>Lámina galvanizado y plásticos</td> </tr> <tr> <td>Thinner Pintuco para la aplicación</td> <td>121.108</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de vida útil de la mezcla</td> <td>2 horas a 25°C</td> </tr> </table>	% Sólidos por peso	61.4 – 65.4	Viscosidad, KU	90 - 100	Relación de mezcla por volumen con 3555 De Base Poliuretano Ref. 9216 De Catalizador concentrado Ref. 3555 De Thinner Ref. 121.108	5 partes 1 partes 2 partes	Tiempo secamiento a 25°C y humedad relativa del 60% Para segundas manos	1 hora máximo 10 minutos	Tiempo de activación antes de aplicar	10 minutos	Rendimiento a 25 micrones	17.51 mtr ² /litro	Número de manos	2 a 3	Tiempos de aireo	5-10 minutos entre manos	Superficie de aplicación	Lámina galvanizado y plásticos	Thinner Pintuco para la aplicación	121.108	Tiempo de vida útil de la mezcla	2 horas a 25°C
% Sólidos por peso	61.4 – 65.4																						
Viscosidad, KU	90 - 100																						
Relación de mezcla por volumen con 3555 De Base Poliuretano Ref. 9216 De Catalizador concentrado Ref. 3555 De Thinner Ref. 121.108	5 partes 1 partes 2 partes																						
Tiempo secamiento a 25°C y humedad relativa del 60% Para segundas manos	1 hora máximo 10 minutos																						
Tiempo de activación antes de aplicar	10 minutos																						
Rendimiento a 25 micrones	17.51 mtr ² /litro																						
Número de manos	2 a 3																						
Tiempos de aireo	5-10 minutos entre manos																						
Superficie de aplicación	Lámina galvanizado y plásticos																						
Thinner Pintuco para la aplicación	121.108																						
Tiempo de vida útil de la mezcla	2 horas a 25°C																						

Anexo C. Ficha técnica del monómero de estireno



Poliformas Plásticas

Resinas Poliéster • Fibra de Vidrio



MONOMERO DE ESTIRENO

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

MONOMERO DE ESTIRENO

PROPIEDADES DEL MATERIAL

ESPECIFICACIÓN	VALOR	MÉTODO DE PRUEBA
Pureza (%)	99.6 Mínimo.	EQPP-CC-071
Apariencia (S.U.)	Líquido Claro.	EQPP-CC-015
Olor (S.U.)	Característico.	EQPP-CC-016
Color (Pt/Co)	10 Máximo.	EQPP-CC-007
Densidad @ 20 °C (g/ml)	0.904	EQPP-CC-008
Humedad (% Peso KF)	0.1 Máximo.	
Inhibidor (ppm)	10 - 20	EQPP-CC-072

DESCRIPCIÓN

Líquido transparente con olor aromático más utilizado como diluyente de resinas poliéster y gel coats.

CARACTERÍSTICAS

- Excelente Compatibilidad con la resina poliéster
- Buena integración

BENEFICIOS

- Ajusta la viscosidad de la resina según los requerimientos necesarios para un buen proceso.

APLICACIONES

- Como disolvente o diluyente de resinas poliéster no saturadas, vinylester y gel coats.

Anexo D. Ficha técnica del peróxido de meck

Ficha técnica	
Peróxido Mek	
	
Descripción	Peróxido de Metil Etil Cetona (MEK Peróxido), solución en di-metil ftalato (DMP).
Aplicaciones	Es un típico peróxido orgánico de reactividad media, catalizador para resinas de poliéster insaturado, en presencia de acelerantes a base de sales de Cobalto, por reacción a temperatura ambiente o alta temperatura. Catalizador para uso industrial.
Apariencia	Líquido transparente e incoloro
Oxígeno activo total	8,8 - 9,0 %
Densidad a 20 °C	1,180 g/cm ³
Contenido de agua residual	3,0 % max.
Temperatura de descomposición autoacelerada (SADT)	60 °C

Anexo E. Ficha técnica del octoato de cobalto

FICHA TECNICA	
SECANTE METALICO	
OCTOATO DE COBALTO 6%	
1.- Características	
% Metálico	6.0 % ± 0.2 %
% Sólidos	33.5 % apróx.
Densidad (gr / cm ³)	0.88 ± 0.03
Color	Azul / Violeta
Solvente	Aguarrás.
Presencia de Plomo	5 ppm.
2.- Usos principales	
<ul style="list-style-type: none">• Pintura• Barnices• Tintas• Acelerantes para poliester.	

Anexo F. Ficha técnica de la resina isoftalica

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
9.1 Información de propiedades físicas y químicas básicas:	
Para completar la información ver la ficha técnica/hoja de especificaciones del producto.	
Aspecto físico:	
Estado físico a 20 °C:	Líquido
Aspecto:	Denso
Color:	Amarillento
Olor:	No determinado
Volatilidad:	
Temperatura de ebullición a presión atmosférica:	145 °C
Presión de vapor a 20 °C:	622 Pa
Presión de vapor a 50 °C:	3297 Pa (3 kPa)
Tasa de evaporación a 20 °C:	No relevante *
Caracterización del producto:	
Densidad a 20 °C:	1020 kg/m ³
Densidad relativa a 20 °C:	1,02
Viscosidad dinámica a 20 °C:	1,85 cP
Viscosidad cinemática a 20 °C:	1,82 cSt
Viscosidad cinemática a 40 °C:	No relevante *
Concentración:	No relevante *
pH:	No relevante *
Densidad de vapor a 20 °C:	No relevante *
Coefficiente de reparto n-octanol/agua a 20 °C:	No relevante *
Solubilidad en agua a 20 °C:	No relevante *
*No relevante debido a la naturaleza del producto, no aportando información característica de su peligrosidad.	

Anexo G. Ficha técnica de la masilla lijable

<u>DATOS TÉCNICOS</u>	
TIPO: Epoxi - poliamida de dos componentes (Base pigmentada + Agente Reactivo)	
RELACION DE MEZCLA:	Por volumen: Base (A): 1,000 l Reactivo (B): 1,000 l
PESO ESPECÍFICO:	Base (A): 1,560 Kg/l Reactivo (B): 1,430 Kg/l Mezcla : 1,490 Kg/l
CONTENIDO DE SÓLIDOS:	Por peso : 100 %
TIEMPO DE SECADO (25°C, 50% HRA):	Libre de tacto : 4 horas Para lijar y pintar: 6 horas Curado Total : 7 días
VIDA ÚTIL DE LA MEZCLA (para 100cc):	2 Horas a 20°C
TEMPERATURA DE APLICACIÓN:	15°C mínimo
TEMPERATURA DE SERVICIO:	100°C máximo
COLOR:	Celeste
BRILLO:	Mate
ESTABILIDAD EN EL ENVASE:	6 meses
RENDIMIENTO TEORICO:	1 m ² / mm de espesor/ litro
(No se contemplan mermas de aplicación, rugosidad del sustrato, etc.)	
FONDOS RECOMENDADOS:	Fondos de la líneas Epo-tex y Epo-Lux 33-1335 Epo-Lux - Imprimación epoxi
PRESENTACIÓN:	½, 1, 2 y 8 litros

Anexo H. Ensayo de desgaste por abrasión.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
 DEPARTAMENTO DE MATERIALES
 LABORATORIO DE FUNDICIÓN



INFORME TÉCNICO

Solicitado por: Ing. Diego Simbaña

Tipo de trabajo: Prueba de desgaste por abrasión

Fecha: 30 de Octubre del 2017

Realizado por: Ing. Óscar Sotomayor y Tigo. Fabián Peñaloza

Descripción: Muestras resina poliéster isoftálica

1. ANTECEDENTES.

Se recibe en el Laboratorio de Fundición de la Escuela Politécnica Nacional cuatro muestras sueltas.

2. IDENTIFICACIÓN DE LAS PROBETAS.

Se tiene cuatro probetas para el análisis correspondiente, la identificación de estas probetas se indica a continuación:

Nombre	Identificación de la probeta
Resina Poliéster "R"	R1
	R2
	R3
	R4





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE MATERIALES
LABORATORIO DE FUNDICIÓN



3. DATOS DE LAS PROBETAS ANTES DEL ENSAYO DE ABRASIÓN

Muestra	Diámetro				H Inicial				Masa inicial (gr)
	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
R 1	14,4	14,4	14,4	14,4	12,4	12,9	12,6	12,6	2,43
R 2	14,4	14,4	14,4	14,4	12,1	12,5	12,3	12,3	2,36
R 3	14,4	14,4	14,4	14,4	12,4	12,2	12,3	12,3	2,37
R 4	14,4	14,4	14,4	14,4	11,6	11,8	12,9	12,1	2,33

4. RESULTADOS DEL ENSAYO

Luego de haber realizado el ensayo a las probetas se obtuvieron los siguientes resultados:

Muestra	Densidad individual g/mm ³	Densidad de la resina g/mm ³	Masa final gr	Volumen inicial mm ³	Volumen final mm ³	Delta volumen mm ³
R 1	0,00118	0,001181	1,78	2057,3	1507,0	550,3
R 2	0,00118		1,93	1998,0	1634,0	364,0
R 3	0,00118		1,88	2006,5	1591,6	414,8
R 4	0,00118		1,71	1972,6	1447,7	524,9
Promedio						463,5


 Ing. Oscar Sotomayor
 Jefe del Laboratorio de Fundición.



Anexo I. Ensayo de Impacto mediante norma ASTM D5628-10

 **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**
LABORATORIO DE NUEVOS MATERIALES
Análisis, procesamiento y evaluación de materiales

INFORME TÉCNICO
LANUM-NOV.01.17

Quito, 1 de noviembre de 2017

Trabajo solicitado por: Ing. Diego Simbaña
Universidad Internacional SEK

ORDEN DE TRABAJO Nº 0005527

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos de impacto por caída libre de dardo mediante la norma ASTM D5628-10 realizados en probetas de material compuesto híbrido con matriz de resina poliéster isoftálica, reforzada con dos capas de refuerzo de fibra de vidrio y una capa con fibra de cabuya. Los ensayos de impacto en el material compuesto obtenido por el proceso de estratificación manual servirán como aporte en el proyecto de titulación "Diseño, Análisis y Construcción de un Protector de Carter para un Vehículo Chevrolet Sail", desarrollado por la persona solicitante.

Las probetas de material compuesto fueron entregadas en el Laboratorio de Nuevos Materiales de la Escuela Politécnica Nacional por la persona solicitante para los respectivos ensayos.

MUESTRAS:

- 24 probetas de material compuesto de 2 pulgadas x 2 pulgadas y con un espesor promedio de 2,57 mm

Equipos utilizados

- Máquina de impacto por caída de dardo, con el dardo normalizado con configuración FB de la norma ASTM D5628-10 (masa del dardo = 117,5 g).
- Calibrador de vernier marca: Mitutoyo, modelo: Absolute Digimatic (12"/300 mm) con una apreciación de 0,01 mm. Utilizado para medir las dimensiones de las probetas.
- Balanza marca: ADAM, modelo: PGL6001; apreciación de 0,1 g. Utilizada para determinar la masa del dardo.

1. ENSAYOS DE IMPACTO POR CAÍDA LIBRE DE DARDO SEGÚN ASTM D5628-10

Condiciones de ensayo según la norma ASTM D5628-10

- Número de muestras: al menos 20 especímenes
- Configuración del dardo y probetas: FB *VE*

LANUM-EPN



