



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

“EFECTO DEL PORCENTAJE DE FIBRA DE CARBONO EN FIBRA DE VIDRIO
SOBRE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y CORTE CAJAMARCA”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

LUIS ENRIQUE GARCÍA ESPINOZA

ASESOR:

ING. LUIS FERNANDO CHAPOÑÁN RIMACHI

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

MANUFACTURA: ESTRUCTURAS METAL- MECÁNICAS

PERÚ 2017

DEDICATORIA

La reciente tesis la brindo a todas esas personas q me ayudaron en esta vida universitaria, sin olvidarse del único creador que es nuestro dios todo poderoso ya que sin el nosotros no seriamos nada, aunque él nos dio el libre albedrio.

LUIS

AGRADECIMIENTO

Agradezco a nuestro asesor ya que por el cual nos apoyó incondicionalmente así poder desarrollar esta tesis que es muy importante para nuestro desarrollo como profesionales que somos para forjar nuestro futuro

LUIS

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo de investigación titulado: “**EFFECTO DEL PORCENTAJE DE FIBRA DE CARBONO EN FIBRA DE VIDRIO SOBRE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y CORTE**” se desarrolla con el interés de potenciar el perfeccionamiento a la evaluación de los esfuerzos de tracción y corte en materiales compuestos en porcentaje de fibra de carbono y fibras de vidrio con resina poliéster.

Capítulo I. se presenta la realidad problemática, la falta de información de los plásticos reforzados para el sector automotriz que en nuestra ciudad son de baja calidad y un elevado precio sin ninguna responsabilidad estructural perdiendo así su capacidad de uso se hace un resumen de los principales trabajos previos y se menciona las teorías relacionadas la fibra de carbono la fibra de vidrio en un compuesto matriz poliéster, sus esfuerzos y resistencias. Luego se enuncia el problema, posteriormente justificar el trabajo de investigación realizado y presentar la hipótesis, con los objetivos de la investigación.

Capítulo II. Se presenta el diseño de la investigación, describiendo las variables y su operacionalización, así como la población y muestra, además de las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados en la investigación, así como los métodos de análisis de datos.

Capítulo III. Se presenta los resultados obtenidos de acuerdo con los objetivos generales y específicos definidos.

Capítulo IV. Se realiza la discusión de los resultados obtenidos.

Capítulo V. las conclusiones.

Capítulo VI. las recomendaciones.

Capítulo VII. Se muestran las referencias bibliográficas obtenidas para la investigación de la presente tesis.

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICES DE TABLAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	14
1.1.1 Internacional.....	14
1.1.2 Nacional	15
1.1.3 Local.....	16
1.2 TRABAJOS PREVIOS.....	17
1.2.1 Internacional.....	17
1.2.2 Nacional	19
1.2.3 Local.....	20
1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	20
1.3.1 Los materiales compuestos.....	20
1.3.2 Fase dispersa:.....	22
1.3.3 Distribución de los materiales compuestos en función a la matriz	24
1.3.4 Organización de Los Materiales Compuestos por refuerzo.....	25
1.3.5 Fase matriz.....	26
1.3.6 Fase Fibrosa	28
1.3.7 Tipos De Fibras	31
1.3.8 La interfase.....	39
1.3.9 Los Materiales Compuestos Carbono/Carbono.....	40
1.3.10 Proceso Hand Lay- Up	40
1.3.11 Ensayos de tracción norma ASTM D638 – 01	42
1.3.12 Ensayos al corte norma ASTM D7078-05	44

1.4	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	46
1.5	JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	46
1.6	HIPÓTESIS	46
1.7	OBJETIVO	47
1.7.1	Objetivos generales.....	47
1.7.2	Objetivos específicos.....	47
II.	MÉTODO	47
2.1	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	47
2.1.1	Tipo de estudio.....	47
2.1.2	Diseño de investigación.....	47
2.2	VARIABLES OPERACIONALIZACIÓN	47
2.2.1	Variables	47
2.2.1.1	Variable independiente.....	47
2.2.1.2	Variable dependiente	47
2.2.2	Operacionalización de la variable.....	48
2.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	49
2.3.1	Población.....	49
2.3.2	Muestra	49
2.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDES Y CONFIABILIDAD	51
2.4.1	Técnicas:.....	51
2.4.2	Instrumentos:.....	51
2.5	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	51
2.6	ASPECTOS ÉTICOS.....	51
III.	RESULTADOS.....	52
3.1	DETERMINAR MEDIANTE PRUEBAS PRELIMINARES DE IMPACTO, EL SOLVENTE, CATALIZADOR Y ACELERANTE DE LA RESINA MATRIZ POLIÉSTER A USAR EN LA PRESENTE INVESTIGACIÓN.	52
3.2	ESTABLECER LA MARCHA EXPERIMENTAL PARA EL PROCESO DE MANUFACTURA DE MOLDEO POR COMPRESIÓN.....	55
3.3	CONSTRUIR GRAFICAS MEDIANTE SOFTWARE EXCEL DE LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA DE CARBONO VERSUS RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y ESFUERZO CORTANTE.	56

IV. DISCUSIÓN	60
V. CONCLUSIÓN	62
VI. RECOMENDACIONES	63
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
VIII.ANEXOS	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	21
Figura 2	22
Figura 3	23
Figura 4	24
Figura 5	25
Figura 6	26
Figura 7	29
Figura 8	32
Figura 9	33
Figura 10	34
Figura 11	35
Figura 12	36
Figura 13	37
Figura 14	39
Figura 15	40
Figura 16	41
Figura 17	41
Figura 18	42
Figura 19	44
Figura 20	45
Figura 21	45
Figura 22	49
Figura 23	50
Figura 24	77
Figura 25	77
Figura 26	78

Figura 27	80
Figura 28	80
Figura 29	82
Figura 30	83
Figura 31	90
Figura 32	96
Figura 33	97
Figura 34	98
Figura 35	99
Figura 36	100
Figura 37	100
Figura 38	101
Figura 39	102
Figura 40	103
Figura 41	104
Figura 42	104
Figura 43	105
Figura 44	106
Figura 45	106
Figura 46	107
Figura 47	107
Figura 48	107
Figura 49	107
Figura 50	107
Figura 51	107
Figura 52	107
Figura 53	107
Figura 54	107

INDICES DE TABLAS

Tabla 1	30
Tabla 2	31
Tabla 3	32

Tabla 4	38
Tabla 5	48
Tabla 6	50
Tabla 7	51
Tabla 8	52
Tabla 9	52
Tabla 10	53
Tabla 11	53
Tabla 12	54
Tabla 13	56
Tabla 14	57
Tabla 15	57
Tabla 16	58
Tabla 17	59
Tabla 18	59
Tabla 19	81
Tabla 20	82
Tabla 21	83
Tabla 22	84
Tabla 23	84
Tabla 24	88
Tabla 25	88
Tabla 26	90
Tabla 27	91
Tabla 28	94
Tabla 29	95

ANEXO

Anexos 1	68
Anexos 2	77
Anexos 3	97
Anexos 4	106

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: “Efecto del porcentaje de fibra de carbono en fibra de vidrio sobre la resistencia a la tracción y corte”, se evaluó la adhesión de la fibra de carbono y fibra de vidrio como materiales compuesto el cual se cuantifico el efecto del reemplazo gradual de la fibra de vidrio tipo E por fibras de carbono unidireccional para mejorar la resistencia mecánica a la tracción y corte de la fibra de vidrio con fibra de carbono, los reemplazos se cuantificaron como porcentajes en peso, tomando como porcentaje máximo de fibra incorporada al compuesto de 40%, así los reemplazos se hicieron al 10, 20, 30 y 40% del peso del compuesto reemplazando fibra de carbono por fibra de vidrio. La matriz en este caso fue una resina tipo poliéster insaturada. Se realizó mediante el proceso de conformado por moldeo por compresión siendo la presión utilizada de 2000 psi y siendo esta constante durante todos los ensayos realizados. Para la etapa de caracterización mecánica se usó de moldes de acero adecuados para el presente caso; de estas placas se obtuvieron las correspondientes muestras para los ensayos de tracción y de corte; mientras que las medidas de las muestras a ensayar estuvieron adecuadas a las normas ASTM D638–01 para el caso del ensayo a tracción y ASTM D7078-05 para el caso del ensayo de corte. Se realizó un total de 15 ensayos de resistencia a la tracción y 15 ensayos de esfuerzo cortante el cual analizamos Los porcentajes de fibra de carbono y fibra de vidrio versus a la resistencia a la tracción y esfuerzo cortante, con 4 capas de fibra de vidrio y un porcentaje en peso de 29.58% tiene una resistencia a la tracción de 95.15 MPa y al corte de 10.12 MPa; con 4 capas de fibra de carbono y un porcentaje en peso de 37.5% obtuvimos una resistencia a la tracción de 428.08 MPa y al corte de 43.5 MPa. Esto significa que hay un incremento a la resistencia la tracción del 349.9 % y al corte en y 329.8%.

Palabras claves: compuesto, fibra de carbono, fibra de vidrio.

ABSTRACT

The present research work titled: "Effect of the percentage of carbon fiber on glass fiber on tensile and shear strength", the adhesion of carbon fiber and glass fiber as composite materials was evaluated. Effect of the gradual replacement of the type E glass fiber by unidirectional carbon fibers to improve the mechanical tensile and shear strength of the glass fiber with carbon fiber, the replacements were quantified as percentages by weight, taking as a percentage of Fiber incorporated into the 40% compound, thus replacements were made at 10, 20, 30 and 40% of the composite weight by replacing carbon fiber with glass fiber. The matrix in this case was an unsaturated polyester resin. It was performed by the compression molding process with the pressure used being 2000 psi and this pressure being constant during all the tests performed. For the mechanical characterization step, steel molds suitable for the present case were used; From these plates the corresponding samples were obtained for the tensile and cutting tests; While the measurements of the samples to be tested were adequate to the ASTM D638-01 standards for the tensile test and ASTM D7078-05 for the cut test case. A total of 15 tensile strength tests and 15 shear tests were performed, which analyzed the percentages of carbon fiber and glass fiber versus tensile strength and shear strength with 4 layers of glass fiber and A weight percentage of 29.58% has a tensile strength of 95.15 MPa and a shear of 10.12 MPa; With 4 layers of carbon fiber and a weight percentage of 37.5%, obtained a tensile strength of 428.08 MPa and a cut of 43.5 MPa. This means that there is an increase in tensile strength of 349.9% and shear at 329.8%.

Key words: compound, carbon fiber, fiber glass.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

1.1.1 Internacional

Roger Bacon en 1958 fabricó fibras de carbón en el Centro Graf Tech International Holdings, Inc. Ubicada en alrededores de Cleveland, Ohio. El filamento se producía según el procedimiento de caldeo de filamentos de rayón para tostarlos. El procedimiento reflejó muy ineficaz, por que los filamentos tenían un 20% de carbón y poseían bajas características de fuerza y de rigidez. En los años de 1960, un procedimiento hecho por Akio Shindo de la Agencia de Ciencia Industrial Avanzada y Tecnología de Japón, con poliacrilonitrilo (PAN) materia prima. El fabricó una fibra de carbón que abraza cerca del 55% de carbón. La valiosa fuente de la fibra de carbón fue explotada en 1963 por el Reino Unido para su flota de aeronaves. Rolls-Royce, Morganita y Courtaulds estas tres empresas británicas lo industrializaron y vendieron al mercado de EEUU para su parque aeronáutico (Mariano, 2011, parr.1).

En los años de 1970, la materia prima para producir la fibra de carbono fue a partir del petróleo el cuál con el 85% de carbono tiene y buena resistencia a la flexión (Mariano, 2011, parr.2).

Las características de la fibra de carbón tienen alta tolerancia de elevadas temperaturas baja expansión térmica poco peso y buena flexibilidad resistencia a todo lo mecánico, pero aun su precio es muy costoso con el resto de fibras lo que reduce el uso de esta fibra (Ángeles, 2014, parr.4).

La fibra de carbón comúnmente se combina con una resina como matriz el cual posee una elevada proporción resistencia-peso, considerablemente severo, no obstante, el material es un poco vidrioso, no obstante, la fibra de carbón también se combina con grafito para fabricar carbono-carbono, que tienen una resistencia térmica muy elevada (Mariano, 2011, parr.3).

la fibra de carbón tiene una alta resistencia a todo lo que fuese mecánico, por lo que trabaja con el módulo de elasticidad muy alto y tiene una baja densidad hacia los otros elementos (hierro) y no se ve muy afectado por el medio ambiente por el gran aislamiento térmico (Sandoval, 2014, parr.3).

Entre las ventajas del uso de las fibras de carbón tienen varias aplicaciones, por sus propiedades en aquellas aplicaciones en las que se requiera la equilibrada combinación resistencia-peso:

- Industria aeronáutica.
- Industria automovilística.
- Industria naval.
- Industria del deporte.
- Industria musical.
- Industria armamentística.
- Industria de las telecomunicaciones.
- En la construcción. (Bravo, 2012, p. 19).

1.1.2 Nacional

En nuestro país, Perú está ampliamente difundido el uso del compuesto poliéster y fibra de vidrio (F.V), el cual se utiliza para la elaboración de forma casera de piezas para el sector automotriz, accesorios de casa, recipientes, artículos deportivos, entre otros, siendo la presentación clásica de las fibras de vidrio dispuestas al azar, esta permite obtener relativamente bajos en resistencia mecánica. Existen ya en el mercado peruano fibras de vidrio en diferentes presentaciones (tejidas y orientadas); además de la difusión de la fibra de carbono para la cual no existe un banco de datos que permitan predecir el incremento de la resistencia mecánica por el uso de dichas fibras, lo cual sería de gran utilidad al momento de decidir que fibras usar, según las necesidades del producto final (Cimbra, 2010, p. 45).

Una forma de mejorar notablemente el comportamiento mecánico de estos materiales poliméricos es el reforzamiento con fibras sintéticas, constituyéndose en una variedad de los llamados: Compuestos de Ingeniería. El uso de la fibra

sintética, a manera agentes reforzantes de matriz polimérica, tiene un desarrollo de nuevas tecnologías industriales. Dichos materiales en nuestro medio no tiene gran difusión en aplicaciones si se compara con el uso de los metales, parte de ello se debe a su falta de conocimiento de sus mejorías mecánicas y procesamiento(Morales,2008,p.45-62).

En el Perú existen diversas empresas que se dedican a la fabricación de autopartes hechos de resina y fibra de vidrio, usando casi en exclusividad el proceso de molde abierto. En la región norte del país, empresas formales desarrollan productos con estos materiales destinados al sector automotriz, sector que viene en incremento, tanto vehículos compactos, Sedan y de carga, todos en algún momento de su vida útil en nuestro medio usan o usaran partes de fibra de vidrio y resina; estas autopartes son de baja calidad y alto costo, dado que estos procedimientos no se rigen a una Norma específica o no se han hecho los estudios suficientes para evaluar el tipo y la cantidad de materiales a usar en la fabricación de este tipo de piezas, muchas de ellas confeccionadas en talleres artesanales de autopartes sin los mínimos controles de calidad de los productos y sin garantizar durabilidad de los mismos (Rodríguez Y Saucedo,2016,p.16).

1.1.3 Local

Penosamente los plásticos reforzados, en nuestro contorno no tiene gran difusión en aplicaciones si se mide con el uso de los metales, parte de ello se debe a su falta de conocimiento de sus mejorías mecánicas y procesamiento de dichos materiales. En nuestro país, existen diversas empresas que se dedican a la fabricación de autopartes hechos de fibra de vidrio y ningún refuerzo de fibra de carbón como: Bruce, Modasa, Metalbus, Fiberglass, Laminados SAC, entre otras, usando casi en exclusividad el proceso de molde abierto, proceso de baja velocidad de producción, por el cual resulta el costo final del producto muy elevado, de ahí, una de las razones por las que el consumo de este material es limitado en el ámbito de aplicaciones caseras. En nuestra ciudad de Cajamarca no existen ninguna empresas formales para desarrollan productos con estos materiales destinados al sector automotriz, sector que viene en incremento, tanto vehículos compactos, sedan y de carga, todos en algún momento de su vida útil

en nuestro medio usan o usarán partes de resina con fibra de vidrio y fibra de carbono ; estas autopartes son de baja calidad y alto precio, muchas de ellas confeccionadas en talleres artesanales de autopartes sin los mínimos controles de calidad de los productos y sin garantizar calidad en ellos, en la mayoría la forma de obtención de autopartes, las cuales solo sirven como accesorios del automóvil, es decir partes con poca o ninguna responsabilidad estructural, perdiendo así capacidad de uso de este material.

Cual o cuales son las causas de por qué una autoparte fabricada en nuestro medio es de baja calidad en términos de resistencia mecánica, es una pregunta que a los ingenieros nos debe de interesar, las causas son múltiples, pero se intentara listar algunas de ellas:

- Falta de conocimiento real del uso de las materias primas involucradas.
- Falta de conocimiento del proceso de manufactura probables de aplicación.
- Falta de estándares de calidad de los productos manufacturados.
- Falta de exploración de plásticos reforzados.
- Falta de personal calificado en materiales compuestos.

Esto se cumple por que la resistencia de la resina poliéster tiene propiedades mecánicas que son baja en resistencia mecánica, esto se debe a la presentación del refuerzo y el proceso de manufactura.

1.2 Trabajos Previos

1.2.1 Internacional

Carrasco (2015,p.8) en su tesis titulada “Materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y fibra de carbono y su incidencia en las propiedades mecánicas de tracción” hacen referencia que, los materiales compuestos fabricados con resina epoxicas fortalecida con diversos volúmenes de fibra de carbón. Se aplicó 1 kg/cm² de presión y un vacío de 1 atm. En las pruebas se obtuvo que la resistencia a la tensión y flexión del compuesto dan optimizados las variaciones de volumen de fibra de carbón. Él cual tiene una buena conducta mecánica, en esfuerzos de tensión que cuando lo hacen en esfuerzos de flexión. Y una vez que es realizado los esfuerzos la tensión se rompe todas las fibras. Así concluyen

en todas las pruebas de flexión, la resistencia a la flexión creció de 4,48 MPa a 25,28 MPa, esto expresa una ampliación mejor al 500% de la resistencia del material compuesto. Los resultados fueron que las fibras quebrantadas por lienzo o laminado, Los datos obtenidos de la resistencia a la tensión dan una ampliación de 8.36 MPa a 351.00 MPa, Y si la matriz es fortificada con 60% de fibras de carbón, aumenta hasta el 4000% de resistencia a la tensión El mejor procedimiento de laminación es de (cámara barométrica) y no se debería utilizar el procedimiento de curado ya q no tenía el mismo efecto de resistencia.

Sánchez (2011, p.117), En su tesis titulada “Análisis mecánico, y fisicoquímico de un material compuesto de matriz termoestable y refuerzo de fibra de carbono: comparativa de propiedades del material curado fuera y dentro de autoclave” se ha investigado a través de un estudio comparativo, las variaciones fisicoquímicas y mecánicas de un plástico reforzado de resina epoxídica termoestable de refuerzo con fibra de carbón polimerizado en estufa y en autoclave. El principal objetivo es de reducción de costos de fabricación, reducir el uso de la autoclave. El curado en autoclave eleva el coste de fabricación del producto final, pero es de una calidad superior. Este proyecto se encarga de caracterizar un nuevo material, curándolo de ambas maneras, y comparando si sus propiedades se ajustan a la calidad requerida en las estructuras primarias de un avión. Actualmente este tipo de piezas son fabricadas a través procesos RTM (Moldeo por transferencia de resinas) que facilita la fabricación de piezas con estructuras complejas, partiendo de material seco y posterior inyección de resina. Durante el curado mediante autoclave se aporta una presión para la reducción del volumen de huecos existentes en un laminado. El volumen de huecos permitido es de un 2%. Las conclusiones: De este proyecto se encargará de que si el nuevo material propuesto, cumple las condiciones de porosidad permitidas. Para ello se han fabricado dos baterías de paneles, cada una de ellas con un método de fabricación diferente, curado en estufa o en autoclave; los cuales se han analizado a través de ensayos fisicoquímicos (calorimetría diferencial de barrido (DSC) y volumen de huecos (VH)) y mecánicos (ensayo de resistencia a cortadura interlaminar (ILSS) y ensayo de tracción), se ha podido comprobar que las propiedades que adquiere el material curado fuera de autoclave son

semejantes en el caso fisicoquímico, e incluso mejores en el caso mecánico. Por tanto, con la utilización de este material, se podría reducir el coste de fabricación aproximadamente un 30%.

García (2014, p.165) En Tesis Doctoral titulada “Análisis de laminados de materiales compuestos con precarga en su plano y sometidos a impacto”. La conducta del impacto de alta velocidad de mecanismos distributivos fabricados con plásticos reforzados que trabaja con precarga en su plano, se razonaron tres laminados de plástico reforzado, un laminado cuasi-isótropo de fibra de vidrio “E” de resina viniléster, un laminado cuasi-isótropo de fibra de carbón en resina epoxídica (AS4/8552) y un laminado de tejido de fibra de vidrio “E” con resina poliéster. Hacia establecer la conducta delante el impacto de alta velocidad entre laminados se calcula experimentalmente: la velocidad residual del proyectil, el límite balístico y la extensión del área dañada. A partir de estos ensayos se estableció una metodología para la realización de ensayos de impacto sobre laminados precargados, En las conclusiones se indican que el tipo de la probeta es un aspecto principal para afirmar que el impacto sobre una probeta precargada de forma biaxial. La prueba realizada para el tipo de la geometría de probeta utilizada en los ensayos de impacto con precarga biaxial si cumplió con un tipo de elementos finitos, En cuatro geometrías distintas según la probeta, de estos se eligió la geometría que certificaba una distribución uniforme de tensiones en el área de impacto. Se confirmó experimentalmente que, la geometría distinguida lucía en la zona donde se producía el impacto un estado biaxial de tensiones uniformes debido a la precarga.

1.2.2 Nacional

Proaño (2011, p.233) En su tesis titulada: “Comportamiento de vigas de concreto armado reforzadas externamente con platinas de fibras de carbono”. Señala la capacidad de incremento de resistencia por incorporación de fibras de carbono; el proceso de refuerzo de la adhesión de platabandas metálicas se ha pasado a la práctica como elección a otros métodos de refuerzo acostumbradas. Por otra parte, las platabandas metálicas muestran cierta desventaja, como son su peso

y su posible corrosión por agentes atmosféricos, que logran solventarse suplantadas por laminados de materiales compuestos con fibras de carbono (FRP). La concentración de laminados FRP adheridos al concreto puede implicar en una rotura frágil que conduce al desprendimiento temprano del refuerzo externo antes de alcanzar la carga última. Este desprendimiento del laminado FRP suele iniciar en la última capa, es decir, en el punto más débil de la interface de la lámina y el cemento bien sea por la secuela de las fisuras de flexión o cortante en zonas alejadas al anclaje. En conclusión: El uso de platinas de fibra de carbón FRP para el reforzar o rehabilitar las estructuras de concreto armado ha ganado una aprobación general, por otra parte, la ampliación significativa de la resistencia que puede ser alcanzada por el estudio de adherencia de estos materiales es definido por cualquiera falla adelantada que involucran el desprendimiento de este refuerzo externo del sustrato de concreto.

1.2.3 Local

No se ha podido reportar estudios de la investigación acerca de materiales compuestos reforzados con fibras en la ciudad de Cajamarca.

1.3 Teorías Relacionadas Al Tema

1.3.1 Los materiales compuestos

Las mejores propiedades de un material compuesto se obtienen por la acción sinérgica de las propiedades de sus fases constituyentes; y cuyo desempeño excede a los materiales que constituyen el compuesto (Groover, 1997, p. 32; 34).

Tipos de conformados por dos tipos de fases: fase matriz y fase dispersa.

➤ La fase matriz

En este periodo se aglutina para fase dispersa, usualmente está dúctil y es la encargada de distribuir y transmitir a la fase dispersa los esfuerzos externos realizados, aunque en una pequeña porción de esfuerzo sea soportado por la matriz.

Las principales funciones son:

Precisar las características químicas y físicas.

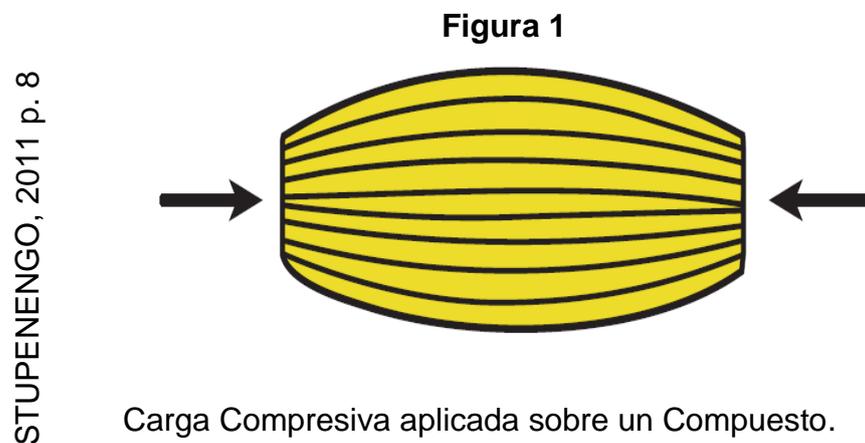
Transferir las cargas al refuerzo.

Resguardar y ofrecer cohesión.

De esta manera el material compuesto para un mejor acabado superficial y confort el cual puede construir poliedro de difíciles accesos y buen acabado (Iberoamericana.2011,p.268-282).

El material compuesto (resina) ofrecer desiguales tipos de esfuerzos mecánicos, la matriz pone desiguales relaciones.

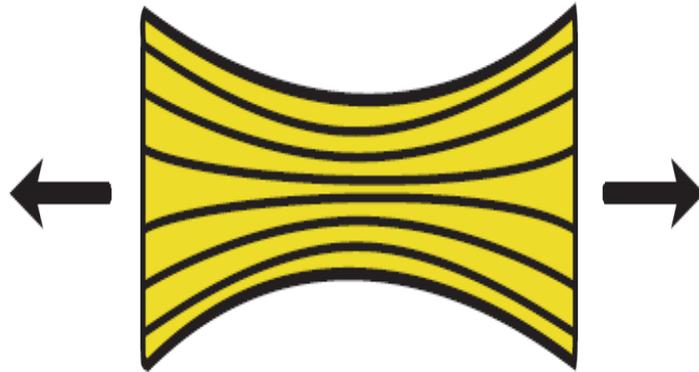
A. Sometiendo esfuerzos compresivos: La matriz la que sostiene la carga, de acuerdo a la fase continua.



B. En tracción: la matriz transporta el esfuerzo aplicado sobre el segmento en todas las fibras y partes, La necesidad de un excelente apegó entre la resina y el refuerzo. También, en algunos periodos es la resina la que establece la resistencia al impacto y así parar las fisuras (IBEROAMERICANA,2011,p. 268;282).

Figura 2

STUPENENGO, 2011 p. 8



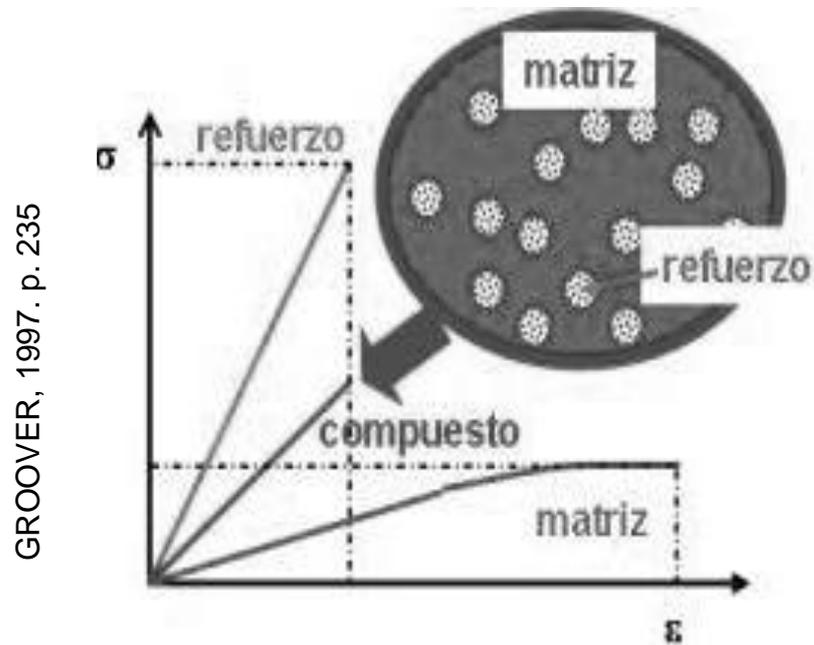
Esfuerzo de Tracción sobre un Compuesto.

1.3.2 Fase dispersa:

La generalidad de los plásticos reforzados se ha trabajado en el oficio de la combinación de sus propiedades mecánicas tales: la tenacidad, rigidez, resistencia a la tensión, y resistencia al impacto en temperatura ambiente y a temperaturas elevadas. Macroscópicamente aparenta compuesto homogéneo, pero microscópicamente son diferentes. La propiedad del compuesto es a base de la combinación sinérgica, las propiedades particulares de las fases son, de razones respectivas, distribución, tipos (forma, tamaño) y orientación del Compuesto esfuerzo/carga en el compuesto matriz (Callister, 1995, p. 114).

Las proporciones relativas del material refuerzo se pronuncia tal una parte de masa o volumen con la resina matriz. El diseño y su ubicación del refuerzo /carga que destacan del procedimiento de adhesión (Groover, 1997, p. 235).

Figura 3



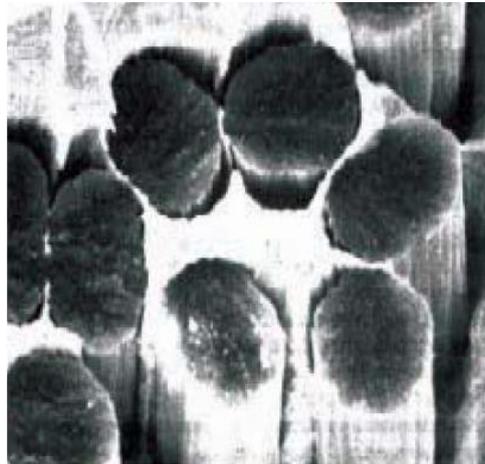
Propiedades mecánicas del compuesto a partir de la combinación de matriz y refuerzo.

➤ **En la interfase:**

Una característica de la interfase depende de la unión entre la fibra con la región de contacto ya que si es mala o ineficiente la interfase será débil la transferencia no será la adecuada y por lo tanto fallará ya que no es muy resistente llegando a romperse lo que en usual en materiales de familias distintas (metal – cerámico, polímero - vidrio). Una excelente aceptación obedece a la unión de los átomos en su área ya que hay diferentes tipos de polímeros el cual aumentarían la adhesión de materiales compuestos (Stupenengo, 2011, p. 12).

Figura 4

Stupenengo, 2011 p. 12



Microfotografía de la interface entre la matriz de metal y las fibras de grafito.

1.3.3 Distribución de los materiales compuestos en función a la matriz

En la ingeniería la distribución de materiales compuestos hay de matriz metálica matriz Polimérica y matriz cerámica.

➤ **Materiales compuestos de matriz cerámica**

En un compuesto de matriz cerámicos poseen un elevado punto de fusión, la buena dureza, un elevado módulo de elasticidad, alta resistencia a la corrosión y baja densidad (por su porosidad). Pero por su baja tenacidad, fragilidad no son fiables en el servicio. Otra desventaja es su alta resistencia a compresión, pero no a la tracción destaca la alúmina (Al_2O_3) (Smith, 2006, p. 11).

➤ **Materiales compuestos de matriz metálica**

El compuesto de matriz metálicos tiene un uso en motores aeronáuticos han sido fabricados con un peso ligero y mayor torque. Se especifican en tres grupos: fortificados con fibra continua, fortificados con fibras discontinuas y fortificadas con partículas. Así, se encuentran como ejemplos de los materiales compuestos de matriz metálica las aleaciones de aluminio con refuerzos de fibras de boro, aleaciones de aluminio reforzados con partículas de alúmina y carburo de silicio (Smith, 2006,p. 8).

➤ **Materiales compuestos de matriz polimérica**

Este tipo de matrices se identifica por su baja densidad, alta tenacidad y alto aguante a la corrosión, su baja resistencia mecánica y pueden ser de dos tipos termoestables y termoplásticas. En las termoestables en su mayoría son resinas poliéster, resinas epoxi, fenólica, vinil éster. En matrices poliméricas termoplásticas los átomos están unidas mediante fuerzas débiles (puente de hidrogeno y fuerzas de Van de Waals), anomalía que les confiere las características de reblandecerse y poder ser manufacturadas por el trabajo del calor, fortaleciéndose de nuevo al enfriarse y todo ello de un modo transformable. Varios ejemplos son: polipropileno, poliamida, polietileno (Smith, 2006, p. 10).

1.3.4 Organización de Los Materiales Compuestos por refuerzo

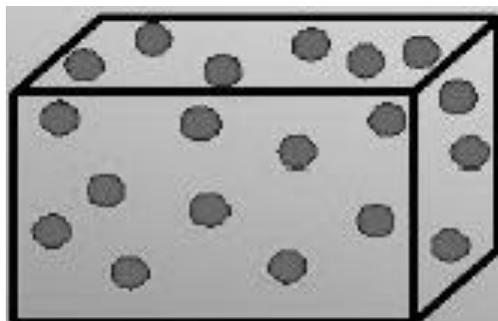
Existen diferentes entes de materiales compuestos como el agrupamiento y geométrica del refuerzo.

➤ **Materiales compuestos reforzados con partículas:**

Un material compuesto particulado (Figura 5) por naturaleza tiene las partículas de mismo tamaño aproximadamente de 1.0u el principio de la forma es la razón del largo entre el espacio de sección perpendicular por el cual los cuerpos más diminutos y ovalados dan excelentes conclusiones (Vallejo, 2006, p. 15).

Figura 5

Vallejo, 2006 p. 15



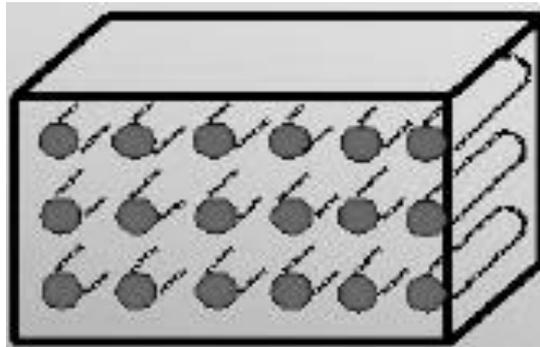
Esquema de un material compuesto fortificado con moléculas.

➤ **Materiales compuestos reforzados con fibras**

Son aquellos en donde la fase dispersa o refuerzo tiene la geometría de una fibra. El material compuesto con fase esparcida en modo de fibras es la principal. Estos compuestos se fabrican con el propósito de conseguir una elevada rigidez y resistencia a baja densidad. Esto se refleja según las medidas de sus propiedades mecánicas específica (Vallejo, 2006, p. 15).

Figura 6

Vallejo, 2006 p. 15



Esquema de un material compuesto fortificado con fibras.

1.3.5 Fase matriz

ES donde se aglutina y protege a la etapa dispersa, generalmente debe ser de naturaleza dúctil y tenaz, y su módulo elástico es mucho menor que el de la fibra, como lo son los polímeros termoestables. (Cimbra, 2010, p. 45).

Los polímeros termoestables, son compuestos orgánicos de elevado peso molecular, formados por largas cadenas reticuladas, como fruto de mejorar la polimerización por aditamento y condensación de distintos compuestos en base. En estos polímeros, las largas cadenas moleculares se entrelazan entre sí formando una enorme estructura reticulada tridimensionalmente. Las reacciones químicas de reticulación que dan origen a la estructura, se denomina curado, por el cual incrementa su densidad atómica hasta un valor difícilmente de evaluar, la resina que inicialmente estaba en estado líquido se ha convertido en un sólido

duro y frágil, hay dos tipos de reacción de polimerización al momento de curar que es por adición y condensación (Morales, 2008, p. 37).

Reacciones de polimerización por condensación de grupos funcionales: Se dan en las resinas tales como las epoxicas y las fenolicas (Morales, 2008, p. 39-40).

➤ **resina poliéster**

Es la reunión de resina sintética fabricada por poli-condensación de ácidos de carboxílicos con alcoholes dihidroxilados. Están formados por cadenas hidrocarbonadas que contienen el grupo éster, las resinas poliéster se clasifican en: Poliéster saturado y poliéster insaturado (Saucedo Y Rodríguez, 2015, p. 27).

A. Los Poliésteres Insaturados

Presentan doble enlace y son conocidos como resinas reactivas, debido a que su polimerización y reticulación se emplean en el momento de realizar el moldeo. La materia prima son parte de líquidos viscosos (Saucedo Y Rodríguez, 2015, p.27).

Las resinas de poliéster insaturado presentan diferentes propiedades, cada una de estas influye de manera positiva o negativa dependiendo de las cantidades en las cuales se manejen. Algunas de estas se presentan a continuación.

Color: Es necesario cuando se tienen aplicaciones traslúcidas.

Viscosidad: Es un inicio del grado de polimerización de la resina. Un alto valor de la viscosidad indicará que las moléculas de poliéster son más ramificadas, con valores más altos de la temperatura de distorsión al calor y que se hace necesario agregar más estireno para llevarla a la viscosidad de aplicación, originando variación en las propiedades mecánicas del producto. Una baja viscosidad indicará cadenas de poliéster más pequeñas con inferiores propiedades mecánicas.

Tiempo de gel y exotermia: Son propiedades necesarias para controlar los tiempos de moldeo. El primero indica el tiempo que la resina permanece líquida, luego de adicionar el catalizador, y el segundo, mide el calor desprendido durante el curado.

Dureza: Mide el grado de curado de las resinas poliéster (Saucedo Y Rodríguez, 2015, p.28).

B. El Proceso De Curado De Un Poliéster Insaturado

Consiste en hacer que el monómero copolimerice con el polímero a través de las insaturaciones. Para esto es necesario generar radicales libres en el sistema, es decir, romper los enlaces dobles; una vez roto el doble enlace sigue una reacción de rompimiento en cadena que puede ser detenida por el inhibidor. El agente de rompimiento es denominado catalizador o iniciador. Existen dos sistemas de curado para la resina: El curado en caliente es debido a que los catalizadores se descomponen a elevadas temperaturas, entonces es necesario proporcionar este ambiente mediante la incorporación de calor a la mezcla. El curado en frío se da cuando se trabaja la mezcla a temperatura ambiente, entonces es necesario agregar un agente acelerador de la reacción (Navarro, 2006, p. 16-17).

1.3.6 Fase Fibrosa

Es aquella que está constituida por fibras en forma de hilos o cilindros de 2 μm a 10 μm de diámetro, estas fibras tienen una microestructura muy anisotrópica, y son muy rígidas y resistentes. Se considera fibra a un material alargado que tiene una correlación longitud (diámetro) muy elevada. Las fibras aportan resistencia mecánica, rigidez y dureza, de tal manera que esta fase es la que gobierna las propiedades mecánicas de los compuestos, que generalmente son anisotrópicas y cambian depende el valor de orden de las fibras en lo profundo del material compuesto. El orden puede ser longitudinal o uniaxial, parcialmente ordenadas y totalmente desordenadas o al azar (Saucedo Y Rodríguez, 2015, p.29).

Las propiedades de la fibra compuesta necesitaran de:

Las características de la fibra, geométricas y mecánicas tanto diámetro y longitud.

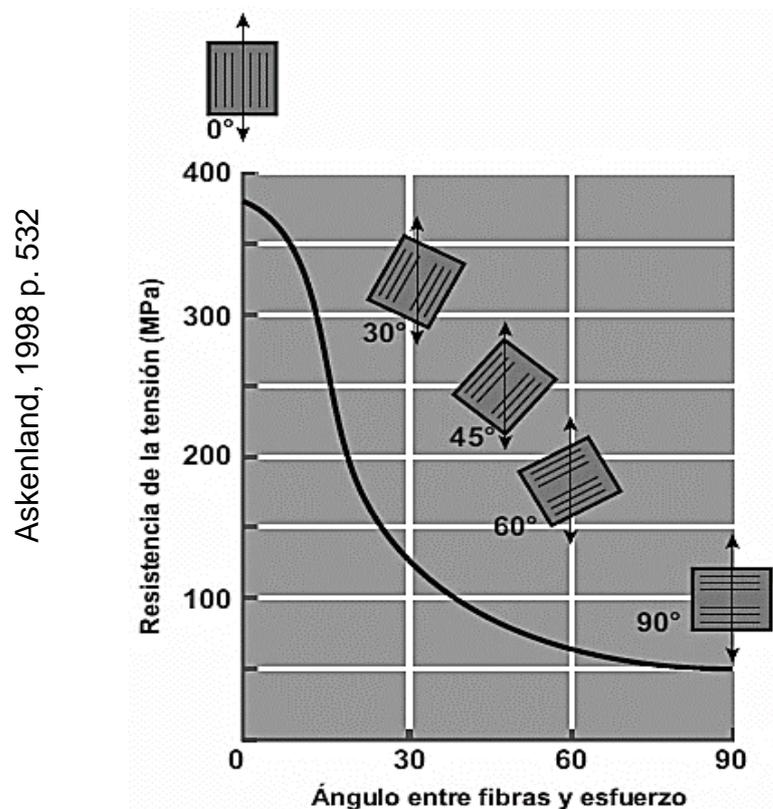
Parte en la masa de fibra.

Ubicación y distribución del refuerzo.

Interacción del área de la fibra y el polímero (interface).

Las características de orientación de fibras son: trama, multiaxial, unidireccional y aleatorio. La mejor propiedad esta cuando están alineadas del eje longitudinal de las fibras (unidireccional). Y forma de tejer de (0°) y tramas (90°) en un modelo común (Askenlad, 1998, p. 532).

Figura 7



La ubicación de la Fibra, en la resistencia a la tensión (MPa) de un material compuesto.

Además, un factor principal es el diámetro de las fibras, menor diámetro, van a admitir una mejora entrega de esfuerzos en la interface, al mostrar un mayor espacio de superficie. La resistencia de una lámina progresa la relación de las fibras, para esto debe tener un 60% de fibras sin ocasionar la disminución de resina para obtener una buena adhesión. En la Tabla N°1. Se observa los servicios de las características mecánicas de las diferentes fibras y materiales (Sahuquillo, 2012, p.28).

Tabla 1

Material	E_T GPa	σ_T GPa	ρ g/cm³	E_T/ρ (109.N.m)/kg	σ_T/ρ (109.N.m)/kg
Fibras					
E – Vidrio	72	3.5	2.55	29	138
S – Vidrio	86	4.6	2.48	35	1.85
Carbón de alto modulo	390	2.1	1.90	205	1.10
Carbón de alta resistencia	240	2.9	1.77	136	1.64
Kevlar-49	130	2.8	1.45	87	1.87
Kevlar-29	60	2.8	1.44	42	1.80
Boro	385	2.8	2.63	146	1.1
Spectra-1000	117	2.6	0.97	120	2.8
Materiales habituales					
Acero	210	0.34 - 2.1	7.8	27	0.043 - 0.27
Aleaciones de Aluminio	70	0.14- 0.62	2.7	26	0.052 - 0.23
Vidrio	70	0.7 - 2.1	2.5	28	0.28 - 0.84
Tungsteno	350	1.1 - 4.1	19.3	18	0.057 - 0.21
Berilio	300	0.7	1.4	164	0.38

E_T: Modulo de Tracción, σ_T: Tensión de Tracción, ρ: Densidad, E_T/ρ: Modulo Especifico, σ_T/ρ: Tensión Especifica Propiedades de las fibras y materiales convencionales (Sahuquillo, 2012, p. 31).

Las fibras artificiales o sintéticas son resultado de avances en el campo de ingeniería mecánica de materiales, estas pueden ser de naturaleza orgánica e inorgánica. Dentro de estas tenemos la fibra de vidrio, fibra de carbono etc. (Sahuquillo, 2012, p. 29)

1.3.7 Tipos De Fibras

➤ Fibra de vidrio

Es un hilo tejido más usado para compactos de automóviles y buses se fabrican por: chorro de vapor, enrollamiento de gran velocidad, y fuerza centrifugas. Iniciando de la materia prima de vidrio fundido.

Hay dos tipos de fibra: La primera hecha de fundición directa, la siguiente por refundición de canicas, los dos comienzan desde su parte sólida y se funde en el horno se separan por tensión cortante.

Entre las propiedades de fibra de vidrio tenemos: un buen aislante térmico, es inactivo a los ácidos Predisposición maleabilidad resistencia a la tracción. Otra de sus características es fortificar el plástico usando la fibra como refuerzo (Sahuquillo, 2012, p. 28).

Tabla 2

Características	
Densidad (en fibras).	2.54 g/cm ³
Dureza (escala Mohs).	6.5
Absorción de agua a 20°C y 65%HR.	<0.1%
Índice de refracción.	1.55
Propiedades mecánicas	
Módulo de elasticidad a tracción.	7.3 GPa
Resistencia a la tracción en filamentos vírgenes.	3.5 GPa
Resistencia a la tracción en un compuesto unidireccional.	2.2GPa
Alargamiento a la rotura (en el compuesto).	3%

Tabla 3

Propiedades térmicas	
Coeficiente de conductividad térmica.	1 w/m°C
Calor específico.	0.2 cal/g°C
Coeficiente de dilatación térmica.	$5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Punto de reblandecimiento dilatómetro.	710 a 720°C
Punto de recocido.	660°C
Propiedades eléctricas	
Tensión de arco.	10^8 V/m
Constante dieléctrica.	6 a 10^6 Hz
Tangente del ángulo de pérdida.	$30 \cdot 10^{-4}$ a 10^6 Hz
Resistividad.	10^{12} a 10^{19} Ωcm
Resistencia al ataque químico	
Resistencia al agua y a los álcalis.	Buena
Resistencia a los ácidos.	Débil

Propiedades y características de la fibra de vidrio tipo E (Navarro, 2006 p.19).

Figura 8



Navarro, 2006 p. 17

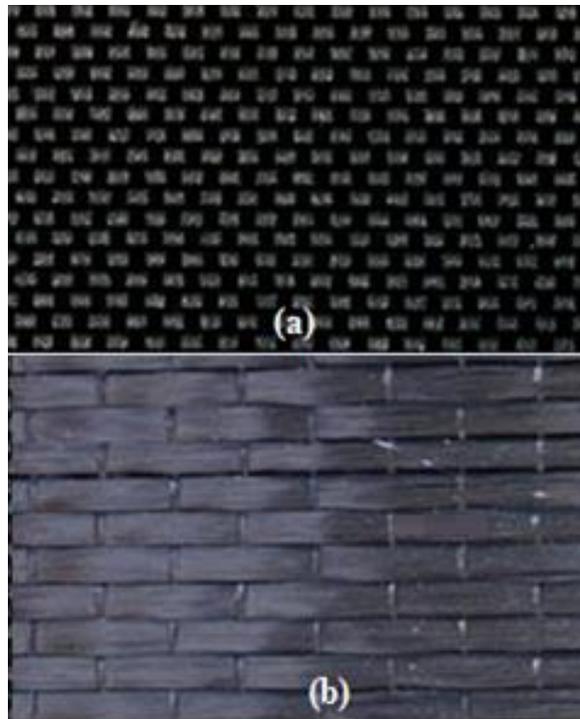
Algunos tipos de fibras de vidrio

➤ **La fibra de carbono**

Está formado por hilos de 50-10 micras de espesor, unido esencialmente de partículas de carbón. Las partículas de carbón son hermanados entre sí en cristales que son más o menos colocados en paralelo al eje longitudinal de los hilos. La formación de cristal da unos hilos de alta resistencia en función del volumen (lo hace fuerte para su tamaño). Muchos miles de hilos de carbono están trenzados para constituir una cuerda, que puede ser utilizado por sí mismo o tejido en un paño.

Figura 9

(Carrillo, 2015 p. 12)



Tipos de tejidos de Fibra de Carbono:

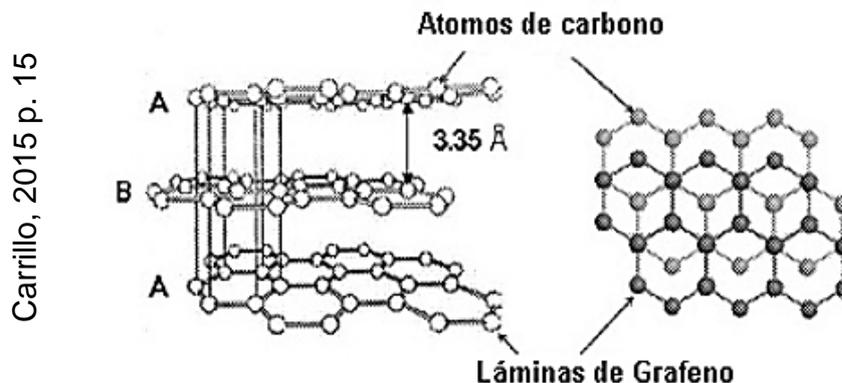
a) Tejidos bidireccionales, b) Tejidos unidireccionales.

Las características de las fibras de carbón como: una elevada resistencia alta flexibilidad, baja densidad, baja expansión térmica, y buena calma a altas temperaturas. La fibra de carbón comúnmente se moldea con resina para obtener un plástico reforzado (a menudo denominado también como fibro carbono) el cual posee una buena alta relación resistencia-peso,

considerablemente rígido, sin embargo, el material es un poco frágil. La fibra de carbón también se prepara con otros materiales, como por ejemplo con el grafito para constituir combinaciones carbono-carbono, que tienen una calma térmica muy alta (Carrillo, 2015, p. 3).

La fibra de carbón se puede conseguir por dos materias primas: PAN (poliacrilonitrilo) ($\text{CH}_2\text{-CHCN}$) y brea. La ruta más barata es la obtención de la brea, pero es más habitual conseguir la fibra de carbono a partir del PAN las fibras de este material se tuestan en presencia de oxígeno. Obedeciendo a la temperatura del procedimiento se pueden conseguir fibras con desiguales propiedades mecánicas: a mayor temperatura, mayor es el costo del procedimiento y mayor módulo elástico de la fibra. Las fuerzas intermoleculares entre las placas son respectivamente frágiles (fuerzas de Van der Waals), proporcionando al grafito sus particularidades blandas y quebradizas. La fibra de carbón puede ser turbostráticas o grafiticas, o tienen una organización híbrida con los fragmentos asistentes tanto en grafiticas y turbostráticas. En fibra de carbono turbostráticas las placas de átomos de carbono se acumulan al azar y se derivan del PAN. En cuanto la fibra de carbono deriva de la brea de mesofase son grafiticas después del procedimiento térmico a una temperatura elevada de 2.200°C (Sahuquillo, 2012, p. 28).

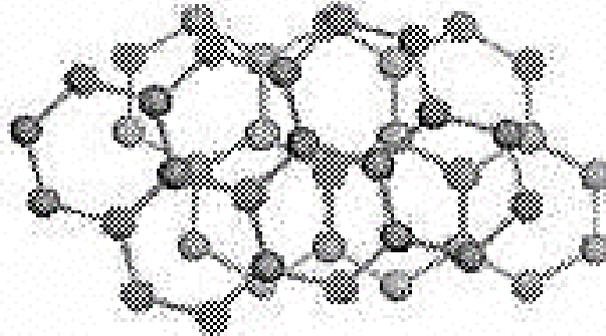
Figura 10



Apilamiento grafitico son procedentes de la brea de mesofase posteriormente del procedimiento térmico superior a 2200°C y tiene un alto módulo de Young (baja elasticidad).

Figura 11

Carrillo, 2015 p. 15



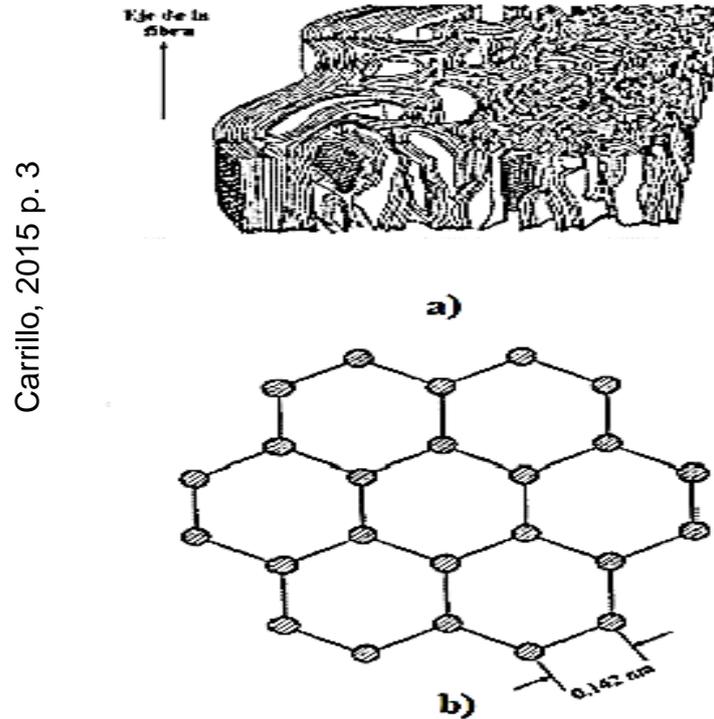
Apilamiento turbostrático átomos apilados en forma al azar y derivadas de (PAN) con alta resistencia a la tracción.

La figura 12 forma una exhibición esquemática de la estructura que muestran estos materiales. Una fibra de carbono es formada por hilos de niveles de partículas de carbono con diferentes sentidos hacia al eje de la fibra. La disposición de las partículas de carbono en los niveles es similar a la del grafito, por el cual se distinguen como niveles de grafeno. Cuyo precio tiene determinado, por las constantes causas:

- La duración de potentes lazos covalentes carbono-carbono en las láminas de oposición con las débiles fuerzas de van der Waals que ejercen entre las láminas.
- La alineación como en el sentido longitudinalmente y transversalmente.
- La apariencia de picadas, orificios y fisuras.

Desarrollo de producción disponible y circunstancias en las que se realiza (Carrillo, 2015, p. 4).

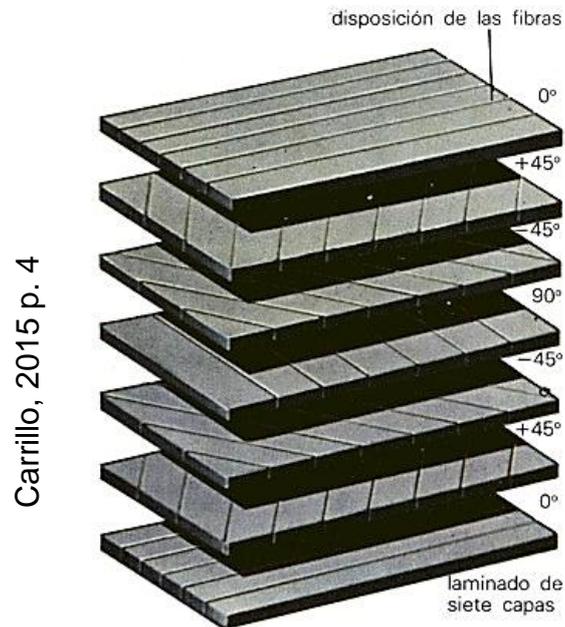
Figura 12



- a) Organización de la fibra de carbón.
- b) Átomos de carbono en las láminas de grafeno.

La fibra de carbón gracias a sus propias condiciones se consiguen utilizar para la ayuda en matrices metálicas y cerámicas. La fibra de carbón es manipulada primordialmente en fortalecer plásticos, para conseguir compuestos destacados a manera de material compuesto con fibra de carbón (PRFC). Los materiales compuestos fortalecidos con fibras de carbono son más livianos y tenaces que establecidos a los aceros al carbono. Su conducta frente al agotamiento es mejor al de los metales y en tanto se armonizan con los polímeros correctos, forman plásticos reforzados más duros al desperfecto climático. La fibra obtenida de breas y alquitranes de carbón o petróleo (fibras "pitch") poseen conductividades térmicas tres veces superiores a la del cobre. Gracias a su conductividad eléctrica, los materiales que abarca estas fibras eliminan con facilidad la electricidad estática, por ejemplo computadoras (Carrillo, 2015, p.7).

Figura 13



Laminado de la Fibra de Carbono.

La fibra de carbón destaca por tener unas características mecánicas que resaltan de ella en representadas por las fibras de aramida. Este posterior sobre sale por su bajo peso, su resistencia al impacto y su aislante térmico. Los plásticos reforzados con fibras de carbono y de aramida contienen una extensa escala de productos. Las técnicas de producción de composición con matrices poliméricas son equivalentes a los utilizados para fibras de vidrio. Hay dos tipos primordiales de fibra de carbón:

Fibras HT (High Toughness, alta tenacidad): poseen superiores participaciones mecánicas que la fibra de vidrio, y es cómodo para compararlo.

Fibras HM (High Modulus, alto módulo) poseen las superiores participaciones mecánicas (Carrillo, 2015,p. 11).

Tabla 4

Material	Resistencia a la Tracción (GPa)	Módulo de Elasticidad (GPa)
Fibra de Carbono HT	0.015	3
Fibra de Carbono HM	0.01	300

Propiedades mecánicas de los tipos de fibras de Carbono, (Carrillo, 2015 p. 11).

Las mejoras de la fibra de carbono enfatizan:

- Firmeza sintética
- Factor de dilatación térmica bajo
- Participaciones específicas excelentes

El inconveniente tiende a sobresalir:

- En la unión con metales se crea inconvenientes de permisible que aviva la corrosión.

Aplicaciones

La fibra de carbón se maneja primordialmente en fortalecer materiales compuestos y conseguir materiales compuestos más conocidos como plásticos reforzados con fibra de carbono (PRFC). Las metodologías manejadas para materiales poliméricos son: moldeo manual (hand - lay up) y esprayado (spray lay-up) (Bravo, 2012, p. 19).

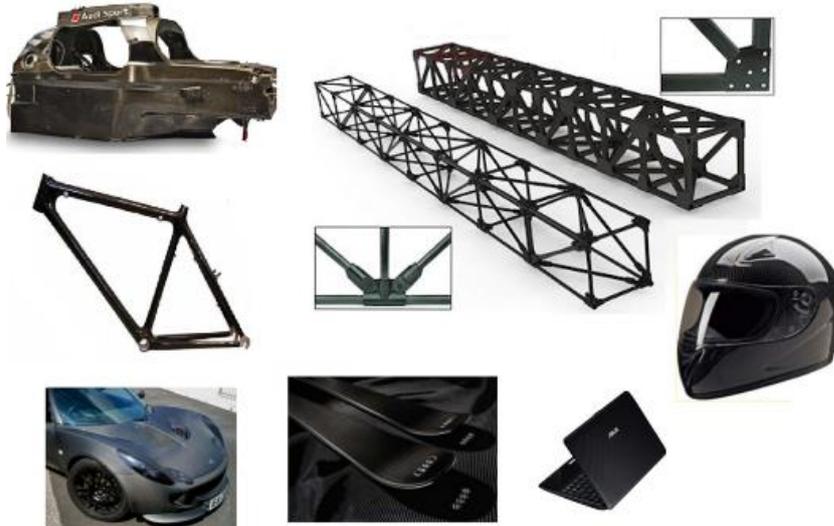
Entre las ventajas del uso de las fibras de carbón tienen varias aplicaciones, por sus propiedades en aquellas aplicaciones en las que se requiera la equilibrada combinación resistencia-peso:

- Industria aeronáutica.
- Industria automovilística.
- Industria naval.
- Industria del deporte.
- Industria musical.
- Industria armamentística.

- Industria de las telecomunicaciones.
- En la construcción. (Bravo, 2012, p. 19).

Figura 14

Bravo, 2012, p.19-22



Distintas Aplicaciones de la fibra de carbono

1.3.8 La interfase

La interface es donde la matriz-refuerzo establece las participaciones mecánicas última de la etapa de los compuestos. La transferencia y partición de las cargas transferidas al material compuesto se formaliza por la adhesión efectiva entre matriz y refuerzo. Si la adhesión no es conforme, crea una interfaz débil y la matriz resistirá la mayor porción de las tensiones y la función de los refuerzos será invalida. La interface es una región bidimensional entre la fibra y la matriz, que es de constitución química variable, y que forma la adhesión entre la matriz y el refuerzo, por ende, es la que asegura la transmisión de las cargas aplicadas de uno y del otro (Carrillo, 2015, p. 47-49).

1.3.9 Los Materiales Compuestos Carbono/Carbono

Es un diseño específico de materiales el cual se combinan un refuerzo de fibra de carbón y un matriz igualmente carbonosa, resinas, polímeros o brea, con las que inicialmente se empapa la fibra y prontamente se carbonizan para dar lugar a esta matriz (Bravo, 2012,pág. 12).

Figura 15



Esquema de un material compuesto carbono/carbono.

1.3.10 Proceso Hand Lay- Up

Es un proceso de molde abierto con imprimación de solo usar las manos (hand lay-up) o tipo por distribución manejable es llamado así por las pequeñas presiones que requiere. Esta técnica es más natural para arreglar un segmento fortalecida con fibra. La resina manipulada se mezcla con un catalizador y acelerante de lo opuesto el curado alcanza a llevar días o incluso semanas a secarse. Inicialmente el molde se baña con escobillas y cepillos principalmente se impregna una capa desmoldante (gelcoat) en el módulo, el cual tiene un mejor acabado en las piezas. Las mantas de fibra de carbón o vidrio se instalan en el molde y se extienden con tambores de acero. “Moldeo manual de materiales compuestos (Sahuquillo, 2012, p. 54).

Figura 16

(Sahuquillo, 2012, p. 54).



Distribución del Refuerzo.

Figura 17

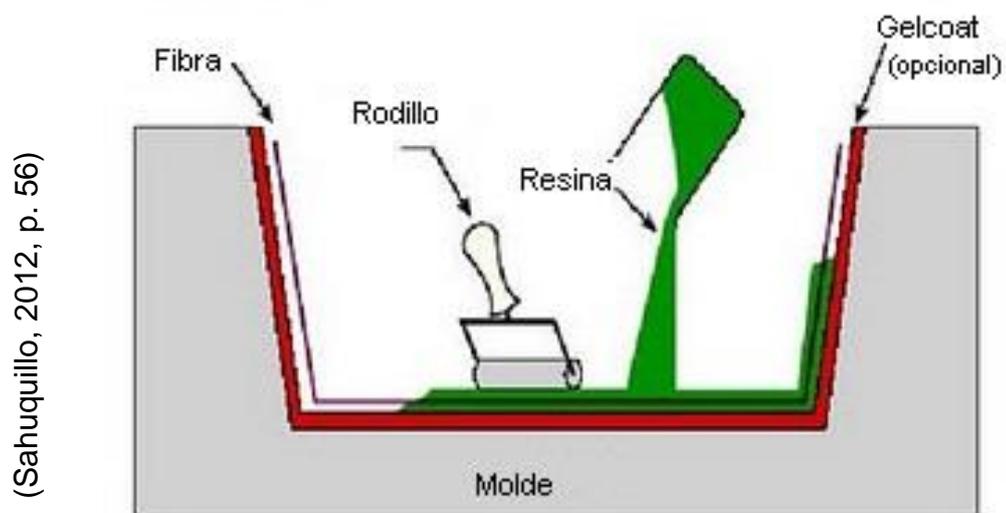
(Sahuquillo, 2012, p. 54).



Aire en los espacios de adhesión, la proporción de fibra de vidrio y resina es de un 40 y 60 %

Se logra obtener otros tiempos de curado cuando la varías de la cantidad del acelerante a utilizar. Es sustancial el uso del equilibrio correcto de acelerante en la resina para afirmar el lapso de curado adecuado. Un 1% de acelerante es un curado traído, el 2% es el equilibrio recomendado, y el 3% dará un curado alígero. La suma del más del 4% permite dar lugar a que la resina que pueda secar sin determinar la aplicación. Con el uso de equipos de corte se eliminan la abundancia de la resina en las orillas (antes del curado). Una vez curado el material, se viene al desmoldado de la pieza. De ser demandado la pieza puede ser sometida a una última forma, etapa mediante un proceso de mecanizado (limado, lijado, taladrado, corte, etc.) a (en general, cuando no se utiliza gelcoat) (Sahuquillo, 2012, p. 56).

Figura 18



Esquema General del proceso Hand Lay – Up Fuente: Moldeo manual de materiales compuestos

1.3.11 Ensayos de tracción norma ASTM D638 – 01

Según la norma ASTM D638 se explican las circunstancias de los ensayos hacia comprobar las características de tracción de los plásticos reforzados y sin reforzar y se emplean en la probeta tubular y de palanquetas (Tipos I – V) y varillas. Entre estas características se contiene una resistencia máxima, la

deformación en la rotura y el módulo. Las características mecánicas de los plásticos logran cambiar mucho cuando se suministran ciertos aditivos a la fórmula. Algunas de estas propiedades son la resistencia, la ductilidad y la dureza. Un objeto que se halla sometido a tracción simple cuando sus secciones transversales se le administran cargas normalmente repartidas y de manera originar su estiramiento. En el ensayo de tracción estática es el que establece mejor los rasgos mecánicos de los metales es aquella que precisa sus propiedades de resistencia y deformabilidad. Reconoce adquirir bajo un curso simple de tensión el límite de elasticidad o el que lo substituya, usualmente la carga máxima y la consiguiente resistencia estática, Cuando la probeta se localiza bajo un esfuerzo estático de tracción al aumentar la carga se estudia está en relación con las deformaciones que produce el extensómetro el cual se adquiere automáticamente (Rodrigues Y Saucedo, 2016, p. 54).

El módulo de elasticidad es la pendiente de la curva esfuerzo deformación en su región elástica (bajas deformaciones: 2 - 3%). Los materiales polímeros son visco elástico, en tanto una vez salido del punto de influencia la deformación se dispone de una componente elástica y otra plástica, Cuando los esfuerzos se realizan en la zona elástica se aplica la ley de Hooke, que relaciona el módulo elástico, con el alargamiento y el esfuerzo o tensión. El esfuerzo o tensión está dado por la formula (A) donde **E** es el modulo elástico y ϵ es el alargamiento, el refuerzo y la deformación a la tracción se definen como se indica en la formula (B, C) donde **F** es la fuerza aplicada, **A** es la sección transversal de la probeta, ΔL es el incremento de la longitud de referencia, y L_0 es la longitud inicial de la probeta (Rodrigues Y Saucedo, 2016, p. 55).

Formula (A)

$$\sigma = E * \epsilon$$

Formula (B)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Formula(C)

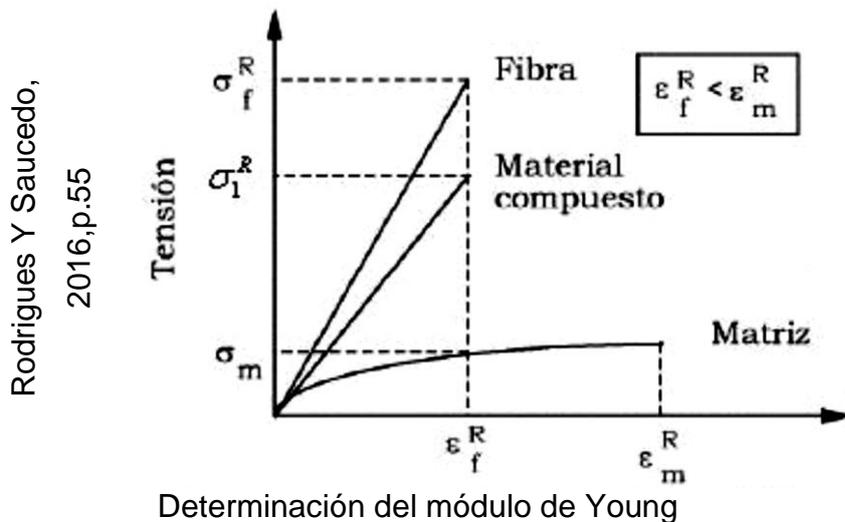
$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

El módulo de elasticidad a la tracción o módulo de Young se deriva de las formulas primeras, y se da en la formula (D) Donde $\Delta\sigma$ es el incremento del esfuerzo en la zona elástica y $\Delta\epsilon$ es el incremento de la deformación en la zona

elástica. El módulo de Young, según norma, se evalúa en la zona de la curva esfuerzo - deformación correspondiente al intervalo de alargamiento de 0,05 – 0,25% (rodrigues y saucedo, 2016, p. 55).

Formula (D)
$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

Figura 19



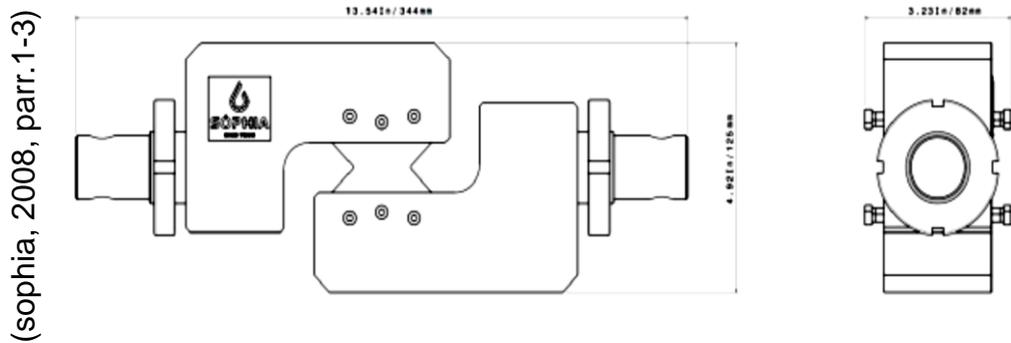
1.3.12 Ensayos al corte norma ASTM D7078-05

Los ensayos de prueba de cizalla están diseñados para ensayos de cizallamiento en plano o interlaminar de materiales compuestos. El método de viga con entalladura en V, o más comúnmente conocido como el método de corte de las piezas, se normalizó en ASTM D5379 en 1993, mientras que el método de corte de viga en V fue introducido más recientemente en 2005 bajo ASTM D7078. Ambos métodos de ensayo comparten muchas características comunes y tienen las muescas en V distintivas en el diseño del espécimen, que sirven para crear una zona de tensión de cizalladura localizada y aproximada entre las muescas. Además, a menudo se utiliza un medidor de tensión de dos elementos de $\pm 45^\circ$ para verificar directamente las cepas de cizallamiento aplicadas. Es importante notar que las dos fibras en ASTM D7078 y D5379 son bastante diferentes e su diseño de espécimen, la Forma en que se aplica carga a la muestra y, por consiguiente, el tipo de resultados obtenidos. Para asegurar la alineación del espécimen a la línea de carga, para el ASTM D7078, se incluyen barras en V de

plástico. Éstos se colocan entre las dos semiflexiones para alinear la muestra a medida que se aprietan los tornillos de apriete. Una vez configurados, los dispositivos de localización pueden ser removidos y las pruebas pueden comenzar. Los tornillos de apriete de cada mitad de fijación están previstos tanto en la parte delantera como en la trasera, de manera que.

Las mordazas de sujeción se pueden centrar correctamente según el grosor de la muestra. Además, con un anillo de bloqueo grueso, ambas mitades de fijación superior e inferior se sujetan rígidamente, asegurando una prueba exacta (sophia, 2008, parr.1-3).

Figura 20

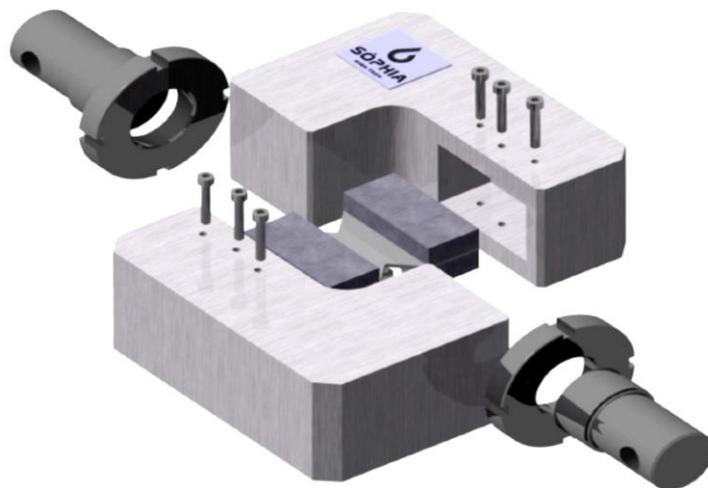


(sophia, 2008, parr.1-3)

ASTM D7078 testing fixture- assemble

ASTM D7078 testing fixture- assemble

(sophia, 2008, parr.1-3)



1.4 Formulación Del Problema

¿En qué medida afecta el porcentaje en peso de fibra de carbono en fibra de vidrio sobre la resistencia a la tracción y corte en un compuesto matriz poliéster?

1.5 Justificación Del Tema

La presente investigación nace de la necesidad de caracterización de la fibra de carbono en nuestro país, ya que no se cuenta con una base de datos de propiedades de fibra de carbono como refuerzo en la resina poliéster que se comercializa en nuestro medio, ni mucho menos datos sobre el porcentaje de mejora de las propiedades mecánicas de dicho compuesto, por lo que aún no se puede publicitar de manera rigurosa dicho producto. Por lo que el presente proyecto de investigación caracterizara a través de ensayos mecánicos el porcentaje de mejora de las características mecánicas de un plástico reforzado con fibra de carbón y vidrio, de esta manera se contara con datos respecto al porcentaje de mejora en las propiedades a tracción del compuesto. Esto supone un compuesto de mayor resistencia mecánica y de menor densidad haciendo atractivo su uso en el sector automotriz y el sector de energías renovables (molinos de viento). Además la presente investigación permitirá iniciar la recolección de datos de resistencia mecánicas de compuesto de matriz poliéster reforzados con fibra, a fin de poder contar de forma anticipada con datos de resistencia máxima a la tracción, porcentaje de alargamiento a la ruptura y módulos de los compuestos, siendo estos datos de suma importancia en los diseños de compuestos, de esta manera se podría tentar el uso de estos compuestos en aplicaciones de mayor exigencia mecánica en el mercado peruano, ampliando de esta manera el consumo de compuestos y de forma gradual abaratar costos de materias primas, logrando compuestos de mayores prestaciones mecánicas y menor peso. Por lo expuesto creemos que la presente investigación está justificada la presente investigación.

1.6 Hipótesis

El incremento del porcentaje en peso de fibra de carbono en fibra de vidrio incrementara la resistencia a la tracción y corte en un compuesto matriz poliéster.

1.7 Objetivo

1.7.1 Objetivos generales

Evaluar el efecto del porcentaje en peso de fibra carbono en fibra de vidrio moldeable respecto a la resistencia a la tracción y corte en un compuesto matriz poliéster.

1.7.2 Objetivos específicos

- Determinar mediante pruebas preliminares de impacto: el solvente, catalizador y acelerante de la resina matriz poliéster a usar en la presente investigación.
- Establecer la marcha experimental para el proceso de manufactura de moldeo por compresión.
- Construir graficas mediante software especializado de los diferentes porcentajes de fibra de carbono versus resistencia a la tracción y esfuerzo cortante.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

2.1.1 Tipo de estudio

Aplicada: tiene propósitos prácticos inmediatos bien definidos, se investiga para actuar, transformar modificar o producir cambios de un determinado sector de la realidad.

2.1.2 Diseño de investigación

Experimental: Es la manipulación de una o más variables independientes (causa) para conocer las consecuencias sobre una o más variables dependientes (efecto) dentro de la situación controlada por el investigador.

2.2 Variables operacionalización

2.2.1 Variables

2.2.1.1 Variable independiente.

Efecto del porcentaje en peso de la fibra de carbono en fibra de vidrio

2.2.1.2 Variable dependiente

La resistencia a la tracción.

La resistencia al esfuerzo cortante.

2.2.2 Operacionalización de la variable

Tabla 5

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Dimensiones	Escala de	Instrumentos
<p>Variable independiente:</p> <p>Efecto del porcentaje en peso de fibra de carbono en fibra de vidrio</p>	<p>Medición del peso de un polímero sintético que sirve como refuerzo en materiales termoestables (Bravo, 2012 pág.9)</p>	<p>Medida de los pesos durante el proceso de conformado</p>	<p>Masas de fibras</p>	<p>Gramos</p>	<p>Razón</p>	<p>Ficha de datos</p>
<p>Variable dependiente:</p> <p>la resistencia a la tracción</p> <p>la resistencia al esfuerzo cortante</p>	<p>Los ensayos tracción y corte admiten calcular la fuerza necesaria para causar la deformación a una velocidad de estiramiento constante obteniendo automático los valores de la fuerza y la variación de la longitud de la probeta (Vallejo 2006,p.115)</p>	<p>Registro de carga aplicada versus área de muestra en función del tiempo</p>	<p>Es la fuerza aplicada sobre el área transversal, según la forma de la probeta ancho espesor.</p>	<p>MPa</p>	<p>Razón</p>	<p>Ficha de datos</p>

2.3 Población y muestra

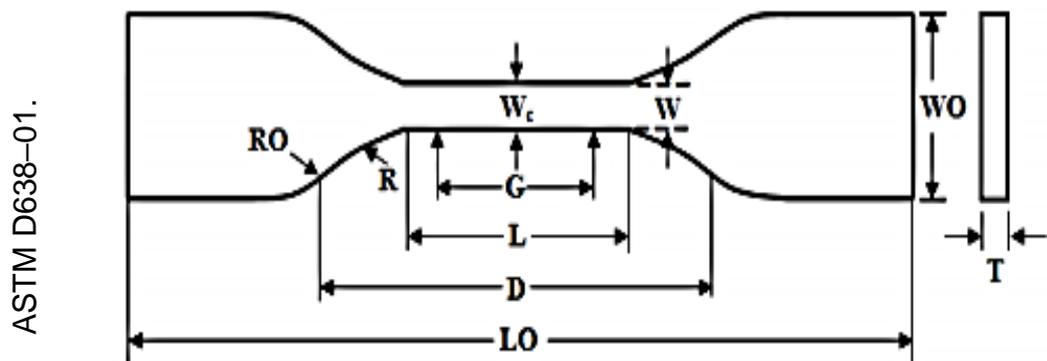
2.3.1 Población

El universo muestral estará constituido por todas las planchas de compuestos de fibra de carbono y vidrio, obtenidas por todos los procesos de manufactura para compuestos.

2.3.2 Muestra

Para los ensayos de la presente investigación, se usarán 12 probetas según norma ASTM D638-01, para la prueba de tracción y 12 probetas para prueba de corte según norma ASTM D7078 -05; adicionalmente y como datos de referencia se realizará 06 ensayos para las muestras originales del compuesto de matriz poliéster sin refuerzo y 06 de fibra de vidrio lo que hace un total de 36 ensayos. En la figura 22 y en la tabla N° 6 se detalla las medidas de las dimensiones de la probeta para ensayo de tracción.

Figura 22



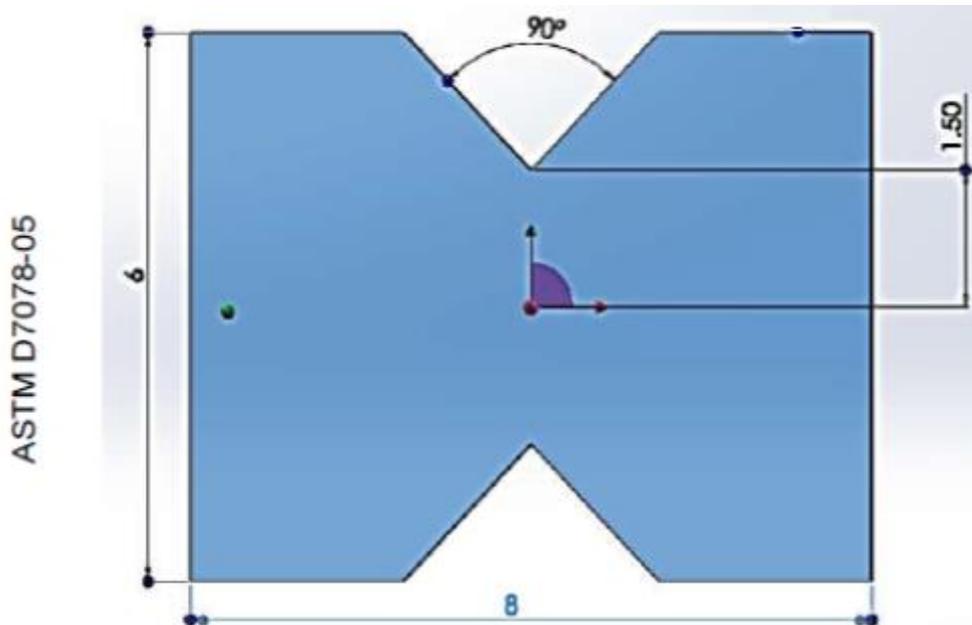
Modelo de probeta para ensayo de Flexión, conforme a la Norma

Tabla 6

Nomenclatura	Significado	Dimensión (mm)
W	Amplitud de la sección transversal estrecha	10
T	espesor	5
L	Longitud de la sección estrecha	50
WO	Ancho global	20
LO	Longitud global	150
G	Longitud calibrada	25
D	Distancia entre extremos	100
RO	Radio externo	30

Norma ASTM D638-01 medidas de la probeta para Ensayo a tracción

Figura 23



Modelo de la probeta de ensayo al corte Norma ASTM D7078-05

Tabla 7

Significado	Dimensión(CM)
Largo	8
ancho	6
espesor	0.5
Sección transversal para las muescas	1.5
Ancho de la muesca de (90°)	3

Medidas de las dimensiones de la probeta para Ensayo al corte, conforme a la Norma ASTM D7078-05

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad

2.4.1 Técnicas:

En la presente investigación se utiliza la técnica de observación el cual es el registro visual de lo que ocurre en una situación real clasificando los procedimientos de acuerdo a la investigación en el problema de estudio.

2.4.2 Instrumentos:

Como instrumento de recolección de datos se emplea la ficha de recolección de datos el cual está ubicado en el **(anexo 1)**.

2.5 Métodos de análisis de datos

En el presente estudio se aplicará cuadros Excel métodos de análisis estadísticos de medidas de tendencias tales como, la madeia y cuadros de frecuencia para analizar el porcentaje de fibra de carbono y resistencia a la tracción y corte teniendo en cuenta los objetivos planteados y los resultados obtenidos.

2.6 Aspectos éticos

En el presente estudio se brindará el cuidado con los respetos éticos conformes, tal a manera confidenciales de la información, por lo tanto, la investigación conseguida no será expuesta ni conocida para cualquier otro fin.

III. RESULTADOS

3.1 Determinar mediante pruebas preliminares de impacto, el solvente, catalizador y acelerante de la resina matriz poliéster a usar en la presente investigación.

Tabla 8

Recetas		Peróxido (gotas)		
		3	2	1
Octoato (gotas)	3	x	x	x
	2	x	x	x
	0	-	-	-
Monómero (gramos)	5			

En la tabla 8 se preparó las siguientes recetas de acuerdo a la resina poliéster el Monómero (diluyente) el octoato de cobalto (acelerador de reacción) y el peróxido (catalizador), aquí se utilizó la resina poliéster a 20 gramos con un 25% de solvente según la caracterización de la resina a trabajar para todas las recetas, se realizó las diferentes recetas con la combinación del octoato de cobalto en gotas y el Peróxido en gotas como (O3-P3); (O3-P2); (O3-P1); (O2-P3); (O2-P2); (O2-P1) la descripción de la secuencia experimental está ubicado en el **(Anexo 2)**.

Tabla 9

Muestras	Tiempo de gelado(min)
O3-P3	15
O3-P2	40
O3-P1	50
O2-P3	20
O2-P2	62
O2-P1	70

Tiempos de gelación se mide empíricamente con un cronometro hasta que la probeta empiece a cristalizarse porque allí es cuando empieza el ordenamiento molecular de la resina poliéster y sus catalizadores y no cuando la probeta ya está

solidificada; aquí se toma nota de los tiempos en las recetas propuestas en el recuadro.

Tabla 10

Muestra	Ancho de la replicas en (mm)			Ancho prom. (mm)	Espesor delas replicas (mm)			Espesor Prom. (mm)	Área Prom (m ²)
	1	2	3		1	2	3		
O3-P3	11.21	11.19	11.06	11.15	7.58	7.56	7.36	7.5	8.36*10 ⁻⁵
O3-P2	10.35	10.45	10.98	10.59	8.18	8.56	8.39	8.38	8.87*10 ⁻⁵
O3-P1	10.69	10.51	10.78	10.66	7.8	7.91	7.9	7.87	8.39*10 ⁻⁵
O2-P3	10.35	10.38	10.87	10.53	8.1	7.67	7.79	7.85	8.27*10 ⁻⁵
O2-P2	10.35	10.39	10.11	10.28	7.56	7.45	7.76	7.59	7.80*10 ⁻⁵
O2-P1	10.69	10.49	10.38	10.52	7.98	7.58	7.46	7.67	8.16*10 ⁻⁵

Dimensiones ancho y espesor de las probetas de las rectas de resina poliéster de acuerdo a las réplicas que hemos construido según la norma DIN ISO 179-1 también obtuvimos el medio promedio del ancho y el espesor de las probetas de impacto de resina poliéster y su área transversal de cada uno y el promedio del área transversal en metros cuadrados.

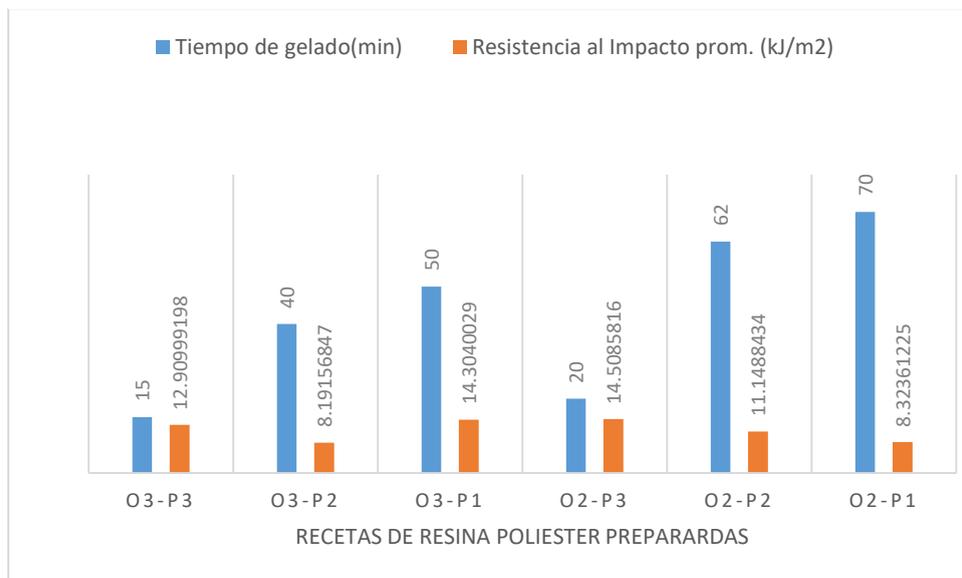
Tabla 11

Muestras	Energía de Impacto (J) De las replicas			Energía Imp. Prom. (J)	Área Prom (m ²)	Resistencia al Impacto prom. (kJ/m ²)
	1	2	3			
O3-P3	1.2	1.1	0.95	1.08	8.36*10 ⁻⁵	12.90999198
O3-P2	0.75	0.75	0.68	0.73	8.87*10 ⁻⁵	8.19156847
O3-P1	1.1	1.3	1.2	1.2	8.39*10 ⁻⁵	14.3040029
O2-P3	1.1	1.45	1.05	1.2	8.27*10 ⁻⁵	14.5085816
O2-P2	0.7	1.1	0.8	0.87	7.80*10 ⁻⁵	11.1488434
O2-P1	0.65	0.71	0.68	0.68	8.16*10 ⁻⁵	8.32361225

Para obtener la energía de impacto se utilizó el equipo **de péndulo MT-3016** para nuestras pruebas de impacto el cual está dado por la energía consumida cuando la pieza que se rompe puede leerse directamente desde la escala que está en el reloj es aquella indicada por el puntero el cual está dado en joule (J). De acuerdo a ello se obtiene la energía de impacto y para hallar la resistencia al impacto se divide la energía de impacto en (J) entre el área transversal de la probeta el cual está dado por en m² para ello se ase le calculo necesario y se obtiene la resistencia al impacto en (kJ/m²)

$$\text{Resistencia al impacto} = \frac{\text{energía de impacto (kJ)}}{\text{Area transversal (m}^2\text{)}}$$

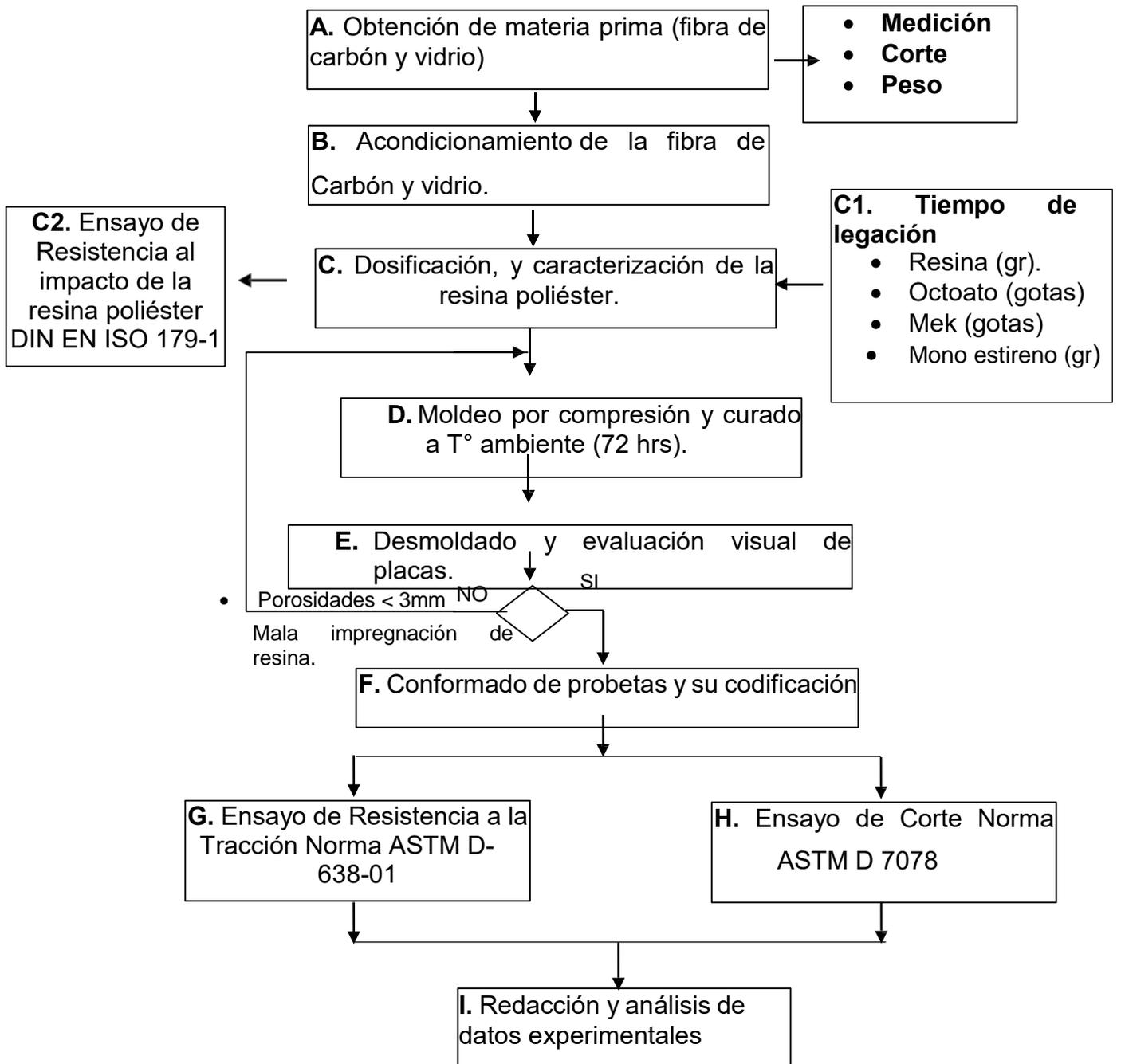
Tabla 12



En la tabla se analiza el tiempo de gelado versus la resistencia al impacto de las diferentes recetas, en la tabla la receta con código O2-P3, nos brindó la mayor resistencia al impacto de 14.50 kJ/m². El cuál es la más adecuada para la aglomeración con nuestras fibras poliméricas. El código O2-P3 (Octoato 2 gotas – peróxido 3 gotas) se recomienda por cada 20 gramos de resina poliéster Y 25% de monómero.

3.2 Establecer la marcha experimental para el proceso de manufactura de moldeo por compresión.

SECUENCIA EXPERIMENTAL



- **Obtención de materia prima (fibras de carbono y vidrio).**
- **Acondicionamiento de la fibra de carbono y vidrio.**
- **Dosificación, y caracterización de la resina poliéster.**
- **Moldeo por compresión y curado a T° ambiente (72 hrs).**
- **Desmoldado y evaluación visual de placas.**
- **Conformado de probetas y su codificación.**

La descripción de la secuencia experimental está ubicado en el **(anexo 3)**.

En el desarrollo de proceso experimental por compresión, se estableció el proceso de manufactura así obtendremos que el proceso de curado del material compuesto entre las fibras con la resina tiende a tener una mejor adherencia entre ella y así una mejor interfase y menor cantidad de poros.

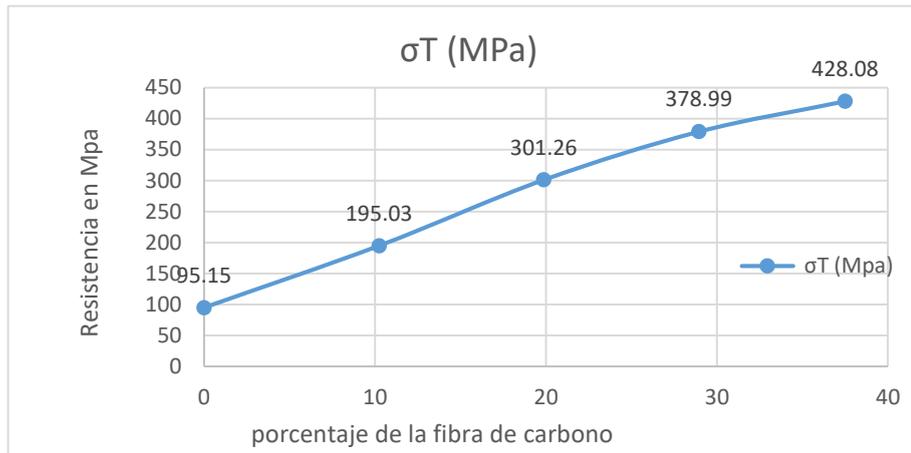
3.3 Construir graficas mediante software Excel de los diferentes porcentajes de fibra de carbono versus resistencia a la tracción y esfuerzo cortante.

Tabla 13

Capas FC	Capas FV	Masa (gr.) FC	Masa (gr.) FV	Masa Total (gr.) Fibras	% peso FC	% Peso FV	σ_T (MPa)	E_T (MPa)	% ϵ_T	R. Corte (MPa)
0	4	0	50.40	50.40	0.00	29.58	95.15	3200.15	4.15	10.12
1	3	18	37.80	55.80	10.24	21.50	195.03	5478.14	3.90	16.24
2	2	36	25.20	61.20	19.87	13.91	301.26	7458.11	3.15	28.26
3	1	54	12.60	66.60	28.94	6.75	378.99	10245.47	2.78	38.50
4	0	72	0.00	72.00	37.50	0.00	428.08	12089.68	2.54	43.50

Valores promedio del módulo de elasticidad (ET), resistencia máxima a la tracción (σ_T), % al alargamiento a la rotura (ϵ_T) en tracción, resistencia al esfuerzo cortante, porcentajes en peso de fibras, fortificados con diferente número de capas de fibras de carbono y fibra de vidrio, elaborados mediante el proceso de compresión la obtención de datos es especificada en él **(anexo 3)**.

Tabla 14



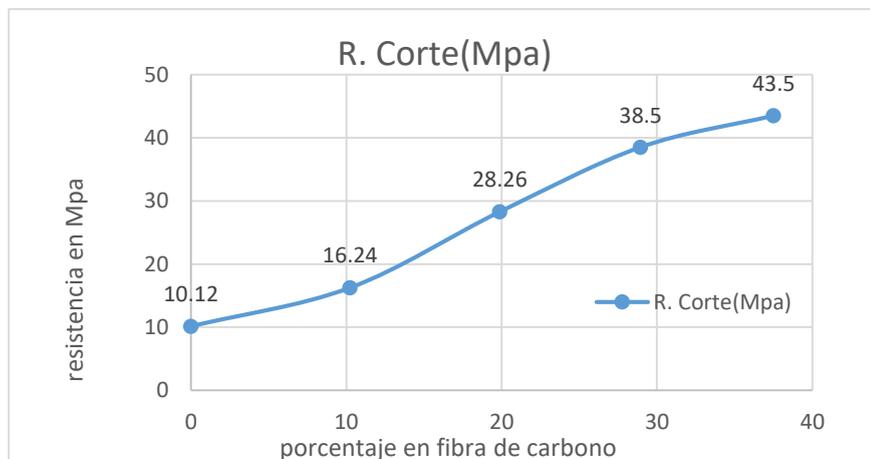
% en peso de la fibra de carbono versus la resistencia a la tracción

En la tabla 14 se analiza el porcentaje de la fibra de carbono versus la resistencia a la tracción se comienza desde el 0% el cual esta con cuatro capas de fibra de vidrio a una resistencia de 95,15% MPa intercambiando con una capa de fibra de carbón y tres de vidrio a un 10.24% obtenemos una resistencia de 195.03 MPa, con dos capas de fibra de carbón y dos de vidrio aun 19.87%obtenemos una Resistencia de 301.26 MPa, con tres capas de fibra de carbón y una de vidrio a 28.94% obtenemos una resistencia de 378.99 MPa y con cuatro capas de fibra de carbono a 37.5%obtenemos una resistencia de 428.08 MPa.

% en peso de la fibra de carbono versus la resistencia al esfuerzo cortante.

Tabla 15

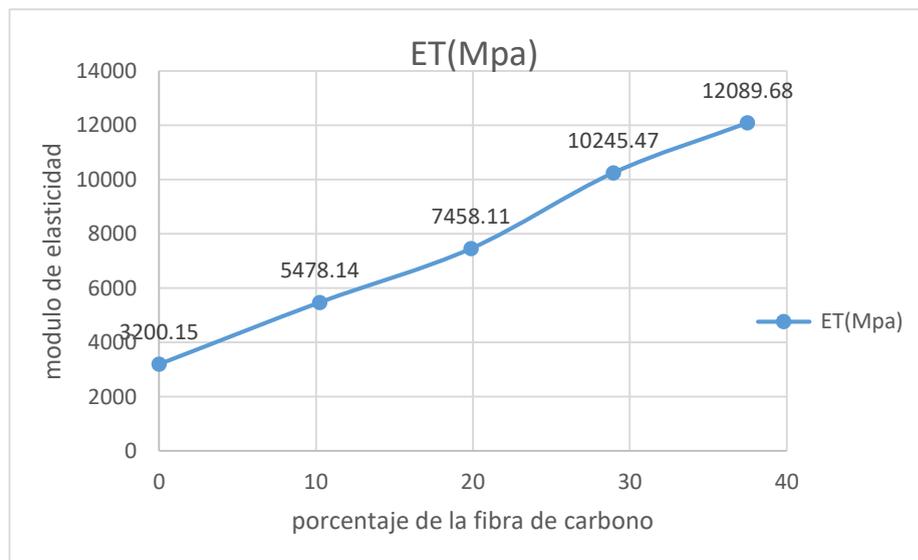
En la tabla 15 se analiza el porcentaje de la fibra de carbono versus la resistencia



al esfuerzo cortante se comienza desde el 0% el cual esta con cuatro capas de fibra

de vidrio a una resistencia de 10.12 MPa intercambiando con una capa de fibra de carbón y tres de vidrio a un 10.24% obtenemos una resistencia de 16.24 MPa, con dos capas de fibra de carbón y dos de vidrio aun 19.87%obtenemos una Resistencia de 28.26 MPa, con tres capas de fibra de carbono y una de vidrio a 28.94% obtenemos una resistencia de 38.5 MPa y con cuatro capas de fibra de carbono a 37.5%obtenemos una resistencia de 43.5 MPa.

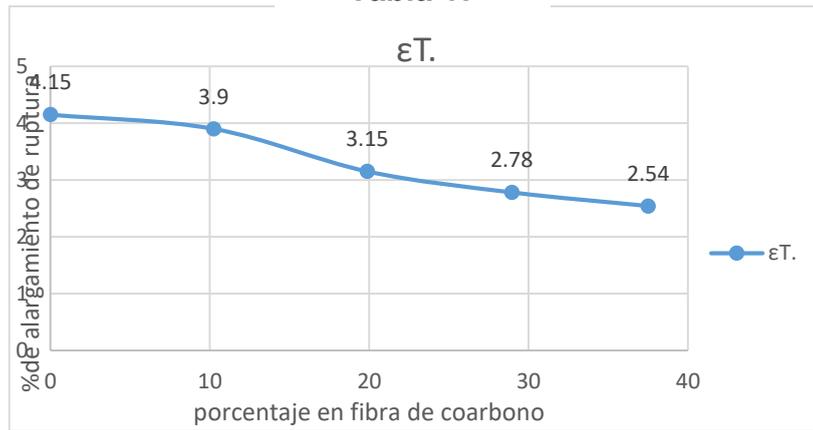
Tabla 16



% en peso de fibra de carbono versus el módulo elasticidad

En la tabla 16 se analiza el porcentaje de la fibra de carbono versus módulo elástico se comienza desde el 0% el cual esta con cuatro capas de fibra de vidrio y un módulo elástico de 3200.15 MPa intercambiando con una capa de fibra de carbón y tres de vidrio a un 10.24% obtenemos un módulo elástico de 5478.14 MPa, con dos capas de fibra de carbón y dos de vidrio aun 19.87%obtenemos un módulo elástico de 7458.11 MPa, con tres capas de fibra de carbono y una de vidrio a 28.94% obtenemos un módulo elástico de 10245.47 MPa y con cuatro capas de fibra de carbono a 37.5%obtenemos un módulo elástico de 12089.68 MPa.

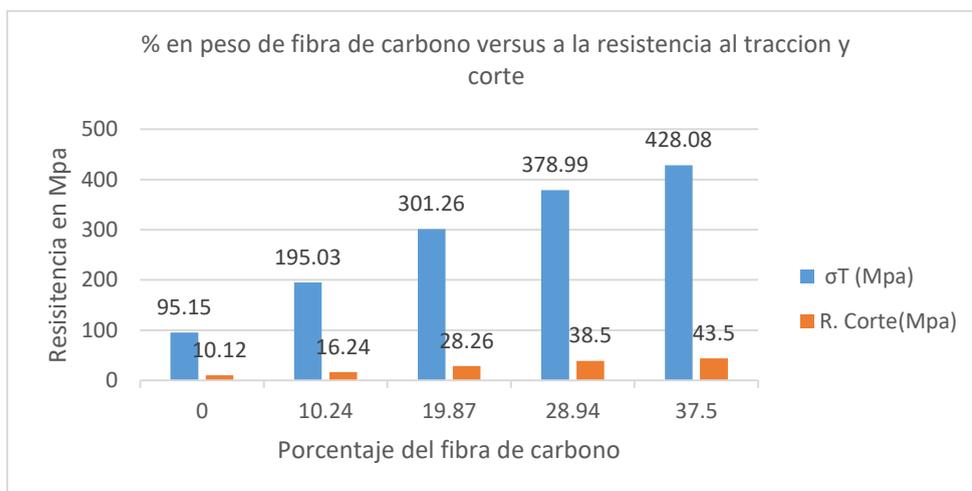
Tabla 17



% en peso de fibra de carbono versus el % de alargamiento de ruptura

En la tabla 17 se analiza el porcentaje de la fibra de carbono versus el % de alargamiento de ruptura se comienza desde el 0% el cual esta con cuatro capas de fibra de vidrio y en % de alargamiento de ruptura de 4,15%, intercambiando con una capa de fibra de carbón y tres de vidrio a un 10.24% obtenemos el % de alargamiento de ruptura de 3.9%, con dos capas de fibra de carbono y dos de vidrio aun 19.87% obtenemos un % de alargamiento de ruptura de 3.15%, con tres capas de fibra de carbono y una de vidrio a 28.94% obtenemos un % de alargamiento de ruptura de 2.78% y con cuatro capas de fibra de carbono a 37.5% obtenemos un % de alargamiento de ruptura de 2,54%.

Tabla 18



% en peso de la fibra de carbón versus a la resistencia a la tracción y corte.

Mediante las gráficas de cuadro Excel analizamos Los porcentajes de fibra de carbono y fibra de vidrio versus a la resistencia a la tracción y esfuerzo cortante, con 4 capas de fibra de vidrio y un porcentaje en peso de 29.58% tiene una resistencia a la tracción de 95.15 MPa y al corte de 10.12 MPa; con 4 capas de fibra de carbono y un porcentaje en peso de 37.5% obtuvimos una resistencia la tracción de 428.08 MPa y al corte de 43.5 MPa. Esto significa que hay un incremento a la resistencia la tracción del 349.9 % y al corte en y 329.8%.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados de las pruebas de impacto, de la mejor relación de resina poliéster es la relación (O2 – P3) el cual es 2 gotas de Octoato y 3 gotas de peróxido con 20 gramos de resina poliéster con el 25% de monómero el cual tiene un mejor reordenamiento molecular, tiempo de gelación moderado y mejor resistencia al impacto de 14.50 KJ/m² y 20 minutos de gelado. García (2014, p.120) En Tesis Doctoral titulada “Análisis de laminados de materiales compuestos con precarga en su plano y sometidos a impacto” en la cual obtuvieron una resistencia al impacto de la resina poliéster de 6.78 kJ/m² y tiempo de curado de 45 min, esto se debe quizás a la naturaleza o tipo de resina pues en el mercado existen de varias calidades esto es en mención a que las reacciones de polimerización con altas temperaturas fragilizan al polímero generando micro grietas disminuyendo así su resistencia mecánica, y si el tiempo de polimerización es largo, se forman cadenas poliméricas inestables y pequeñas, de la misma manera se disminuye las propiedades mecánicas de la resina poliéster.

En el desarrollo de proceso experimental por compresión, se estableció el proceso de manufactura así obtendremos que el proceso de curado del material compuesto entre las fibras con la resina tiende a tener una mejor adherencia entre ella y así una mejor interfase y menor cantidad de poros. Sánchez (2011, p.117) en su tesis titulada “Análisis mecánico y fisicoquímico de un material compuesto de matriz termoestable y refuerzo de fibra de carbono: comparativa de propiedades del material curado fuera y dentro de autoclave” Es importante el volumen de huecos de los laminados construidos a la hora de controlar su compactación y la porosidad. En el ámbito aeronáutico Se tiene que tener un valor inferior al 2% para ser válido. En las muestras las secciones transversales de algunos de los compuestos

obtenidos en la presente investigación, en el cual se aprecia la adecuada distribución de las fibras, además de él buen acople matriz refuerzo para todos los casos. Lo reportado respecto al ensayo de tracción se acopla bien, además de lo ya mencionado a la conocida y utilizada ley de mezcla representativa del comportamiento de plásticos reforzados, en el cual se menciona la relación directa entre cantidad de refuerzo y esta propiedad. Lo que respecta a la resistencia al corte es dato proporciona de forma indirecta el grado de acople entre la matriz y el refuerzo, de esta manera se garantiza la transferencia de carga de matriz hacia el refuerzo, ello conlleva a la forma correcta de funcionamiento de un compuesto; en este caso por ser ambas fibras de tipo sintética, ellas estas preparadas para buen acople, pero en este caso y como se evidencia por los resultados obtenidos el mejor acople se logra con las fibras de carbono, esto se debería a la facilidad de esta de ser empapada con la matriz de resina poliéster, mejorando de forma considerable la transferencia de carga y reportando los valores altos en lo que respecta a tracción. Las fibras de carbono utilizadas en la presente investigación, son comercializadas con el nombre de SIKA WRAP 301C (600 MPa resistencia a la tracción), que este caso fue favorable pues el proceso de moldeo por compresión no genero una cantidad grande de poros concentrados ni ninguno de ellos sobrepasa en diámetro los 1.5 mm, esto llevo finalmente a obtener resistencias mecánicas en tracción altas lo mismo aconteció respecto a los valores de resistencia al corte.

Los porcentajes de fibra de carbono y fibra de vidrio versus a la resistencia a la tracción y esfuerzo cortante, con 4 capas de fibra de vidrio y un porcentaje en peso de 29.58 tiene una resistencia a la tracción de 95.15 MPa y al corte de 10.12 MPa; con 4 capas de fibra de carbono y un porcentaje de 37.5 en peso hay un gran incremento en la resistencia la tracción de 428.08 MPa y al corte de 43.5 MPa. Esto significa que hay un incremento a la resistencia la tracción del 349.9 % y al corte en y 329.8%. Carrasco (2015,p.8) "Materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y fibra de carbono y su incidencia en las propiedades mecánicas de tracción".Así concluyen sus ensayos de tracción, Los datos obtenidos de la resistencia a la tensión dan un aumento de 8.36 MPa sin ningún refuerzo solo resina a 351.00 MPa con la resina es fortificada con 60% de fibras de carbono,

aumenta hasta el 4000% de resistencia a la tensión El mejor procedimiento de laminación es de (cámara barométrica) en ambos resultados obtenemos que el beneficio de la fibra de carbono como refuerzo de un plástico reforzado da un gran aumento en sus resistencias mecánicas .

V. CONCLUSIÓN

- En el resultado de analizar el tiempo de gelado versus la resistencia al impacto de las diferentes recetas, en la tabla la receta con código O2-P3, nos brindó la mayor resistencia al impacto de 14.50 kJ/m² y un tiempo promedio de 20 minutos. El cuál es la más adecuada para la aglomeración con nuestras fibras sintéticas. El código O2-P3 (Octoato 2 gotas – peróxido 3 gotas) se recomienda por cada 20 gramos de resina poliéster Y 25% de monómero.
- En el desarrollo de proceso experimental por compresión, se estableció el proceso de manufactura desde la Obtención de materia prima (fibras de carbono y vidrio), acondicionamiento de la fibra de carbono y vidrio, dosificación, y caracterización de la resina poliéster, moldeo por compresión y curado a T° ambiente (72 hrs), desmoldado y evaluación visual de placas, conformado de probetas y su codificación, así obtendremos que el proceso de curado del material compuesto entre las fibras con la resina tiende a tener una mejor adherencia entre ella y así una mejor interfase y menor cantidad de poros.
- Mediante las gráficas de cuadro Excel analizamos Los porcentajes de fibra de carbono y fibra de vidrio versus a la resistencia a la tracción y esfuerzo cortante, con 4 capas de fibra de vidrio y un porcentaje en peso de 29.58% tiene una resistencia a la tracción de 95.15 MPa y al corte de 10.12 MPa; con 4 capas de fibra de carbono y un porcentaje en peso de 37.5% obtuvimos una resistencia a la tracción de 428.08 MPa y al corte de 43.5 MPa. Esto significa que hay un incremento a la resistencia la tracción del 349.9 % y al corte en y 329.8%.

VI. RECOMENDACIONES

- Al utilizar la de resina como matriz primero hacer unas pruebas de impacto ya que no todas son iguales hay una grande diferencia con otras y muchísimo más si son resinas de viniléster o epoxicas.
- se recomienda utilizar todos los equipos de protección personales y no coger con la mano desnuda cualquier resina ya que algunas personas pueden ser intolerantes a ellas y así cuidar su salud personal.
- En el proceso de compresión y curado por 72 horas que las plaquetas se coloquen sobre una mesa buril más un peso sobre puesto para evitar el pandeo de las plaquetas ya que el secado se ase al medio ambiente.
- Si se requiriese mayor calidad en el producto se recomienda cambiar de fibra de carbono con alto módulos y una mejor resina de matriz el cual elevaría el costo del producto final y obtendríamos mejores resistencias a todo lo mecánico.
- Al utilizar el proceso de compresión para una mejor interface entre la fibra y la resina poliéster y menor cantidad de poros.se recomienda utilizar para algunos procesos por molde cerrados unas prensas en C según el tipo de molde a realizar ya que las diferentes estructuras son de difíciles accesos y no todos se pueden llevar a una prensa hidráulica.
- Al utilizar cuadros comparativos para analizar los diferentes esfuerzos tanto a la tracción como el esfuerzo cortante.se recomienda hacer el buen uso delos cálculos ya que si se varían en algo tus datos tus resultados saldrán erróneos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASKELAND, Donald R. Ciencia e Ingeniería de los Materiales. 3^{ra} ed. México: International Thompson, 1998. 845pp. ISBN: 968-7529-36-9.

CALLISTER, William. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. [En línea] Barcelona España: Reverte S.A, 1995 (fecha de consulta: 10 de agosto de 2016). <http://www.freelibros.org/ingeniería-de-materiales/introduccion-a-la-ciencia-e-ingenieria-de-los-materiales-william-d-callister.html>. 803pp.ISBN 842917253X.

CIMBRA del colegio de ingenieros técnicos de obras públicas, [en línea] Madrid Materiales Compuestos de Matriz Polimérica Reforzados con Fibra de Vidrio 2010 [fecha de consulta : 23 de agosto del 2016]. <http://www.citop.es/publicaciones/pub02.php>. 74pp.ISSN: 0210-0479.

CONFORMANDO y aplicaciones de la fibra Carbono. [Mensaje en un blog] Argentina: Carrillo, Gilberto. (15 de abril de 2015). [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2016]. <https://porprofesionalmic.files.wordpress.com/2015/09/investigacion-documental-fibra-carbono.pdf>.

FIBRA de carbono. [Mensaje de blog] España: Bravo, Murillo D, (1 de diciembre de 2012). [Citado el: 3 de diciembre de 2016]. <https://www.slideshare.net/DavidBuenoSaenz/fibra-de-carbono-15439377>.

FIBRAS especiales y artificiales. [Mensaje en un blog] España: Mariana Sandoval (20 de febrero de 2014). [Fecha de consulta: 03 de diciembre de 2016.] <http://miblogdefibrasespecialesyartificiales.blogspot.pe/2014/02/fibra-del-carbono>.

GARCÍA castillo, Shirley. Análisis de laminados de materiales compuestos con precarga en su plano y sometidos a impacto. [En línea]. Tesis (ingeniero de materiales) España: universidad Carlos III de Madrid 2007. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis> 177pp.

GROOVER, Mikel. Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, Procesos y Sistemas. [En línea] México Naucalpan de Juárez: Prentice-Hall Hispanoamérica S.A., 1997. [Fecha de consulta 20 de noviembre del 2016] https://books.google.com.pe/books/about/Fundamentos_de_manufactura_moderna.html?id=tcV0l37tUr0C. 1038pp. ISBN 968-880-846-6.

IBEROAMERICANA de polímeros, [En línea] España: Fibras y materiales de refuerzo: los poliésteres reforzados aplicados a la realización de piezas en 3D 20011. <http://www.ehe.es/reviberpol/pdf/oct11/garcia.pdf>. ISSN: 1988-4206.

LA evolución delos textiles. [Mensaje en un blog] España: Ángeles, Karina. (20 de mayo de 2014). [Citado el: 03 de diciembre de 2016.] <http://inovatextiles-selegna.blogspot.pe/2014/05/fibra-de-carbono.html>.

MORALES Antigüedad, German. Procesado y Caracterización de Materiales Compuestos de Matriz Polimérica Reforzados con Nanofibras de Carbono para Aplicaciones Tecnológicas. Tesis (doctora en ciencias químicas). Madrid: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica 2008. <http://eprints.ucm.es/8834/1/T30874.pdf>. 248pp, ISBN:978-84-692-2929-3.

NAVARRO Vargas, Carolina. Soldadura de uniones de cañerías de plástico reforzado con fibra de vidrio de uso industrial. tesis (Ingeniero Constructor) Chile Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería Escuela Ingeniería en Construcción. 2006. http://www.asetub.es/component/docman/doc_download/35-guia-tecnica-tuberias-de-poliester-reforzado-con-fibra-de-vidrio-prfv.121pp.

PROAÑO Tataje, Luis. 2011.Comportamiento de vigas de concreto armado reforzadas externamente con platinas de fibras de carbono. Tesis (Ingeniería estructural). Perú -lima universidad nacional de ingeniería 2011. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1238>. 291pp.

CARRASCO Reinoso, Mauricio. J “Materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y fibra de carbono y su incidencia en las propiedades mecánicas de tracción” tesis (Ingeniero Mecánico) Ecuador Ambato: Universidad técnica de ambato facultad de ingeniería civil y mecánica 2015. 238.pp

RODRÍGUEZ, David y SAUCEDO, Homero. Influencia de la presión de infiltración del proceso de moldeo por transferencia de resina, sobre la resistencia a la tracción, de un compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de vidrio. tesis (Ingeniero de Materiales) Perú –Trujillo: Universidad nacional de Trujillo facultad de ingeniería 2016. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2547>. 84pp.

SAHUQUILLO, Oscar. Estudio de la degradación de materiales compuestos base poliéster reforzados con fibra de vidrio en medios neutros y alcalinos. tesis(doctoral). valencia: Universidad Politécnica de Valencia, ingeniería mecánica de materiales 2012. <http://hdl.handle.net/10251/15191>. 353pp.

SÁNCHEZ Vicente, Laura. análisis mecánico y fisicoquímico de un material compuesto de matriz termoestable y refuerzo de fibra de carbono: comparativa de propiedades del material curado fuera y dentro de autoclave. tesis (ingeniería de materiales y químicas). Madrid: Universidad Carlos III. Madrid Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química.2011. http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12436/PFC_Laura_Sanchez_Vicente.pdf 127pp.

ASTM international, ASTM D7078 TESTING FIXTURE shear properties of composite materials by v-notched rail shear method. Italia:sophia ASTM D7078 2005.<https://www.astm.org/Standards/D7078.htm>.4 pp.

MATERIALES y materias primas. Materiales compuestos [mensaje de blog] argentina: stupenengo franco (2011). [fecha de consulta :22 de agosto del 2016].

<http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/materiales-compuestos>. Pdf.27pp.

TECNOLOGIA de los plásticos. [mensaje de un Blog] Argentina: mariano 1 de noviembre). [fecha de consulta 11 de agosto del 2016]. <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.pe/2011/11/fibra-de-carbono.html>.

VALLEJOS, María. Aprovechamiento Integral del Cannabis Sativa como Material de Refuerzo/Carga del Polipropileno. tesis (Grado de doctora) España - Cataluña universidad de Girona, ingeniería química, agría y tecnología agroalimentaria. 2006. www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/7793/tmev.pdf?sequence=1.341pp. ISBN 84-690-0068-3.

SMITH William. Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales [en línea].4th Ed. México: Edición Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736.2006. [fecha de consulta :15 de agosto del 2016]. <https://chirinoosilveroger.files.wordpress.com/.../fundamentos-de-la-ciencia-e-ingenier>. 1036PP. ISBN970-10-5638-8.

Anexos

Anexos 1

Ficha de recolección de datos

Recetas para la preparación y caracterización de la resina poliéster

Recetas		Peróxido (gotas)		
Octoato (gotas)				
Monómero (gramos)				

Tiempos de gelación se mide empíricamente hasta que la probeta empiece a solidificarse según las recetas propuestas y realizadas del cuadro

Muestras	Tiempo de gelado(min)

Luis Enrique García Espinoza

Ficha de datos

Dimensiones promedio de las probetas de impacto de resina poliéster									
Muestra	Ancho en (mm)			Ancho prom. (mm)	Espesor (mm)			Espesor prom. (mm)	Área (m ²)

$$\text{Resistencia al impacto} = \frac{\text{energía de impacto (KJ)}}{\text{Area transversal de la proveta (m}^2\text{)}}$$

Resistencia al impacto de las recetas propuestas, en la preparación de la resina poliéster.						
Muestras	Energía de Impacto (J)			Energía Imp. Prom. (J)	Área (m ²)	Resistencia al Impacto (kJ/m ²)

Luis Enrique Garcia Espinoza

	ficha de recolección de datos				
	Observador: Luis Enrique García Espinoza				
	Muestra: Plástico reforzado				
	Tipo de ensayo: Tracción				
	Instrumentos a utilizar en el registro de observación:				
	Equipo de ensayos universales				
Fecha	Variaciones	Resistencia a la tracción (MPa)			Firmas
11/05/2017					
12/05/2017					
13/05/2017					
15/05/2017					
16/05/2017					

	ficha de recolección de datos				
	Observador: Luis Enrique García Espinoza				
	Muestra: Plástico reforzado				
	Tipo de ensayo: Al esfuerzo cortante				
	Instrumentos a utilizar en el registro de observación:				
	Equipo de ensayos universales				
Fecha	Variaciones	Resistencia a la tracción (MPa)			Firmas
11/05/2017					
12/05/2017					
13/05/2017					
15/05/2017					
16/05/2017					

Luis Enrique Garcia Espinoza

Ficha de recolecion de datos

Recetas para la preparación y caracterización de la resina poliéster

Recetas		Peróxido (gotas)		
		3	2	1
Octoato (gotas)	3	X	X	X
	2	X	X	X
	0	-	-	-
Monómero (gramos)	5			

Tiempos de gelacion se mide empíricamente hasta que la probeta empiece a solidificarse según las recetas propuestas y realizadas del cuadro

Muestras	Tiempo de gelado(min)
03-P3	15
03-P2	40
03-P1	50
02-P3	20
02-P2	62
02-P1	70

Luis Enrique Garcia Espinoza



Ficha de recolección de datos

Dimensiones promedio de las probetas de impacto de resina poliéster									
Muestra	Ancho en (mm)			Ancho prom. (mm)	Espesor (mm)			Espesor prom. (mm)	Área (m ²)
03-P3	11.21	11.19	11.06	11.15	7.54	7.56	7.36	7.50	8.36E-05
03-P2	10.35	10.45	10.98	10.59	8.18	8.56	8.39	8.38	8.87E-05
03-P1	10.69	10.51	10.78	10.66	7.80	7.91	7.90	7.87	8.39E-05
02-P3	10.35	10.38	10.87	10.53	8.10	7.67	7.76	7.85	8.27E-05
02-P2	10.35	10.39	10.11	10.28	7.56	7.45	7.79	7.59	7.81E-05
02-P1	10.69	10.49	10.38	10.52	7.98	7.58	7.46	7.67	8.07E-05

Resistencia al impacto de las recetas propuestas, en la preparación de la resina poliéster.						
Muestras	Energía de Impacto (J)			Energía Imp. Prom. (J)	Área (m ²)	Resistencia al Impacto (kJ/m ²)
03-P3	1.2	1.1	0.95	1.08	8.36E-05	12.950787
03-P2	0.75	0.75	0.68	0.73	8.87E-05	8.189009
03-P1	1.1	1.3	1.2	1.2	8.39E-05	14.303730
02-P3	1.1	1.45	1.05	1.2	8.27E-05	14.506458
02-P2	0.7	1.1	0.8	0.87	7.81E-05	11.103922
02-P1	0.65	0.71	0.68	0.68	8.07E-05	8.423820

Luis Enrique Garcia Espinoza



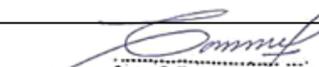
Ficha de recolección de datos

ficha de recolección de datos					
Observador: Luis Enrique García Espinoza					
Muestra: Plástico reforzado					
Tipo de ensayo: Tracción					
Instrumentos a utilizar en el registro de observación:					
Equipo de ensayos universales					
Fecha	Variaciones	Resistencia a la tracción (MPa)			Firmas
11/05/2017	0 %	97.45	94.07	93.93	
12/05/2017	10 %	197.35	193.47	194.27	
13/05/2017	20 %	301.49	301.05	301.24	
15/05/2017	30 %	384.29	375.79	376.89	
16/05/2017	40 %	430.62	426.42	427.7	

ficha de recolección de datos					
Observador: Luis Enrique García Espinoza					
Muestra: Plástico reforzado					
Tipo de ensayo: Al esfuerzo cortante					
Instrumentos a utilizar en el registro de observación:					
Equipo de ensayos universales					
Fecha	Variaciones	Resistencia a la tracción (MPa)			Firmas
11/05/2017	0 %	10.14	10.11	10.11	
12/05/2017	10 %	16.26	16.07	16.44	
13/05/2017	20 %	28.49	28.05	28.24	
15/05/2017	30 %	38.76	38.29	38.45	
16/05/2017	40 %	43.71	43.25	43.50	

Ficha para la validación de ensayos

ENSAYO DE RESISTENCIA AL IMPACTO					
GUÍA DE OBSERVACIÓN					
Autorizado por:	ING. MECÁNICO Carlos Enrique Terrones Mendoza CIP:108459	Realizado por:	Luis Enrique Garcia Espinoza		
Lugar de realización:	Cajamarca	Fecha de ejecución:	07-05-2017		
Parámetros Del Ensayo					
Realizado bajo la norma:			DIN ISO 179-1		
Instrumento:			Péndulo MT-3016		
Análisis de los resultados					
N°	muestras	Tiempo de gelado en minutos	Energía (J)	Sección transversal m ²	Resistencia al impacto kJ/m ²
A	O3-P3	15	1.08	$8.36 \cdot 10^{-5}$	12.90999198
B	O3-P2	40	0.73	$8.87 \cdot 10^{-5}$	8.19156847
C	O3-P1	50	1.2	$8.39 \cdot 10^{-5}$	14.3040029
D	O2-P3	20	1.2	$8.27 \cdot 10^{-5}$	14.5085816
E	O2-P2	62	0.87	$7.80 \cdot 10^{-5}$	11.1488434
F	O2-P1	70	0.68	$8.16 \cdot 10^{-5}$	8.32361225
<p>Conclusión: En el resultado de analiza el tiempo de gelado versus la resistencia al impacto de las diferentes recetas, en la tabla la receta con código O2-P3, nos brindó la mayor resistencia al impacto de 14.50 kJ/m² y un tiempo promedio de 20 minutos. El cuál es la más adecua para la aglomeración con nuestras fibras sintéticas. El código O2-P3 (Octoato 2 gotas – peróxido 3 gotas) se recomienda por cada 20 gramos de resina poliéster Y 25% de monómero.</p>					


 Carlos E. Terrones Mendoza
 ING MECANICO
 R CIP 108459

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y CORTE										
GUÍA DE OBSERVACIÓN										
Autorizado por:	ING. MECÁNICO Carlos Enrique Terrones Mendoza CIP:108459				Realizado por			Luis Enrique Garcia Espinoza		
Lugar de realización:	Cajamarca				Fecha de ejecución:			16-05-2017		
Parámetros de ensayo										
Resistencia a la tracción						Norma ASTM D638-01				
Resistencia al corte						Norma ASTM D7078-05				
Instrumento: maquina universal de ensayos mecánicos de 600kn (extensómetro)										
Análisis de los resultados										
Capas FC	Capas FV	Masa (gr.) FC	Masa (gr.) FV	Masa Total (gr.)	% peso FC	% Peso FV	σ_T (Mpa)	ET (Mpa)	ϵ_T	R. Corte(Mpa)
0	4	0	50.40	50.40	0.00	29.58	95.15	3200.15	4.15	10.12
1	3	18	37.80	55.80	10.24	21.50	195.03	5478.14	3.90	16.24
2	2	36	25.20	61.20	19.87	13.91	301.26	7458.11	3.15	28.26
3	1	54	12.60	66.60	28.94	6.75	378.99	10245.47	2.78	38.50
4	0	72	0.00	72.00	37.50	0.00	428.08	12089.68	2.54	43.50
Conclusión:										
Se analiza los porcentajes de fibra de carbono y fibra de vidrio versus a la resistencia a la tracción y esfuerzo cortante, con 4 capas de fibra de vidrio y un porcentaje en peso de 29.58% tiene una resistencia a la tracción de 95.15 MPa y al corte de 10.12 MPa; con 4 capas de fibra de carbono y un porcentaje en peso de 37.5% obtuvimos una resistencia a la tracción de 428.08 MPa y al corte de 43.5 MPa. Esto significa que hay un incremento a la resistencia la tracción del 349.9 % y al corte en y 329.8%.										

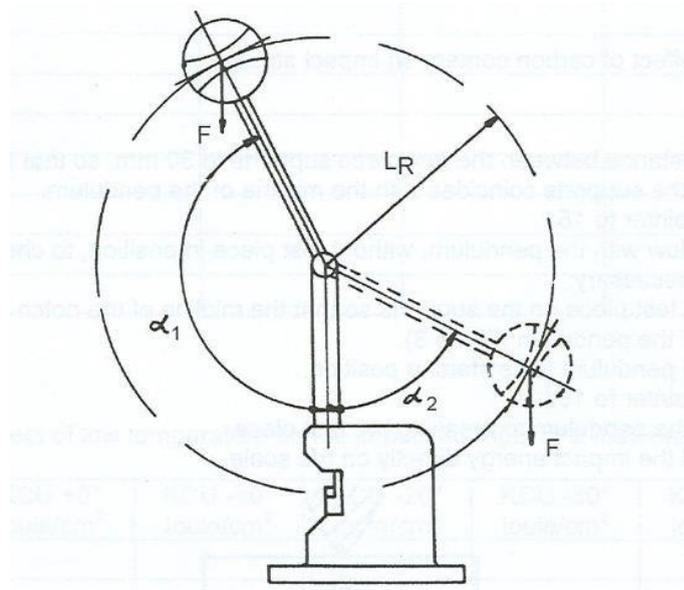

 Carlos E. Terrones Mendoza
 ING MECANICO
 R CIP 108459

Anexos 2

Determinar mediante pruebas preliminares de impacto, el solvente, catalizador y acelerante de la resina poliéster en la presente investigación.

Figura 24

Elaboración propia



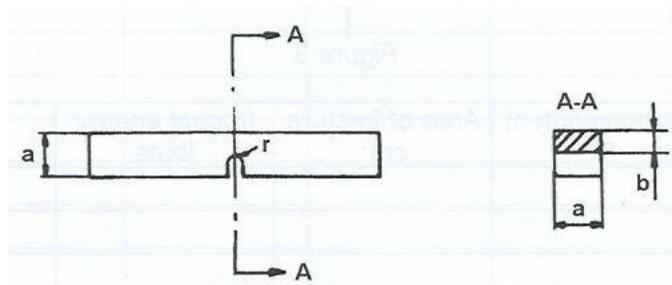
Equipo de impacto MT 3016 péndulo

L_R = Distancia mínima del péndulo= distancia al centro de impacto

Objeto del ensayo

Figura 25

Elaboración propia



Medir el esfuerzo del área de fractura: $A=a*b$

Cálculos

El péndulo es levantado a la posición correspondiente a 15J de energía potencial. Esta energía (K) puede describirse como:

$$K = F * L_R * (1 + \sin (\alpha_1 - 90^\circ))$$

Cuando el objeto de prueba se rompe, la energía T contenida en el péndulo es.

$$T = F * L_R * (1 + \cos (\alpha_2))$$

La energía E necesaria para romper la pieza de prueba es.

$$E = K - T \text{ (joule)}$$

Esta energía puede leerse directamente en la escala del equipo.

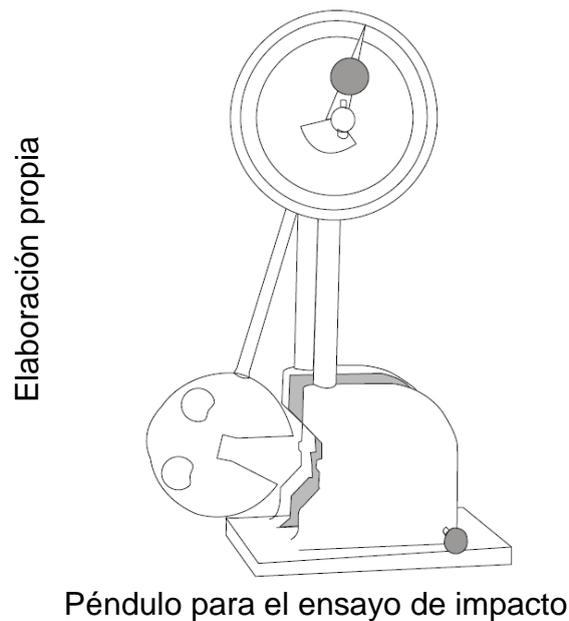
$$KCU = \frac{E}{A}$$

E = energía de impacto.

A = área de fractura.

KCU= resistencia de impacto.

Figura 26



Norma DIN ISO 179-1

Este fragmento del ISO 179 detalla un procedimiento para establecer el esfuerzo al impacto Charpy de plásticos bajo situaciones determinadas. Se precisan una cadena de prototipos desemejantes de muestras y configuraciones de prueba. Se detallan otros parámetros de ensayo según el tipo de material, el tipo de muestra de ensayo y el tipo de muesca. La técnica logra manipular para investigar la conducta de prototipos determinados de ensayos bajo las condiciones de impacto determinadas y para estimar la fragilidad o tenacidad de los ensayos dentro de las limitaciones inherentes a las condiciones de prueba. Asimismo, consigue utilizarse como de datos comparativos de tipos similares de material.

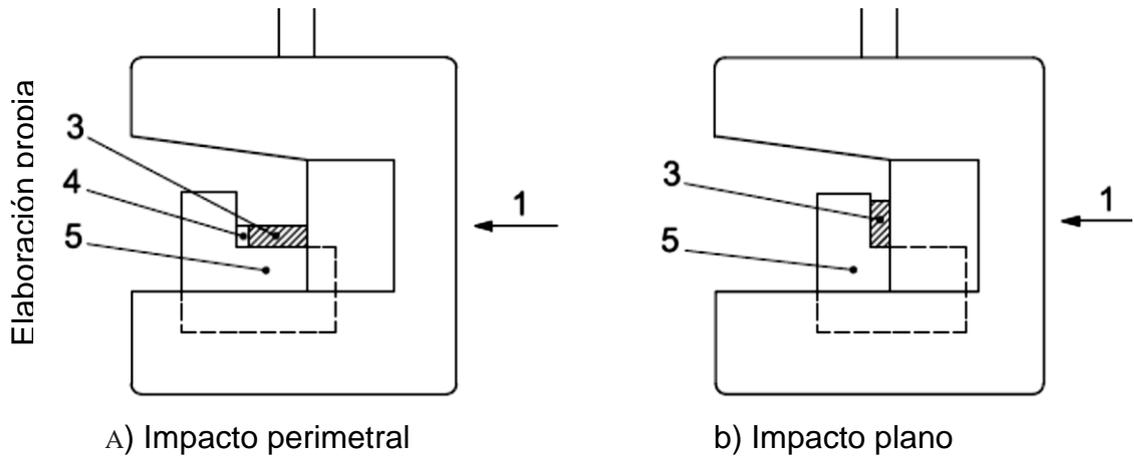
La técnica tiene un mayor nivel de aplicabilidad que el dado en la ISO 180 [1] y es más conveniente para la prueba de materiales que expongan una fractura de corte interlaminar o de materiales que presentan efectos superficiales debido a factores ambientales esta técnica es apropiado para su uso con la consecuente variedad de materiales:

Materiales de moldeo y extrusión termoplásticos rígidos (incluyendo compuestos rellenos y reforzados además de tipos sin carga) y láminas rígidas de termoplásticos.

Materiales de moldeo rígidos termoendurecibles (incluidos los compuestos rellenos y reforzados) y láminas rígidas termoendurecibles (incluidos los laminados);

Las probetas cubiertas no son normalmente convenientes para su uso con materiales celulares rígidos, materiales reforzados con fibras largas o polímeros termotrópicos de cristal líquido. En estos casos, pueden utilizarse muestras sin muescas.

Figura 27



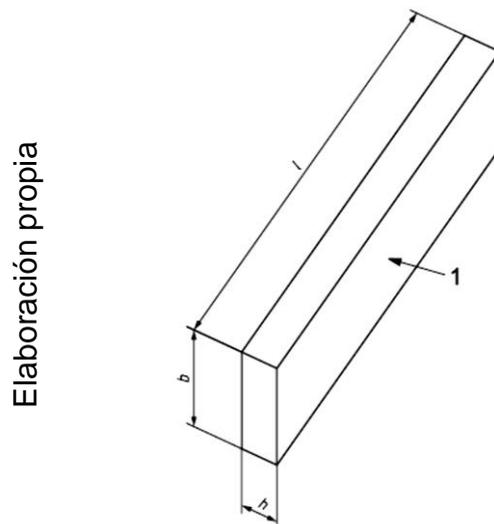
1 dirección del golpe; 2 varilla del péndulo; 3 probeta; 4 muesca; 5 soporte

Muestras del ensayo

Preparación

Compuestos de moldeo y extrusión las muestras se dispondrán de acuerdo a la descripción de material pertinente. Las muestras deberán ser moldeadas por compresión directa de acuerdo con la norma ISO 293 o ISO 295 o moldeados por inyección del material de acuerdo con las normas ISO 294-1, ISO 294-3 o ISO 10724-1, según pertenezca o mecanizados de acuerdo con la norma ISO 2818 De una lámina que ha sido moldeada por compresión o inyección del compuesto.

Figura 28



Modelo de la probeta para el ensayo de impacto para plásticos termoestables según DIN ISO179 (L) Largo 80 ± 2 mm (b) Ancho $10,0 \pm 0,6$ (h) Espesor $8,0 \pm 0,4$

TIEMPO DE GELACION Y ENSAYO DE IMPACTO

Tiempo de gelación o trabajo de la resina poliéster

Tabla 19

Observador :Luis Enrique García Espinoza				
Muestra: Resina poliéster				
Recetas		Peróxido (gotas)		
Octoato (gotas)				
Monómero (gramos)				

Relación dela resina poliéster

se preparó las siguientes recetas de acuerdo a la resina poliéster el Monómero (diluyente) el Octoato de cobalto (acelerador de reacción) y el peróxido (catalizador), aquí se utilizó la resina poliéster a 20 gramos con un 25% de solvente según la caracterización de la resina a trabajar para todas las recetas, se realizó las diferentes recetas con la combinación del octoato de cobalto con el Peróxido son en gotas y obtuvimos una relación de (O3-P3); (O3-P2); (O3-P1); (O2-P3); (O2-P2); (O2-P1).

Tabla 20

Observador :Luis Enrique García Espinoza				
Muestra: resina de poliéster 20 gramos				
Recetas		Peróxido (gotas)		
		3	2	1
Octoato (gotas)	3	x	x	x
	2	x	x	x
	0	-	-	-
Monómero (gramos)	5			

Receta de la resina poliéster

Figura 29

Elaboración propia



Preparación de las diferentes recetas de la resina poliéster

Luego que obtenemos las relaciones de la resina poliéster se hace el conformado de acuerdo a la norma ISO 179-1 aquí las 6 muestras diferentes y se hace por triplicado también el cual realizamos el tiempo de gelado que se hace el cálculo empíricamente midiendo el tiempo en que se empiezan a cristalizar la resina y no es el tiempo que ya se ha secado completamente.

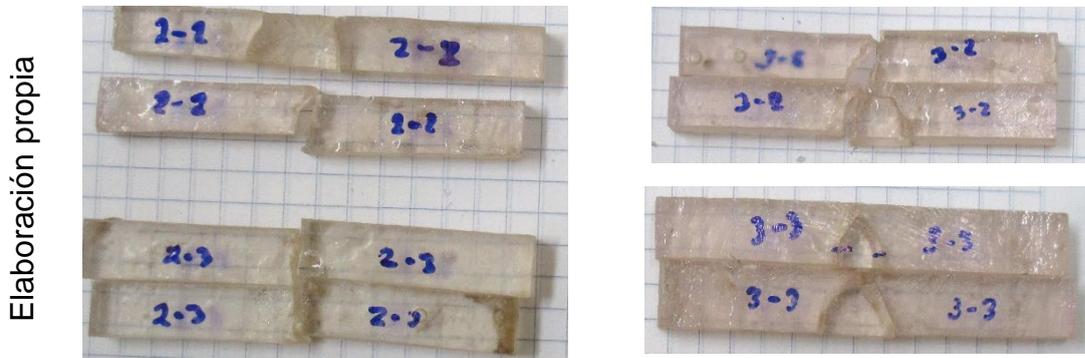
Tabla 21

Observador: Luis Enrique García Espinoza		
Muestra: resina poliéster		
Instrumentos a Utilizar en el registro de observaciones:		
Fecha	muestra	Tiempo de gelación (min)
02/05/2017	O3-P3	15
02/05/2017	O3-P2	40
02/05/2017	O3-P1	50
02/05/2017	O2-P3	20
02/05/2017	O2-P2	62
02/05/2017	O2-P1	70

Tiempo de gelado de la resina poliéster

Una vez ya secado por completo se ase la marcación de cada uno de las probetas y se va dando la forma de acuerdo a la norma ISO 179-1

Figura 30



Muestras de las diferentes recetas dela resina poliéster el cual se mide el espesor y el ancho para sacar el promedio de las probetas

Tabla 22

Observador: Luis Enrique García Espinoza										
Muestra: Resina Poliéster										
Tipo de ensayo: Medición con Vernier digital										
Instrumentos a Utilizar en el registro de observaciones:										
Fecha	Muestras	Ancho (mm)			Ancho Prom. (mm)	Espesor (mm)			Espesor Prom. (mm)	Área (mm ²)

Tabla de del área transversal de la probeta en mm².

Tabla 23

Muestra	Ancho de réplicas en (mm)			Espesor de las réplicas(mm)		
	1	2	3	1	2	3
O3-P3	11.21	11.19	11.06	7.58	7.56	7.36
O3-P2	10.35	10.45	10.98	8.18	8.56	8.39
O3-P1	10.69	10.51	10.78	7.8	7.91	7.9
O2-P3	10.35	10.38	10.87	8.1	7.67	7.79
O2-P2	10.35	10.39	10.11	7.56	7.45	7.76
O2-P1	10.69	10.49	10.38	7.98	7.58	7.46

Tabla del ancho y espesor de las diferentes muestras

Obtención del área transversal dela probeta

En la parte final se obtiene la media a través del medio promedio el cual es resultado de la suma de los tres ensayos y divididos entre el mismo número de ensayos todos los resultados están en mm y con la multiplica el ancho por el espesor de cada una de probetas encontramos el área transversal y el resultado se da en mm².

O3-P3

Promedio de ancho

$$\frac{11.21+11.19+11.06}{3} = 11.15$$

Promedio del espesor

$$\frac{7.58+7.56+7.36}{3} = 7.5$$

Área transversal de las replicas en mm²

$$1) 11.21 * 7.58 = 84.9718$$

$$2) 11.19 * 7.56 = 84.5964$$

$$3) 11.06 * 7.36 = 81.4016$$

Promedio del área trasversal de mm² a m²

$$\frac{84.9718+84.5964+81.4016}{3} = 83.6566$$

83.6566 mm² a (m²) se multiplica por 10⁻⁶

8.36*10⁻⁵ expresado **8.36E-05**

O3-P2

Promedio de ancho

$$\frac{10.35+10.45+10.98}{3} = 10.59$$

Promedio del espesor

$$\frac{8.18+8.56+8.39}{3} = 8.38$$

Área transversal de las replicas en mm²

$$1) 10.35 * 8.18 = 84.663$$

$$2) 10.45 * 8.56 = 89.452$$

$$3) 10.98 * 8.38 = 92.012$$

Promedio del área trasversal de mm² a m²

$$\frac{84.663+89.452+92.012}{3} = 88.7091$$

88.7091 mm² a (m²) se multiplica por 10⁻⁶

8.87*10⁻⁵ expresado **8.87E-05**

O3-P1

Promedio de ancho

$$\frac{10.69+10.51+10.78}{3} = 10.66$$

Promedio del espesor

$$\frac{7.8+7.91+7.9}{3} = 7.87$$

Área transversal de las replicas en mm²

$$1) 10.69 * 7.8 = 83.382$$

$$2) 10.51 * 7.91 = 83.134$$

$$3) 10.78 * 7.9 = 85.152$$

Promedio del área trasversal de mm² a m²

$$\frac{83.382+83.134+84.838}{3} = 83.8926$$

83.8926 mm² a (m²) se multiplica por 10⁻⁶

8.39*10⁻⁵ expresado **8.39E-05**

O2-P3

Promedio de ancho

$$\frac{10.35+10.38+10.87}{3} = 10.53$$

Promedio del espesor

$$\frac{8.1+7.67+7.79}{3} = 7.85$$

Área transversal de las replicas en mm²

$$1) 10.35 * 8.1 = 83.835$$

$$2) 10.38 * 7.67 = 79.615$$

$$3) 10.87 * 7.79 = 84.677$$

Promedio del área trasversal de mm² a m²

$$\frac{83.835+79.615+84.677}{3} = 82.7091$$

82.7091 mm² a (m²) se multiplica por 10⁻⁶

8.27*10⁻⁵ expresado **8.27E-05**

O2-P2

Promedio de ancho

$$\frac{10.35+10.39+10.11}{3} = 10.28$$

Promedio del espesor

$$\frac{7.56+7.45+7.76}{3} = 7.59$$

Área transversal de las replicas en mm²

$$1) 10.35 * 7.56 = 78.246$$

$$2) 10.39 * 7.45 = 77.405$$

$$3) 10.11 * 7.76 = 78.454$$

Promedio del área trasversal de mm² a m²

$$\frac{78.246+77.405+78.454}{3} = 78.035$$

78.035 mm² a (m²) se multiplica por 10⁻⁶

7.80*10⁻⁵ expresado **7.80E-05**

O2-P1

Promedio de ancho

$$\frac{10.69+10.49+10.38}{3} = 10.52$$

Promedio del espesor

$$\frac{7.98+7.58+7.46}{3} = 7.67$$

Área transversal de las replicas en mm²

$$1) 10.69 * 7.98 = 85.306$$

$$2) 10.49 * 7.58 = 82.346$$

$$3) 10.38 * 7.46 = 77.434$$

Promedio del área trasversal de mm² a m²

$$\frac{85.306+82.346+77.434}{3} = 81.6953$$

81.6953 mm² a (m²) se multiplica por 10⁻⁶

8.16*10⁻⁵ expresado **8.16E-05**

Tabla 24

Muestra	Ancho de las réplicas en (mm)			Ancho prom. (mm)	Espesor de las réplicas (mm)			Espesor prom. (mm)
	1	2	3		1	2	3	
O3-P3	11.21	11.19	11.06	11.15	7.58	7.56	7.36	7.5
O3-P2	10.35	10.45	10.98	10.59	8.18	8.56	8.39	8.38
O3-P1	10.69	10.51	10.78	10.66	7.8	7.91	7.9	7.87
O2-P3	10.35	10.38	10.87	10.53	8.1	7.67	7.79	7.85
O2-P2	10.35	10.39	10.11	10.28	7.56	7.45	7.76	7.59
O2-P1	10.69	10.49	10.38	10.52	7.98	7.58	7.46	7.67

Tabla de promedios de las tres réplicas

Tabla 25

Muestra	Área transversal de las réplicas en (mm ²)			Promedio del área transversal (mm ²)	Área promedio en m ²	Área expresada (m ²)
	1	2	3			
O3-P3	84.9718	84.5964	81.4016	83.6566	8.36*10 ⁻⁵	8.36E-05
O3-P2	84.663	89.452	92.012	88.7091	8.87*10 ⁻⁵	8.87E-05
O3-P1	83.382	83.134	85.152	83.8926	8.39*10 ⁻⁵	8.39E-05
O2-P3	83.835	79.615	84.477	82.7091	8.27*10 ⁻⁵	8.27E-05
O2-P2	78.246	77,405	78.454	78.035	7.80*10 ⁻⁵	7.80E-05
O2-P1	85.306	82.346	77.434	81.6953	8.16*10 ⁻⁵	8.16E-05

Tabla de las áreas transversales y el área promedio

Herramientas a utilizar para hacer los ensayos al impacto

- Vernier digital
- Flexómetro o (huincha)
- Equipo de ensayo de impacto MT-3016
- Lentes de protección personal
- Normas de manejo el equipo
- Norma de ensayo DIN ISO 179
- Probeta de resina

Procedimiento

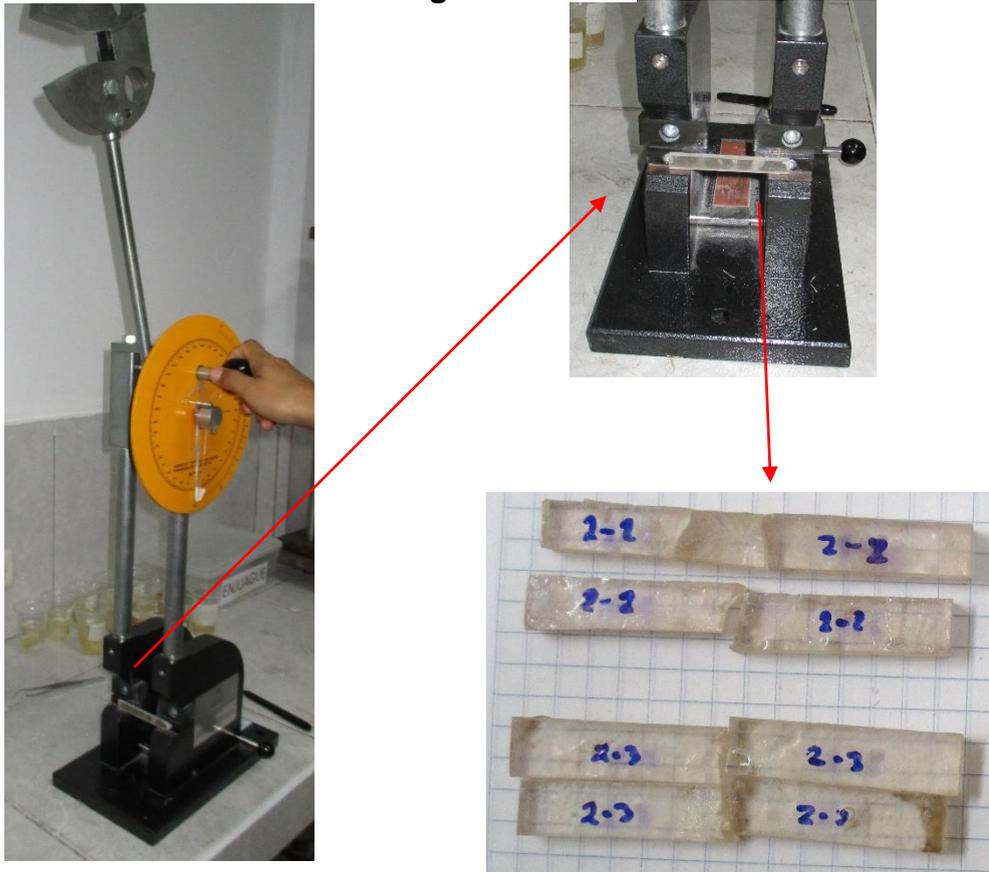
Nota: para producir las siguientes instrucciones tiene que estudiar los datos explicados en el manual de instrucciones del equipo.

- Sujetar los postes de la pieza de prueba.
- Sujetar el sitio cero o sitio de partida.
- La probeta debe ser acoplado sobre los soportes del péndulo.
- El ensayo con la hendidura en orientación del movimiento del péndulo y centrada justo en medio de los soportes.
- Subir el péndulo al punto de partida sostenerlo con la perilla negra.
- sujetar el puntero a 15 Joule (directo hacia abajo).
- Destrobar el péndulo haciendo girar la perilla negra situada en la parte derecha superior del equipo. No colocar las manos en la trayectoria del péndulo ya que les podría lastimar. La probeta situada llegar hasta el punto de ruptura.
- Parar el péndulo alzando el freno de fricción afirmar que el péndulo se ha parado totalmente antes de retirar la probeta.

La energía consumida cuando la pieza que se rompió puede leerse directamente desde la escala que está en el reloj es aquella indicada por el puntero.

Figura 31

Elaboración propia



Realización de la prueba de impacto de las probetas de resina poliéster.

PROCESO: ENSAYO DE IMPACTO DE RESINA POLIÉSTER

Tabla 26

Observador: Luis Enrique García Espinoza							
Muestra: resina poliéster							
Tipo de ensayo: resistencia al impacto							
Instrumentos a Utilizar en el registro de observaciones:							
Fecha	Muestras	Energía de Impacto (J)			Energía Imp. Prom. (J)	Área (m ²)	Resistencia al Impacto (kJ/m ²)

Tabla de energía de impacto y resistencia de impacto en (kJm²)

Obtención de la resistencia de impacto y sus promedios

Obtiene la media a través del medio promedio el cual es resultado de la suma de los tres ensayos y divididos entre el mismo número de ensayos todos los resultados están en joule (J) y con la multiplicación del área con la energía de impacto obtendremos la resistencia de impacto que nos dará en (kJ/m²).

Tabla 27

Muestra	Área transversal de las réplicas en (mm ²)			Energía de Impacto (J) de las replicas			Promedio del área transversal (mm ²)
	1	2	3	1	2	3	
O3-P3	84.9718	84.5964	81.4016	1.2	1.1	0.95	83.6566
O3-P2	84.663	89.452	92.012	0.75	0.75	0.68	88.7091
O3-P1	83.382	83.134	85.152	1.1	1.3	1.2	83.8926
O2-P3	83.835	79.615	84.477	1.1	1.45	1.05	82.7091
O2-P2	78.246	77,405	78.454	0.7	1.1	0.8	78.035
O2-P1	85.306	82.346	77.434	0.65	0.71	0.68	81.6953

Tabla de energía de impacto (J) con áreas transversales (mm²)

O3-P3

Promedio de la energía de impacto en (J)

$$\frac{1.2+1.1+0.95}{3} = 1.08$$

Resistencia al impacto en (J/mm²) para pasar a (KJ/m²) se multiplica por 10⁶ /10³ =1000

$$1) \ 1.2 \ / \ 84.9718 = 0.0141223323 \ * \ 1000 = 14.1223323$$

$$2) \ 1.1 \ / \ 84.5964 = 0.0130029174 \ * \ 1000 = 13.0029174$$

$$3) \ 0.95 \ / \ 81.4016 = 0.0116705322 \ * \ 1000 = 11.6705322$$

Promedio de las réplicas a la resistencia al impacto en (J/mm²) para pasar a (KJ/m²) se multiplica por 10⁶ /10³ =1000

$$1.08 \ / \ 83.6566 = 0.01290999198 \ * \ 1000 = 12.90999198$$

O3-P2

Promedio de la energía de impacto en (J)

$$\frac{0.75+0.75+0.68}{3} = \mathbf{0.726}$$

Resistencia al impacto en (J/mm²) para pasar a (KJ/m²) se multiplica por 10⁶ /10³
=1000

$$1) \ 0.75 / 84.663 = \mathbf{0.00885865135} * 1000 = \mathbf{8.85865135}$$

$$2) \ 0.75 / 89.452 = \mathbf{0.00838438492} * 1000 = \mathbf{8.38438492}$$

$$3) \ 0.68 / 92.012 = \mathbf{0.00739034039} * 1000 = \mathbf{7.39034039}$$

Promedio de las réplicas a la resistencia al impacto en (J/mm²) para pasar a (KJ/m²) se multiplica por 10⁶ /10³ =1000

$$0.726 / 88.7091 = 0.00819156847 * 1000 = \mathbf{8.19156847}$$

O3-P1

Promedio de la energía de impacto en (J)

$$\frac{1.1+1.3+1.2}{3} = \mathbf{1.2}$$

Resistencia al impacto en (J/mm²) para pasar a (KJ/m²) se multiplica por 10⁶ /10³
=1000

$$1) \ 1.1 / 83.382 = \mathbf{0.0131922957} * 1000 = \mathbf{13.1922957}$$

$$2) \ 1.3 / 83.134 = \mathbf{0.0156374046} * 1000 = \mathbf{15.6374046}$$

$$3) \ 1.2 / 85.152 = \mathbf{0.0140924464} * 1000 = \mathbf{14.0924464}$$

Promedio de las réplicas a la resistencia al impacto en (J/mm²) para pasar a (KJ/m²) se multiplica por 10⁶ /10³ =1000

$$1.2 / 83.8926 = 0.0143040029 * 1000 = \mathbf{14.3040029}$$

O2-P3

Promedio de la energía de impacto en (J)

$$\frac{1.1+1.45+1.05}{3} = 1.2$$

Resistencia al impacto en (J/mm²) para pasar a (KJ/m²) se multiplica por 10⁶ /10³
=1000

$$1) \quad 1.1 \quad / \quad 83.835 = \mathbf{0.0131210115} \quad * \quad 1000 = \mathbf{13.1210115}$$

$$2) \quad 1.45 \quad / \quad 79.615 = \mathbf{0.0182126483} \quad * \quad 1000 = \mathbf{18.2126483}$$

$$3) \quad 1.05 \quad / \quad 84.477 = \mathbf{0.0124294186} \quad * \quad 1000 = \mathbf{12.4294186}$$

Promedio de las réplicas a la resistencia al impacto en (J/mm²) para pasar a
(KJ/m²) se multiplica por 10⁶ /10³ =1000

$$1.2 \quad / \quad 82.7091 = 0.0145085816 \quad * \quad 1000 = \mathbf{14.5085816}$$

O2-P2

Promedio de la energía de impacto en (J)

$$\frac{0.7+1.1+0.8}{3} = 0.87$$

Resistencia al impacto en (J/mm²) para pasar a (KJ/m²) se multiplica por 10⁶ /10³
=1000

$$1) \quad 0.7 \quad / \quad 78.246 = \mathbf{0.008.94614421} \quad * \quad 1000 = \mathbf{8.94614421}$$

$$2) \quad 1.1 \quad / \quad 77.405 = \mathbf{0.01421096820} \quad * \quad 1000 = \mathbf{14.2109682}$$

$$3) \quad 0.8 \quad / \quad 78.454 = \mathbf{0.01019705810} \quad * \quad 1000 = \mathbf{10.1970581}$$

Promedio de las réplicas a la resistencia al impacto en (J/mm²) para pasar a
(KJ/m²) se multiplica por 10⁶ /10³ =1000

$$0.87 \quad / \quad 78.035 = 0.0111488434 \quad * \quad 1000 = \mathbf{11.1488434}$$

O2-P1

Promedio de la energía de impacto en (J)

$$\frac{0.65+0.71+0.68}{3} = \mathbf{0.68}$$

Resistencia al impacto en (J/mm²) para pasar a (KJ/m²) se multiplica por 10⁶ /10³ =1000

$$1) \ 0.65 \ / \ 85.306 \ = \ \mathbf{0.00761962816} \ * \ 1000 \ = \ \mathbf{7.61962816}$$

$$2) \ 0.71 \ / \ 82.346 \ = \ \mathbf{0.00862215529} \ * \ 1000 \ = \ \mathbf{8.62215529}$$

$$3) \ 0.68 \ / \ 77.434 \ = \ \mathbf{0.00878167213} \ * \ 1000 \ = \ \mathbf{8.78167213}$$

Promedio de las réplicas a la resistencia al impacto en (J/mm²) para pasar a (KJ/m²) se multiplica por 10⁶ /10³ =1000

$$0.68 \ / \ 81.6953 \ = \ \mathbf{0.008.32361225} \ * \ 1000 \ = \ \mathbf{8.32361225}$$

Tabla 28

Muestras	Resistencia Impacto de las réplicas (J/mm ²)			Promedio de energía de impacto en (J)
	1	2	3	
O3-P3	0.0141223323	0.0130029174	0.0116705322	1.08
O3-P2	0.00885865135	0.00838438492	0.00739034039	0.726
O3-P1	0.0131922957	0.0156374046	0.0140924464	1.2
O2-P3	0.0131210115	0.0182126483	0.0124294186	1.2
O2-P2	0.008.94614421	0.01421096820	0.01019705810	0.87
O2-P1	0.00761962816	0.00862215529	0.00878167213	0.68

Tabla de resistencia de impacto en (J/mm²)

Tabla 29

Muestras	Resistencia Impacto de las replicas (kJ/m²)			Promedio de la resistencia al impacto (kJ/m²)
	1	2	3	
O3-P3	14.1223323	13.0029174	11.6705322	12.90999198
O3-P2	8.85865135	8.38438492	7.39034039	8.19156847
O3-P1	13.1922957	15.6374046	14.0924464	14.3040029
O2-P3	13.1210115	18.2126483	12.4294186	14.5085816
O2-P2	8.94614421	14.2109682	10.1970581	11.1488434
O2-P1	7.61962816	8.62215529	8.78167213	8.32361225

Tabla de resistencia al impacto en (kJ/m²)

Equipo de péndulo MT-3016

MT 3016 es un comprobador de banco al impacto fuerte, cómodo de operar y está hecho según descripciones estándares lo demuestra en un carácter fácil y honrado como las propiedades de la resistencia al choque de un material será afectado, por ejemplo, baja temperatura. Esto es de gran jerarquía para el nombramiento de material en estudios coherentes a pesadas vacilaciones de la temperatura.

Asimismo, es muy útil cuando un maestro apetece demostrar cómo el esfuerzo al choque de un material estará afectado de otros tipos de métodos de calefacción, es decir endurecimiento, laminación y normalización. Con MT -3016, el aluminio desolado logra conseguir los ejercicios sin dificultad.

Descripción

El equipó posee un pie acero fundido y tiene agujeros en su base empotrados para establecer en su base. El soporte se dispone de dos ejes de acero robusto.

El péndulo está fijado por rodamientos de bolas y equilibrado con precisión. Las bases de las probetas están resistentes y corregidos. El trayecto entre las bases logra cómodamente ser regulada. Los niveles están graduados en joule e enseñan claramente la energía necesaria para romper la probeta. El péndulo está Tranquilizado por un freno de fricción.

Figura 32

Elaboración propia



Equipo de péndulo MT-3016

Tipos de ensayos

- El resultado del contenido del carbón en el esfuerzo al impacto.
- El resultado de la temperatura en el esfuerzo al impacto.
- El resultado de la normalización en el esfuerzo al impacto.

Equipo estándar

- Verificador al impacto.
- 5 probetas de las tres diferentes calidades de acero (15 piezas en total).
- Manual de laboratorio.

Datos técnicos

- Energía máxima al impacto 15 joule ($1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$)
- 1 graduación de escala = 0,1 joule
- Dimensiones de las probetas 6x6x44 mm
- Dimensiones 170x290x615 mm
- Peso 30 kg

Anexos 3

Obtención de materia prima (fibras de carbono)

Se compraron las mantas de fibra de carbono del tipo de SIKA WRAP 301C (600 MPa resistencia a la tracción en presentación unidireccional) y fibra de vidrio tipo (E) el cual son dispuestas al azar, como se puede ver.

Figura 33



Elaboración propia

Obtención de fibra de carbon en mantas por m²

Acondicionamiento de la fibra de carbono

En esta etapa, se procede a medir, cortar y pesar cada una de las fibras. Medición Para ello se cortó una plantilla de neolit con dimensiones aproximadas de 9.5 cm x19.5 cm para facilitar el corte, de las capas de fibra carbono, a utilizar en el moldeo de compresión, las cuales serán colocadas dentro del molde metálico de dimensiones de 10 cm x 20 cm. Los hechos de las medidas sean menores al del molde, es para que facilite el moldeo.

Figura 34

Elaboración propia



Medición y corte de la plantilla de neolit

Haciendo uso de la plantilla de neolit, se procede a cortar las grandes mantas de fibra de carbono en pequeñas, con dimensiones aproximadas de 9.5 cm x 19.5 cm. Y el peso de la fibra carbono es de 18 g y de la fibra de vidrio es 12.6g

Figura 35

Elaboración propia



Corte de la fibra de carbón y fibra de vidrio en pequeñas capas para el molde

Dosificación, y caracterización de la resina poliéster.

En la etapa de dosificación se pesa la resina poliéster que es un total de 100 g y se coloca el 25% de solvente (monómero) y de allí así se aplica de la tabla la receta con código O2-P3 que nos brindó la mayor resistencia al impacto de 14.50 kJ/m². El código O2-P3 (Octoato 2 gotas – peróxido 3 gotas) se recomienda por cada 20 gramos de resina poliéster.

- Resina poliéster:	96g
- El 25% de solvente monómero:	23.5g
- Octoato de cobalto 10 gotas:	0.2g
- Catalizador (Peróxido 15 gotas):	0.3g
- Total del peso:	120.g

Figura 36

Elaboración propia



Resina poliéster 100g

Figura 37

Elaboración propia



Resina poliéster preparada con la receta O2-P3

Modelo por Compresión y proceso de curado a 72horas

De las placas a una vez caracterizada la resina poliéster, se procesó de condicionamiento del molde metálico. Se limpia y se encera la superficie interna del molde y de la tapa de este, para facilitar el desmolde posterior de las placas. Se aplica cera desmoldante manualmente, en cada una de las piezas que conforman el molde.

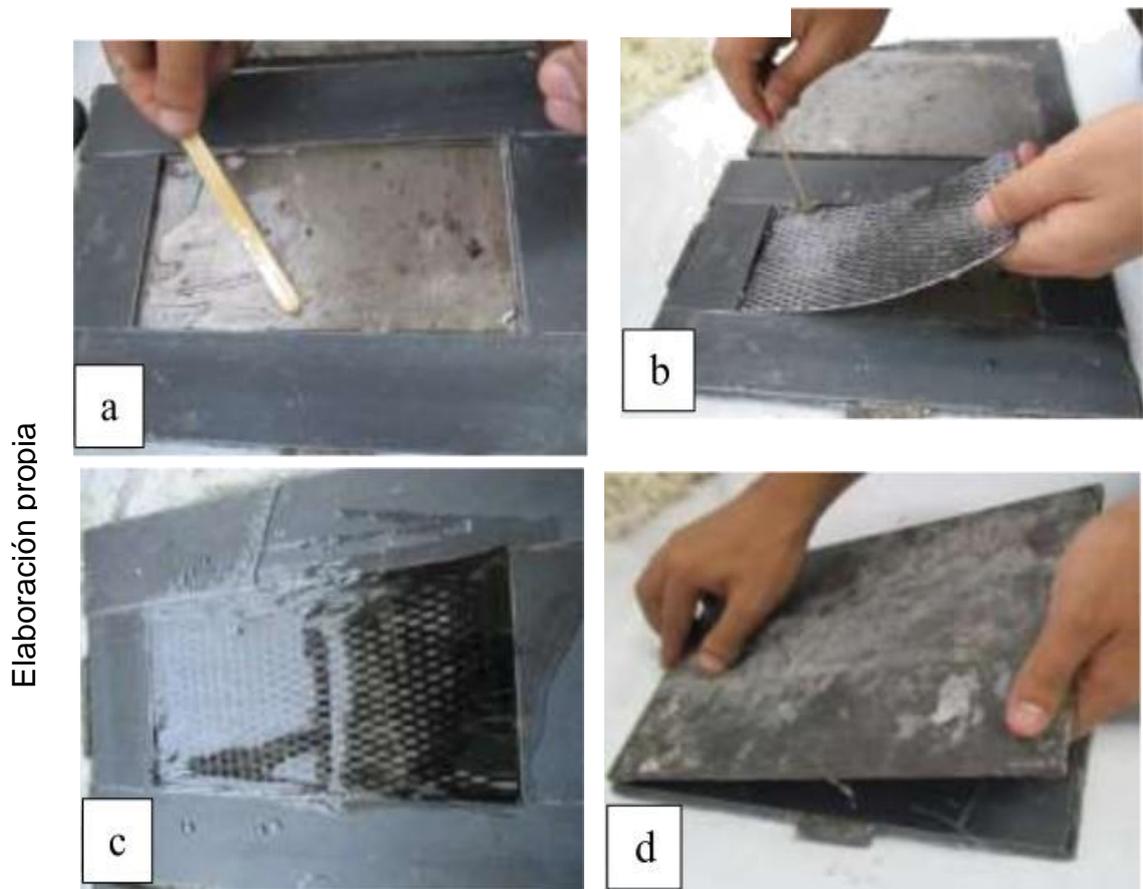
Figura 38



Encerado de la parte interna del molde (a) y de la tapa (b)

Moldeo por compresión con el molde ya limpio y encerado se procede al moldeo por compresión, se preparó la resina poliéster de la receta anteriormente elegida que es de 20 min de tiempo de gelación, el cual es el tiempo de trabajo máximo que se tiene para el moldeo. Una vez preparada la resina, se procede a moldear, colocando una capa de resina, sobre la capa de resina se coloca una lámina de fibra de vidrio y luego resina de allí fibra de carbono, y luego de resina así sucesivamente, según sea el número de capas. Se variaron las capas de fibra de carbono de 1 hasta 4 capas en el moldeo por compresión, cabe mencionar que la presión de moldeo es de 2000 PSI.

Figura 39



Primera capa de resina (a), lamina de fibra de carbono (b), última capa de resina (c) y cierre del molde metálico (d).

Por el ultimo se ajusta la llave del sistema hidráulico de la gata, y se procedió a la aplicación de la presión de molde, que es 2000 PSI.

Figura 40

Elaboración propia



Prensa hidráulica aplicando una presión de 2000 PSI

Desmoldado y evaluación visual de placas.

Una vez pasado el tiempo de conformado a compresión y tiempo de curado, se procedió al desmolde de estas, seguidamente de una inspección visual de las superficies de las placas con la finalidad de descartar defectos del proceso de conformado, si los defectos como porosidades ($> 3\text{mm}$) son en gran parte de la placa de material compuesto, así mismo grandes espacios sin refuerzo, esta se descarta y se conformó de nuevo otra, con los mismos parámetros de presión, cantidad y tipo de fibra. En la siguiente imagen se aprecia algunos de los defectos que se detecta y se ve la calidad de las placas de material compuesto (flechas rojas).

Figura 41

Elaboración propia

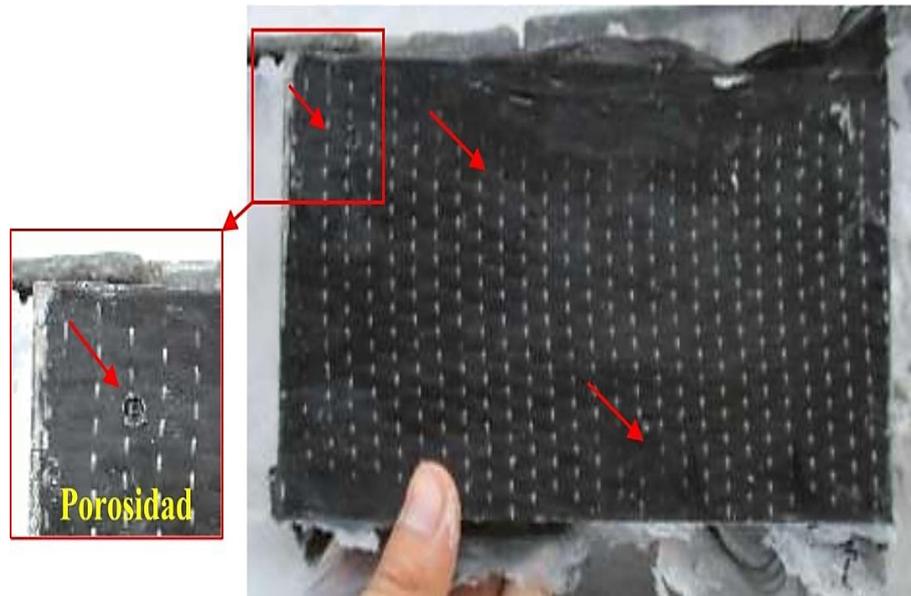


Observación de poros de las plaquetas del material compuesto de fibra de carbono y fibra de vidrio

Figura 42

Identificación visual de defectos presentes en las placas moldeadas.

Elaboración propia



Conformado de probetas y su codificación

Probeta de tracción

De las placas antes moldeadas por compresión, se marcaron y se acondicionaron haciéndole agujeros en la parte media, para que sea más fácil el corte en la maquina CNC mini fresadora, las probetas fueron diseñadas y simuladas en e1 al software de AutoCAD Simulación, cortadas en la maquina CNC controlada con el software ArtCam. Las probetas se moldearon y se cortaron según Norma ASTM D-638-01. Como se observa en la figura.

Figura 43

Elaboración propia



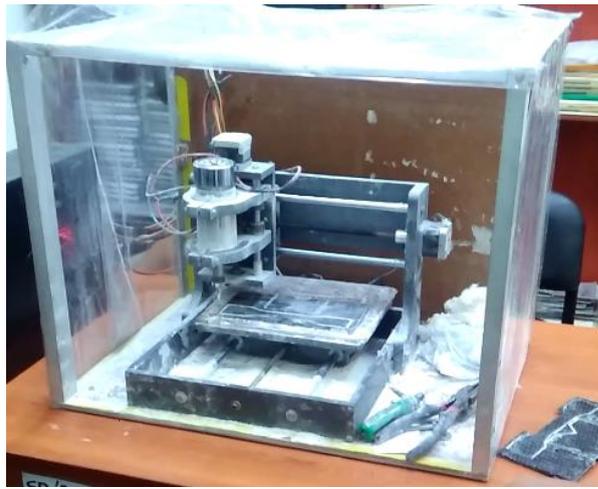
Sujeción de las placas antes del corte (a) y corte y elaboración de las probetas para tracción (b)

Probetas para ensayo de corte

Así como en el conformado de las probetas de tracción, en este caso también se diseñó y simuló las probetas para el ensayo de corte, con ayuda del software Solid Works Simulación, para luego ser cortadas en la fresadora CNC controlada con el software ArtCam. Las probetas se diseñaron y se cortaron según Norma ASTM D 7078.

Figura 44

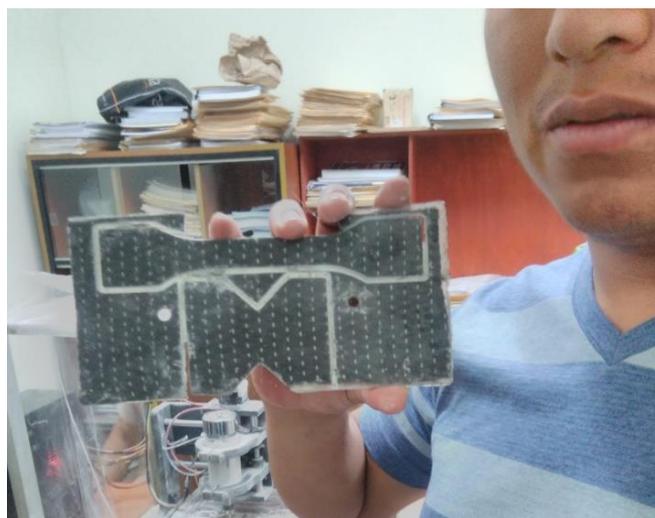
Elaboración propia



Corte de las probetas para corte

Figura 45

Elaboración propia



Probeta para el ensayo de tracción y corte casi terminada

Anexos 4

Ensayo de resistencia realizados

En el equipo extensómetro se realiza prueba de corte, flexión y tensión o (tracción) las probetas que son ensayadas a tracción se acondicionan según lo establece la norma de ensayo de tracción ASTM D-638-01, en la corte en ASTM D7078-05 para esto se realizó una señalización de las probetas que permiten identificar la longitud de calibración, que es la distancia de separación entre las mordazas de la maquina universal de ensayos mecánicos.

Figura 46

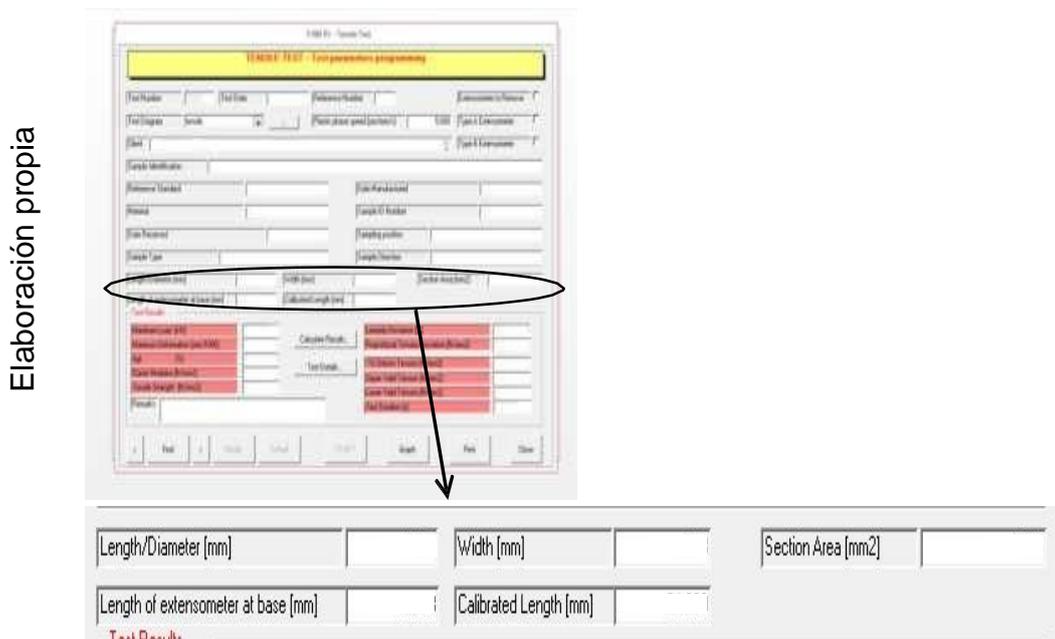


Montaje de las probetas para ensayo de tracción y corte hasta la ruptura de las mismas.

Para la realización de los ensayos mecánicos, se coloca los datos de la probeta, especialmente el área de soporte de carga o transversal de forma obligatoria, cualquier otro dato es complementario y no es obligatorio, en este caso la pantalla de adquisición de datos es la siguiente:

Iniciamos el software de adquisición de datos y cálculo de la propia máquina, la pantalla de datos es la siguiente.

Figura 47



Los datos a ingresar serían según la forma de la probeta el ancho y el espesor de cada una de ellas, las muestras en nuestro caso fueron obtenidas mediante CNC por lo que esta son las mismas en todos los casos.

Figura 48



Para el caso de las muestras a tracción los datos serían:

Figura 49

Elaboración propia

Length/Diameter (mm)	30	Width (mm)	5	Section Area (mm ²)	150
Length of extensometer at base (mm)	Calibrated Length (mm)		

Test Results

Para el caso de las muestras de ensayo cortante serian:

Una vez ingresado los datos geométricos de las probetas, se hace un clic en cálculo de resultados, de esta forma se procede a iniciar el ensayo, el proceso es automático y el software registra los datos de carga aplicado versus el alargamiento de la muestra de esta forma puede obtener datos de tensión y deformación de las muestras, mostrando en pantalla al finalizar el ensayo el valor de esfuerzo a la tracción, modulo y porcentaje de alargamiento de ruptura en sus valores máximos.

Figura 50

Elaboración propia

The image shows two screenshots of a software interface. The top screenshot, titled 'TEST TEST - Test parameters preparation', displays various input fields for test parameters. A red oval highlights a 'Calculate Results...' button. An arrow points from this button to the bottom screenshot, which is a 'Test Results' window. This window contains a grid of output fields with red headers, including: Maximum Load [kN], Maximum Deformation [mm/1000], Agt [%], Elastic Modulus [N/mm²], Tensile Strength [N/mm²], Remarks, Linearity Deviation [%], Proportional Tension Deviation [N/mm²], 1% Deform Tension [N/mm²], Upper Yield Tension [N/mm²], Lower Yield Tension [N/mm²], and Test Duration [s]. A blue arrow points to the 'Calculate Results...' button, and an orange arrow points to the 'Test Details...' button.

La forma de cálculo de resultados es interna, pero sin embargo al hacer clic en Test Details, muestra una hoja de cálculo con los datos en forma parcial, allí se especifica la forma de cálculo realizado.

Figura 51

Tabla de base de datos del extensómetro calculados automáticamente

Elaboración propia

	A	B	C	D
1	Carga (KN)	Alargamiento	DEFORMACION %	TENSION (Mpa)
2	1.00	1.43	0.00095237	19.99999995
3	1.04	4.67	0.003113095	20.775
4	1.04	11.16	0.007438372	20.79995117
5	1.06	18.00	0.012003014	21.17499901
6	1.06	23.29	0.015526053	21.19990234
7	1.06	30.11	0.020073669	21.22499962
8	1.11	38.75	0.025833621	22.19697265
9	1.14	46.89	0.031259767	22.79295692
10	1.23	56.47	0.037645546	24.56559749
11	1.31	66.75	0.044499308	26.18547968
12	1.36	76.31	0.050873693	27.17332406
13	1.40	86.17	0.057449534	27.99666659
14	1.42	98.59	0.065724412	28.39842448
15	1.44	110.34	0.073550819	28.78749385
16	1.44	121.76	0.081173637	28.7999023
17	1.48	135.55	0.090368544	29.58749924
18	1.48	149.76	0.099641421	29.59990234
19	1.50	164.50	0.109665428	29.98749924
20	1.54	181.44	0.120957026	30.77495117
21	1.56	197.64	0.131757477	31.17430431
22	1.62	213.43	0.142289772	32.48730316
23	1.73	228.93	0.152616847	34.57880706
24	1.81	246.34	0.164228777	36.17014693
25	1.88	262.06	0.174704912	37.53570427

La fórmula de cálculo de la deformación es:

$$= (B2/1000) / 150 * 100$$

Donde 150 mm es la longitud de la muestra total, el valor de 1000 es la reducción de la incremento de la deformación generado por el extensómetro del equipo y es un valor constante de cálculo de la máquina, el valor de 100 es porque la expresión de deformación está en porcentaje; esta ecuación es equivalente a la fórmula clásica de deformación:

$$\text{Deformación } (\varepsilon) = \frac{\text{Alargamiento de la probeta}}{\text{Longitud inicial de la probeta}}$$

Para el caso de las tensiones la fórmula de cálculo es:

$$= (A2/50) * 1000$$

Donde el valor de 50 mm² es el área de la probeta y el valor de 1000 es una constante de máquina debido a que el valor de carga está en KN, siendo la salida de tensión en MPa, se hace necesario esta conversión. Esta ecuación es la equivalente a la definición de tensión.

$$\text{Tensión } (\sigma) = \frac{\text{Fuerza (N)}}{\text{Área (mm}^2\text{)}}$$

Finalmente, el equipo utilizado permite la configuración de la forma de ensayo y sus reportes de resultados, y en este caso por no ser un objetivo de la investigación no se programó el software para dicho caso, es decir no se configuró para reporte de gráficas, pues los datos ofertados a reportar eran los máximos en todos los casos, los cuales se obtienen de forma directa de la pantalla mencionada líneas anteriores. Así los datos reportados se toman de pantalla tal como se muestran en la siguiente figura 43.

Figura 52

Elaboración propia

Test Results

Maximum Load [kN]		Calculate Results...	Linearity Deviation [%]	
Maximum Deformation [mm/1000]			Proportional Tension Deviation [N/mm ²]	
Agt [%]	2.54	Test Details...	1% Deform Tension [N/mm ²]	
Elastic Modulus [N/mm ²]	12089.68		Upper Yield Tension [N/mm ²]	
Tensile Strength [N/mm ²]	428.08		Lower Yield Tension [N/mm ²]	
Remarks			Test Duration [s]	

Resultado del último ensayo a la tracción con fibra de carbono al 40%

Las pruebas se realizan hasta el punto ruptura de la probeta, asimismo todas las probetas del 0% 10%, 20%, 30, y el 40% reforzados con fibra de carbón pasan por el mismo proceso. Los cálculos de tensión o tracción y corte se realizan automáticamente por el extensómetro y son tres muestras por cada uno,

Observador: Luis Enrique García Espinoza				
Muestra: Plástico reforzado				
Tipo de ensayo: Tracción				
Instrumentos a utilizar en el registro de observación:				
Equipo de ensayos universales				
Variaciones	Resistencia a la tracción (MPa)			Mediana (MPa)
0%	97.45	94.07	93.93	
10%	197.35	193.47	194.27	
20%	301.49	301.05	301.24	
30%	384.29	375.79	376.89	
40%	430.62	426.42	427.20	

En la parte final se obtiene la media a través del medio promedio el cual es resultado de la suma de los tres ensayos y divididos entre el mismo número de ensayos todos los resultados están en (MPa).

$$0\% = \frac{97.5 + 94.04 + 03.93}{3} = 95.15$$

$$10\% = \frac{197.53 + 193.47 + 194.27}{3} = 195.03$$

$$20\% = \frac{301.49 + 301.05 + 301.24}{3} = 301.26$$

$$30\% = \frac{384.29 + 375.79 + 376.89}{3} = 378.99$$

$$40\% = \frac{430.62 + 426.42 + 427.20}{3} = 428.08$$

Todos los resultados están en (MPa)

Observador: Luis Enrique García Espinoza				
Muestra: Plástico reforzado				
Tipo de ensayo: Tracción				
Instrumentos a utilizar en el registro de observación:				
Equipo de ensayos universales				
Variaciones	Resistencia a la tracción (MPa)			Mediana (MPa)
0%	97.45	94.07	93.93	95.15
10%	197.35	193.47	194.27	195.03
20%	301.49	301.05	301.24	301.26
30%	384.29	375.79	376.89	378.99
40%	430.62	426.42	427.20	428.08

Observador: Luis Enrique García Espinoza				
Muestra: Plástico reforzado				
Tipo de ensayo: Al corte				
Instrumentos a utilizar en el registro de observación:				
Equipo de ensayos universales				
Variaciones	Resistencia a la tracción (MPa)			Mediana (MPa)
0%	10.14	10.11	10.11	
10%	16.26	16.02	16.44	
20%	28.49	28.05	28.24	
30%	38.76	38.29	38.45	
40%	43.71	43.29	43.50	

Obtención de la media es a través del medio promedio todo esto está en (MPa).

$$0\% = \frac{10.14 + 10.11 + 10.11}{3} = 10.12$$

$$10\% = \frac{16.26 + 16.02 + 16.44}{3} = 16.24$$

$$20\% = \frac{28.49 + 28.05 + 28.44}{3} = 28.26$$

$$30\% = \frac{38.76 + 38.29 + 38.45}{3} = 38.50$$

$$40\% = \frac{43.71 + 43.29 + 43.50}{3} = 43.50$$

Todos los resultados están en (MPa)

Observador: Luis Enrique García Espinoza				
Muestra: Plástico reforzado				
Tipo de ensayo: Al corte				
Instrumentos a utilizar en el registro de observación:				
Equipo de ensayos universales				
Variaciones	Resistencia a la tracción (MPa)			Mediana (MPa)
0%	10.14	10.11	10.11	10.12
10%	16.26	16.02	16.44	16.24
20%	28.49	28.05	28.24	28.26
30%	38.76	38.29	38.45	38.50
40%	43.71	43.29	43.50	43.50

Porcentajes de la fibra y la resina según su peso

Con un peso único de resina preparada de 120 gramos, la fibra de carbón cada capa pesa 18 gramos y de la fibra de vidrio pesa 12.6 gramos en nuestro estudio reemplazaremos intermitentemente una capa a la vez hasta reemplazar las 4 capas con fibra de vidrio con las de carbón el cual obtendremos de cada uno un porcentaje y su peso dado.

Con 0 capas de fibra de carbón y 4 de fibra de vidrio y resina de 120 gramos

Peso de la fibra vidrio (gr)	resina más las fibras al 100% en peso
$4 \times 12.6 = 50.4$	$120 + 50.4 = 170.4$ al 100% = 1.704
Peso de la fibra carbón (gr)	% total en peso de las fibras
$0 \times 18 = 0$	$50.5 / 1.704\% = 29.58\%$
Peso de la fibra total (gr)	% en peso de las fibras de vidrio
$50.4 + 0 = 50.4$	$50.5 / 1.704\% = 29.58\%$
	% en peso de las fibras de carbón
	$0 / 1.704\% = 0$

Con 1 capas de fibra de carbón y 3 de fibra de vidrio y resina de 120 gramos

Peso de la fibra vidrio (gr)	resina más las fibras al 100% en peso
$3 \times 12.6 = 37.8$	$120 + 55.8 = 175.80$ al 100% = 1.758
Peso de la fibra carbón (gr)	% total en peso de las fibras
$1 \times 18 = 18$	$55.8 / 1.758\% = 31.74\%$
Peso de la fibra total (gr)	% en peso de las fibras de vidrio
$37.8 + 18 = 55.8$	$37.8 / 1.758\% = 21.5\%$
	% en peso de las fibras de carbón
	$18 / 1.704\% = 10.24\%$

Con 2 capas de fibra de carbón y 2 de fibra de vidrio y resina de 120 gramos

Peso de la fibra vidrio (gr)	resina más las fibras al 100% en peso
$2 \times 12.6 = 25.2$	$120 + 61.2 = 181.2$ al 100% = 1.812
Peso de la fibra carbón (gr)	% total en peso de las fibras
$2 \times 18 = 36$	$61.2 / 1.812\% = 33.77\%$
Peso de la fibra total (gr)	% en peso de las fibras de vidrio
$25.2 + 36 = 61.2$	$25.2 / 1.812\% = 13.91\%$
	% en peso de las fibras de carbón
	$36 / 1.812\% = 19.87\%$

Con 3 capas de fibra de carbón y 1 de fibra de vidrio y resina de 120 gramos

Peso de la fibra vidrio (gr)	resina más las fibras al 100% en peso
$1 \cdot 12.6 = 12.6$	$120 + 66.6 = 186.6$ al 100% = 1.866
Peso de la fibra carbón (gr)	% total en peso de las fibras
$3 \cdot 18 = 54$	$66.6 / 1.866\% = 35.69\%$
Peso de la fibra total (gr)	% en peso de las fibras de vidrio
$12.6 + 54 = 66.6$	$12.6 / 1.866\% = 6.75\%$
	% en peso de las fibras de carbón
	$54 / 1.866\% = 28.94\%$

Con 4 capas de fibra de carbón y 0 de fibra de vidrio y resina de 120 gramos

Peso de la fibra vidrio (gr)	resina más las fibras al 100% en peso
$0 \cdot 12.6 = 0$	$120 + 72 = 192$ al 100% = 1.920
Peso de la fibra carbón (gr)	% total en peso de las fibras
$4 \cdot 18 = 72$	$72 / 1.920\% = 37.5\%$
Peso de la fibra total (gr)	% en peso de las fibras de vidrio
$0 + 72 = 72$	$0 / 1.920\% = 0\%$
	% en peso de las fibras de carbón
	$72 / 1.920\% = 37.50\%$

Porcentajes de las fibra y la resina según su peso

Capas FC	Capas FV	peso de la resina en (gr)	Masa (gr.) FC	Masa (gr.) FV	Masa Total de las fibras	% al 100 del peso con resinas y fibras	% total del peso de las fibras	% en peso de fibra de carbón	% en peso de fibra de vidrio
0	4	120	0	50.4	50.4	1.704	29.58	0.00	29.58
1	3	120	18	37.8	55.8	1.758	31.74	10.24	21.50
2	2	120	36	25.2	61.2	1.812	33.77	19.87	13.91
3	1	120	54	12.6	66.6	1.866	35.69	28.94	6.75
4	0	120	72	0	72	1.920	37.50	37.50	0.00

Maquina Universal De Ensayos Mecánicos De 600kn (Extensómetros)

Se trata de una prensa oleodinámica controlada por ordenador, con estructura de dos columnas con 600kN, pero con una forma que permite la realización de ensayos de tracción (cables, trenzados incluidos), flexión, doblado y compresión sin necesidad de accesorios. Todas las maquinas son equipadas con los accesorios universales. La estructura está formada por un alojamiento inferior para los ensayos de tracción y por un alojamiento superior para los ensayos de compresión, flexión y doblado. Para la medición de las deformaciones disponemos de varios tipos de extensómetro, algunos de los cuales pueden ser mantenidos en una misma posición hasta la rotura de la muestra. El ensayo está gestionado por un software en PC con visualización de la gráfica de esfuerzo/deformación, la resistencia (fluencia y rotura) se determina automáticamente. Los cálculos de prueba se representan e período real y son aprendidas automáticamente; de manera que las fichas logran ser:

Figura 53



MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS MECANICOS DE 600kN

- Recolectados para establecer un registro electrónico.
- Impresos directamente.
- Procesados para la producción de certificados.

La máquina determina automáticamente:

- El límite elástico superior e inferior.
- El límite elástico convencional.
- El esfuerzo a la Tracción.
- El porcentaje de alargamiento de rotura.

El cambio de mando de fuerza a mando de deformación se realiza automáticamente en ese instante se alcanza el límite elástico.

Se suministra las siguientes mordazas:

- Para redondos diámetro 5-15mm.
- Para redondos diámetro 15-32mm
- Para redondos diámetro 32-50mm.
- Para probetas planas espesor 0-22mm.
- Para probetas planas espesor 20-42mm.

Para los modelos de 600kN el ancho de las mordazas es de 60mm, altura 80mm.

Figura 54

Elaboración propia



Para ensayos de tracción, que puede ser utilizado para diámetros de 8 a 30 mm y para barras planas con 3 a 40 mm (grosor), 60 mm (ancho). La tasa de carga en el campo elástico debe ser seleccionada de 5 a 30 N/mm²/s.

Dimensiones y pesos:

- De la maquina: 800 x 525 x 2.750 (h) mm Peso: 1,540 kg.
- Consola de control: 600 x 820 x 1.935 (h) mm Peso: 180 kg.
- Unidad de energía hidráulica: 780 x 880 x 1.250 (h) mm Peso: 260 kg.

Alimentation electrical:

- 380 V, 50 Hz, trifásico, 4000 W
- Consola de control: 220 V, 60 Hz, monofásico, 1000