

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico

TEMA:

“MATERIALES COMPUESTOS POLIMÉRICOS CON MATRIZ POLIÉSTER
Y FIBRA DE CARBONO Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE TRACCIÓN”

AUTOR: Carrasco Reinoso Mauricio Javier

TUTOR: Ing. Segundo Espín Lagos, Mg.

Ambato – Ecuador

2015

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor de la presente Tesis de grado, con el tema: “MATERIALES COMPUESTOS POLIMÉRICOS CON MATRIZ POLIÉSTER Y FIBRA DE CARBONO Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE TRACCIÓN”, desarrollado por el señor Mauricio Javier Carrasco Reinoso egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica, certifico que el presente trabajo de investigación es original de su autor y cumple con todos los requerimientos tanto científicos como técnicos establecidos en el reglamento interno de la Universidad.

Ing. Segundo Espín, Mg

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Mauricio Javier Carrasco Reinoso, portador de la C.I. 1600646002 tengo a bien indicar que la investigación realizada en este presente trabajo bajo el tema de “MATERIALES COMPUESTOS POLIMÉRICOS CON MATRIZ POLIÉSTER Y FIBRA DE CARBONO Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE TRACCIÓN” es de total responsabilidad del mía, tanto los criterios emitidos en el trabajo de investigación como también los contenidos, ideas, análisis y conclusiones.

Egdo. Mauricio Javier Carrasco R.

C.I. 1600646002

DEDICATORIO

A mis padres que con entero sacrificio
y abnegación, supieron entregar todo
de sí, para hacer de mí un ser útil a la
patria y a la sociedad. Es por eso que
quiero agradecer a Dios y a mi familia.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo va dirigido con una expresión de gratitud para mis distinguidos maestros, que con nobleza y entusiasmo, vertieron todo su apostolado en mi alma. A mí universidad porque en sus aulas recibí los más gratos conocimientos que nunca olvidare.

INDICE DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	III
DEDICATORIO	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN EJECUTIVO	XIV
CAPÍTULO I.....	1
1. El problema	1
1.1 Tema	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.2.1 Contextualización	1
1.2.2 Análisis crítico	3
1.2.3 Prognosis.....	3
1.2.4 Formulación del problema.....	3
1.2.5 Interrogantes	4
1.2.6 Delimitación del objetivo de investigación	4
1.3 Justificación	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivo específico	6
CAPÍTULO II	7
2. Marco teórico	7
2.1 Antecedentes investigativos	7
2.2 Fundamentación filosófica	9
2.3 Fundamentación legal.....	10

2.4 Categorías fundamentales.....	10
2.4.1 Ciencia e ingeniería de materiales	11
2.4.2 Materiales	11
2.4.3 Polímeros compuestos	15
2.4.4 Materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y carbono	16
2.4.5 Calidad del producto.....	29
2.4.6 Ensayo de materiales	30
2.4.7 Resistencia de materiales	31
2.4.8 Propiedades mecánicas de tracción	32
2.5 Hipótesis	35
2.6 Señalamiento de variable.....	35
2.6.1 Variable independiente	35
2.6.2 Variable dependiente	35
2.6.3 Término de relación.....	35
CAPÍTULO III.....	36
3. Metodología	36
3.1 Modalidad básica de la investigación.....	36
3.1.1 De campo	36
3.1.2 Bibliográfica	36
3.1.3 Experimental.....	36
3.2 Nivel o tipo de investigación.....	37
3.3 Población y muestra	37
3.3.1 Población	37
3.3.2 Muestra	37
3.4 Operacionalización de variable	38
3.4.1 Variable independiente	38

3.4.2 Variable dependiente	39
3.5 PPlan de recolección de información	40
3.6 Plan de procesamiento de la información.....	40
3.6.1 Plan de procesamiento	40
3.6.2 Plan de análisis e interpretación de resultados	40
CAPÍTULO IV.....	41
4. Análisis e interpretación de resultados.....	41
4.1 Analisis de los resultados	41
4.1.1 Determinación de las propiedades del compuesto.....	43
4.1.2 Elaboración de probetas para los ensayos	43
4.1.3 Determinación de las propiedades físicas del compuesto.....	45
4.1.4 Determinación de la facción volumétrica	49
4.1.5 Determinación de las propiedades mecánicas del compuesto	50
4.2 Interpretacion de resultados.....	60
4.3 Verificación de hipótesis	66
CAPÍTULO V.....	71
5. Conclusiones y recomendaciones.....	71
5.1 Conclusiones.....	71
5.2 Recomendaciones	72
CAPÍTULO VI.....	73
6. Propuesta.....	73
6.1 Datos informativos	73
6.2 Antecedentes de la propuesta	73
6.3 Justificación.....	74
6.4 objetivos	75
6.4.1 Objetivo General.....	75

6.4.2 Objetivos Específicos	75
6.5 Análisis de factibilidad	76
6.6 Fundamentación	76
6.6.1 Molde	76
6.6.2 Fracción volumétrica	76
6.6.3 Obtención del Alerón delantero	76
6.6.4 Dimensionamiento	77
6.6.5 Propiedades mecánicas	78
6.6.6 Configuración del material de refuerzo	78
6.7 Metodología.....	79
6.7.1 Cursograma Analítico de procesos	79
6.7.2 Elaboración del molde o matriz	81
6.7.3 Elaboración del Alerón delantero	84
6.8 Administración	89
6.8.1 Valoración económica del proyecto	89
6.9 Previsión de la evaluación	91
7. Bibliografía	92
ANEXOS.....	95
Anexo 1: Norma ASTM 3039-00	96
Anexo 2: Norma ASTM D7264-07.....	106
Anexo 3: Propiedades de la resina poliéster	114
Anexo 4: Propiedades de la fibra de carbono tejido plain (plano).....	118
Anexo 5: Propiedades de la fibra de carbono tejido twill (cruzado).....	120
Anexo 6: Informe técnico de los ensayos (tracción-flexión) del material compuesto de matriz poliéster y fibra de carbono	121
Anexo 7: Relación esfuerzo deformación de la configuración plain vacío	126

Anexo 8: Cálculo de valores relacionados para la distribución de probabilidad para tracción	150
Anexo 9: Cálculo de valores relacionados para la distribución de probabilidad para flexión.....	194
Anexo 10: Tabla de chi cuadro	218
Anexo 11: Planos	283

Índice de figuras

Figura 2.1: Categorías Fundamentales	10
Figura 2.2: Diferentes Materiales Compuestos de Ingeniería	14
Figura 2.3: Representación esquemática de varias características geométricas y espaciales de partículas en fase dispersa que influyen en las propiedades de los compuestos. a.) Concentración; b.) Tamaño; c.) Forma; d.) Distr...ibución y e.) Orientación	14
Figura 2.4: Esquema del proceso de tendido a mano para matriz de polímero. ..	17
Figura 2.5: Esquema del método del devanado de filamento con matriz de polímero.	18
Figura 2.6: a) esquema del proceso de infiltración del equipo para fabricar componentes con matriz metálica (una cápsula de paquete electrónico). b) microestructura del metal compuesto resultante con el proceso primex de la Laxine Corp.....	20
Figura 2.7 Tipos de carga.....	32
Figura 2.8 Tipo de apoyos; a) Apoyo simple, b) Apoyo articulado, c) Apoyo empotrado.....	32
Figura 2.9: Máquina Universal de la serie 3300	35
Figura 4.1 Diagrama de Flujo	42
Figura 4.2 Dimensionamiento de la probeta para tracción	44
Figura 4.3 Dimensionamiento de la probeta para flexión.....	44
Figura 4.4 Máquina Universal Tinius Olsen H25K-S (25KN)	50
Figura 4.5 Máquina Universal Tinius Olsen H25K-S (25KN)	55
Figura 4.6 Relación esfuerzo-deformación plain vacío	60
Figura 4.7 Relación esfuerzo-Log. deformación Plain Vacío.....	61
Figura 4.8 Relación Log. esfuerzo-Log. deformación Plain Vacío	61
Figura 4.9 Relación Log. esfuerzo-deformación Plain Vacío.....	62

Figura 4.10 Relación fuerza-deflexión Twill Ambiente	63
Figura 4.11 Relación Log. fuerza-deflexión Twill Ambiente.....	64
Figura 4.12 Relación Log. fuerza- Log deflexión Twill Ambiente	64
Figura 4.13 Relación fuerza- Log. deflexión Twill Ambiente.....	65
Figura 4.14 Gráfica chi cuadrado para tracción	68
Figura 4.15 Grafica de chi cuadrado para flexión.....	70
Figura 6.1 Alerón delantero	77
Figura 6.2 Dimensionamiento del Alerón.....	77
Figura 6.3: Distribución del tejido	79
Figura 6.4 Molde de cartón	81
Figura 6.5 Plancha de fibra	82
Figura 6.6 Molde recubierto con masilla	82
Figura 6.7 Molde reabierto con masilla roja	83
Figura 6.8 Molde terminado.....	83
Figura 6.9 Colocación de la fibra en el molde	84
Figura 6.10 Matriz terminada.....	84
Figura 6.11 Aplicación de la cera desmoldante	85
Figura 6.12 Corte fibra de carbono	85
Figura 6.13 Preparación de la resina	86
Figura 6.14 Aplicación de la resina en el tejido.....	86
Figura 6.15 Colocación del Breather	87
Figura 6.16 Sellamiento del BAGGIN FILM	87
Figura 6.17 Colocación del Manómetro.....	88
Figura 6.18 Desmoldeo del material	88
Figura 6.19 Alerón delantero terminado	89

Índice de tablas

Tabla 2.1 Propiedades de algunos materiales compuestos con matriz cerámica y matriz de polímeros en dirección longitudinal y transversal.	15
Tabla 2.2 Sistemas catalíticos para resinas de poliéster.....	24
Tabla 3.1 Variable independiente	38
Tabla 3.2 Variable dependiente.....	39
Tabla 4.1 Dimensiones de las probetas	44
Tabla 4.2 Volumen de las probetas a tracción	45
Tabla 4.3 Volumen de las probetas a flexión	46
Tabla 4.4 Tabla de densidad de las probetas a tracción	47
Tabla 4.5 Tabla de densidad de las probetas a flexión.....	48
Tabla 4.6 Fracción volumétrica del compuesto para cada configuración.....	50
Tabla 4.7 Resultados de tracción del tejido Plain Ambiente	51
Tabla 4.8 Resultados de tracción del tejido Twill Vacío	52
Tabla 4.9 Resultados de tracción del tejido Plain Vacío.....	53
Tabla 4.10 Resultados de tracción del tejido Twill Ambiente	54
Tabla 4.11 Resultados de flexión del tejido Plain Vacío	56
Tabla 4.12 Resultados de flexión del tejido Plain Ambiente	57
Tabla 4.13 Resultados de flexión del tejido Twill Vacío.....	58
Tabla 4.14 Resultados de flexión del tejido Twill Ambiente.....	59
Tabla 4.15: Resumen de las propiedades mecánicas del compuesto	60
Tabla 6.1 Propiedades mecánicas tejido plain vacío.....	78
Tabla 6.2 Cursograma Analítico de Procesos	80
Tabla 6.3 Costos directos	90
Tabla 6.4 Costos indirectos	90
Tabla 6.5 Costo total	91

Universidad Técnica de Ambato

Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

Carrera Ingeniería Mecánica

**MATERIALES COMPUESTOS POLIMÉRICOS CON MATRIZ POLIÉSTER
Y FIBRA DE CARBONO Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE TRACCIÓN**

Autor: Mauricio Javier Carrasco Reinoso

Tutor: Ing. Segundo Espín Lagos, Mg.

RESUMEN EJECUTIVO

La utilización de materiales relativamente innovadores en las diferentes industrias son importantes ya que ayudaría al progreso del mismo, se consideró necesario la investigación de un material elaborado con fibra de carbono y resina poliéster el cual fue obtenido mediante un proceso específico de fabricación los cuales fueron realizados en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE).

El material obtenido fue sometido a ensayos de tracción bajo la norma (ASTM D3039-10) y Flexión con la norma (ASTM D7264-07), para determinar las propiedades necesarias obtener información y una alternativa diferente de su utilización y con los datos obtenidos de las pruebas, se estableció parámetros como: deformación, elongación, esfuerzo los cuales fueron obtenidos con la configuración de matriz poliéster y fibra de carbono elaborada al vacío con tejido plano y con una resistencia máxima de 356 MPa.

Con la diversidad de acoplamiento y moldeo que tiene el producto, es fácilmente aplicable en diversas industrias y se tomó la iniciativa de realizar un alerón delantero de got kart, ya que él necesita de una gran cantidad de propiedades mecánicas las cuales se los proporciona este material compuesto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

MATERIALES COMPUESTOS POLIMÉRICOS CON MATRIZ POLIÉSTER Y FIBRA DE CARBONO Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE TRACCIÓN.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Contextualización

La necesidad de la mayoría de países está en brindar un buen servicio y alta calidad de sus productos, la utilización de fibras ha tenido gran auge en los últimos años ya que se puede obtener productos con diferentes características que satisfagan las necesidades de los clientes. Las fibras naturales han tenido mayor desarrollo inicialmente para la industria textil, pero por sus diferentes características las encontramos en diferentes partes de la industria por su ligereza y resistencia mecánica.

En una investigación sobre los nuevos materiales (Dávila, 2011) encontró que, por la necesidad de utilizar materiales cada vez más ligeros, batatos y a la vez más resistentes en la industria metalmecánica, ha provocado el requerimiento de nuevos materiales que sean capaces de trabajar bajo fuertes condiciones de esfuerzo.

De acuerdo con estudios anteriores, en un artículo publicado en el Ministerio de Economía (Sessi, 2002), se concluye que los materiales compuestos son el resultado de una mezcla de dos materiales diferentes con el propósito de tomar la

mejor característica de cada uno para ser utilizados en procesos de fabricación de diferentes elementos mecánicos. De ésta manera los materiales fabricados han sido estudiados en lo referente a sus propiedades mecánicas y físicas, así como el empleo de las resinas con fibras de naturales para obtener un material compuesto el cual es ligero, dúctil y al mismo tiempo muy resistente mecánicamente. En términos de su resistencia mecánica y degradación química, las resinas poliéster, son las de mayor desempeño por lo cual es la más usada en las industrias hasta el momento, sus características de adherirse a los otros componentes son buenas y su costo relativamente bajo por lo cual ayuda a el de alto rendimiento en la industria.

Desde hace varios años la industria carrocera en el Ecuador ha tenido un crecimiento en cuanto a producción se refiere, para cubrir la demanda nacional y procurando intervenir en el mercado internacional. Tungurahua es la principal provincia en la región del país en la producción carrocera.

Según el artículo publicado en El Comercio (Velasguí, 2013), concluye que, a nivel nacional funcionan unos 20 talleres grandes y otros 25 entre medianos y pequeños. Allí se da empleo a cerca de 2500 personas. La producción provincial cubre el 65% del mercado nacional en cuanto a carrocerías por lo que es necesario formar parte de los últimos adelantos en la tecnología de materiales, esencialmente de los materiales compuestos para la fabricación de partes de carrocerías que presenten buenas propiedades mecánicas.

El país se prepara para el cambiión en la matriz productiva, podemos determinar claramente que el Ecuador se ha concentrado en la explotación de materias primas, con muy bajos niveles de tecnificación, lo cual ha provocado que sea un mercado muy susceptible de ser sustituido en los mercados internacionales y el cambio de la matriz productiva es fundamental para sobresalir nacionalmente.

El informe de la Secretaria Nacional de la Planificación y Desarrollo (2014), concluye que la matriz productiva es el conjunto de interacciones entre los diferentes actores de la sociedad que utilizan los recursos que tienen a su

disposición para mejorar la industria y por ende sus productos con mejor calidad que agrada al cliente, con los cuales generan mejores ingresos.

1.2.2 Análisis crítico

Sabemos que en la actualidad el país se enfrenta a muchos cambios ya que la matriz productiva está siendo modificada y se ha visto afectado varios sectores y beneficiados otros, uno de los sectores afectados es el sector carroceros y el metalmecánico en general por la falta de investigación de materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y carbono sometidos a diferentes cargas y esfuerzos externos ya que por su limitada investigación no se ha desarrollado nuevas aplicaciones industriales. Los compuestos de resina poliéster y fibra de vidrio son el elemento principal en la construcción de partes de automóviles en nuestra provincia, es necesario brindar conocimiento sobre una alternativa de material poliméricos las cuales nos brinda grandes expectativas para las aplicaciones industriales si es el caso. Con mayores propiedades mecánicas y esto hace indispensable contribuir con el análisis de las propiedades mecánicas a tracción, del material compuesto de nuestro estudio.

1.2.3 Prognosis

En medida del desarrollo de la industria y la necesidad nuevos materiales, se da tendencia a remplazar e incorporar materiales poliméricos con características específicas las cuales ayudaran a renovar la calidad del producto. Sin la investigación y el conocimiento de las características de ciertos materiales poliméricos no se podría dar un buen desarrollo en el futuro para la industria, especialmente sin el estudio planteado no se podría saber la posibilidad de utilización de materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y fibra de carbono.

1.2.4 Formulación del problema

¿Cuál es el comportamiento a tracción de los materiales poliméricos compuestos con matriz poliéster y fibra de carbono?

1.2.5 Interrogantes

- ¿Qué norma se utilizará para el ensayo a tracción de materiales compuestos?
- ¿Cuál será el comportamiento a tracción del material compuesto?
- ¿Cómo se obtendrá el diagrama de esfuerzo deformación del material compuesto?
- ¿Cuál sería la factibilidad de utilización de polímeros compuestos con matriz poliéster y carbono?

1.2.6 Delimitación del objetivo de investigación

1.2.6.1 Delimitación de contenido

CAMPO: Ingeniería Mecánica

ÁREAS: Ingeniería de materiales

ASPECTO: Nuevo material

1.2.6.2 Delimitación espacial

La presente investigación se realizará en la en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, Universidad Técnica de Ambato, biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, laboratorios de la Carrera de Ingeniería Mecánica, Campus Huachi Chico y los ensayos de tracción se lo realizaron en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica Nacional porque no se cuenta con los equipos adecuados en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

1.2.6.3 Delimitación temporal

Este problema será estudiado, en el período comprendido entre junio del 2015 hasta diciembre del 2015.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En nuestro medio las industrias tanto a nivel nacional como provincial se han adaptado a ciertos aspectos en la parte de utilización de nuevos productos y procesos de fabricación tratando de mejorar siempre su producto y posicionarlo en el mercado, los materiales poliméricos poseen diferentes características y propiedades por lo que se pueden adaptar a las diferentes necesidades las que podemos requerir tanto en el diseño como en las características mecánicas, por lo tanto la Universidad Técnica de Ambato en la Carrera de Ingeniería Mecánica se pretende implementar un material relativamente nuevo para cubrir las necesidades de múltiples sectores realizando un material algo innovador con la resina poliéster y la fibra de carbono en la industria.

Se busca recopilar información acerca de materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y carbono ya que por tratarse de aplicaciones industriales es algo complicado la obtención de información se encuentra en los libros antiguos o en los nuevos artículos su consulta implica un gasto que no resulta accesible. Esta alternativa no reemplazará totalmente a los materiales tradicionales pero en gran parte será utilizada como complemento para optimizar procesos de fabricación de partes de carrocerías mejorando la relación costo beneficio.

Con este ahorro se ofrecerá a la industria una mejor forma de competición en el mercado tanto nacional como internacional con un valor agregado del producto.

Se ha tomado esta iniciativa ya que es factible la realización de este estudio debido a que en la provincia de Tungurahua, aún no se ha realizado estudios acerca de este material como nuevas alternativas en los procesos de fabricación.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Determinar los materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y fibra de carbono y su incidencia en las propiedades mecánicas de tracción.

1.4.2 Objetivo específico

- Realizar los ensayos según la norma ASTM D3039.
- Analizar el comportamiento a tracción del material compuesto.
- Obtener el diagrama de esfuerzo-deformación del material compuesto.
- Establecer la posibilidad de la utilización de polímeros compuesto con matriz poliéster y fibra de carbono.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la revista EIA (Colombia), de junio 2009 se enuncia una investigación realizada sobre el efecto de la temperatura sobre la resistencia a la tracción de algunos refuerzos de fibras para matrices cerámicas o poliméricas con lo cual los resultados obtenidos nos dice que las pruebas de tracción de las fibras flexibles como las de vidrio, carbono y aramida se realizaron soportadas en una plantilla de cartulina con las dimensiones recomendadas en la norma ASTM C1557-03. La resistencia a la tracción de las fibras de carbono sin tratamiento térmico y después del tratamiento a 400 °C, se pone de manifiesto el comportamiento frágil de estas fibras, ya que por la naturaleza del material, una vez se supera la resistencia elástica de las fibras, ocurre su fractura sin alcanzar la deformación plástica. Se evidenció que con el tratamiento térmico a 400 °C, la resistencia a la tracción de las fibras disminuyó el 40 % debido a la oxidación del material, mientras que las fibras de aramida mostraron una resistencia prácticamente nula después de efectuado este tratamiento térmico, a causa de la relajación b y a de este material que ocurren alrededor de los 200 °C y 350 °C, respectivamente.

Entre las fibras de acero, carbono, aramida y vidrio evaluadas en el presente trabajo, las fibras de acero inoxidable ASI-SAE 304 mostraron poseer la mayor estabilidad en su resistencia a la tracción después de ser sometidas a ciclos de calentamiento hasta 1000 °C durante 3 horas.

En el Consejo Superior de Investigación Científica (España), 2011 realizado por Enrique Rocha Rangel, José A. Rodríguez García, Enrique Martínez Peña, Elizabeth Refugio García, Ana Leal Cruz y Guillermo Munive un estudio de la

resistencia mecánica de materiales compuestos poliméricos reforzados con fibras de carbono y con dos técnicas de laminación diferente, la primera se aplicó $1\text{Kg}/\text{cm}^2$ de presión en los laminados mientras que el otro se realizó al vacío con una presión de una atmósfera donde se llegó a la conclusión que la resina al ser reforzada con fibra de carbono aumenta considerablemente su resistencia.

En los ensayos de flexión la resistencia a la flexión aumento de 4.48 MPa a 25.28 MPa, lo que significa un aumento mayor a 500% de la resistencia del material compuesto resultante. En este ensayo se pudo observar que las fibras fueron fracturadas por lienzo o laminado, debido a que se produjo un radio de deformación inducido por la fuerza aplicada en la probeta, provocando que el lienzo que está más alejado del punto de aplicación se deforme más sin llegar a fracturarse.

Los resultados de la resistencia a la tensión indican que hay un aumento de 8.36 MPa a 351 MPa en la misma, cuando la resina es reforzada con 60% de fibras de carbono, este cambio representa un gran aumento de la resistencia a la tensión de la resina.

El mejor proceso de laminación para obtener el material compuesto es en el que se aplica presión y el tratamiento de curado de los materiales compuestos fabricados no tiene un efecto significativo en las resistencia de los mismos, motivo por lo cual no se recomienda como parte del proceso de fabricación.

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica en la Universidad Técnica de Ambato en el año 2014 el Ingeniero Núñez Barriga Ludwin realizaron una investigación sobre polímeros híbridos estratificados de matriz epóxica reforzada con tejido mixto elaborado con fibras de carbono y kevlar y su incidencia en las propiedades mecánicas de partes externas de autos esto utilizando diferentes combinaciones de porcentajes de fibra en el material y logro llegar a establecer experimentalmente que el material compuesto de resina epóxica reforzada con un tejido híbrido de carbono/kevlar denominado en nuestra investigación como TCK/C que contiene una cantidad de refuerzo aproximada de 50% de carbono y

50% de kevlar tiene propiedades superiores al material en comparación que tenía una cantidad de 25% kevlar y 75% carbono aproximadamente; en el ensayo a tracción.

Se propuso la evaluación mediante ensayos de flexión e impacto de la configuración que presentó mejores resultados en el ensayo a tracción; este fue el compuesto que contiene 50% de kevlar y 50% de carbono en su refuerzo.

Los valores obtenidos en los diferentes ensayos de tracción, flexión e impacto fueron los esperados y haciendo una comparación directa con los resultados de las cargas aplicadas a la fibra de carbono y kevlar.

El espesor promedio del material compuesto fue aproximadamente de 2,4 mm en un laminado cuasi-isótropo de 8 capas en el cual tiene variación con los datos teóricos y es por esto que el módulo de elasticidad también varía un poco.

En la Universidad Complutense de Madrid (2007) los Ingenieros J.M. Gómez de Salazar, M.I. Barrena, C. Merino, O. Plaete, G. Morales realizaron la preparación y estudio de materiales compuestos nanofibras de carbono/poliéster laminados con fibra de vidrio en el cual objetivo de ese trabajo fue la fabricación de un material compuesto laminado nanofibra de carbono se demostró que el material compuesto preparado en ese trabajo ha mostrado unas muy buenas propiedades mecánicas tanto a tracción como a flexión.

Además se han conseguido unos valores de conductividad suficientes para que se pueda plantear la utilización del material compuesto en aplicaciones de disipación de carga o pintado electrostático y en ese caso ha sido totalmente manual la elaboración del polímero.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

En medida del desarrollo de la industria carrocera que busca sacar productos de la más alta calidad, el desarrollo de la investigación de materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y carbono se basa en el paradigma crítico

propositivo, debido a que por medio de ésta se obtendrán avances en el área de materiales y se establecerán los parámetros necesarios para adquirir la información necesaria que nos permitan comprobar la eficacia del nuevo material. La visión es plantear la utilización de materiales poliméricos en la industria en el Ecuador, manteniendo la calidad característica del producto y satisfaciendo las necesidades del cliente.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Los ensayos a realizarse en el material se basaran en la norma:

ASTM D3039/D3039M-00, Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials.

ASTM D7264/d7264M-07, Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials.

2.4 CATEGORIAS FUNDAMENTALES

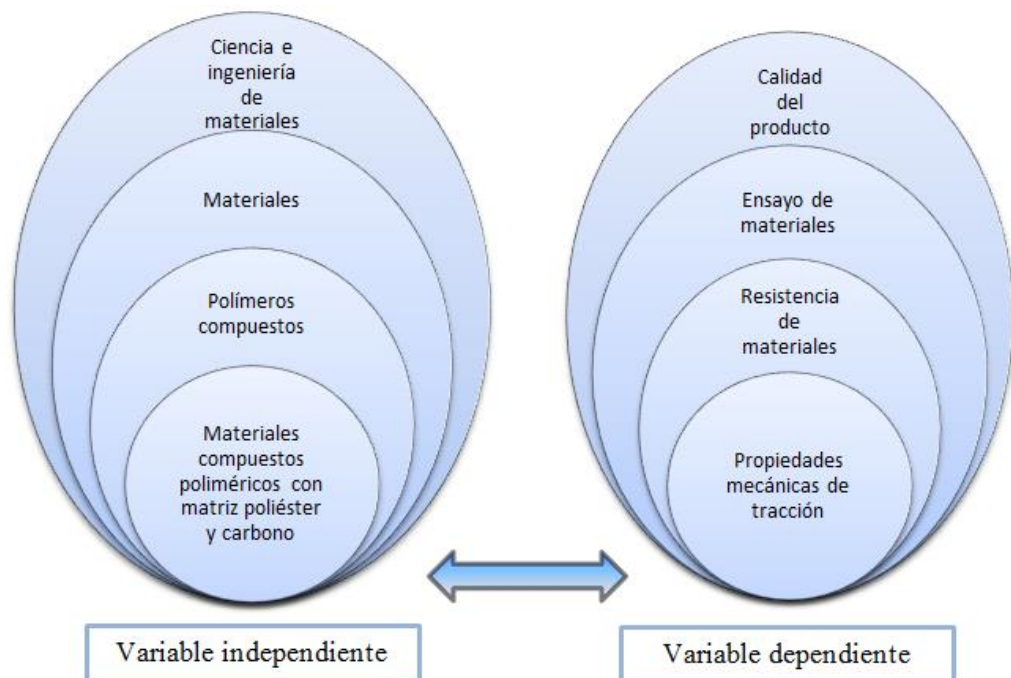


Figura 2.1: Categorías Fundamentales

Fuente: Autor

2.4.1 Ciencia e ingeniería de materiales

Según (Smith, 1999), manifiesta que: La ciencia de los materiales es la relación que existe entre la estructura y las propiedades de los materiales, así como los diferentes procesos que puede tener sobre el material.

La ingeniería de los materiales se ocupa de la manera en que estos materiales pueden ser aplicados y formar parte de productos útiles a la sociedad.

La ciencia e ingeniería de los materiales es la combinación de conocimientos básicos con una aplicación práctica, podemos decir que el conocimiento abarca desde la necesidad de un material con determinadas propiedades, hasta su incorporación al producto final, por eso es considerada como una ciencia pluridisciplinar en la que involucra básicamente Ingenieros, Físicos y Químicos.

El trabajo que tiene los ingenieros está directamente relacionado con el diseño y construcción de estructuras y componentes, esto implica que previamente se debería seleccionar los materiales a utilizar, con objeto de tener las mejores prestaciones y evitar o al menos prever sus posibles defectos.

2.4.2 Materiales

Los materiales son los componentes necesarios para elaborar cierto objeto y hoy en día se encuentran en el centro de todos los avances tecnológicos, por sus características únicas ayudan al avance de cualquier sociedad y se los podemos clasificar de manera sencilla.

2.4.2.1 Tipos de materiales

Los materiales podemos clasificarlos en tres grupos, de acuerdo a su composición química y estructura atómica: metálicos, cerámicos y polímeros, a la composición por varios materiales diferentes lo llamamos compuestos o composites.

Metales.- Los metales y aleaciones se caracterizan por la presencia de electrones deslocalizados, que se consideran son los responsables de las propiedades que caracterizan a estos sistemas como la buena conductividad térmica y eléctrica, así como resistencia, ductilidad y relativa dureza, que les permiten ser ampliamente utilizados en aplicaciones estructurales, las aleaciones también forma una gran parte de esta área ya que mejora en cada caso determinadas propiedades.

Cerámicos.- Son los construidos normalmente por combinaciones químicas de elementos metálicos y no metálicos (óxidos, sulfatos, fosfatos, nitruros, carburos, etc.) pueden ser cristalinos o amorfos. Su característica más importante es su dureza y resistencia térmica, y química, bajo peso y carácter aislante, pero por el contrario son frágiles y muchas de las investigaciones generadas es para mejorar su característica elástica.

Polímeros.- Son compuestos orgánicos que sobresalen por el tamaño de su estructura molecular (cadenas o redes), por lo que también se denomina como macromoléculas, son materiales ligeros y altamente deformables, además son generalmente buenos aislantes pero su resistencia al calor es mala.

Composites.- Se conforma a partir de dos o más materiales con objeto de mejorar las propiedades que presentan por separado. Así por ejemplo, la fibra de vidrio consiste simplemente en un filamento de vidrio empapado en un material polimérico, de esta manera la resistencia mecánica de un cerámico como el vidrio se puede deformar elásticamente gracias al polímero

2.4.2.2 Materiales compuestos

Neely (2002), manifiesta que los materiales se encuentran en cualquier lugar de nuestro entorno ya que cualquier cosa esta hecha a partir de ellos, los materiales que más comúnmente encontramos son: madera, hormigón, ladrillo, acero, plástico, vidrio, caucho, aluminio, cobre y papel. Pero hay muchas más clases de materiales los cuales los podemos encontrar solo mirando detenidamente en nuestro entorno. Los trabajos de investigación y desarrollo en este campo dan origen frecuentemente a nuevos materiales con características especiales. La

producción y procesado de nuevos materiales constituye una parte importante de nuestra economía actual ya que por su constitución resulta más bajos en precio.

El trabajo es de los ingenieros ya que diseñan la mayoría de los productos manufacturados y los procesos adecuados para su fabricación. Por lo que los ingenieros deben conocer la estructura y propiedades de forma que sean capaces de seleccionar el más idóneo para su aplicación y desarrollar los mejores métodos para su procesado y fabricación. Los ingenieros de desarrollo e investigación trabajan para crear nuevos materiales o para modificar las propiedades de los ya existentes. En ocasiones sucede a la inversa: los ingenieros de diseño requieren que los científicos e ingenieros de investigación creen un nuevo material que permita resolver determinadas necesidades.

La búsqueda de nuevos materiales aún sigue en pie, tanto como los ingenieros mecánicos buscan materiales que soporten altas temperaturas y la menor fricción posible para que los motores de reacción y que puedan operar con más eficiencia posible, los ingenieros eléctricos tiene la necesidad de operar circuito a mayores velocidades y temperaturas más elevadas, los ingenieros aeroespaciales buscan materiales con una relación resistencia/peso más elevada para naves aéreas, los ingenieros químicos buscan materiales con una alta resistencia a la corrosión.

En la figura 2.2, se muestra los posibles materiales compuestos que se pueden obtener agrupando los diferentes tipos de material, para diferentes aplicaciones.

Los materiales compuestos tienen dos fases; medios continuos y discontinuos. El medio continuo se denomina matriz; mientras que el medio discontinuo denominado refuerzo, es más fuerte y resistentes. Las propiedades de un material compuesto dependen de las propiedades de los materiales que lo constituyen, de su distribución orientación e interacción.



Figura 2.2: Diferentes Materiales Compuestos de Ingeniería

Fuente: (Ashby, 2011)

Callister (2007) explica que los Materiales Compuestos de Matriz polimérica se dividen en Compuestos Termoplásticos, Termoestables y Elastómeros. Para el estudio propuesto, la investigación se centra en los materiales compuestos de matriz termostables; por lo que el resto del mismo se profundizara solo dentro de estos compuestos.

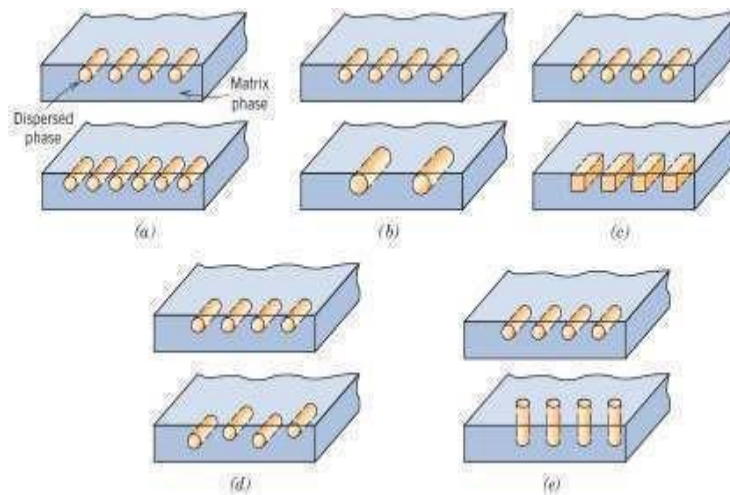


Figura 2.3: Representación esquemática de varias características geométricas y espaciales de partículas en fase dispersa que influyen en las propiedades de los compuestos. a.) Concentración; b.) Tamaño; c.) Forma; d.) Distribución y e.) Orientación

Fuente: (Callister, 2007)

2.4.3 Polímeros compuestos

Estos materiales pueden tener excelentes propiedades a temperatura ambiente, a un costo relativamente bajo, que se viene usando desde hace 40 años.

Dos de los más conocidos a principios de 1950 fueron en la carrocería del Chevy Corvette y los cascos de los yates. La matriz consiste en diversas resinas termofijas y, en termoplástica en fecha más reciente reforzadas con fibra de vidrio, boro, carbono o materiales orgánicos. En la tabla 2.1, se ven las propiedades mecánicas y físicas de algunos materiales compuestos con matriz de polímero característicos.

Tabla 2.1 Propiedades de algunos materiales compuestos con matriz cerámica y matriz de polímeros en dirección longitudinal y transversal.

Matriz	Fibra	Fracción Volumétrica	Densidad (g/cm ³)	Módulo de elasticidad (GPa)		Resistencia a la tensión (MPa)	
				Long.	Trans.	Long.	Trans.
Al	B	0.5	2.65	210	150	1500	140
Ti-6Al-4V	SiC	0.35	3.86	300	150	1750	410
Al-Li	Al ₂ O ₃	0.6	3.45	262	152	690	180
Epóxico	Vidrio E (unidireccional)	0.6	2	40	10	780	28
Epóxico	Tela bidireccional de la fibra de vidrio	0.35	1.7	16.5	16.5	280	280
Epóxico	Boro (unidireccional)	0.6	2.1	215	9.3	1400	63
Epóxico	Carbono	0.6	1.9	145	9.4	1860	63
Poliéster	Fibra de vidrio cortadas	0.7	1.8	55-138	-	103-206	-

Fuente: (Saxena, 2004)

Las aplicaciones tradicionales de estos materiales eran en las estructuras aeroespaciales sometidas a cargas. Ahora se usan en vigas y en estructuras civiles, en diversas partes automotrices, en neumática con lonas de acero y en artículos deportivos. Su costo ha disminuido en forma continua, y esto las hace lo bastante atractivas para su uso en artículos al consumidor. Otra aplicación floreciente es en estructuras arquitectónicas, como el Georgia Dome: el techo es de unas 4 hectáreas de colchoneta tramada de fibra de vidrio en una matriz de politetrafluoroetileno.

2.4.4 Materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y carbono

Es la combinación de matriz poliéster y fibras de carbono para obtener un polímero con características y propiedades diferentes y únicas.

2.4.4.1 Procesos de fabricación de los polímeros

Saxena (2004), enuncia que; los materiales compuestos importantes se pueden clasificar de matriz poliéster, de metal y de cerámico. Los procesos de manufactura son distintos para cada uno de los materiales también son muy diferentes de los que se usan para los materiales monolíticos.

Materiales compuestos de matriz polimérica.- Una técnica sencilla es la colocación a mano para fabricar materiales de matriz polimérico. Se coloca todas las fibras continuas en un molde, y la resina se pone con una brocha o se rocía en las fibras. Si se usan fibras cortadas, se rocía una mezcla de resina y fibras en el molde. A continuación el material compuesto se cura o se dejan desarrollar los enlaces cruzados a la temperatura adecuada. Esta técnica se usa con más frecuencia para materiales compuestos que usan fibras de vidrio en resinas termofijas.

La colocación a mano también se usa en componentes laminados de materiales compuestos. En esta técnica las hojas impregnadas de resina parcialmente curadas con fibras orientadas en una sola dirección se apilan una sobre otra en un molde con las orientaciones deseadas de fibra, y a continuación se presenta entre

sí en una autoclave para formar la parte compuesta. La figura 2.4, muestra el proceso de apilamiento de los preimpregnados para formar un laminado. Aunque es de trabajo intensivo, esta técnica es versátil y se puede usar para fabricar materiales compuestos híbridos que contengan más de un tipo de fibras.

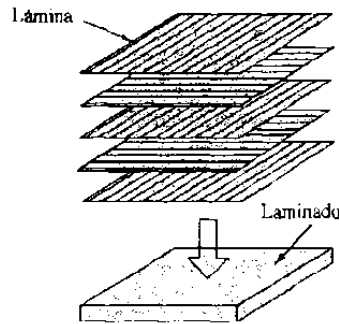


Figura 2.4: Esquema del proceso de tendido a mano para matriz de polímero.

Fuente: (Saxena, 2004)

El envuelto de filamentos es una técnica para fabricar objetos cilíndricos. Se hace pasar una cuerda o una mecha (un haz de fibra) por un baño de resina, que impregna a las fibras. Éstas a continuación se enrollan sobre un mandril en capas sucesivas aplicadas en ángulos específicos hasta que se logra llegar al espesor deseado del material. El proceso se muestra en forma esquemática en la figura 2.5, a continuación, el material se cura y se saca el mandril.

La pultrusión es una forma eficaz de fabricar tramos largos de materiales compuestos con fibra continua, con sección transversal constante como por ejemplo vigas. En esta técnica, se tira de fibras preimpregnadas de vidrio de óxido, kevlar, o carbono, lentamente a través de un dado calentado para hacer el material compuesto. Las resinas que usan son poliéster y algunos epóxicos. Esta técnica se parece al proceso de extracción la pultrusión y el devanado de filamentos son ejemplos de procesos automatizados capaces de entregar productos de alta calidad. Con frecuencia a las fibras se les dan un tratamiento superficial antes de incorporarlas a la matriz.

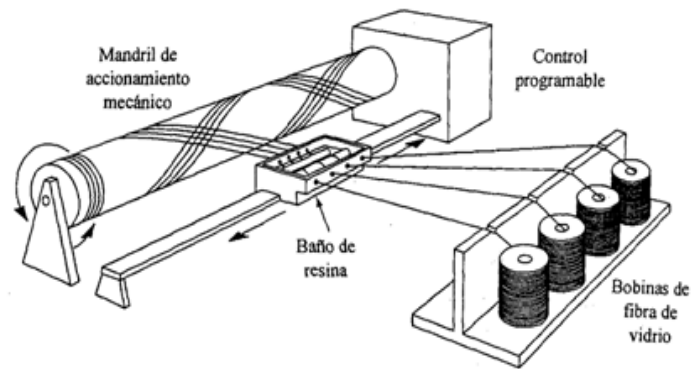


Figura 2.5: Esquema del método del devanado de filamento con matriz de polímero.

Fuente: (Browtaman, 1990)

Materiales compuestos de matriz metálica.- Para estos materiales usamos generalmente las aleaciones de aluminio y titanio. Las fibras rodeadas de la matriz metálica incluyen a las de boro, carbono y SiC en formas continuas así como en partículas y en hilos. Las fibras de boro y de carbono requieren tratamientos superficiales antes de incorporarse a la matriz metálica. Es necesario el tratamiento superficial para evitar reacciones en la interface fibra-matriz a altas temperaturas durante el procesamiento, y para promover un buen humectamiento a lo largo de las interfaces. Las fibras de boro se recubren con una capa delgada de carburo de silicio o de boro por el proceso de deposición de vapor químico. Una capa de boruro de titanio (TiB_2) se deposita en forma parecida sobre las fibras de carbono.

En la técnica de fabricación de materiales compuestos con matriz de metal en estado sólido, se apilan capas alternas de fibras de boro y hojas de aluminio espaciadas en forma adecuada. Se usan aglomerantes a base de resina para mantener las fibras en su lugar. A continuación se elaboran los materiales aplicando presión y temperatura tales que el aluminio fluye en torno a las fibras y las pega con la siguiente capa de aluminio.

Se usan técnicas de metalurgia de polvos, el rociado de plasma, que es una deposición química o física de vapor del material de matriz sobre las fibras colocadas en forma adecuada, es otra técnica de procesamiento en estado sólido para fabricar los compuestos con matriz de metal.

En las técnicas de fabricación en estado líquido, las fibras largas se alinean primero y se ordenan a continuación, se infiltra el material líquido de la matriz bajo condiciones de gas inerte, aire, o vacío.

La infiltración líquida se lleva a cabo por acción capilar, por gravedad, o mediante presión aplicada, se obtienen los materiales compuestos cuando el metal se solidifica. Si se usan filamentos o fibras cortadas, se deben mezclar muy bien en el metal líquido antes de moldearlo.

Los materiales de matriz de metal se pueden conformar mediante algunas de las técnicas de conformado de metales. Sin embargo, el grado de la deformación permitida durante el conformado se limita mucho, debido a su baja ductilidad. En consecuencia, el modo más económico y confiable de fabricar partes con matriz de metal es darle al material su forma casi final con un mínimo de conformado y maquinado posterior.

Una de las técnicas avanzadas de procesamiento en estado líquido que se usa para formar materiales con matriz de metal es el proceso de infiltración de metal fundido sin presión. En este proceso el ángulo de contacto del metal líquido tiende a ser cero, en tal forma que se obtiene una difusión espontánea y, en consecuencia, se provoca una infiltración espontánea. En las aleaciones de aluminio el humectamiento puede aumentarse agregando magnesio o litio, lo que también contribuye al fortalecimiento del aluminio por solución sólida. La figura 2.6, a) señala un esquema de este proceso para fabricar cápsulas de paquetes electrónicos casi con la forma final de partículas de SiC en una matriz de aluminio. Primero se realiza una preforma de refuerzo compactado. La figura 2.6, b) Indica la infiltración de metal bajo ambiente inerte para terminar el proceso.

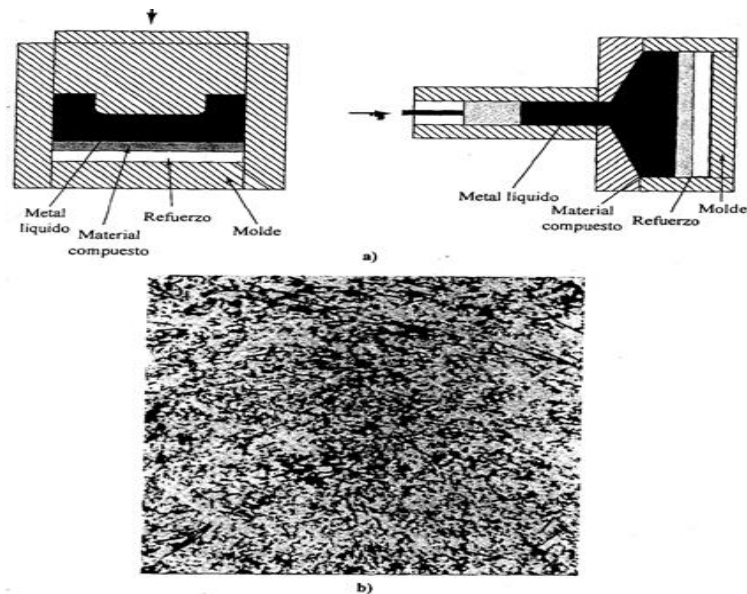


Figura 2.6: a) esquema del proceso de infiltración del equipo para fabricar componentes con matriz metálica (una cápsula de paquete electrónico). b) microestructura del metal compuesto resultante con el proceso primex de la Laxine Corp.

Fuente: (Mortense, 1993)

Materiales compuestos con matriz de cerámica

La capacidad de las matrices de cerámica suelen ser rígidas pero frágiles, el objeto de las fibras no es aumentar el módulo, sino mejorar la tenacidad del material compuesto. Para desprender las fibras durante la fractura se requiere trabajo y, en consecuencia, es una propiedad deseable en esos materiales. Es importante alcanzar la resistencia óptima en la interfase entre la fibra y la matriz en esta clase de materiales.

Las técnicas de fabricación requieren exposiciones a grandes temperaturas durante el prensado en caliente, seguido del enfriamiento. Así, se debe reducir al mínimo la falta de coincidencia entre los coeficientes de dilatación térmica de la fibra y de la matriz. Entre las fibras comunes se tienen el carburo de silicio en filamentos, cortado o continuo y la alúmina en forma cortada o continua. Los materiales comunes de matriz incluyen al óxido de magnesio, el nitruro de silicio, el carburo de silicio, la alúmina, el vidrio de borosilicato y la vitrocerámica litia-aluminosilicato.

El material con matriz de cerámica que se usa más es el concreto, la resistencia a la tensión del concreto es menor con relación a su resistencia a la compresión. El concreto reforzado utiliza alambres y varillas de acero, que elevan mucho su resistencia a la tensión. A su vez, el citado concreto se hace colocando primero las varillas o las mallas de acero en forma de un núcleo amarrado en forma holgada, dentro de una cimbra; se cuela en la cimbra una mezcla de concreto formada por cemento, arena y agregado con agua. El cemento se endurece en una serie de reacciones químicas complejas donde interviene la absorción de humedad para formar un gel, que cristaliza con el tiempo y da como resultado el concreto reforzado.

El procesamiento de los materiales con matriz de cerámica más avanzados se hace en dos etapas. La primera implica en embeber las fibras en una matriz no consolidada. El segundo paso es la consolidación de la matriz. El proceso más común para incorporar las fibras es la infiltración de lodo, en el cual se hace pasar un haz de fibras a través de un lodo del material de la matriz. El lodo contiene el polvo de cerámica, un líquido portador, y con frecuencia, un aglomerante orgánico. El haz de fibras infiltrado se devana sobre un tambor y se seca. Las fibras recubiertas se cortan, se apilan y se presan en caliente para formar una matriz consolidada; el proceso de prensado en caliente no es distinto del que se usa para los polvos de metal.

Otra técnica que se usa para embeber fibras en una matriz de cerámica no consolidada es el procesamiento en frío de fibras y polvo de cerámica seguido por sinterización, y a continuación se hace una densificación por prensado en caliente.

Los materiales de matriz de cerámica y fibras de carbón se han fabricado también prensando en caliente las fibras de carbono en una matriz de vidrio y a continuación con un tratamiento de alta temperatura para transformar la matriz de vidrio en una cerámica, la cristalización del vidrio se llama desvitrificación.

2.4.4.2 Resina poliéster

Son las resinas más utilizadas a escala mundial, ocupan un sitio destacado con más del 90% del volumen de consumo entre las matrices termoestables. Su coste es el más reducido entre todas las matrices termoestables.

Formulación

Las resinas de poliéster se producen a partir de reacciones de policondensación entre dos monómeros: ácido dicarboxílico (el más utilizado es el anhídrido maleico) y diol; de estos dos monómeros, uno al menos debe contener una insaturación. El polímero resultante se disuelve en un medio reactivo, para disminuir la viscosidad de la resina y facilitar la procesabilidad (impregnación). Este medio reactivo suele ser en general el estireno que, al contener un grupo insaturado susceptible de reaccionar con la insaturación de la resina poliéster, será el medio promotor de la estructura reticulada rígida una vez iniciada la reacción de endurecimiento. El porcentaje de estireno presente en el producto final oscila entre 40-45%.

Las resinas de poliéster son cuerpos inestables que tienen tendencia a polimerizar y gelificarse, por ello, para el suministro se estabilizan con inhibidores (hidroquinona).

Propiedades

Es casi imposible definir las propiedades genéricas de las resinas de poliéster, debido a la gran variedad existente y a que cada una es formulada para unos requerimientos específicos y con unos constituyentes particulares. En líneas generales presentan baja temperatura de transición vítrea, y su resistencia y rigidez no son muy elevadas. Durante el endurecimiento tienden a contraerse (entre el 6 y el 10%), siendo este uno de sus puntos débiles. La viscosidad a temperatura ambiente, para resinas de laminados manuales, ronda los 300 cPs, aunque existen resinas específicas, como las de infusión, en las cuales la viscosidad se establece en torno a 100 cPs.

2.4.4.3 Tipos de resinas de poliéster

Dependiendo del tipo de alcoholes y ácidos de los que se parta, se obtienen diferentes tipos de resinas de poliéster; según la naturaleza de sus monómeros constituyentes, se dividen en ortoftálicas, isoftálicas, bisfenólicas y otros tipos. Las más utilizadas son:

- **Ortoftálicas:** constituyen las más frecuentes y las de menor coste entre las resinas de poliéster. Son combinación de anhídrido maleico y anhídrido ftálico con glicoles. Absorben hasta un 2.5% de agua en inmersiones prolongadas. De utilización general.
- **Isoftálicas:** tienen mejores propiedades mecánicas que las ortoftálicas, y mejor resistencia en ambientes marinos (menor absorción). Se sustituye en anhídrido itálico por ácidos isoftálicos, aumentando de esta manera la resistencia al agua.
- **Isoftálica NPG:** se sustituye el propilen glicol por neopentil glicol, mejorando la resistencia química de la resina isoftálica. - **Bisfenólicas:** tienen mejores propiedades mecánicas y químicas que las resinas ortoftálicas e isoftálicas, aunque a un elevado coste. Son las resinas más idóneas entre el poliéster para medios corrosivos.

2.4.4.4 Curado

El proceso en el cual la resina pasa de un estado líquido a un estado sólido se denomina curado. Este cambio de estado no se produce por si solo, o si se produce, se realiza con mucha dificultad (en procesos complejos de aplicación de calor o de exposición a la radiación).

Para facilitar la reacción de polimerización y el consecuente cambio de estado de la resina a temperatura ambiente, es necesario añadir a la misma en el momento de su utilización unas sustancias denominadas iniciador (o también catalizador) y

activador (o acelerador), en los porcentajes indicados por el fabricante de la resina.

El catalizador produce radicales libres que provocan el inicio de la reacción, y está basado, por lo general, en peróxidos orgánicos, que se añaden a las resinas en formas de líquidos en porcentajes del peso de la misma, y que varían entre el 1 y el 3%.

Los peróxidos se seleccionan en función de la temperatura de curado de la resina y de la exotermia de la reacción y, asociados al acelerador, determinan los tiempos de trabajo (tiempo de gel) y endurecimiento del sistema.

El acelerador se selecciona en función del catalizador. En los procesos de curado a temperatura ambiente, el acelerador suele ser una pequeña cantidad de sales de cobalto orgánicas, que se adicionan a la resina en estado líquido previamente a la incorporación del catalizador. Dado que los porcentajes de acelerador requeridos son mínimos (entre el 0,1 y el 0,3%), por lo general los adiciona el fabricante de la resina, y ésta pasa a denominarse resina preacelerada. La otra razón de este proceder es evitar accidentes ocasionados por la mezcla directa del catalizador y el acelerador. Si esto ocurre, tiene lugar una fuerte reacción exotérmica que se manifiesta normalmente en forma de explosión.

En la tabla 2.2, se expresa los sistemas catalíticos más frecuentes para resinas de poliéster curadas a temperatura ambiente.

Tabla 2.2 Sistemas catalíticos para resinas de poliéster

Catalizador	Acelerador	Tiempo de gel	Tiempo de endurecimiento
Peróxido de benzoilo	Dimetil-Anilina	Largo(25-40min)	De medio a rápido(25min)
Peróxido de benzoilo	Dietil-Anilina	Largo(25-40min)	Largo (120min)
Peróxido de benzoilo	Dimetil-p. toluidina	Largo(25-40min)	Muy largo (240min)
Peróxido de metileticetona	Naftalato de cobalto	Corto(15-18min)	Lento(30-50min)
Peróxido de acetilacetona	Naftalato de cobalto	Corto(15-18min)	Rápido(20-25min)
Peróxido de ciclohexanona	Naftalato de cobalto	Corto(15-18min)	Progresivo

Fuente: (Rodríguez, 2008)

Según (Rodríguez, 2008), manifiesta que; Los porcentajes de catalizador son variables dentro de unos límites mínimo y máximo. Un índice por debajo del aconsejado (generalmente 1%) provoca una reacción incompleta, y aunque a simple vista la resina endurezca, no existen suficientes radicales libres para completar el curado, derivando en una resina que no alcanzará sus propiedades teóricas.

En el sentido contrario, si excedemos los porcentajes de catalizador en demasía, se producirá una masa de resina que tenderá a aumentar su propia temperatura y pico exotérmico, hecho que provoca la evaporación del monómero reactivo.

Los tiempos de curado de las resinas a temperatura ambiente se pueden controlar desde las siguientes variables, pero respetando siempre las especificaciones del fabricante:

- a) cantidad de acelerador.
- b) cantidad de catalizador.
- c) temperatura del local de trabajo.

La temperatura de trabajo ideal se sitúa entre 17° y 22° C, buenos resultados se obtienen también entre 15° y 25 ° C, y nunca debe laminarse por debajo de 10° C o por encima de 30° C. La presencia de inhibidores en las resinas obedece a las siguientes causas:

- a) Conservan la resina; las resinas en estado líquido son inestables, y tienen tendencia a polimerizar o gelificarse si no cuentan con la presencia de algún tipo de inhibidor.
- b) Controlan la reacción exotérmica limitando el aumento de temperatura.
- c) Retardan la polimerización de la resina catalizada, brindando más tiempo de trabajo.

d) Regularizan la fabricación de la resina evitando que se complique la reacción de policondensación.

Las resinas deben conservarse en su recipiente original, cerradas para evitar la evaporación, y en sitios oscuros, para evitar la acción de la luz y la temperatura.

2.4.4.5 Procesos utilizados con los materiales termofijos

a) Moldeo por compresión

Smith (2006) enuncia que los moldes por compresión ya eran utilizados desde hace mucho tiempo y son muy utilizados para plásticos termofijos y se aplica también a discos fonográficos termoplásticos, llantas de hule y varios compuestos en matriz de polímero.

El proceso para un plástico termofijo es el siguiente:

- Se coloca en el fondo de un molde calentado, una cantidad fija de compuesto de moldeo llamada carga.
- Se unen las mitades del molde para comprimir la carga y forzarla a tomar la forma de la cavidad.
- Se calienta la carga a través del molde para que polimerice y cure el material, transformándose en una pieza sólida.
- Se abre el molde y se retira la parte de la cavidad.

La carga inicial del compuesto de moldeo puede estar en forma de polvos, pelets, líquido, o partes preformadas. La cantidad de polímero debe controlarse con toda precisión para obtener una consistencia uniforme en el producto moldeado. Se ha vuelto una práctica común precalentar la carga antes de colocarla en el molde; esto suaviza el polímero y acorta la duración del ciclo de producción. Los métodos de precalentamiento incluyen calentadores infrarrojos, calentamiento por

convección en estufa y el uso de tornillos giratorios dentro de un cilindro calentado. Esta última técnica (tomada del moldeo por inyección) se usa también para medir la cantidad de la carga.

b) Moldeo de polímeros por inyección

Con la tecnología ahora es un proceso de conformado y consistente en calentar un polímero e introducirlo en un molde mediante altas presiones. Puede producir piezas de diversos tamaños y gran complejidad. La complejidad y tamaño de la pieza moldeada se refleja en un mayor volumen y coste de los equipos.

Este proceso es adecuado para los termoplásticos y para gran número de termoendurecibles. Sus aplicaciones se reflejan en gran cantidad de artículos cotidianos: aparatos electrónicos, calzado, bolígrafos, cepillos, piezas de automóvil, etc.

Entre otras ventajas, destacan los altos índices de productividad y automatización con posibilidad de piezas pequeñas de tolerancias estrechas, sin necesidad de una operación adicional de acabado superficial y la posibilidad de reutilización de los desechos termoplásticos.

2.4.4.6 Moldeo por extrusión

El moldeo por extrusión es fundamental para metales, cerámicos y polímeros. La extrusión es un proceso de compresión en el cual se fuerza al material a fluir a través del orificio de una matriz para generar un producto largo y continuo, cuya forma de la sección transversal queda determinada por la forma del orificio. Es un proceso de conformado de polímeros que se usa ampliamente con termoplásticos y elastómeros para producir masivamente artículos como tubos, mangueras, perfiles estructurales (como molduras de ventanas y puertas), láminas y películas, filamentos continuos, recubrimientos de alambres y cables eléctricos. Para este tipo de productos, la extrusión se lleva a cabo como un proceso continuo: el producto extruido se corta inmediatamente en las longitudes deseadas.

En la extrusión de polímeros el material se alimenta en forma de granza a un cilindro de extrusión, donde se calienta y se le hace fluir a través del orificio de una matriz por medio de un tornillo giratorio (husillo), como se ilustra en la figura siguiente. Los dos componentes principales del extrusor son el cilindro y el tornillo. La matriz no es un componente del extrusor, sino una herramienta especial que debe fabricarse con el perfil particular a producir.

2.4.4.7 Laminado manual o estratificación manual

La estratificación manual, (hand lay-up) es un método antiguo pero eficaz, que aún es utilizado en la producción de pequeños partes, es la técnica más simple y antigua para la obtención de materiales compuestos de matriz termoestable.

Es un proceso muy flexible que permite al usuario la optimización de recursos ya que se pueden utilizar y combinar diferentes tipos de tejido, fibras y materiales de relleno, las etapas del proceso de laminación manual es:

- Colocación de un agente de desmoldeo para poder retirar con facilidad la pieza final del molde.
- El gelcoat es aplicado con una pistola de aspersion o en su mayoría de casos manualmente con el uso de un rodillo o brocha.
- Cuando ya se ha realizado el curado se colocan capas del material de refuerzo que se desee utilizar y se deposita la resina catalizada sobre cada capa de refuerzo.
- Nuevamente se pasa un rodillo para permitir que el refuerzo se una al polímero con mayor adherencia y esto también ayuda para eliminar el aire que se suele quedar atrapado.
- La curación de la pieza se lo realiza a temperatura ambiente. El tiempo de curado depende del sistema catalítico empleado y de la cantidad de iniciador y catalizador utilizada.

- Finalmente se procede a retirar la pieza del molde.

2.4.5 Calidad del producto

Son las características de un producto u objeto a cumplir satisfactoriamente las especificaciones requeridas por el consumidor.

2.4.5.1 Control de Calidad

El control de calidad fue y sigue siendo lo que mucha gente considera como gestión de la calidad. El departamento de control de la calidad de la empresa se encarga de la verificación de los productos, mediante muestreo o inspección al 100 %. La calidad sólo atañe a los del departamento de control de la calidad y a sus inspectores. Mediante este sistema se procura que no lleguen productos defectuosos a los clientes, pero en modo alguno se evita la aparición de esos errores.

2.4.5.2 Sistema de calidad

Los sistemas de calidad se diseñan para establecer y facilitar las tareas productivas de la empresa, mediante métodos relacionados con la actividad; que permiten controlar, evaluar y resolver de manera permanente el proceso operativo y los problemas inherentes, tomando en cuenta los aspectos directos e indirectos respecto de la calidad.

2.4.5.3 Aseguramiento de la calidad

La dirección de la empresa se da cuenta de la importancia que tiene la calidad para su empresa, y empieza a plantearse el implantar un sistema de gestión de la calidad, como por ejemplo, el basado en las normas ISO 9000. Esta necesidad puede partir de la exigencia de un cliente importante o por convencimiento de que es bueno para la empresa.

2.4.5.4 Calidad de diseño

La calidad de diseño engloba todas las funciones y características de un producto. La velocidad punta de un coche, el estilo de un jarrón, la comodidad de una silla son características que se refieren a la calidad de diseño de un producto.

Para que un producto tenga una calidad de diseño elevada debe satisfacer los deseos del cliente en esos aspectos

2.4.6 Ensayo de materiales

Según Pérez (1992), los ensayos de los materiales comprenden a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades mecánicas de un material, los ensayos pueden ser de forma destructiva y no destructiva dependiendo de las normas aplicarse.

2.4.6.1 Objetivos de los ensayos

- Conocer las propiedades de los nuevos materiales, la influencia de la composición química o de los tratamientos térmicos.
- Seleccionar los materiales más adecuados para un determinado uso.

Existen diversas clasificaciones de los ensayos de Materiales como:

- a) En función del deterioro del material (Destructivos y END)
- b) En función de la finalidad del ensayo (Técnicos y Científicos)
- c) En función de la propiedad a determinar:
 - Ensayos Químicos
 - Ensayos Físicos
 - Ensayos Mecánicos
 - Ensayos Tecnológicos

2.4.6.2 Ensayos mecánicos

Los laboratorios de ensayos mecánicos realizan evaluaciones estructurales, físicas y mecánicas para materiales y productos. Las pruebas se realizan bajo condiciones controladas para asegurar que los materiales y productos cumplen con las especificaciones y con su propósito de diseño. Las pruebas se realizan de acuerdo con estándares reconocidos y normas especificadas internacionalmente, los principales ensayos mecánicos realizados son los siguientes:

- Resistencia a la tracción
- Resistencia a la flexión y a la compresión
- Resistencia al impacto
- Resistencia al estallido y al rasgado
- Resistencia de uniones
- Dureza
- Resistencia a la abrasión
- Punto de ablandamiento y de fusión
- Expansión térmica

2.4.7 Resistencia de materiales

Es la capacidad de un elemento para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sobre él sin romperse, o adquirir deformaciones permanentes de algún modo.

La Resistencia de Materiales se ocupa del cálculo de los esfuerzos y deformaciones que se producirán debiendo garantizar el ingeniero que las deformaciones estén dentro de unos límites permisibles y obviamente que no se produzcan roturas.

2.4.7.1 Fuerzas exteriores: Tipos de carga y tipos de apoyo.

Las fuerzas exteriores están constituidas por las fuerzas activas o directamente aplicadas, llamadas generalmente cargas y por las fuerzas reactivas o reacciones de los apoyos o soportes de los elementos de una estructura o de una máquina.

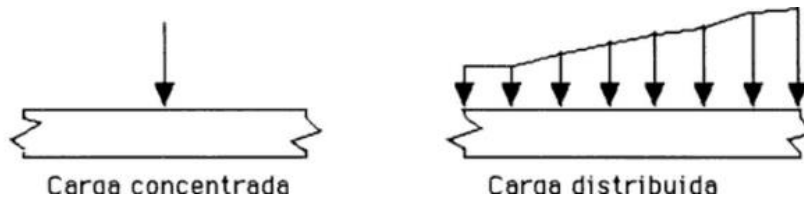


Figura 2.7 Tipos de carga

Fuente: (Pérez, 1992)

Los apoyos son materiales que reducen total o parcialmente la libre movilidad de un elemento de máquina o de una estructura, quedando caracterizado por el número de movimientos que puede realizar y que son conocidos como grados de libertad del cuerpo.

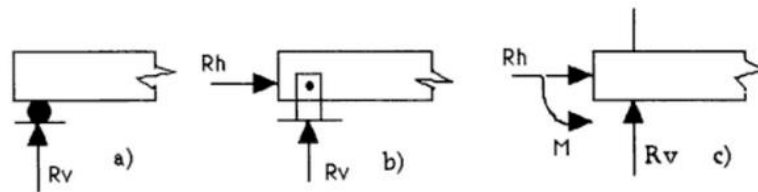


Figura 2.8 Tipo de apoyos; a) Apoyo simple, b) Apoyo articulado, c) Apoyo empotrado.

Fuente: (Pérez, 1992)

Debe determinarse si el elemento en estudio está sometido a fuerzas axiales, transversales (en cuyo caso se producirá flexión), momentos torsionales (torsión) o una combinación de alguno de ellos.

2.4.8 Propiedades mecánicas de tracción

Es la capacidad de un elemento para resistir las fuerzas axiales ejercidas en él hasta un momento determinado.

2.4.8.1 Propiedades mecánicas

Callister (2007) afirma que la mayoría de los materiales, cuando presenta servicio, están sometidos a fuerza o cargas; en tales situaciones es necesario conocer las características del material y diseñar la pieza de tal manera que cualquier deformación resultante no sea excesiva y no se produzca la rotura. El comportamiento mecánico de un material refleja la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del material (o sea, su deformación).

Algunas de las propiedades mecánicas más importantes son la resistencia, la dureza, la ductilidad y la rigidez.

Las propiedades mecánicas de los materiales se determina realizando ensayos cuidadosos de laboratorio que reproducen las condiciones de servicio hasta donde sea posible. Los factores que deben considerarse son la naturaleza de la carga aplicada, su duración, así como las condiciones del medio.

El tiempo de aplicación puede ser de sólo una fracción de segundo o dura un período de varios años. La temperatura de servicio puede ser un factor importante.

El papel del ingeniero de estructuras es determinar las tensiones (también denominados esfuerzos) y las distribuciones de tensiones en los componentes que están sujetos a cargas bien definidas. Esto puede lograrse mediante técnicas experimentales y/o mediante análisis de tensiones por medios matemáticos teóricos.

Los ingenieros de materiales, por otro lado, dirigen sus esfuerzos a producir y conformar materiales que puedan soportar las condiciones de servicio predichas por el análisis de tensiones. Esto necesariamente implica un conocimiento de la relación entre la microestructura (es decir, los detalles internos) de los materiales y sus propiedades mecánicas.

2.4.8.2 Ensayo de materiales

Según (Budynas & Nisbett, 2008), enuncian que para determinar las propiedades mecánicas en la caracterización de los materiales compuestos, se utilizan ensayos destructivos. El proceso de ensayo comienza en tomar determinada cantidad de muestras del material y realizar cierto número de pruebas para caracterizar el comportamiento del mismo. Los ensayos mecánicos se realizan ante circunstancias simuladas y con equipo adecuado, para resultados satisfactorios.

La Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, ASTM por sus siglas en inglés, ha desarrollado normas para ensayo de materiales entre las cuales se pueden encontrar las normas de caracterización de compuestos.

a) En sayo a tracción

Smith (1999) manifiesta que; el ensayo a tracción puede ser utilizado para determinar varias propiedades de los materiales que son importantes en el diseño. Las probetas son deformadas hasta su ruptura, con una carga de tracción que aumenta gradualmente y que es aplicada de forma axial a lo largo del eje de la probeta. En cuanto a materiales compuestos reforzados con fibras, la norma ASTM afirma que el ensayo de tracción se lleva a cabo bajo las regulaciones de la norma ASTM D3039/D3039M-00 y se lo realiza utilizando una máquina universal de ensayos como la que se muestra en la Figura 2.7.

Como implemento para la realización del ensayo debe utilizarse algún elemento mecánico que garantice que la sujeción de la probeta sea adecuada, de tal forma que el deslizamiento sea mínimo.



Figura 2.9: Máquina Universal de la serie 3300

Fuente: (Rodríguez, 2008)

Para probetas de mayores dimensiones se puede utilizar la máquina universal de ensayos. Las probetas a ensayar deben presentar dimensiones específicas indicadas en la norma mencionada anteriormente. Además, dichas probetas requieren mostrar superficies libres de defectos visibles, fisuras o imperfecciones.

2.5 HIPÓTESIS

El estudio de material compuesto polimérico con matriz poliéster y fibra de carbono permitirá determinar las propiedades mecánicas de tracción.

2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLE

2.6.1 Variable independiente

Materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y fibra de carbono.

2.6.2 Variable dependiente

Propiedades mecánicas de tracción.

2.6.3 Termino de relación

Permitirá

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

La presente investigación se lo realizo bajo un enfoque cuantitativo, porque se obtuvo datos numéricos que nos ayudan a identificar las propiedades mecánicas de tracción del material, sin embargo también se realizó en una parte de este estudio un análisis cualitativo para identificar aspectos físicos especiales del material compuesto con matriz polimérica y carbono.

3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 De campo

La investigación se ajusta al presente proyecto ya que se utilizó los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato para la identificación de las propiedades mecánicas de tracción de los materiales poliméricos.

3.1.2 Bibliográfica

La otra parte de la investigación se realizó recurriendo a información de documentos, libros, revistas científicas, tesis e Internet para tener información referente al tema de la investigación.

3.1.3 Experimental

La modalidad experimental estuvo presente debido a que para el desarrollo de nuestro trabajo se realizó pruebas de los materiales los cuales nos sirvieron de gran ayuda para realizar un estándar experimental para su aplicación en la industria en el Ecuador.

3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACION

La investigación consta de modalidad experimental, por lo que se realizaron ensayos destructivos de las probetas para determinar las características del material polimérico y así se evaluó el nivel de resistencia de la fibra de carbono aplicada al elemento.

También el estudio tiene un nivel explicativo porque obtuvimos resultados los cuales nos ayuda a dar una explicación a la industria de las ventajas logradas y su posible aplicación en un producto.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 Población

La investigación tuvo como población una serie de probetas de resina poliéster reforzado con fibra de carbono, las cuales tuvieron dos configuraciones de fibra con diferentes tejido plano y cruzado con un fibrado cuasi-isotrópicos, y dos procesos de fabricación distintos al medio ambiente y al vacío.

3.3.2 Muestra

En el caso presente para los ensayos destructivos se tomarán 6 muestras de cada uno de los casos para analizar y de esta manera determinar las propiedades de los elementos, todo el proceso se lo realizó según las normas establecidas ASTM D3039-00 para los ensayos tracción de polímeros y 6 muestras según la norma ASTM D7263M-07 que corresponde a flexión.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

3.4.1 Variable independiente

Materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y fibra de carbono.

Tabla 3.1 Variable independiente

CONCEPTO	CATEGORIZACIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Los materiales compuestos poliméricos los obtenemos artificialmente por la unión de dos o más materiales para conseguir propiedades que no son posibles de obtener en los materiales originales.	Materiales compuestos	Tipo de tejido	Tejido tipo Plain (plano). Tejido tipo Twill (cruzado).	Hoja de datos Ensayos de laboratorio
	Resina poliéster	Resistencia tracción	[50 – 75]MPa	Máquina de ensayos universal
	Fibra de carbono	Resistencia a la tracción del carbono	[3.1-4.6] GPa	Ensayos de laboratorio Normas ASTM

3.4.2 Variable dependiente

Propiedades mecánicas de tracción.

Tabla 3.2 Variable dependiente

CONCEPTO	CATEGORIZACIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Características que pueden llegar a tener un material al aplicarse fuerzas externas hasta un momento determinado las cuales podemos llegar a medir con la Máquina de ensayos universal.	Fuerzas axiales Deformaciones	Módulo elástico Tensión máxima Deflexión Elongación	[228-238] GPa [231.25] MPa 1.8% $\varepsilon = \frac{\delta}{L}$	Máquina de ensayos universal Ensayos de laboratorio Normas ASTM Hoja de datos

3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

El procedimiento de observación se compone de forma participante, estructurada, directa, indirecta e individual; por tratarse de una investigación técnica. Además de instrumentos de apoyo como registros, artículos, catálogos, internet y material bibliográfico referente al tema.

3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.6.1 Plan de procesamiento

El procesamiento de la información consta de los siguientes aspectos característicos:

- Se evaluó de forma crítica la información obtenida de los las tesis, catálogos, registros y artículos referentes al tema.
- Con la utilización de medidas del peso referenciales se determinó la cantidad de resina utilizada para las fibras de carbono a empleadas.
- Se determinó el peso de material a ensayar.
- Mediante la utilización de las máquinas especializadas se realizó los ensayos correspondientes.

3.6.2 Plan de análisis e interpretación de resultados

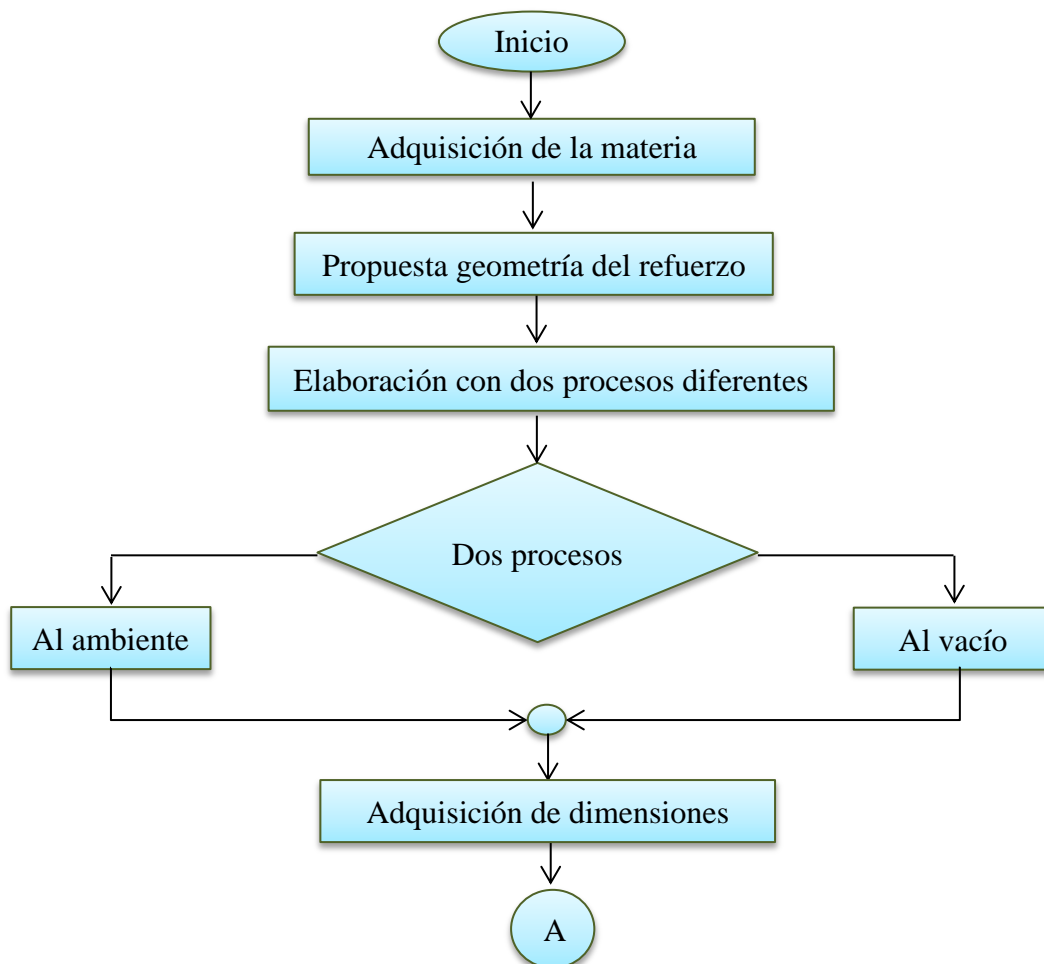
Sometidas las probetas a los ensayos determinados y con los datos ya obtenidos realizamos un análisis estadístico de toda la información recopilada estableciendo las propiedades mecánicas de tracción promedio de las probetas.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El análisis del material polimérico con matriz poliéster y fibra de carbono se lo elaboró bajo algunos parámetros de procesamiento establecidos a continuación en un diagrama de procesos.



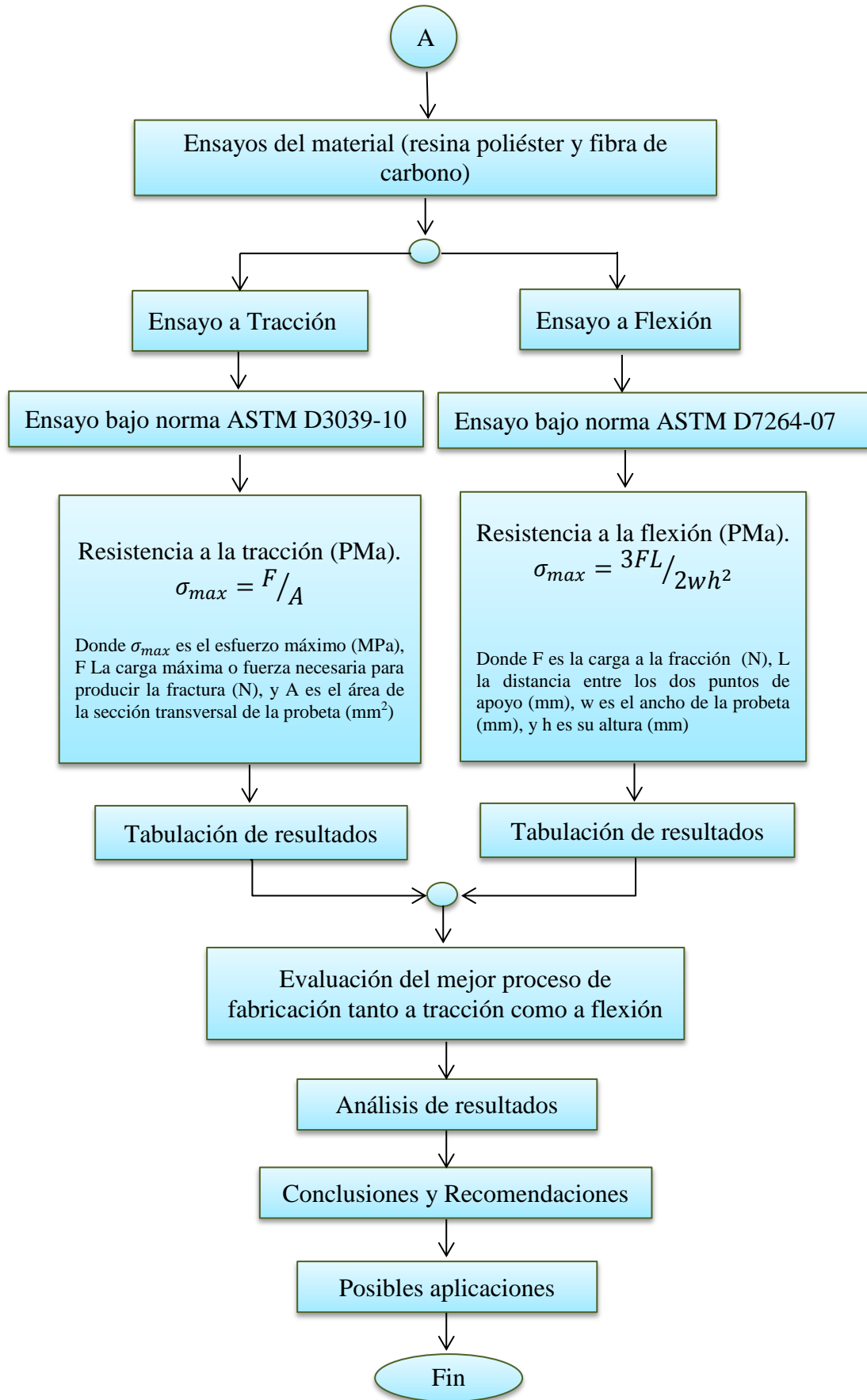


Figura 4.1 Diagrama de Flujo

Autor: Mauricio Carrasco

4.1.1 Determinación de las propiedades del compuesto

Las propiedades de cada compuesto utilizado en esta investigación se obtuvieron de manera independiente gracias a la ayuda del fabricante.

- Fibra de carbono tejido plain (plano): Anexo 4
- Fibra de carbono tejido twill (cruzado): Anexo 5
- Resina poliéster: Anexo 3

4.1.2 Elaboración de probetas para los ensayos

Para la elaboración de las probetas tomamos en cuenta el literal 2.3, y la utilización de la norma ASTM D3039/D3039M-00 y ASTM D7264/d7264M-07, que nos proporcionó las medidas y la cantidad de probetas necesarias a realizarse, para la manufactura de las mismas se lo realizó en los laboratorios de materiales del Centro de Investigación y Desarrollo de las Fuerzas Armadas del Ecuador (CIDFAE); la elaboración de las probetas se lo llevo a cabo con una combinación de dos procesos de fabricación, siendo el primero el proceso de fabricación completamente manual tanto el impregnado de las diferentes capas de tela con una resina poliéster sobre una base o molde. En el segundo proceso de fabricación se colocó las bolsas plásticas en donde se sellan totalmente al vacío con una presión aproximada de 21 in Hg, esto nos ayudó a un pliegue casi perfecto entre capas además se obtuvo una superficie uniforme en la matriz sacando el exceso de resina por medio de la utilización de breather/bleeder film (tejido respiradero de vacío) que nos ayudó a la extracción del aire dentro del enfundado y peel ply (tela de prensa) nos ayudó a la extracción del exceso de resina. Se obtuvo las probetas de una misma matriz la cual fue cortada mediante las dimensiones establecidas por la norma para tracción y flexión indicados anteriormente.

4.1.2.1 Dimensiones requeridas para los ensayos de las probetas

Tabla 4.1 Dimensiones de las probetas

Ensayos	Norma	Dimensiones largo y ancho	Configuración del refuerzo	Medio de curado	Tipo de laminado	Núm. De probetas
Tracción	ASTM D3039-00	250x25	Tejido Plain	Ambiente	Cuasi-isótropo	6
Flexión	ASTM D7264-07	160x13	Tejido Plain	Ambiente	Cuasi-isótropo	6
Tracción	ASTM D3039-00	250x25	Tejido Twill	Ambiente	Cuasi-isótropo	6
Flexión	ASTM D7264-07	160x13	Tejido Twill	Ambiente	Cuasi-isótropo	6
Tracción	ASTM D3039-00	250x25	Tejido Plain	Vacío	Cuasi-isótropo	6
Flexión	ASTM D7264-07	160x13	Tejido Plain	Vacío	Cuasi-isótropo	6
Tracción	ASTM D3039-00	250x25	Tejido Twill	Vacío	Cuasi-isótropo	6
Flexión	ASTM D7264-07	160x13	Tejido Twill	Vacío	Cuasi-isótropo	6
Total:						48

Autor: Mauricio Carrasco

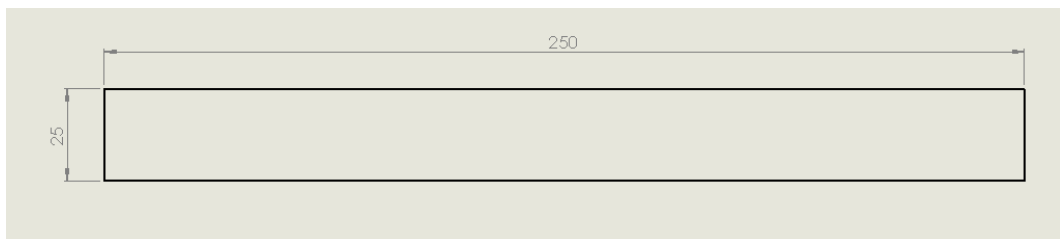


Figura 4.2 Dimensionamiento de la probeta para tracción

Autor: Mauricio Carrasco

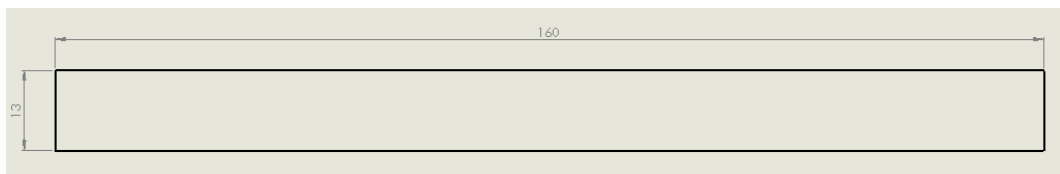


Figura 4.3 Dimensionamiento de la probeta para flexión

Autor: Mauricio Carrasco

4.1.3 Determinación de las propiedades físicas del compuesto

Se determinó las propiedades de manera experimental a partir de las probetas del material compuesto obtenidas desde una matriz, las propiedades que hemos considerado son: peso, volumen y densidad que se obtuvieron mediante el dimensionamiento establecido en la norma correspondiente.

Designación:

PA: Tejido plano al ambiente

PV: Tejido plano al vacío

TA: Tejido cruzado al ambiente

TV: tejido cruzado al vacío.

Volumen

Tabla 4.2 Volumen de las probetas a tracción



Tipo de ensayo	Denominación	Altura (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Volumen (cm ³)
Tracción	PA-01	249,00	24,50	1,62	9,88
	PA-02	251,20	24,50	1,58	9,72
	PA-03	255,00	24,80	1,67	10,56
	PA-04	251,20	25,10	1,61	10,15
	PA-05	249,80	24,60	1,63	10,02
	PA-06	253,10	24,80	1,57	9,85
	PV-01	252,00	25,20	1,62	10,29
	PV-02	251,50	25,10	1,56	9,85
	PV-03	250,50	24,50	1,58	9,70
	PV-04	249,40	25,70	1,65	10,58
	PV-05	253,00	24,90	1,69	10,65
	PV-06	251,00	26,60	1,56	10,42
	TA-01	253,90	24,90	2,12	13,40
	TA-02	253,70	25,20	2,15	13,75
	TA-03	250,00	24,60	2,00	12,30

Tabla 4.2 (Continuación)

	TA-04	252,00	24,40	2,00	12,30
	TA-05	255,60	25,50	2,13	13,88
	TA-06	250,00	23,80	2,00	11,90
	TV-01	258,00	24,58	1,53	9,70
	TV-02	253,00	25,40	1,55	9,96
	TV-03	259,20	24,87	1,54	9,93
	TV-04	252,40	25,11	1,54	9,76
	TV-05	252,00	25,70	1,49	9,65
	TV-06	250,00	24,38	1,53	9,33

Autor: Mauricio Carrasco

Tabla 4.3 Volumen de las probetas a flexión

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Volumen de probetas				
Tipo de ensayo	Denominación	Altura (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Volumen (cm ³)	
Flexión	PA-01	161,00	13,31	1,57	3,36	
	PA-02	161,00	13,27	1,57	3,35	
	PA-03	160,80	13,13	1,61	3,40	
	PA-04	160,25	12,85	1,57	3,23	
	PA-05	160,90	13,10	1,59	3,35	
	PA-06	160,80	13,46	1,63	3,53	
	PV-01	160,50	13,28	1,77	3,77	
	PV-02	160,90	13,82	1,71	3,80	
	PV-03	160,50	13,62	1,73	3,78	
	PV-04	160,40	12,49	1,72	3,45	
	PV-05	160,60	13,44	1,78	3,84	
	PV-06	160,60	13,41	1,73	3,73	
	TA-01	161,30	13,43	2,00	4,33	
	TA-02	161,40	13,23	2,00	4,27	
	TA-03	161,20	13,63	2,06	4,53	
	TA-04	161,00	13,44	2,09	4,52	
	TA-05	160,30	13,78	2,00	4,42	
	TA-06	160,00	12,94	2,08	4,31	
	TV-01	161,90	12,85	1,55	3,22	
	TV-02	161,50	13,01	1,54	3,24	
	TV-03	161,50	13,68	1,51	3,34	
	TV-04	161,80	13,69	1,52	3,37	
	TV-05	161,50	13,46	1,53	3,33	
	TV-06	161,90	13,65	1,52	3,36	

Autor: Mauricio Carrasco

Densidad del compuesto

La densidad de las probetas se determinó a partir de la relación:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Dónde:

ρ = Densidad [gr/cm³]

m = masa [gr]

v = volumen [cm³]

Tabla 4.4 Tabla de densidad de las probetas a tracción



	Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Densidad			
Tipo de ensayo	Denominación	Volumen (cm ³)	Masa (gr)	Densidad (gr/cm ³)
Tracción	PA-01	9,88	13,30	1,35
	PA-02	9,72	12,90	1,33
	PA-03	10,56	13,10	1,24
	PA-04	10,15	13,35	1,32
	PA-05	10,02	13,40	1,34
	PA-06	9,85	13,10	1,33
	PV-01	10,29	14,20	1,38
	PV-02	9,85	14,10	1,43
	PV-03	9,70	13,95	1,44
	PV-04	10,58	14,35	1,36
	PV-05	10,65	14,10	1,32
	PV-06	10,42	14,40	1,38
	TA-01	13,40	17,50	1,31
	TA-02	13,75	17,60	1,28
	TA-03	12,30	17,60	1,43
	TA-04	12,30	17,50	1,42

Tabla 4.4 (Continuación)

	TA-05	13,88	17,60	1,27
	TA-06	11,90	16,70	1,40
	TV-01	9,70	14,00	1,44
	TV-02	9,96	13,60	1,37
	TV-03	9,93	14,20	1,43
	TV-04	9,76	13,70	1,40
	TV-05	9,65	14,00	1,45
	TV-06	9,33	13,40	1,44

Autor: Mauricio Carrasco

Tabla 4.5 Tabla de densidad de las probetas a flexión



 Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Densidad 				
Tipo de ensayo	Denominación	Volumen (cm ³)	Masa (gr)	Densidad (gr/cm ³)
Flexión	PA-01	3,36	4,30	1,28
	PA-02	3,35	4,50	1,34
	PA-03	3,40	4,40	1,29
	PA-04	3,23	4,20	1,30
	PA-05	3,35	4,30	1,28
	PA-06	3,53	4,50	1,28
	PV-01	3,77	4,80	1,27
	PV-02	3,80	4,80	1,26
	PV-03	3,78	5,10	1,35
	PV-04	3,45	4,50	1,31
	PV-05	3,84	4,70	1,22
	PV-06	3,73	4,70	1,26
	TA-01	4,33	6,00	1,38
	TA-02	4,27	5,90	1,38
	TA-03	4,53	6,10	1,35

Tabla 4.5 (Continuación)

	TA-04	4,52	6,00	1,33
	TA-05	4,42	6,00	1,36
	TA-06	4,31	5,80	1,35
	TV-01	3,22	4,40	1,36
	TV-02	3,24	4,30	1,33
	TV-03	3,34	4,50	1,35
	TV-04	3,37	4,50	1,34
	TV-05	3,33	4,30	1,29
	TV-06	3,36	4,40	1,31

Autor: Mauricio Carrasco

4.1.4 Determinación de la fracción volumétrica

Para la determinación de la fracción volumétrica se utilizó la siguiente formula:

$$\rho_c = f_m \rho_m + f_r \rho_r$$

(2)

Dónde;

ρ_c = Densidad del compuesto

f_m = Fracción Volumétrica de la matriz

ρ_m = Densidad de la matriz

f_r = Fracción volumétrica del refuerzo

ρ_r = Densidad del refuerzo

También consideramos que;

$$f_m = 1 - f_r \tag{3}$$

Para la determinación de las densidades de los compuestos: así como para las densidades de las fibras o refuerzos, se determina experimentalmente para cada uno de los compuestos.

Tabla 4.6 Fracción volumétrica del compuesto para cada configuración

	f_r	f_m
Tejido Twill Vacío	72%	28%
Tejido Twill Ambiente	65%	35%
Tejido Plain Vacío	69%	31%
Tejido Plain Ambiente	63%	37%

Autor: Mauricio Carrasco

4.1.5 Determinación de las propiedades mecánicas del compuesto

Se realizaron los ensayos de tracción mediante la norma ASTM D3039-00 y flexión mediante la norma ASTM D7263M-07 con la finalidad de determinar las propiedades mecánicas del material compuesto y posteriormente obtener los datos necesarios para realizar el diagrama esfuerzo-deformación.

4.1.5.1 Ensayo a tracción




Los ensayos se realizaron utilizando la Maquina Universal Tinius Olsen H25K-S (25KN) que se encuentra en el laboratorio de Nuevos Materiales de la Escuela Politécnica Nacional.



Figura 4.4 Maquina Universal Tinius Olsen H25K-S (25KN)





Autor: Mauricio Carrasco

Tabla 4.7 Resultados de tracción del tejido Plain Ambiente

		<p style="text-align: center;">Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecánica (Ensayo a Tracción) Norma ASTM D3039-00</p>					
Laboratorio:		Laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica Nacional (Quito-Ecuador)					
Máquina:		Máquina Universal					
Tipo o Modelo:		Tinius Olsen H25K-S (25KN)					
Capacidad Máxima:		25,000 N					
Alimentación:		Electricidad					
Material de matriz:		Resina poliéster					
Material de refuerzo:		Fibra de carbono					
Configuración de la fibra:		Tejido Plain (cuasi-isotropo)					
Fracción Volumétrica del compuesto:		F. Volumétrica del matriz:	37%				
		F. Volumétrica del refuerzo:	63%				
Estratificación:		Manual					
Medio de fabricación:		Ambiente					
Dimensiones de las probetas:		Ancho:	25 mm				
		Longitud:	250 mm				
Número de Probetas:		7 (Validas 6)					
Responsable:		Sr. Mauricio Carrasco					
Denominación	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (MPa)	Módulo tangente (MPa)	Deformación a la rotura (%)
1	24,5	1,62	39,69	13000	326	53100	0,594
2	24,5	1,58	38,71	11700	304	51700	0,707
3	24,8	1,67	41,42	12400	299	54900	0,642
4	25,1	1,61	40,41	11800	293	53800	0,525
5	24,6	1,63	40,1	13000	324	44000	0,521
6	24,8	1,57	38,94	12100	311	49000	0,723
Promedio				12333	309,5	51083	0,619



Autor: Mauricio Carrasco

Tabla 4.8 Resultados de tracción del tejido Twill Vacío

		<p align="center">Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecánica (Ensayo a Tracción) Norma ASTM D3039-00</p>						
Laboratorio:		Laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica Nacional (Quito-Ecuador)						
Máquina:		Máquina Universal						
Tipo o Modelo:		Máquina Universal Tinius Olsen Tipo A						
Capacidad Máxima:		30,000 N						
Alimentación:		Electricidad						
Material de matriz:		Resina poliéster						
Material de refuerzo:		Fibra de carbono						
Configuración de la fibra:		Tejido Twill (cuasi-isotropo)						
Fracción Volumétrica del compuesto:		F. Volumétrica del matriz:		28%				
		F. Volumétrica del refuerzo:		72%				
Estratificación:		Manual						
Medio de fabricación:		Vacío						
Dimensiones de las probetas:		Ancho:		25 mm				
		Longitud:		250 mm				
Número de Probetas:		7 (Validas 6)						
Responsable:		Sr. Mauricio Carrasco						
Denominación	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (Mpa)	Módulo tangente (Mpa)	Deformación a la rotura (%)	
1	24,58	1,53	37,61	9441	251,05	-	1,309	
2	25,4	1,55	39,37	10720	272,29	-	0,268	
3	24,87	1,54	38,30	16576	432,8	-	0,272	
4	25,11	1,54	38,67	15060	389,46	-	1,012	
5	25,7	1,49	38,29	11751	306,87	-	0,308	
6	24,38	1,53	37,30	16182	433,82	-	0,462	
Promedio				13288	347,7	-	0,605	

Autor: Mauricio Carrasco



Tabla 4.9 Resultados de tracción del tejido Plain Vacío

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecánica (Ensayo a Tracción) Norma ASTM D3039-00					
Laboratorio		Laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica Nacional (Quito-Ecuador)					
Máquina:		Máquina Universal					
Tipo o Modelo:		Tinius Olsen H25K-S (25KN)					
Capacidad Máxima:		25,000 N					
Alimentación:		Electricidad					
Material de matriz:		Resina poliéster					
Material de refuerzo:		Fibra de carbono					
Configuración de la fibra:		Tejido Plain (cuasi-isotropo)					
Fracción Volumétrica del compuesto:		F. Volumétrica del matriz:		31%			
		F. Volumétrica del refuerzo:		69%			
Estratificación:		Manual					
Medio de fabricación:		Vacío					
Dimensiones de las probetas:		Ancho:		25 mm			
		Longitud:		250 mm			
Número de Probetas:		7 (Validas 6)					
Responsable:		Sr. Mauricio Carrasco					
Denominación	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (Mpa)	Módulo tangente (Mpa)	Deformación a la rotura (%)
1	25,2	1,62	40,82	15800	385	67700	0,58
2	25,1	1,56	39,16	14700	374	66000	0,479
3	24,5	1,58	38,71	11000	285	98800	0,326
4	25,7	1,65	42,41	16800	397	55700	0,758
5	24,9	1,69	42,08	15200	360	65000	0,621
6	26,6	1,56	41,50	14100	340	41100	0,734
Promedio				14600	356,8	65717	0,583



Autor: Mauricio Carrasco

Tabla 4.10 Resultados de tracción del tejido Twill Ambiente

		<p style="text-align: center;">Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecánica (Ensayo a Tracción) Norma ASTM D3039-00</p>					
Laboratorio:		Laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica Nacional (Quito-Ecuador)					
Máquina:		Máquina Universal					
Tipo o Modelo:		Tinius Olsen H25K-S (25KN)					
Capacidad Máxima:		25,000 N					
Alimentación:		Electricidad					
Material de matriz:		Resina poliéster					
Material de refuerzo:		Fibra de carbono					
Configuración de la fibra:		Tejido Twill (cuasi-isotropo)					
Fracción Volumétrica del compuesto:		F. Volumétrica del matriz:		35%			
		F. Volumétrica del refuerzo:		65%			
Estratificación:		Manual					
Medio de fabricación:		Ambiente					
Dimensiones de las probetas:		Ancho:		15 mm			
		Longitud:		25 mm			
Número de Probetas:		7 (Validas 6)					
Responsable:		Sr. Mauricio Carrasco					
Denominación	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (Mpa)	Módulo tangente (Mpa)	Deformación a la rotura (%)
1	24,9	2,12	52,788	16100	305	68900	0,433
2	25,2	2,15	54,18	17800	328	64300	0,468
3	24,6	2,32	57,072	17800	313	61100	0,517
4	24,04	2,26	54,33,04	16600	301	56500	0,566
5	25,5	2,13	54,315	17900	330	84700	0,398
6	23,8	2,2	52,36	17100	326	67400	0,561
Promedio				17217	317,2	67150	0,491



Autor: Mauricio Carrasco

4.1.5.2 Ensayo a flexión

El ensayo a flexión se realizó en la maquina universal Tinius Olsen H25K-S (25KN), el dimensionamiento de las probetas está regido por la norma ASTM D7264-07, utilizando 6 probetas.






Figura 4.5 Maquina Universal Tinius Olsen H25K-S (25KN)

Autor: Mauricio Carrasco




A continuación se presentan los resultados obtenidos del ensayo a flexión utilizando la norma ASTM D7264-07 del material compuesto.

Tabla 4.11 Resultados de flexión del tejido Plain Vacío

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecánica (Ensayo a Flexión) Norma ASTM D7264-07						
Laboratorio:		Laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica Nacional (Quito-Ecuador)						
Máquina:	Máquina Universal							
Tipo o Modelo:	Tinius Olsen H25K-S (25KN)							
Capacidad Máxima:	25,000 N							
Alimentación:	Electricidad							
Material de matriz:	Resina poliéster							
Material de refuerzo:	Fibra de carbono							
Configuración de la fibra:	Tejido Plain (cuasi-isotropo)							
Fracción Volumétrica del compuesto:	F. Volumétrica del matriz:	31%						
	F. Volumétrica del refuerzo:	69%						
Estratificación:	Manual							
Medio de fabricación:	Vacío							
Dimensiones de las probetas:	Ancho:	13 mm						
	Longitud:	160 mm						
Número de Probetas:	7 (Validas 6)							
Responsable:	Sr. Mauricio Carrasco							
Denominación	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (Mpa)	Módulo tangente (Mpa)	Deformación a la rotura (%)	
1	13,28	1,77	23,505	95,83	196,25	20600	1,31	
2	13,82	1,71	23,632	107,5	218,35	27100	1,1	
3	13,62	1,73	23,562	144,17	293,89	39900	0,776	
4	12,49	1,72	21,482	96,67	216,07	25100	1,16	
5	13,44	1,78	23,923	95	190,68	21100	1,24	
6	13,41	1,73	23,199	105	217,25	23400	1,2	
Promedio				107	222,1	26200	1,131	



Autor: Mauricio Carrasco

Tabla 4.12 Resultados de flexión del tejido Plain Ambiente

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecánica (Ensayo a Flexión) Norma ASTM D7264							
Laboratorio		Laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica Nacional (Quito-Ecuador)							
Máquina:		Máquina Universal							
Tipo o Modelo:		Tinius Olsen H25K-S (25KN)							
Capacidad Máxima:		25,000 N							
Alimentación:		Electricidad							
Material de matriz:		Resina poliéster							
Material de refuerzo:		Fibra de carbono							
Configuración de la fibra:		Tejido Plain (cuasi-isotropo)							
Fracción Volumétrica del compuesto:		F. Volumétrica del matriz:		37%					
		F. Volumétrica del refuerzo:		63%					
Estratificación:		Manual							
Medio de fabricación:		Ambiente							
Dimensiones de las probetas:		Ancho:		13 mm					
		Longitud:		160 mm					
Número de Probetas:		7 (Validas 6)							
Responsable:		Sr. Mauricio Carrasco							
Denominación	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (Mpa)			Módulo tangente (Mpa)	Deformación a la rotura (%)
1	13,31	1,57	20,8967	54,17	124,87			35000	0,473
2	13,27	1,57	20,8339	56,67	130,61	31100	0,578		
3	13,13	1,61	21,1393	47,5	105,22	33200	0,891		
4	12,85	1,57	20,1745	54,17	129,75	34700	0,758		
5	13,1	1,59	20,829	56,67	130,64	31500	1,010		
6	13,46	1,63	21,9398	55,83	119,93	26900	0,644		
Promedio				54,17	123,5	32067	0,726		

Autor: Mauricio Carrasco



Tabla 4.13 Resultados de flexión del tejido Twill Vacío

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecánica (Ensayo a Flexión) Norma ASTM D7264					
Laboratorio:		Laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica Nacional (Quito-Ecuador)					
Máquina:		Máquina Universal					
Tipo o Modelo:		Tinius Olsen H25K-S (25KN)					
Capacidad Máxima:		25,000 N					
Alimentación:		Electricidad					
Material de matriz:		Resina poliéster					
Material de refuerzo:		Fibra de carbono					
Configuración de la fibra:		Tejido Twill (cuasi-isotropo)					
Fracción Volumétrica del compuesto:		F. Volumétrica del matriz:		28%			
		F. Volumétrica del refuerzo:		72%			
Estratificación:		Manual					
Medio de fabricación:		Vacío					
Dimensiones de las probetas:		Ancho:		13 mm			
		Longitud:		160 mm			
Número de Probetas:		7 (Validas 6)					
Responsable:		Sr. Mauricio Carrasco					
Denominación	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (Mpa)	Módulo tangente (Mpa)	Deformación a la rotura (%)
1	12,85	1,55	19,92	71,67	173,14	33000	0,55
2	13,01	1,54	20,04	86,67	207,71	34400	0,63
3	13,68	1,51	20,66	87,16	203,28	40800	0,513
4	13,69	1,52	20,81	90,83	209,53	36100	0,605
5	13,46	1,53	20,59	87,5	204,69	33800	0,619
6	13,65	1,52	20,75	70,83	163,93	34900	0,545
Promedio				82,44	193,7	35500	0,577



Autor: Mauricio Carrasco

Tabla 4.14 Resultados de flexión del tejido Twill Ambiente

		Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Mecánica (Ensayo a Flexión) Norma ASTM D7264					
Laboratorio:		Laboratorio de materiales de la Escuela Politécnica Nacional (Quito-Ecuador)					
Máquina:		Máquina Universal					
Tipo o Modelo:		Tinius Olsen H25K-S (25KN)					
Capacidad Máxima:		25,000 N					
Alimentación:		Electricidad					
Material de matriz:		Resina poliéster					
Material de refuerzo:		Fibra de carbono					
Configuración de la fibra:		Tejido Twill (cuasi-isotropo)					
Fracción Volumétrica del compuesto:		F. Volumétrica del matriz:		35%			
		F. Volumétrica del refuerzo:		65%			
Estratificación:		Manual					
Medio de fabricación:		Ambiente					
Dimensiones de las probetas:		Ancho:		13 mm			
		Longitud:		160 mm			
Número de Probetas:		7 (Validas 6)					
Responsable:		Sr. Mauricio Carrasco					
Denominación	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (Mpa)	Módulo tangente (Mpa)	Deformación a la rotura (%)
1	13,43	2	26,86	229,17	407,64	35100	1,22
2	13,23	2	26,46	119,17	356,97	31400	1,23
3	13,63	2,06	28,0778	220	371,51	30800	1,42
4	13,44	2,09	28,0896	220,83	367,52	29100	1,32
5	13,78	2	27,56	224,17	377,35	31100	1,41
6	12,94	2,08	26,9152	189,17	337,49	30000	1,22
Promedio				200	369,7	31250	1,303



Autor: Mauricio Carrasco

4.2 INTERPRETACION DE RESULTADOS

Del análisis realizado en los ensayos a tracción y flexión, se presenta la siguiente tabla de resultados.

Tabla 4.15: Resumen de las propiedades mecánicas del compuesto

Evaluación de Propiedades Mecánicas				
	Tracción		Flexión	
Configuración	Carga Máxima [N]	Esfuerzo Máximo [MPa]	Carga Máxima [N]	Esfuerzo Máximo [MPa]
Plain Ambiente	12333	309.50	54.17	123.50
Plain Vacío	14600	356.83	107.36	222.08
Twill Ambiente	17217	317.17	200.42	369.75
Twill Vacío	13288	347.71	82.44	193.71

Autor: Mauricio Carrasco

Ensayos a Tracción

Para determinar la relación existente de los parámetros expuestos en el Anexo 7, graficamos el esfuerzo en función de la deformación, luego el esfuerzo en función del logaritmo vulgar de la deformación, el logaritmo vulgar del esfuerzo en función de la deformación y por ultimo una relación log – log entre las dos variables, en función de un análisis lineal.

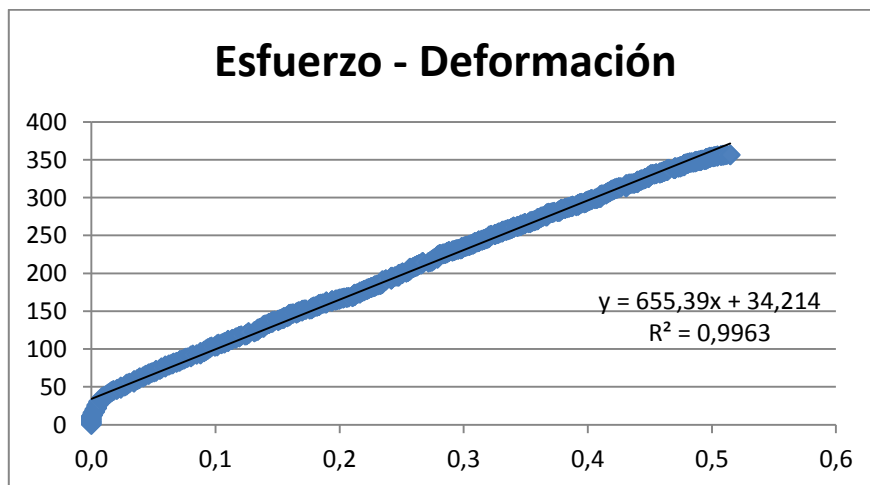


Figura 4.6 Relación esfuerzo-deformación plain vacío

Autor: Mauricio Carrasco

En la figura 4.6, se observa la relación que existe entre el esfuerzo y la deformación, a partir de los 18 datos comienza la deformación cuya tendencia de la curva es lineal y el coeficiente de correlación lineal es muy acercado a la unidad con un valor de 0.9963, con un margen de error del 4%.

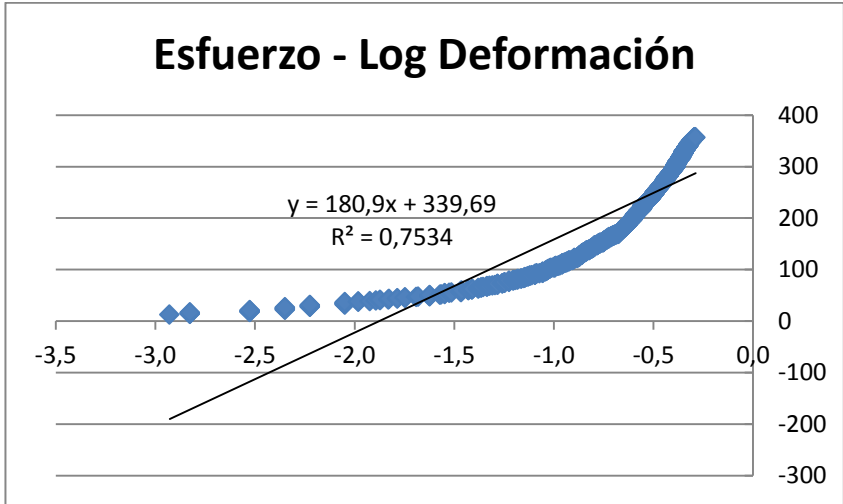


Figura 4.7 Relación esfuerzo-Log. deformación Plain Vacío
Autor: Mauricio Carrasco

En la figura 4.7, se observa la relación que existe entre el esfuerzo y el log. deformación, debido a que se tomó el log de base 10 y cuyos datos no exceden de 1, los valores resultantes son negativos, por lo que la tendencia de la curva es exponencial, debido a que el coeficiente de correlación lineal es 0.7534, con un margen de error del 25%.

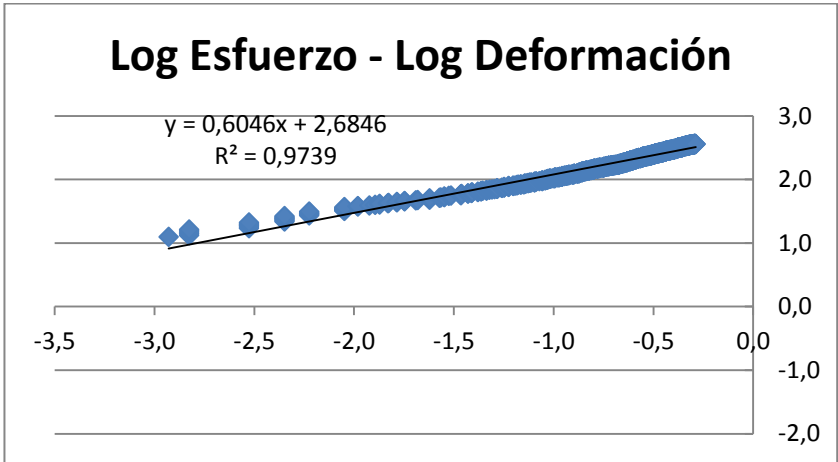


Figura 4.8 Relación Log. esfuerzo-Log. deformación Plain Vacío
Autor: Mauricio Carrasco

En la figura 4.8, se observa la relación de doble logaritmo entre el log. esfuerzo y el log. deformación, debido a que se tomó el log de base 10 y cuyos datos no exceden de 1, los valores resultantes son negativos, a partir del dato 50 la tendencia de la curva es aproximadamente lineal debido a que el coeficiente de correlación es 0.9739, con un margen de error del 7%.

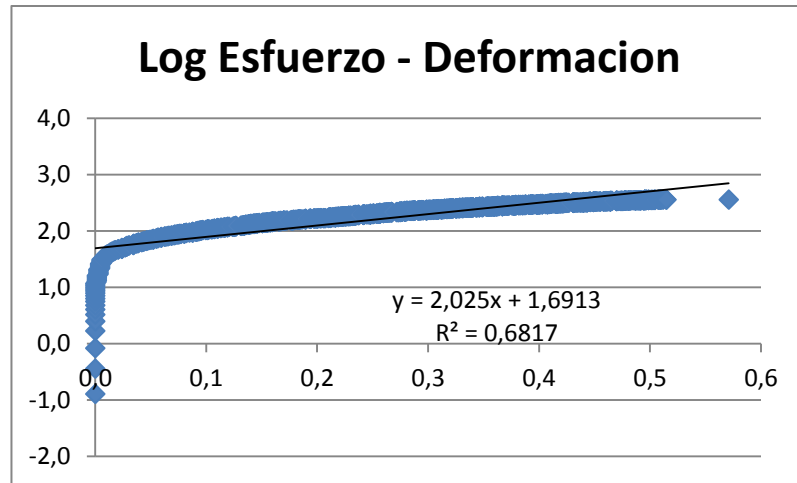


Figura 4.9 Relación Log. esfuerzo-deformación Plain Vacío

Autor: Mauricio Carrasco

En la figura 4.9, se observa la relación que existe entre el esfuerzo y el log. deformación, debido a que se tomó el log de base 10 del esfuerzo y cuyos valores resultantes son negativos, por lo que la tendencia de la curva es aproximadamente lineal a partir de dato 18, debido a que los primeros datos tienen una deformación nula. El coeficiente de correlación lineal para esta relación es 0.6817, con un margen de error del 32%.

Con los resultados obtenidos del ensayo a tracción de las cuatro configuraciones elaboradas con el compuesto, se realizó el estudio con la configuración plain al vacío, debido a que presenta una resistencia a la tracción de 356.83 Mpa, siendo este valor superior a las demás configuraciones, y una carga máxima de 14.6 KN, con una deformación máxima del 0.58%, por lo se optó por esta configuración.

Una vez ajustada la recta de regresión lineal para cada relación podemos observar que existe una clara relación de esfuerzo-deformación de la configuración plain al

vacío en la figura 4.4, debido a que el coeficiente de correlación lineal es muy alto, es decir próximo a 1, con un margen de error del 4%.

Ensayos a Flexión

Para determinar la relación existente de los parámetros expuestos en el Anexo 9, graficamos la fuerza aplicada en función de la deflexión, luego la fuerza en función del logaritmo vulgar de la deflexión, el logaritmo vulgar de la fuerza en función de la deflexión y por ultimo una relación log – log entre las dos variables.

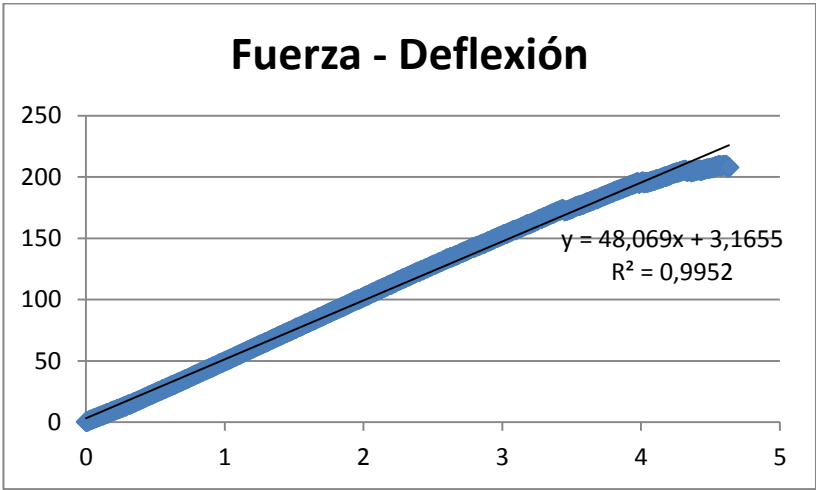


Figura 4.10 Relación fuerza-deflexión Twill Ambiente

Autor: Mauricio Carrasco

La figura 4.10, representa la relación entre la fuerza y la deflexión, donde se puede observar que la fuerza es directamente proporcional a la deflexión y que la curva tiene una tendencia lineal, debido a que el coeficiente de correlación se acerca a la unidad con un valor de 0.9952, dando un margen de error del 0.5%

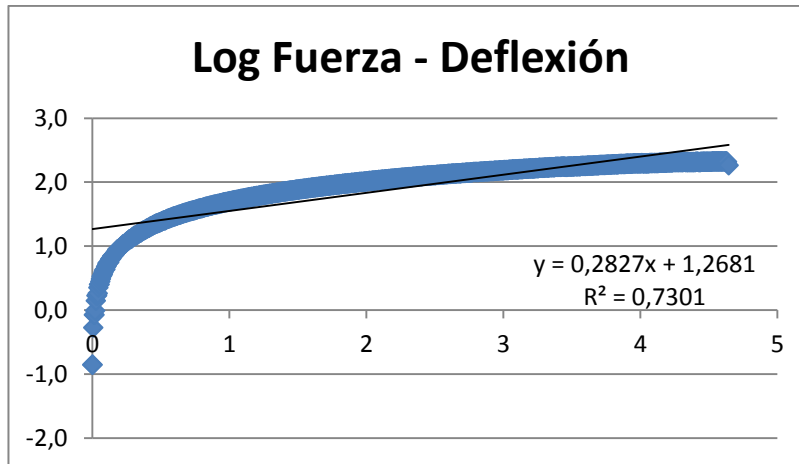


Figura 4.11 Relación Log. fuerza-deflexión Twill Ambiente

Autor: Mauricio Carrasco

La figura 4.11, representa la relación entre el log. de la fuerza y la deflexión, donde se puede observar que la tendencia de la curva es polinómica, debido a que el coeficiente de correlación lineal se aleja de la unidad con un valor de 0.7301, cuyo margen de error sería del 27%.

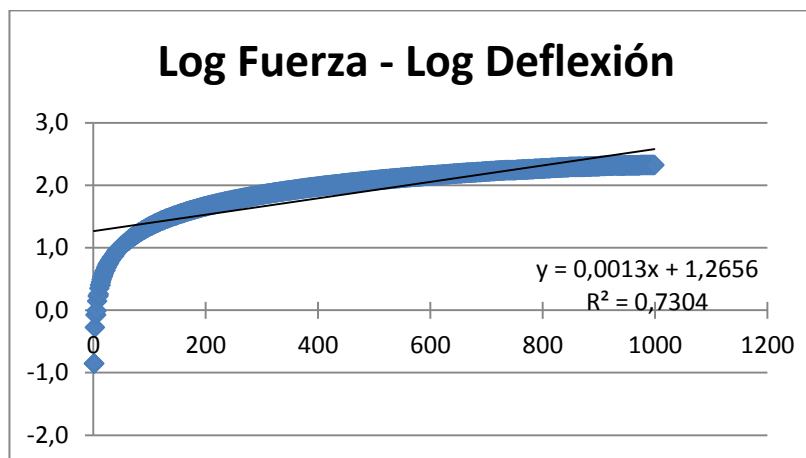


Figura 4.12 Relación Log. fuerza- Log deflexión Twill Ambiente

Autor: Mauricio Carrasco

La figura 4.12, representa una relación doble logarítmica entre la fuerza y la deflexión, donde se puede observar que la tendencia de la curva es logarítmica, debido a que el coeficiente de correlación lineal es de 0.7304, cuyo margen de error sería del 27%.

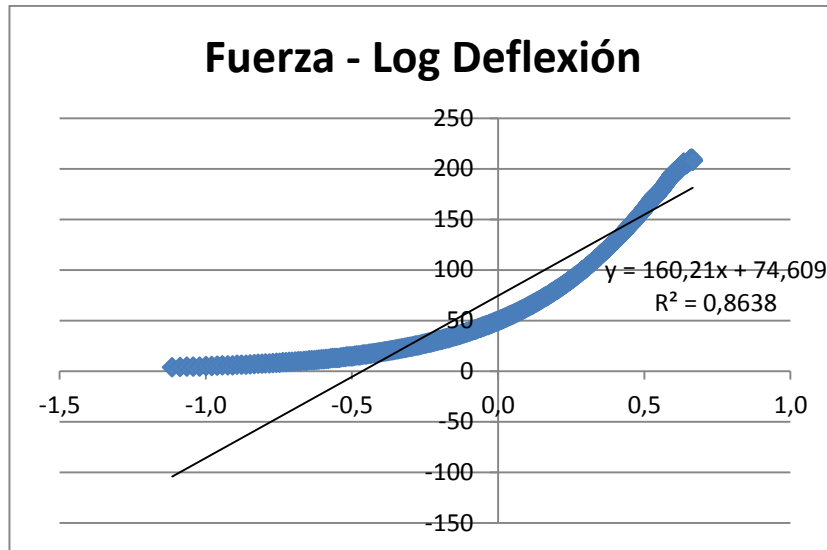


Figura 4.13 Relación fuerza- Log. deflexión Twill Ambiente

Autor: Mauricio Carrasco

La figura 4.13, representa la relación entre la fuerza y el log. de la deflexión, donde se puede observar que la tendencia de la curva es exponencial, debido a que el coeficiente de correlación lineal es 0.8638, cuyo margen de error sería del 13%.

Con los resultados obtenidos del ensayo a flexión, de las cuatro configuraciones elaboradas con el compuesto, se realizó el estudio de la configuración twill al ambiente, debido a que presenta una resistencia a la flexión de 369.75 Mpa, siendo este valor superior a las demás configuraciones, y una carga máxima de 200.42 N, con una deformación máxima del 1.3 %, por lo se optó por esta configuración.

Una vez ajustada la recta de regresión lineal para cada relación podemos observar que existe una clara relación de fuerza-deflexión de la configuración twill al ambiente en la figura 4.10, debido a que el coeficiente de correlación lineal es muy alto, es decir próximo a 1, con un margen de error del 5%.

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Demostración de la hipótesis para tracción

En la investigación presente la hipótesis se demuestra con base a los datos recogidos de los ensayos obtenidos estadísticamente y comparativamente de las probetas que si es posible realizar el diagrama esfuerzo - deformación.

Para verificar la hipótesis se utilizará el estadígrafo chi cuadrado que corresponde a la relación mayor de 30, siendo así se plantea el siguiente proceso de verificación.

Para determinar la prueba de hipótesis se analizarán los resultados del Anexo 8, suponiendo una distribución normal de probabilidad, la prueba de hipótesis es como sigue:

$$H_o : \mu_D > 0$$

$$H_a : \mu_D < 0$$

Dónde:

μ_D = Es el margen de esfuerzo normal.

H_o = Hipótesis nula

H_a = Hipótesis alternativa

En otras palabras si se aprueba la hipótesis nula querrá decir que existe suficiente evidencia para establecer que la diferencia ente los datos obtenidos en los ensayos tienen mucha diferencia con los esperados donde:

$$\mu_1 - \mu_2 = \mu_D$$

Para el cálculo estadístico del chi cuadrado utilizamos la siguiente formula:

$$x^2 = \sum \frac{(\text{Esfuerzo cal.} - \text{Esfuerzo obs.})^2}{\text{Esfuerzo obs.}} \quad (5)$$

Mediante el Anexo 8, se obtuvo el valor de x^2

$$x_{cal}^2 = 6.980$$

Los grados de libertad se calculan aplicando la siguiente formula:

$$Gl = n-1 \quad (6)$$

$$Gl = 100-1$$

$$Gl = 999$$

Si se realiza el análisis de chi cuadrado con un nivel de significancia del 5%:

$$\text{Probabilidad } (P) = \frac{\alpha}{100} = \frac{5}{100} = 0.05$$

(7)

Como el análisis se lo hace para dos colas se tiene:

$$(P) = \frac{0.05}{100} = 0.025$$

Con estos datos buscamos el valor de x^2 de la tabla expuesta en el Anexo 11.

$$x_{tabla}^2 = 176.471$$

Como $x_{cal}^2 < x_{tabla}^2$, es decir $6.980 < 176.471$, se rechaza la hipótesis nula, es decir que se determinó las propiedades mecánicas a tracción del material compuesto polimérico de matriz poliéster y fibra de carbono.

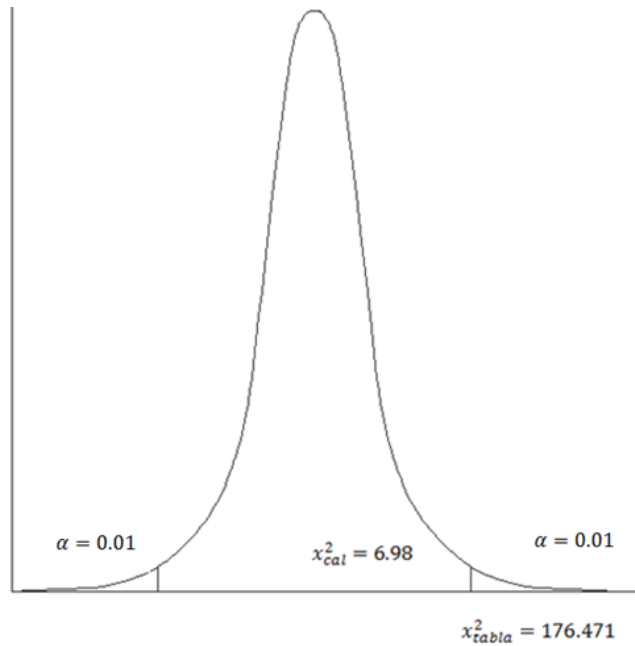


Figura 4.14 Gráfica chi cuadrado para tracción

Autor: Mauricio Carrasco

Demostración de la hipótesis para flexión

En la presente investigación la hipótesis se la demuestra con base a los datos recogidos de los ensayos obtenidos estadísticamente y comparativamente de las probetas que si es posible realizar el diagrama fuerza - desplazamiento.

Para determinar la prueba de hipótesis se analizarán los resultados del Anexo 10, suponiendo una distribución normal de probabilidad, la prueba de hipótesis es como sigue:

$$H_o : \mu_D > \overset{\alpha = 0.01}{} \qquad \alpha = 0.01$$

$$H_a : \mu_D < 0$$

En otras palabras si se aprueba la hipótesis nula querrá decir que existe suficiente evidencia para establecer que la diferencia ente los datos obtenidos en los ensayos flexión, tienen mucha diferencia con los esperados donde:

$$\mu_1 * \mu_2 = \mu_D$$

Para el cálculo estadístico del chi cuadrado utilizamos la fórmula:

$$x^2 = \sum \frac{(\text{Esfuerzo cal.} - \text{Esfuerzo obs.})^2}{\text{Esfuerzo obs.}}$$

Mediante el Anexo 8, se obtuvo el valor de x^2

$$x_{cal}^2 = 0.1919$$

Los grados de libertad se calculan aplicando la siguiente formula:

$$Gl = n-1$$

$$Gl = 999$$

Si se realiza el análisis de chi cuadrado con un nivel de significancia del 5%:

$$\text{Probabilidad (P)} = 0.05$$

Como el análisis se lo hace para dos colas se tiene:

$$(P) = \frac{0.05}{100} = 0.025$$

Con estos datos buscamos el valor de x^2 de la tabla expuesta en el Anexo 11.

$$x_{tabla}^2 = 176.471$$

Como $x_{cal}^2 < x_{tabla}^2$, es decir $0.1919 < 176.471$, se rechaza la hipótesis nula, es decir que se determinó las propiedades mecánicas a tracción del material compuesto polimérico de matriz poliéster y fibra de carbono.

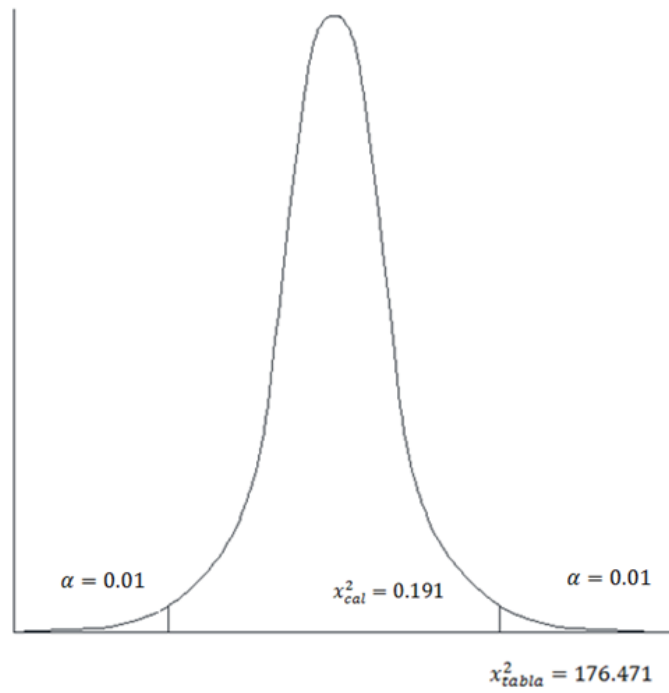


Figura 4.15 Grafica de chi cuadrado para flexión

Autor: Mauricio Carrasco

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Al realizar el estudio se estableció el compuesto polimérico con matriz poliéster y fibra de carbono mediante los ensayos a tracción y a flexión usando respectivamente las normas ASTM D3039-10 y ASTM D7264-07, realizando las adaptaciones y acoples pertinentes en cada una de las maquinas utilizadas según como establece las normas que rigen estas pruebas.

Para analizar el comportamiento del material compuesto se elaboraron 24 probetas, con 2 diferentes configuraciones de fabricación; al ambiente y vacío, y 2 de tejido; twill y plain, de los resultados obtenidos en los ensayos de las cuatro configuraciones, se analizó los resultados referentes a la configuración (cuasi-isotropo) de tejido plain al vacío, debido a que presenta mayor resistente a la tracción con una carga máxima de 14600 N, que es superior a las demás configuraciones, la cual puede ser aplicable en las diferentes industrias.

El diagrama esfuerzo-deformación se obtuvo con éxito gracias a los datos recopilados de los ensayos a tracción de la configuración plain al vacío, con lo cual podemos brindar más información ya sea para el investigador o para el fabricante, el cual tiene las siguientes propiedades mecánicas; resistencia última de tracción de 356 MPa, modulo tangente de elasticidad de 65717 MPa, carga ultima que soporta es de 14.6 KN, y una deformación a la rotura de 0.58%.

Gracias a la diversidad de acoplamiento y moldeo que tiene el producto, es fácilmente aplicable en diversas industrias, como en la carrocera, es decir en partes externas e internas de automóviles.

5.2 RECOMENDACIONES

Para la fabricación de elementos de fibra de carbono y resina poliéster es importante tener en cuenta los materiales a utilizar, ya que son distintos a los que comúnmente se utiliza como; brochas y rodillos, los cuales pueden llegar a dañar la fibra en lugar de ayudar a laminar por lo que se recomienda la utilización de una espátula de plástico que ayuda a dispersar de mejor manera la resina entre las láminas.

La calidad del producto depende de varios factores como: la materia prima a utilizar, el proceso de fabricación utilizado, los acoples utilizados en las maquinas, a ser ensayados por lo que se recomienda contar con personas especializadas en el tema.

Para el cálculo de resina a utilizar se debe tomar en cuenta que al momento de laminar se tiene que mojar por completo las fibras de carbono.

Para mayor sujeción de las probetas en las mordazas se puede colocar lijas ya que tienden a deslizarse y pueden distorsionarse los resultados.

El material compuesto polimérico con matriz poliéster y fibra de carbono, debido a que presenta altas propiedades mecánicas es adecuado para la utilización de partes de autos como también para motos, go kart, cuadrones, etc.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

OBTENCIÓN DE UN ALERÓN DELANTERO DE GO KART MATERIAL COMPUESTO CON RESINA POLIÉSTER Y FIBRA DE CARBONO.

6.1 DATOS INFORMATIVOS

El estudio de materiales compuestos poliméricos con matriz poliéster y fibra de carbono y su incidencia en las propiedades mecánicas de tracción, se lo llevo a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y los laboratorios del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE).

Los datos de nuestra investigación se muestran en los capítulos anteriores donde se establece los parámetros para la elaboración del material compuesto como son: fracción volumétrica, número de capas del tejido, configuración entre capas y el medio de curado.

Esta investigación se realizó con material compuesto de matriz poliéster y fibra de carbono. La elaboración del nuevo material se basó en parámetros de ensayos a tracción dentro de la norma ASTM D3039-00, cuyos resultados servirán de gran ayuda para posibles investigaciones que se realicen en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica en el área de materiales.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En la actualidad, en el campo de la ingeniería mecánica, se evidencia cada vez más el uso de materiales compuestos, en los últimos años se han establecido un

margen de utilidad muy importante, especialmente en partes de vehículos, aviones y en elementos que requieren alta flexibilidad, alta resistencia y bajo peso, por esta razón han sido objeto de varios estudios.

En varias universidades de nuestro país se han realizado estudios de nuevos materiales compuestos como es la fibra de carbono y matriz epoxica, obteniendo materiales óptimos para usos específicos remplazando elementos elaborados con acero y aluminio.

Otra investigación en este campo es la realizada en la Universidad Técnica de Ambato por el Ing. Ludwin Nuñez, con su tema de investigación: “ESTUDIO DE POLÍMEROS HÍBRIDOS ESTRATIFICADOS DE MATRIZ EPÓXICA REFORZADO CON TEJIDO MIXTO ELABORADO CON FIBRA DE CARBONO Y KEPLER Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE PARTES EXTERNAS DE AUTOS”, en la cual se detalla la caracterización realizada por el investigador de este tipo de material para comparar porcentajes volumétricos de los componentes para la fabricación de partes externas de autos, brindando de esta manera una alternativa en cuanto al uso de nuevos materiales para la fabricación de ese tipo de partes. En donde concluyo que:

- Se establece experimentalmente que el material compuesto de resina epóxica reforzada con un tejido híbrido de carbono/kevlar denominado en nuestra investigación como TCK/C que contiene una cantidad de refuerzo aproximada de 50% de carbono y 50% de kevlar tiene propiedades superiores al material en comparación que tenía una cantidad de 25% kevlar y 75% carbono aproximadamente; en el ensayo a tracción

6.3 JUSTIFICACIÓN

En el país se están desarrollando varios estudios de nuevos materiales compuestos en fibras sintéticas y naturales, que han venido generando gran interés y aceptación en la industria al momento de sustituir varias necesidades que un material tradicional no posee, ya que la fibra de carbono presenta altos

valores de resistencia a la corrosión y bajo peso en los componentes que conforman una carrocería, siendo la mejor opción para sustituir un alerón delantero de un go kart, que es un vehículo tan bajo y apegado al piso. Este elemento está expuesto a muchos accidentes siendo la parte más afectada al momento de un choque y generalmente están elaborados de materiales como el acero o aluminio.

La mayoría de las industrias trabajan con materiales sintéticos, se realiza esta propuesta con la finalidad de proporcionar una nueva alternativa a la hora de seleccionar el material para la obtención de alerones que constituyen una parte importante en la fijación del coche al asfalto y también como protección al piloto.

El alerón delantero presenta una forma muy aerodinámica con curvas pronunciadas ya que el aire al momento de que el go kart está en movimiento pegará directamente con la parte frontal del coche y es ahí donde comienza a trabajar el alerón siendo importante la fijación y fiabilidad al momento de tomar una curva y también al momento de desplazarse a gran velocidad sobre una recta por lo es elaborada con fibra de carbono por su gran resistencia.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo General

Elaborar un alerón delantero de go kart de material compuesto con resina poliéster y fibra de carbono.

6.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características de un alerón frontal.
- Elaborar un procedimiento para la elaboración de un alerón frontal de go kart.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIVILIDAD

Esta propuesta se realizó debido a que se cuenta con la información necesaria y la tecnología para el desarrollo del proyecto, y contamos con el apoyo del Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE) y la Universidad Técnica de Ambato. Todo lo necesario para la elaboración del elemento es de costo moderado. La materia prima para la elaboración se adquirió con anterioridad por cuenta del investigador.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

El desarrollo de la propuesta parte de la necesidad de implementar elementos de protección con materiales distintos a los que se construyen normalmente mejores propiedades mecánicas y de bajo peso. Se ha decidido realizar un alerón delantero, este elemento específicamente proporciona carga aerodinámica al eje frontal del coche y es el encargado de organizar todo el flujo de aire alrededor del go kart.

6.6.1 Molde

Para la fabricación del alerón delantero se realizó la construcción del molde en fibra de vidrio, debido a que este tipo de material tiene la propiedad de maleabilidad que es importante al momento de elaborar el molde.

6.6.2 Fracción volumétrica

Tomando en cuenta los porcentajes en su estructuración de las fibras ya calculadas y sintetizadas en la tabla 4.6, obteniendo un 31% de resina poliéster como matriz y 69 % de fibra de carbono y con el tejido Plain al vacío que se determinó las mejores propiedades a tracción.

6.6.3 Obtención del Alerón delantero

Para realizar la elaboración del alerón que protege la parte frontal del go kart, se tomó como referencia el modelo establecido por el Ing. Diego Andrés Villacreses

González en su trabajo de titulación: “ESTUDIO DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE DE UN GO-KART DE CIRCUITO CERRADO Y LA FACTIBILIDAD DE REALIZAR EL INTERCAMBIO DE PARTES EN SU ESTRUCTURA FIBRAL” en el cual nos hemos basado para la obtención del elemento.



Figura 6.1 Alerón delantero
Autor: Mauricio Carrasco

6.6.4 Dimensionamiento

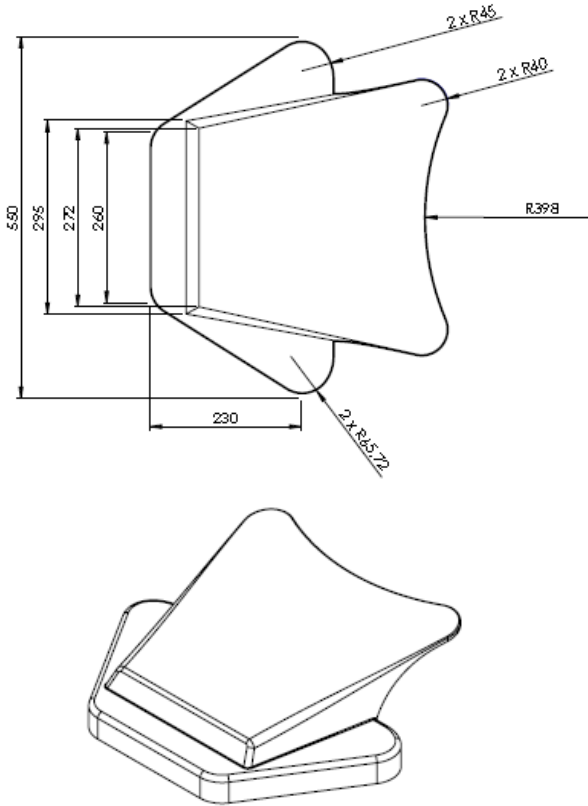


Figura 6.2 Dimensionamiento del Alerón
Autor: Mauricio Carrasco

6.6.5 Propiedades mecánicas

El material utilizado tiene las propiedades mecánicas que son esenciales para este tipo de elementos. La principal propiedad a considerar es:

Resistencia: La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

Las características más relevantes del material estudiado es el esfuerzo a la tracción que se obtuvieron mediante los ensayos a tracción utilizando la norma ASTM D3039-00 y los ensayos a flexión utilizando la norma ASTM D7264-07 y los resultados se encuentran detalladas en la siguiente tabla 6.1, la cual se encuentra elaborada con los datos recopilados del tejido plain vacío con una configuración cuasi-isotropo de 8 capas.

Tabla 6.1 Propiedades mecánicas tejido plain vacío

TRACCIÓN		FLEXIÓN
Esfuerzo [MPa]	Módulo de Young (E) [MPa]	Esfuerzo [MPa]
356.8	65717	222.1

Autor: Mauricio Carrasco

6.6.6 Configuración del material de refuerzo

El laminado cuasi-isotropo del material en estudio se basa en la condición de 8 capas de tejido mixto de fibra de carbono configuradas de la siguiente manera:

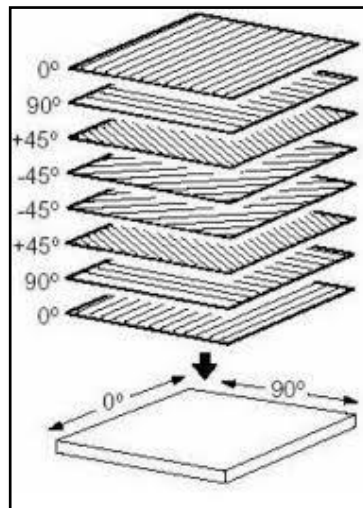


Figura 6.3: Distribución del tejido

Fuente: (Saxena, 2004)

La condición al vacío es la adecuada para un laminado multicapa, ya que garantiza que la resistencia a los esfuerzos a los que está sometido el material sean uniformes y no existe deformaciones en el procesos de laminado.

6.7 METODOLOGÍA

Una vez realizado el diseño del alerón delantero de un go kart se realiza el cursograma analíticos de proceso, luego la fabricación de la pieza ya terminada.

6.7.1 Cursograma Analítico de procesos

A continuación se detalla los pasos a realizarse en la elaboración del Alerón delantero de un go kart y los tiempos necesarios para realizar cada una de las actividades.

Tabla 6.2 Cursograma Analítico de Procesos

Diagrama: 1 Hoja: 1 de 1		Operario							
		RESUMEN							
Objeto: Alerón	Actividad	Actual	Propuesto	Economía					
	○ Operaciones	9							
Actividad: Elaboración de partes de go kart	➔ Transporte	0							
	D Demora	2							
Método: Actual	□ Inspección	3							
	▽ Almacenamiento	1							
Lugar: CIDFAE	Distancia [m]								
	Tiempo								
Aprobado por:	Costo								
Elaborado por: Sr. Mauricio Carrasco	M,O	50							
	MAT	350							
Descripción	Cant.	D [m]	Tiempo [min]	Símbolos			Observaciones		
				○	➔	D	□	▽	
Revisión de la orden de trabajo			20						
Construcción de la matriz	1		3 días						
Preparación de la matriz			30						Limar los contornos
Trazo y corte del tejido	8		180						Tijeras adecuadas
Aplicación del desmoldaste			120						Diez capas
Tiempo de secado			10						
Verificación de la matriz			5						
Preparación de la mezcla			8						Catalizador [1 - 2]%
Verificación de la fracción volumétrica			5						
Estratificación de la resina y la fibra			30						
Empacado al vacío	1	1	10						Presión [20 – 21] inHg
curado			3600						
Extracción de la pieza de la matriz	1	1	30						Utilizar herramientas
Control de calidad			5						Verificar el acabado
Almacenamiento		10	6						
total:	11			9	0	2	3	1	

Autor: Mauricio Carrasco

6.7.2 Elaboración del molde o matriz

Proceso de fabricación del molde

La fabricación del molde fue realizado en la ciudad de Ambato en el Sector de Huachi Grande, en el Taller de fibrado bajo la dirección técnica del Sr. Santiago Aponte, basándonos en las dimensiones establecidas en la figura 6.2.

En la elaboración del molde se tomaron en cuenta varios aspectos de diseño necesarios en éste elemento, aspectos como el tipo de material, el cual debe ser resistente, por tal motivo se lo realizó con lámina de fibra de vidrio; además considerando que debe ser reutilizable y no debe tener pliegues que dificulten la extracción del producto. Teniendo en cuenta estas consideraciones se procedió a trazar el modelo en cartón según las dimensiones ya establecidas.



Figura 6.4 Molde de cartón

Autor: Mauricio Carrasco

Como desmoldante se aplica cera y se aplica con un guaype en un vidrio, luego se deja secar y se aplica el Geal coat con la brocha y dejamos secar 3 horas.

Luego de aplicar el geal coat, colocamos aproximadamente 3 capas de fibra de vidrio con resina. La plancha a elaborarse es de 60 x 60 cm.



Figura 6.5 Plancha de fibra

Autor: Mauricio Carrasco

Posteriormente se recorta las partes de la lámina según el bosquejo realizado en cartón para que sean ensambladas con resina poliéster y fibra de vidrio.

Lijar con la lija número 35 de hierro y luego con la número 80 seca.

Para cubrir las imperfecciones recubrir con una fina capa de masilla para posteriormente ser lijado de nuevo con las lijas número 80 y 150 secas.



Figura 6.6 Molde recubierto con masilla

Autor: Mauricio Carrasco

Recubrir con masilla roja de poliuretano y dejar secar 3 horas.



Figura 6.7 Molde reabierto con masilla roja

Autor: Mauricio Carrasco

Lijar con la lija número 220 de agua.

Fondear con poliuretano unas 3 capas con un intervalos de 10 a 15 minutos y luego dejar secar durante unas 6 horas.

Pulir la pieza con lija 1000 y aplicar cera y Alcohol polivinílico.



Figura 6.8 Molde terminado

Autor: Mauricio Carrasco

Para elaborara la matriz se coloca el geat coat en el molde y luego se realiza el fibrado utilizando fibra de vidrio.



Figura 6.9 Colocación de la fibra en el molde

Autor: Mauricio Carrasco

Se deja secar aproximadamente por unas 3 horas para luego ser desmoldada y así obtener la matriz del alerón delantero del go kart.



Figura 6.10 Matriz terminada

Autor: Mauricio Carrasco

6.7.3 Elaboración del Alerón delantero

Preparación del molde

El molde es debidamente encerado con unas 10 capas de cera desmoldante para posteriormente ser colocado el alcohol polivinílico.



Figura 6.11 Aplicación de la cera desmoldante

Autor: Mauricio Carrasco

Recorte de a fibra

Las láminas de fibra de carbono son recortadas con mucho cuidado con tijeras, las cuales nos ayuda a evitar el deshilado de las fibras, se recortaran las 8 capas respectivas de fibra de carbono.



Figura 6.12 Corte fibra de carbono

Autor: Mauricio Carrasco

Preparar la resina

La preparación de la resina se lo realiza dependiendo de la cantidad de fibra de carbono que se va a utilizar, en relación al peso que tenga las láminas de fibra con una relación de 40% de resina en función del peso de la fibra de 558 gr.

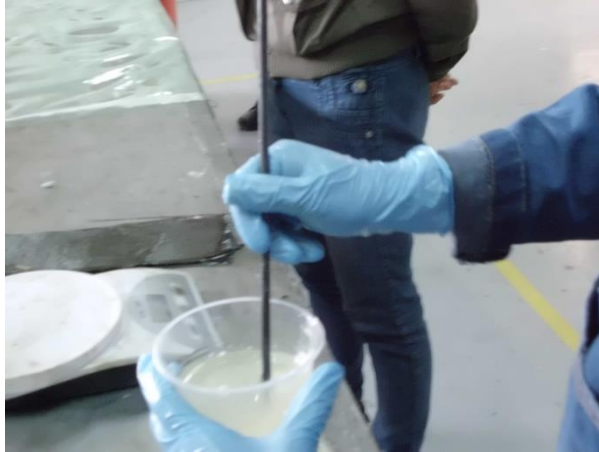


Figura 6.13 Preparación de la resina

Autor: Mauricio Carrasco

Aplicación de la resina

La resina una vez preparada y lista para su aplicación tiene que ser distribuida sobre las láminas de fibra con una espátula de plástico sobre cada una de las capas de fibra.

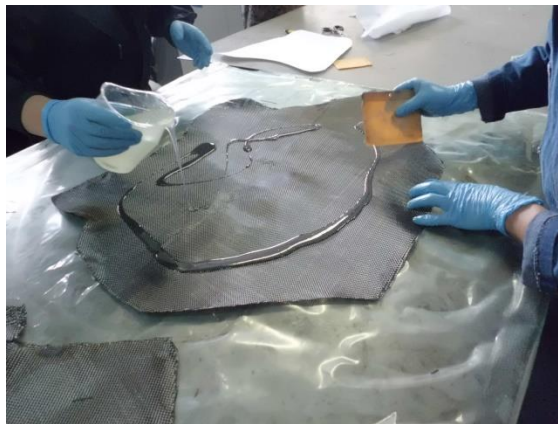


Figura 6.14 Aplicación de la resina en el tejido

Autor: Mauricio Carrasco

Colocación del Breather/Bleeder Film, Peel Ply

Una vez ya terminado de colocar todas las capas de fibra de carbono y con la resina poliéster se procede a la colocación de telas que nos ayudara a recoger el exceso de resina existente entre las capas, colocado del Breather/Bleeder Film, Peel Ply des pues de haber terminado el laminado.



Figura 6.15 Colocación del Breather

Autor: Mauricio Carrasco

Sellamiento

Se procede a sellar los extremos del “BAGGING FILM” (película plástica) con “SALING TAPE” (cinta de sellado), se debe dejar lo más hermético posible para que no haya fugas ya que de este depende la calidad del laminado.

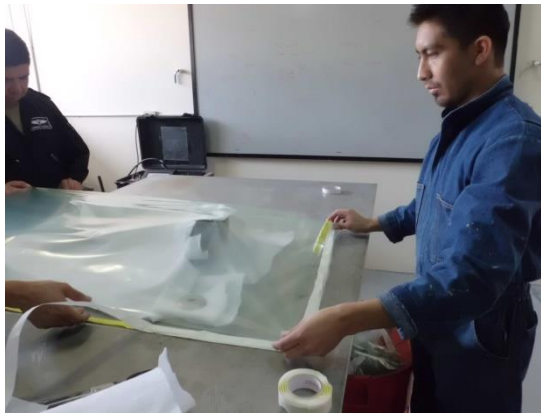


Figura 6.16 Sellamiento del BAGGIN FILM

Autor: Mauricio Carrasco

Colocar el manómetro y la toma para conectar la manguera del vacío

En la succión del aire se debe tomar en cuenta y verificar que no haya fugas de aire y que la aguja del manómetro este entre (-20 y -21) in Hg para tener un buen laminado.



Figura 6.17 Colocación del Manómetro

Autor: Mauricio Carrasco

Curado

El tiempo de curado depende un poco del tipo de resina que se encuentre ocupando en nuestro caso es resina poliéster la cual se encuentra lista en aproximadamente una 4 horas.

Desmoldeo del material

Una vez transcurrido el tiempo necesario cortar el “BAGGING FILM” sin dañar el molde y se retira el “BAGGING FILM” y el “BREATHER/BLEEDER FILM” conjuntamente con el “PEEL PLY”.



Figura 6.18 Desmoldeo del material

Autor: Mauricio Carrasco

Verificación

Siempre van a quedar excesos en los laminados, los cuales tenemos que retirar con sierra de cinta circular. Por ultimo lijamos las imperfecciones que puedan encontrarse en la pieza ya terminada.

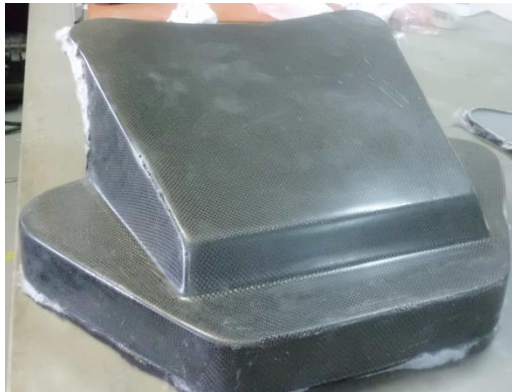


Figura 6.19 Alerón delantero terminado

Autor: Mauricio Carrasco

6.8 ADMINISTRACIÓN

6.8.1 Valoración económica del proyecto

La valoración del proyecto viene detallada mediante los costos directos e indirectos, así mismo el costo total del proyecto.

6.8.1.1 Cotos directos

Se consideró costos directos a los materiales utilizados debido a que influye de forma directa a la determinación del precio final del elemento, por lo tanto los implementos necesarios para la elaboración del proyecto se detalla en la tabla siguiente, donde se detalla cada uno con su respectivo precio por unidad y luego el precio total.

Tabla 6.3 Costos directos

N°	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
				(USD)	(USD)
1	Tejido de fibra de Carbono	4	Yarda	140	560
2	Resina Poliéster	3	Kg	2,75	8,25
3	Desmoldantes	1	-	19	19
4	Peroxido (Meck)	1	-	20	20
5	Herramientas para molde	1		20	20
6	Tigera para cortar la fibra	1		20	20
7	Matriz	1	-	80	80
8	Molde alerón	1		50	50
9	Equipo de Seguridad	1		30	30
10	Instrumentación de vacío	1		50	50
Subtotal (USD)					857,25
Imprevistos 20%					171,45
Total (USD)					1028,7

Autor: Mauricio Carrasco

6.8.1.2 Costos indirectos

Estos costos son los que afectan al proceso productivo en general así mismo como el costo de mano de obra, transporte, gastos administrativos, etc., y se encuentran detallados en la siguiente tabla con valores unitarios y posteriormente con su valor total.

Tabla 6.4 Costos indirectos

N°	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
			(USD)	(USD)
1	Mano de Obra	2	100	200
2	Acople de la Máquina Universal	4	50	200
3	Ensayos Mecánicos	48	4,75	228
4	Transporte	6	10	60

Tabla 6.4 (Continuación)

5	Costos Administrativos	1	10	10
6	Costo por Importación	1	50	50
7	Imprevistos	1	30	30
Subtotal (USD)				778
Imprevistos 20%				155,6
Total (USD)				933,6

Autor: Mauricio Carrasco

6.8.1.3 Costo total del proyecto

El costo total del proyecto lo podemos ver en la siguiente tabla.

Tabla 6.5 Costo total

Descripción	Valores Totales
	(USD)
Costos Directos	1028,7
Costos Indirectos	933,6
Total (USD)	1962,3

Autor: Mauricio Carrasco

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Al terminar la investigación es importante tomar en cuenta las conclusiones y recomendaciones brindadas para prevenir inconvenientes al momento de ejecutar al procedimiento y en la caracterización mecánica de cualquier proyecto. Además se sugiere en investigaciones posteriores trabajar con diferentes fracciones volumétricas, principalmente teniendo en cuenta el número de capas a ser utilizadas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. G. J. Dávila, Nuevos Materiales Aplicaciones Estructurales e Industriales, Quito: imprepp 1ra. Ed., 2011.
- [2] d. F. e. d. l. DiGITIP Ministère de l'Economie, «Los materiales compuestos Dinamismo e innovación,» *sessi*, p. 4, 2002.
- [3] J. P. J. Albuja, «La matriz productiva 2014,» *Perspectiva*, p. 9, 2014.
- [4] C. Velasteguí, «Industria carrocera en crecimiento,» *EL COMERCIO*, 24 02 2013.
- [5] W. F. Smith, Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales, 3a ed., Madrid: Mc Graw Hill, 1999.
- [6] W. F. Smith, Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales, México: McGraw-Hill, 2006.
- [7] J. E. Neely, Metalúrgia y materiales industriales, México: Limusa, 2002.
- [8] ASHBY2011, «Chapter 3,» de *Material Selectionin Mecacical Desing*, 1999, p. 21.
- [9] W. D. Callister, Materials Science and Engineering, 7a ed., New York: John Wiley & Sons, 2007.
- [10] S. Saxena., Ciencia y Diseño de Materiales para Ingeniería, México: Continental 1 ra ed., 2004.
- [11] B. D. A. y. L. T. Browtaman, Analysis and Performance if fiber Composite, 2da. 1990.
- [12] V. J. M. A Mortens, «Jurnal of Metetals, » de *Jurnal of Metetals*, 1993, p. 36 a 43.

- [13] M. R. B. Rodríguez, Diseño del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero, Universidad de Cádiz, 2008.
- [14] Budynas y Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shiley, 8a ed., Mc Graw Hill, 2008.
- [15] ASTM, Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. ASTM.
- [16] D. R. Askeland, Ciencia en ingeniería de los materiales, 3a ed., México: International Thomson, 1998.
- [17] B. & Nisbett, 2008, México: Mc. Graw - Hill 8a. ed., Diseño en ingeniería mecánica de shigley.
- [18] S. Kalpakjian, Manufactura, ingeniería y tecnología, 5a ed., México: Pearson Educación, 2008.
- [19] H. Moore, Materiales y procesos de fabricación, 1a ed., México: Limusa, 1987.
- [20] M. P. Groover, Fundamentos de manufactura, 1a ed., Nueva York: Prentice Hall, 1997.
- [21] J. A. Schey, Procesos de manufactura, 3a ed., México: Mc Graw Hill, 2002.
- [22] H. Bawa, Procesos de manufactura, 1a ed., México: Mc Graw Hill, 2007.
- [23] S. H. Avner, Introducción al metalurgia física, México: Mc Graw Hill, 1978.
- [24] W. D. Callister, Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, 2a ed., México: Limusa, 2009.
- [25] Budynas y Nisbett, Shigley's Mechanical Engineering Design, 8a ed., Mc Graw-Hill, 2008.

[26] J. M. Gaxiola, Curso de capacitación en soldadura, México: Limusa, 2008.

[27] M. R. Spingel, Probabilidad y estadística, 2a ed., Mc Graw Hill.

[28] S. G. Diez, «Técnica de la estratificación manual aplicada a la escultura: moldes y contramoldes,» *Iberoamericana de Polímeros*, p. 208, 2010.

ANEXOS

ANEXO 1: NORMA ASTM 3039-00



Desig D 3039 – D 3039M – 00

Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials¹

This standard is issued under the fixed designation D 3039/D 3039M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscripted letter(s) indicates an editorial change since the last revision or approval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

^a Note—Eq 5 was revised editorially in December 2002.

1. Scope

1.1 This test method determines the in-plane tensile properties of polymer matrix composite materials reinforced by high-modulus fibers. The composite material forms are limited to continuous fiber or discontinuous fiber-reinforced composites in which the laminate is balanced and symmetric with respect to the test direction.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- D 792 Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement²
- D 883 Terminology Relating to Plastics²
- D 2584 Test Method for Ignition Loss of Cured Reinforced Resins³
- D 2734 Test Method for Void Content of Reinforced Plastics³
- D 3171 Test Methods for Constituent Content of Composite Materials⁴
- D 3878 Terminology for Composite Materials⁴
- D 5229/D 5229M Test Method for Moisture Absorption

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D30 on Composite Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D30.04 on Laminas and Laminate Test Methods.

Current edition approved April 10, 2000. Published July 2000. Originally published as D 3039 – 71I. Last previous edition D 3039 – 95a.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.01.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.02.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 11.03.

Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials⁴

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines⁵

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing⁵

E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers⁵

E 111 Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus⁵

E 122 Practice for Choice of Sample Size to Estimate a Measure of Quality for a Lot or Process⁶

E 132 Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature⁵

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods⁶

E 251 Test Methods for Performance Characteristics of Metallic Bonded Resistance Strain Gages⁵

E 456 Terminology Relating to Quality and Statistics⁶

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method⁶

E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading³

E 1237 Guide for Installing Bonded Resistance Strain Gages⁵

3. Terminology

3.1 *Definitions*—Terminology D 3878 defines terms relating to high-modulus fibers and their composites. Terminology D 883 defines terms relating to plastics. Terminology E 6 defines terms relating to mechanical testing. Terminology E 456 and Practice E 177 define terms relating to statistics. In the event of a conflict between terms, Terminology D 3878 shall have precedence over the other standards.

3.2 *Definitions of Terms Specific to This Standard:*

NOTE—If the term represents a physical quantity, its analytical dimensions are stated immediately following the term (or letter symbol) in fundamental dimension form, using the following ASTM standard symbology for fundamental

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 11.02.

used to measure the thickness of the specimen. A micrometer with a flat anvil interface shall be used to measure the width of the specimen. The accuracy of the instruments shall be suitable for reading to within 1 % of the sample width and thickness. For typical specimen geometries, an instrument with an accuracy of $\leq 2.5 \mu\text{m}$ [$\leq 0.0001 \text{ in.}$] is adequate for thickness measurement, while an instrument with an accuracy of $\leq 25 \mu\text{m}$ [$\leq 0.001 \text{ in.}$] is adequate for width measurement.

7.2 Testing Machine—The testing machine shall be in conformance with Practices E 4 and shall satisfy the following requirements:

7.2.1 Testing Machine Heads—The testing machine shall have both an essentially stationary head and a movable head.

7.2.2 Drive Mechanism—The testing machine drive mechanism shall be capable of imparting to the movable head a controlled velocity with respect to the stationary head. The velocity of the movable head shall be capable of being regulated as specified in 11.3.

7.2.3 Load Indicator—The testing machine load-sensing device shall be capable of indicating the total load being carried by the test specimen. This device shall be essentially free from inertia lag at the specified rate of testing and shall indicate the load with an accuracy over the load range(s) of interest of within $\leq 1 \%$ of the indicated value. The load range(s) of interest may be fairly low for modulus evaluation, much higher for strength evaluation, or both, as required.

Note 1—Obtaining precision load data over a large range of interest in the same test, such as when both elastic modulus and ultimate load are being determined, place extreme requirements on the load cell and its calibration. For some equipment, a special calibration may be required. For some combinations of material and load cell, simultaneous precision measurement of both elastic modulus and ultimate strength may not be possible and measurement of modulus and strength may have to be performed in separate tests using a different load cell range for each test.

7.2.4 Grips—Each head of the testing machine shall carry one grip for holding the test specimen so that the direction of load applied to the specimen is coincident with the longitudinal axis of the specimen. The grips shall apply sufficient lateral pressure to prevent slippage between the grip face and the coupon. If tabs are used the grips should be long enough that they overhang the beveled portion of the tab by approximately 10 to 15 mm [0.5 in.]. It is highly desirable to use grips that are rotationally self-aligning to minimize bending stresses in the coupon.

Note 2—Grip surfaces that are lightly serrated, approximately 1 serration/mm [25 serrations/in.], have been found satisfactory for use in wedge-action grips when kept clean and sharp; coarse serrations may produce grip-induced failures in untabbed coupons. Smooth gripping surfaces have been used successfully with either hydraulic grips or an emery cloth interface, or both.

7.2.5 System Alignment—Poor system alignment can be a major contributor to premature failure, to elastic property data scatter, or both. Practice E 1012 describes bending evaluation guidelines and describes potential sources of misalignment during tensile testing. In addition to Practice E 1012, the degree of bending in a tensile system can also be evaluated using the following related procedure. Specimen bending is considered separately in 11.6.1.

7.2.5.1 A rectangular alignment coupon, preferably similar in size and stiffness to the test specimen of interest, is instrumented with a minimum of three longitudinal strain gages of similar type, two on the front face across the width and one on the back face of the specimen, as shown in Fig. 1. Any difference in indicated strain between these gages during loading provides a measure of the amount of bending in the thickness plane (B_x) and width plane (B_y) of the coupon. The strain gage location should normally be located in the middle of the coupon gage section (if modulus determination is a concern), near a grip (if premature grip failures are a problem), or any combination of these areas.

7.2.5.2 When evaluating system alignment, it is advisable to perform the alignment check with the same coupon inserted in each of the four possible installation permutations (described relative to the initial position): initial (top-front facing observer), rotated back to front only (top back facing observer), rotated end for end only (bottom front facing observer), and rotated both front to back and end to end (bottom back facing observer). These four data sets provide an indication of whether the bending is due to the system itself or to tolerance in the alignment check coupon or gaging.

7.2.5.3 The zero strain point may be taken either before gripping or after gripping. The strain response of the alignment coupon is subsequently monitored during the gripping process, the tensile loading process, or both. Eq 1-3 use these indicated strains to calculate the ratio of the percentage of bending strain to average extensional strain for each bending plane of the alignment coupon and the total percent bending, B_{total} . Plotting percent bending versus axial average strain is useful in understanding trends in the bending behavior of the system.

7.2.5.4 Problems with failures during gripping would be reason to examine bending strains during the gripping process in the location near the grip. Concern over modulus data scatter would be reason to evaluate bending strains over the modulus evaluation load range for the typical transducer location. Excessive failures near the grips would be reason to evaluate bending strains near the grip at high loading levels. While the

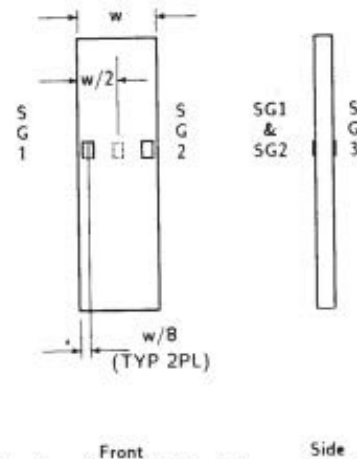


FIG. 1 Gage Locations for System Alignment Check Coupon

maximum advisable amount of system misalignment is material and location dependent, good testing practice is generally able to limit percent bending to a range of 3 to 5 % at moderate strain levels (>1000 $\mu\epsilon$). A system showing excessive bending for the given application should be readjusted or modified.

$$B_y \leq \frac{e_{ave} \sum e_i}{e_{ave}} \leq 100 \quad (1)$$

$$B_z \leq \frac{4/3 \cdot e_2 \sum e_i}{e_{ave}} \leq 100 \quad (2)$$

where:

B_y = percent bending about system y axis (about the narrow plane), as calculated by Eq 1, %;

B_z = percent bending about system z axis (about the wide plane), as calculated by Eq 2, %;

$e_1, e_2, \text{ and } e_3$ = indicated longitudinal strains displayed by Gages 1, 2, and 3, respectively, of Fig. 1, $\mu\epsilon$; and

$e_{ave} = (|e_1| + |e_2|)/2 + |e_3|/2$.

The total bending component is:

$$B_{total} \leq |B_y| + |B_z| \quad (3)$$

7.3 Strain-Indicating Device—Load-strain data, if required, shall be determined by means of either a strain transducer or an extensometer. Attachment of the strain-indicating device to the coupon shall not cause damage to the specimen surface. If Poisson's ratio is to be determined, the specimen shall be instrumented to measure strain in both longitudinal and lateral directions. If the modulus of elasticity is to be determined, the longitudinal strain should be simultaneously measured on opposite faces of the specimen to allow for a correction as a result of any bending of the specimen (see 11.6 for further guidance).

7.3.1 Bonded Resistance Strain Gage Selection—Strain gage selection is a compromise based on the type of material. An active gage length of 6 mm [0.25 in.] is recommended for most materials. Active gage lengths should not be less than 3 mm [0.125 in.].⁷ Gage calibration certification shall comply with Test Methods E 251. When testing woven fabric laminates, gage selection should consider the use of an active gage length that is at least as great as the characteristic repeating unit of the weave. Some guidelines on the use of strain gages on composites follow. A general reference on the subject is Tuttle and Brinson.⁸

7.3.1.1 Surface preparation of fiber-reinforced composites in accordance with Practice E 1237 can penetrate the matrix material and cause damage to the reinforcing fibers resulting in improper coupon failures. Reinforcing fibers should not be exposed or damaged during the surface preparation process.

⁷ A typical gage would have a 0.25-in. active gage length, 350-V resistance, a strain rating of 3 % or better, and the appropriate environmental resistance and thermal coefficient.

⁸ Tuttle, M. E. and Brinson, H. F., "Resistance-Foil Strain-Gage Technology as Applied to Composite Materials," *Experimental Mechanics*, Vol 24, No. 1, March 1984; pp. 54-65; errata noted in Vol 26, No. 2, June 1986, pp. 153-154.

The strain gage manufacturer should be consulted regarding surface preparation guidelines and recommended bonding agents for composites pending the development of a set of standard practices for strain gage installation surface preparation of fiber-reinforced composite materials.

7.3.1.2 Consideration should be given to the selection of gages having larger resistances to reduce heating effects on low-conductivity materials. Resistances of 350 Ω or higher are preferred. Additional consideration should be given to the use of the minimum possible gage excitation voltage consistent with the desired accuracy (1 to 2 V is recommended) to reduce further the power consumed by the gage. Heating of the coupon by the gage may affect the performance of the material directly, or it may affect the indicated strain as a result of a difference between the gage temperature compensation factor and the coefficient of thermal expansion of the coupon material.

7.3.1.3 Consideration of some form of temperature compensation is recommended, even when testing at standard laboratory atmosphere. Temperature compensation is required when testing in nonambient temperature environments.

7.3.1.4 Consideration should be given to the transverse sensitivity of the selected strain gage. The strain gage manufacturer should be consulted for recommendations on transverse sensitivity corrections and effects on composites. This is particularly important for a transversely mounted gage used to determine Poisson's ratio, as discussed in Note 11.

7.3.2 Extensometers—For most purposes, the extensometer gage length should be in the range of 10 to 50 mm [0.5 to 2.0 in.]. Extensometers shall satisfy, at a minimum, Practice E 83, Class B-1 requirements for the strain range of interest and shall be calibrated over that strain range in accordance with Practice E 83. For extremely stiff materials, or for measurement of transverse strains, the fixed error allowed by Class B-1 extensometers may be significant, in which case Class A extensometers should be considered. The extensometer shall be essentially free of inertia lag at the specified speed of testing, and the weight of the extensometer should not induce bending strains greater than those allowed in 6.3.

NOTE 3—It is generally less difficult to perform strain calibration on extensometers of longer gage length as less precision in displacement is required of the extensometer calibration device.

7.4 Conditioning Chamber—When conditioning materials at nonlaboratory environments, a temperature/vapor-level-controlled environmental conditioning chamber is required that shall be capable of maintaining the required temperature to within $\pm 0.3^\circ\text{C}$ [$\pm 0.5^\circ\text{F}$] and the required relative vapor level to within $\pm 3\%$. Chamber conditions shall be monitored either on an automated continuous basis or on a manual basis at regular intervals.

7.5 Environmental Test Chamber—An environmental test chamber is required for test environments other than ambient testing laboratory conditions. This chamber shall be capable of maintaining the gage section of the test specimen at the required test environment during the mechanical test.

8. Sampling and Test Specimens

8.1 *Sampling*—Test at least five specimens per test condition unless valid results can be gained through the use of fewer specimens, such as in the case of a designed experiment. For statistically significant data, the procedures outlined in Practice E 122 should be consulted. Report the method of sampling.

NOTE 4—If specimens are to undergo environmental conditioning to equilibrium, and are of such type or geometry that the weight change of the material cannot be properly measured by weighing the specimen itself (such as a tabbed mechanical coupon), then use another traveler coupon of the same nominal thickness and appropriate size (but without tabs) to determine when equilibrium has been reached for the specimens being conditioned.

8.2 *Geometry*—Design of mechanical test coupons, especially those using end tabs, remains to a large extent an art rather than a science, with no industry consensus on how to approach the engineering of the gripping interface. Each major composite testing laboratory has developed gripping methods for the specific material systems and environments commonly encountered within that laboratory. Comparison of these methods shows them to differ widely, making it extremely difficult to recommend a universally useful approach or set of approaches. Because of this difficulty, definition of the geometry of the test coupon is broken down into the following three levels, which are discussed further in each appropriate section:

Purpose	Degree of Geometry Definition
8.2.1 General Requirements	Mandatory Shape and Tolerances
8.2.2 Specific Recommendations	Nonmandatory Suggested Dimensions
8.2.3 Detailed Examples	Nonmandatory Typical Practices

8.2.1 General Requirements:

8.2.1.1 *Shape, Dimensions, and Tolerances*—The complete list of requirements for specimen shape, dimensions, and tolerances is shown in Table 1.

8.2.1.2 *Use of Tabs*—Tabs are not required. The key factor in the selection of specimen tolerances and gripping methods is the successful introduction of load into the specimen and the prevention of premature failure as a result of a significant discontinuity. Therefore, determine the need to use tabs, and specification of the major tab design parameters, by the end

result: acceptable failure mode and location. If acceptable failure modes occur with reasonable frequency, then there is no reason to change a given gripping method (see 11.10).

8.2.2 Specific Recommendations:

8.2.2.1 *Width, Thickness, and Length*—Select the specimen width and thickness to promote failure in the gage section and assure that the specimen contains a sufficient number of fibers in the cross section to be statistically representative of the bulk material. The specimen length should normally be substantially longer than the minimum requirement to minimize bending stresses caused by minor grip eccentricities. Keep the gage section as far from the grips as reasonably possible and provide a significant amount of material under stress and therefore produce a more statistically significant result. The minimum requirements for specimen design shown in Table 1 are by themselves insufficient to create a properly dimensioned and toleranced coupon drawing. Therefore, recommendations on other important dimensions are provided for typical material configurations in Table 2. These geometries have been found by a number of testing laboratories to produce acceptable failure modes on a wide variety of material systems, but use of them does not guarantee success for every existing or future material system.

8.2.2.2 *Gripping/Use of Tabs*—There are many material configurations, such as multidirectional laminates, fabric-based materials, or randomly reinforced sheet-molding compounds, which can be successfully tested without tabs. However, tabs are strongly recommended when testing unidirectional materials (or strongly unidirectionally dominated laminates) to failure in the fiber direction. Tabs may also be required when testing unidirectional materials in the matrix direction to prevent gripping damage.

8.2.2.3 *Tab Geometry*—Recommendations on important dimensions are provided for typical material configurations in Table 2. These dimensions have been found by a number of testing laboratories to produce acceptable failure modes on a wide variety of material systems, but use of them does not guarantee success for every existing or future material system. The selection of a tab configuration that can successfully produce a gage section tensile failure is dependent upon the coupon material, coupon ply orientation, and the type of grips being used. When pressure-operated nonwedge grips are used with care, squared-off 90° tabs have been used successfully. Wedge-operated grips have been used most successfully with tabs having low bevel angles (7 to 10°) and a feathered smooth transition into the coupon. For alignment purposes, it is essential that the tabs be of matched thickness.

8.2.2.4 *Friction Tabs*—Tabs need not always be bonded to the material under test to be effective in introducing the load into the specimen. Friction tabs, essentially nonbonded tabs held in place by the pressure of the grip, and often used with emery cloth or some other light abrasive between the tab and the coupon, have been successfully used in some applications. In specific cases, lightly serrated wedge grips (see Note 2) have been successfully used with only emery cloth as the interface between the grip and the coupon. However, the abrasive used

TABLE 1 Tensile Specimen Geometry Requirements

Parameter	Requirement
Coupon Requirements:	
shape	constant rectangular cross-section
minimum length	gripping + 2 times width + gage length
specimen width	as needed ^a
specimen width tolerance	≤ 1 % of width
specimen thickness	as needed
specimen thickness tolerance	≤ 4 % of thickness
specimen flatness	flat with light finger pressure
Tab Requirements (if used):	
tab material	as needed fiber
orientation (composite tabs)	as needed tab
thickness	as needed
tab thickness variation between tabs	≤ 1 % tab thickness
tab bevel angle	5 to 90°, inclusive
tab step at bevel to specimen	feathered without damaging specimen

^a See 8.2.2 or Table 2 for recommendations.

TABLE 2 Tensile Specimen Geometry Recommendations^A

Fiber Orientation	Width, mm [in.]	Overall Length, mm [in.]	Thickness, mm [in.]	Tab Length, mm [in.]	Tab Thickness, mm [in.]	Tab Bevel Angle, [°]
0° unidirectional	15 [0.5]	250 [10.0]	1.0 [0.040]	56 [2.25]	1.5 [0.062]	7 or 90
90° unidirectional	25 [1.0]	175 [7.0]	2.0 [0.080]	25 [1.0]	1.5 [0.062]	90
balanced and symmetric	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—
random-discontinuous	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—

^A Dimensions in this table and the tolerances of Fig. 2 or Fig. 3 are recommendations only and may be varied so long as the requirements of Table 1 are met.

must be able to withstand significant compressive loads. Some types of emery cloth have been found ineffective in this application because of disintegration of the abrasive.⁹

8.2.2.5 *Tab Material*—The most consistently used bonded tab material has been continuous E-glass fiber-reinforced polymer matrix materials (woven or unwoven) in a [0/90]ns laminate configuration. The tab material is commonly applied at 45° to the loading direction to provide a soft interface. Other configurations that have reportedly been successfully used have incorporated steel tabs or tabs made of the same material as is being tested.

8.2.2.6 *Bonded Tab Length*—When using bonded tabs, estimate the minimum suggested tab length for bonded tabs by the following simple equation. As this equation does not account for the peaking stresses that are known to exist at the ends of bonded joints. The tab length calculated by this equation should normally be increased by some factor to reduce the chances of joint failure:

$$L_{\min} \geq F^{su} h / 2F^{tu} \quad (4)$$

where:

- L_{\min} = minimum required bonded tab length, mm [in.];
- F^{tu} = ultimate tensile strength of coupon material, MPa [psi];
- h = coupon thickness, mm [in.]; and
- F^{su} = ultimate shear strength of adhesive, coupon material, or tab material (whichever is lowest), MPa [psi].

8.2.2.7 *Bonded Tab Adhesive*—Any high-elongation (tough) adhesive system that meets the environmental requirements may be used when bonding tabs to the material under test. A uniform bondline of minimum thickness is desirable to reduce undesirable stresses in the assembly.

8.2.3 *Detailed Examples*—The minimum requirements for specimen design discussed in 8.2.1 are by themselves insufficient to create a properly dimensioned and toleranced coupon drawing. Dimensionally toleranced specimen drawings for both tabbed and untabbed forms are shown as examples in Fig. 2 (SI) and Fig. 3 (inch-pound). The tolerances on these drawings are fixed, but satisfy the requirements of Table 1 for all of the recommended configurations of Table 2. For a specific configuration, the tolerances on Fig. 2 and Fig. 3 might be able to be relaxed.

8.3 Specimen Preparation:

8.3.1 *Panel Fabrication*—Control of fiber alignment is critical. Improper fiber alignment will reduce the measured

properties. Erratic fiber alignment will also increase the coefficient of variation. The specimen preparation method shall be reported.

8.3.2 *Machining Methods*—Specimen preparation is extremely important for this specimen. Mold the specimens individually to avoid edge and cutting effects or cut from them plates. If they are cut from plates, take precautions to avoid notches, undercuts, rough or uneven surfaces, or delaminations caused by inappropriate machining methods. Obtain final dimensions by water-lubricated precision sawing, milling, or grinding. The use of diamond tooling has been found to be extremely effective for many material systems. Edges should be flat and parallel within the specified tolerances.

8.3.3 *Labeling*—Label the coupons so that they will be distinct from each other and traceable back to the raw material and in a manner that will both be unaffected by the test and not influence the test.

9. Calibration

9.1 The accuracy of all measuring equipment shall have certified calibrations that are current at the time of use of the equipment.

10. Conditioning

10.1 *Standard Conditioning Procedure*—Unless a different environment is specified as part of the experiment, condition the test specimens in accordance with Procedure C of Test Method D 5229/D 5229M and store and test at standard laboratory atmosphere (23 ± 3°C [73 ± 5°F] and 50 ± 10 % relative humidity).

11. Procedure

11.1 Parameters To Be Specified Before Test:

- 11.1.1 The tension specimen sampling method, coupon type and geometry, and conditioning travelers (if required).
- 11.1.2 The tensile properties and data reporting format desired.

NOTE 5—Determine specific material property, accuracy, and data reporting requirements before test for proper selection of instrumentation and data-recording equipment. Estimate operating stress and strain levels to aid in transducer selection, calibration of equipment, and determination of equipment settings.

11.1.3 The environmental conditioning test parameters.

11.1.4 If performed, the sampling method, coupon geometry, and test parameters used to determine density and reinforcement volume.

11.2 General Instructions:

11.2.1 Report any deviations from this test method, whether intentional or inadvertent.

⁹ E-Z Flex Metalite K224 cloth, Grit 120-J, available from Norton Company, Troy, NY 12181, has been found satisfactory in this application. Other equivalent types of emery cloth should also be suitable.

DRAWING NOTES:

1. INTERPRET DRAWING IN ACCORDANCE WITH ANSI Y14.5M-1987, SUBJECT TO THE FOLLOWING:
2. ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES WITH DECIMAL TOLERANCES AS FOLLOWS:

NO DECIMAL	XX	±.XX
±.5	±.1	±.3
3. ALL ANGLES HAVE TOLERANCE OF $\pm 5^\circ$.
4. PLY ORIENTATION DIRECTION TOLERANCE RELATIVE TO \square WITHIN $\pm 5^\circ$.
5. FINISH (ON MACHINED EDGES NOT TO EXCEED 3.2μ (SYMBOLY IN ACCORDANCE WITH ASA B46.3), WITH ROUGHNESS HEIGHT IN MICROMETRES.)
6. VALUES TO BE PROVIDED FOR THE FOLLOWING, SUBJECT TO ANY RANGES SHOWN ON THE FIELD OF DRAWING: MATERIAL LAY-UP; PLY ORIENTATION REFERENCE RELATIVE TO \square ; OVERALL LENGTH; GAGE LENGTH; COUPON THICKNESS; TAB MATERIAL; TAB THICKNESS; TAB LENGTH; TAB BEVEL ANGLE; TAB ADHESIVE.
7. NO ADHESIVE BUILDUP ALLOWED IN THIS AREA.

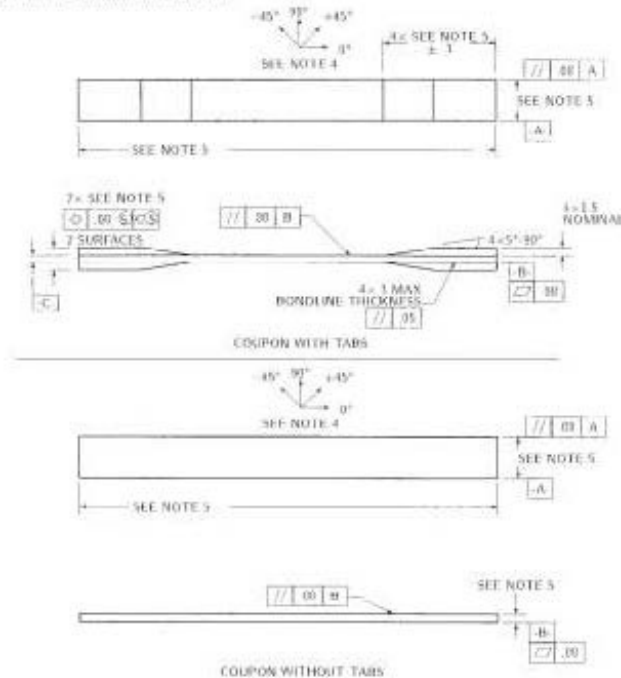


FIG. 2 Tension Test Specimen Drawing (S1)

11.2.2 If specific gravity, density, reinforcement volume, or void volume are to be reported, then obtain these samples from the same panels being tension tested. Specific gravity and density may be evaluated by means of Test Methods D 792. Volume percent of the constituents may be evaluated by one of the matrix digestion procedures of Test Method D 3171, or, for certain reinforcement materials such as glass and ceramics, by the matrix burn-off technique of Test Method D 2584. The void content equations of Test Methods D 2734 are applicable to both Test Method D 2584 and the matrix digestion procedures.

11.2.3 Following final specimen machining and any conditioning, but before the tension testing, determine the specimen area as $A = w \times h$, at three places in the gage section, and report the area as the average of these three determinations to the accuracy in 7.1. Record the average area in units of mm^2 (in.^2).

11.3 *Speed of Testing*—Set the speed of testing to effect a nearly constant strain rate in the gage section. If strain control is not available on the testing machine, this may be approximated by repeated monitoring and adjusting of the rate of load application to maintain a nearly constant strain rate, as mea-

sured by strain transducer response versus time. The strain rate should be selected so as to produce failure within 1 to 10 min. If the ultimate strain of the material cannot be reasonably estimated, initial trials should be conducted using standard speeds until the ultimate strain of the material and the compliance of the system are known, and the strain rate can be adjusted. The suggested standard speeds are:

11.3.1 *Strain-Controlled Tests*—A standard strain rate of 0.01 min^{-1} .

11.3.2 *Constant Head Speed Tests*—A standard head displacement rate of 2 mm/min [0.05 in./min].

Note 6—Use of a fixed head speed in testing machine systems with a high compliance may result in a strain rate that is much lower than required. Use of wedge grips can cause extreme compliance in the system, especially when using compliant tab materials. In some such cases, actual strain rates 10 to 50 times lower than estimated by head speeds have been observed.

11.4 *Test Environment*—Condition the specimen to the desired moisture profile and, if possible, test under the same conditioning fluid exposure level. However, cases such as

DRAWING NOTES:

1. INTERPRET DRAWING IN ACCORDANCE WITH ANSI Y14.5M-1982, SUBJECT TO THE FOLLOWING:
2. ALL DIMENSIONS IN INCHES WITH DECIMAL TOLERANCES AS FOLLOWS:

X	XX	XXX
± 1	± .03	± .01
3. ALL ANGLES HAVE TOLERANCE OF ± 5°.
4. PLY ORIENTATION DIRECTION TOLERANCE RELATIVE TO [A] WITHIN ± 5°.
5. FINISH ON MACHINED EDGES NOT TO EXCEED 64√ (SYMBOLICALLY IN ACCORDANCE WITH ASA B46.1, WITH ROUGHNESS HEIGHT IN MICRONS).
5. VALUES TO BE PROVIDED FOR THE FOLLOWING, SUBJECT TO ANY RANGES SHOWN ON THE FIELD OF DRAWING: MATERIAL, LAY-UP, PLY ORIENTATION REFERENCE RELATIVE TO [A], OVERALL LENGTH, GAGE LENGTH, COUPON THICKNESS, TAB MATERIAL, TAB THICKNESS, TAB LENGTH, TAB BEVEL ANGLE, TAB ADHESIVE.
6. NO ADHESIVE BUILDUP ALLOWED IN THIS AREA.

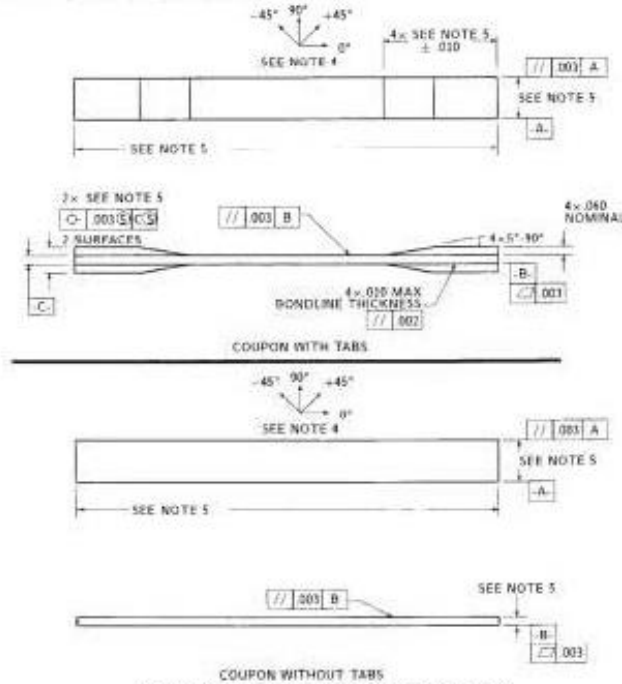


FIG. 3 Tension Test Specimen Drawing (Inch-pound)

elevated temperature testing of a moist specimen place unrealistic requirements on the capabilities of common testing machine environmental chambers. In such cases, the mechanical test environment may need to be modified, for example, by testing at elevated temperature with no fluid exposure control, but with a specified limit on time to failure from withdrawal from the conditioning chamber. Modifications to the test environment shall be recorded.

11.4.1 Store the specimen in the conditioned environment until test time, if the testing area environment is different than the conditioning environment.

11.5 *Specimen Insertion*—Place the specimen in the grips of the testing machine, taking care to align the long axis of the gripped specimen with the test direction. Tighten the grips, recording the pressure used on pressure controllable (hydraulic or pneumatic) grips.

Note 7—The ends of the grip jaws on wedge-type grips should be even with each other following insertion to avoid inducing a bending moment that results in premature failure of the specimen at the grip. When using

untabbed specimens, a folded strip of medium grade (80 to 150 grit) emery cloth between the specimen faces and the grip jaws (grit-side toward specimen) provides a nonslip grip on the specimen without jaw serration damage to the surface of the specimen. When using tabbed specimens, insert the coupon so that the grip jaws extend approximately 10 to 15 mm (0.5 in.) past the beginning of the tapered portion of the tab. Coupons having tabs that extend beyond the grips are prone to failure at the tab ends because of excessive interlaminar stresses.

11.6 *Transducer Installation*—If strain response is to be determined attach the strain-indication transducer(s) to the specimen, symmetrically about the mid-span, mid-width location. Attach the strain-recording instrumentation to the transducers on the specimen.

11.6.1 When determining modulus of elasticity, it is recommended that at least one specimen per like sample be evaluated with back-to-back axial transducers to evaluate the percent bending, using Eq 5, at the average axial strain checkpoint value (the mid range of the appropriate chord modulus strain range) shown in Table 3. A single transducer can be used if the

TABLE 3 Specimen Alignment and Chord Modulus Calculation Strain Ranges

Tensile Chord Modulus Calculation Longitudinal Strain Range		Longitudinal Strain Checkpoint for Bending
Start Point	End Point	
$\mu\epsilon^A$		$\mu\epsilon$
1000 ^B	3000	2000

^A 1000 $\mu\epsilon$ = 0.001 absolute strain.

^B This strain range is to be contained in the lower half of the stress/strain curve. For materials that fail below 6000 $\mu\epsilon$, a strain range of 25 to 50 % of ultimate is recommended.

percent bending is no more than 3 %. When bending is greater than 3 % averaged strains from back-to-back transducers of like kind are recommended.

$$\beta \leq \frac{|e_f - 2e_b|}{|e_f + e_b|} \quad (5)$$

where:

e_f = indicated strain from front transducer, $\mu\epsilon$;
 e_b = indicated strain from back transducer, $\mu\epsilon$; and
 β = percent bending in specimen.

11.7 *Loading*—Apply the load to the specimen at the specified rate until failure, while recording data.

11.8 *Data Recording*—Record load versus strain (or transducer displacement) continuously or at frequent regular intervals. If a transition region or initial ply failures are noted, record the load, strain, and mode of damage at such points. If the specimen is to be failed, record the maximum load, the failure load, and the strain (or transducer displacement) at, or as near as possible to, the moment of rupture.

NOTE 8—Other valuable data that can be useful in understanding testing anomalies and gripping or specimen slipping problems includes load versus head displacement data and load versus time data.

11.9 *Failure Mode*—Record the mode and location of failure of the specimen. Choose, if possible, a standard description using the three-part failure mode code that is shown in Fig. 4.

11.10 *Grip/Tab Failures*—Reexamine the means of load introduction into the material if a significant fraction of failures in a sample population occur within one specimen width of the tab or grip. Factors considered should include the tab alignment, tab material, tab angle, tab adhesive, grip type, grip pressure, and grip alignment.

12. Calculation

12.1 *Tensile Stress/Tensile Strength*—Calculate the ultimate tensile strength using Eq 6 and report the results to three significant figures. If the tensile modulus is to be calculated, determine the tensile stress at each required data point using Eq 7.

$$F^u \leq P^{max}/A \quad (6)$$

$$s_i \leq P_i/A \quad (7)$$

where:

F^u = ultimate tensile strength, MPa [psi];

P^{max} = maximum load before failure, N [lbf];

s_i = tensile stress at i th data point, MPa [psi];

P_i = load at i th data point, N [lbf]; and

A = average cross-sectional area from 11.2.3, mm² [in.²].

12.2 *Tensile Strain/Ultimate Tensile Strain*—If tensile modulus or ultimate tensile strain is to be calculated, and material response is being determined by an extensometer, determine the tensile strain from the indicated displacement at each required data point using Eq 8 and report the results to three significant figures.

$$e_i \leq d_i/L_g \quad (8)$$

where:

e_i = tensile strain at i th data point, $\mu\epsilon$;

d_i = extensometer displacement at i th data point, mm [in.];

and

L_g = extensometer gage length, mm [in.].

12.3 Tensile Modulus of Elasticity

NOTE 9—To minimize potential effects of bending it is recommended that the strain data used for modulus of elasticity determination be the average of the indicated strains from each side of the specimen, as discussed in 7.3 and 11.6.

12.3.1 *Tensile Chord Modulus of Elasticity*—Select the appropriate chord modulus strain range from Table 3. Calculate the tensile chord modulus of elasticity from the stress-strain data using Eq 9. If data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use the closest available data point. Report the tensile chord modulus of elasticity to three significant figures. Also report the strain range used in the calculation. A graphical example of chord modulus is shown in Fig. 5.

12.3.1.1 The tabulated strain ranges should only be used for materials that do not exhibit a transition region (a significant change in the slope of the stress-strain curve) within the given strain range. If a transition region occurs within the recommended strain range, then a more suitable strain range shall be used and reported.

$$E^{chord} \leq Ds/De \quad (9)$$

where:

E^{chord} = tensile chord modulus of elasticity, GPa [psi];

Ds = difference in applied tensile stress between the two strain points of Table 3, MPa [psi]; and

De = difference between the two strain points of Table 3 (nominally 0.002).

12.3.2 *Tensile Modulus of Elasticity (Other Definitions)*—Other definitions of elastic modulus may be evaluated and reported at the user's discretion. If such data is generated and reported, report also the definition used, the strain range used,

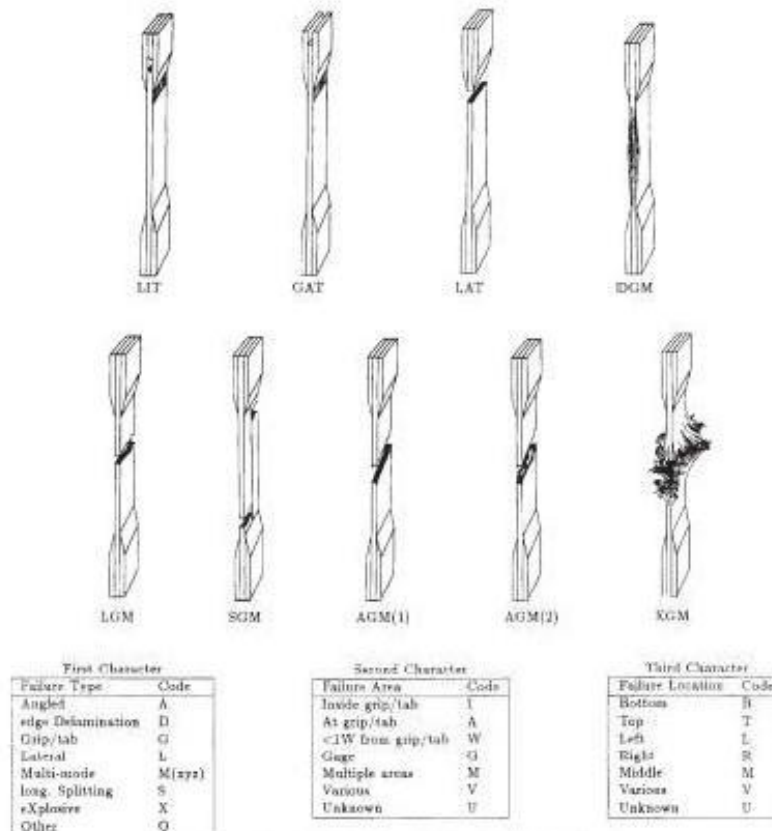


FIG. 4

Tensile Test Failure Codes and Typical Modes

and the results to three significant figures. Test Method E 111 provides additional guidance in the determination of modulus of elasticity.

Note 10—An example of another modulus definition is the secondary chord modulus of elasticity for materials that exhibit essentially bilinear stress-strain behavior. An example of secondary chord modulus is shown in Fig. 5.

12.4 Poisson's Ratio:

Note 11—If bonded resistance strain gages are being used, the error produced by the transverse sensitivity effect on the transverse gage will generally be much larger for composites than for metals. An accurate measurement of Poisson's ratio requires correction for this effect. The strain gage manufacturer should be contacted for information on the use of correction factors for transverse sensitivity.

12.4.1 Poisson's Ratio By Chord Method—Select the appropriate chord modulus longitudinal strain range from Table 3. Determine (by plotting or otherwise) the transverse strain (measured perpendicular to the applied load), ϵ_t , at each of the two longitudinal strains (measured parallel to the applied load), ϵ_l , strain range end points. If data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use

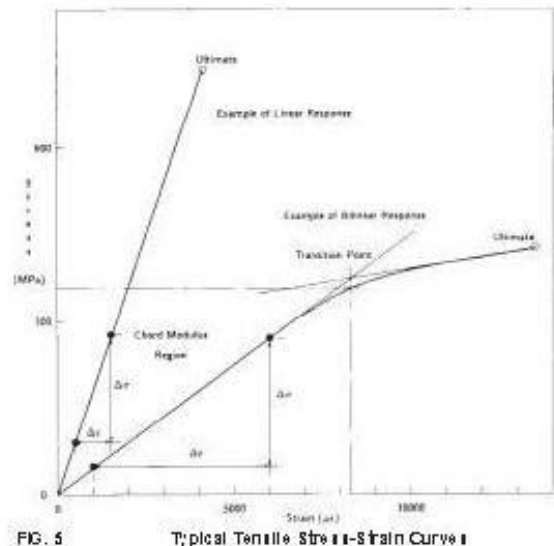


FIG. 5

Typical Tensile Stress-Strain Curve

TABLE 5 Averages of the Coefficients of Variation

Parameter	Average of S_r/X , %	Average of S_{Pr}/X , %
Strength	5.11	6.00
Modulus	2.22	3.22
Failure strain	5.94	7.32

rial and specimen preparation techniques, test conditions, and measurements of the tension test parameters.

14.2 *Bias*—Bias cannot be determined for this test method

14.1.9 The consistency of agreement for repeated tests of the same material is dependent on lay-up configuration, material, and specimen preparation techniques, test conditions, and measurements of the tension test parameters. As no acceptable reference standard exists.

15. Keywords

15.1 composite materials; modulus of elasticity; Poisson's ratio; tensile properties; tensile strength

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO 2: NORMA ASTM D7264-07



D 7264D 7264M – 07

Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials¹

This standard is issued under the fixed designation D 7264/D 7264M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method determines the flexural stiffness and strength properties of polymer matrix composites.

1.1.1 *Procedure A*—A three-point loading system utilizing center loading on a simply supported beam.

1.1.2 *Procedure B*—A four-point loading system utilizing two load points equally spaced from their adjacent support points, with a distance between load points of one-half of the support span.

NOTE 1—Unlike Test Method D 6272, which allows loading at both one-third and one-half of the support span, in order to standardize geometry and simplify calculations this standard permits loading at only one-half the support span.

1.2 For comparison purposes, tests may be conducted according to either test procedure, provided that the same procedure is used for all tests, since the two procedures generally give slightly different property values.

1.3 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

D 790 Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials

D 2344/D 2344M Test Method for Short-Beam Strength of

Polymer Matrix Composite Materials and Their Laminates

D 3878 Terminology for Composite Materials

D 5229/D 5229M Test Method for Moisture Absorption Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials

D 5687/D 5687M Guide for Preparation of Flat Composite Panels with Processing Guidelines for Specimen Preparation

D 6272 Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials by Four-Point Bending

D 6856 Guide for Testing Fabric-Reinforced “Textile” Composite Materials

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing

E 18 Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials

E 122 Practice for Calculating Sample Size to Estimate, With a Specified Tolerable Error, the Average for a Characteristic of a Lot or Process

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods

E 456 Terminology Relating to Quality and Statistics

E 1309 Guide for Identification of Fiber-Reinforced Polymer-Matrix Composite Materials in Databases

E 1434 Guide for Recording Mechanical Test Data of Fiber-Reinforced Composite Materials in Databases

2.2 *Other Documents:*

ANSI Y14.5-1999 Dimensioning and Tolerancing—Includes Inch and Metric³

ANSI B46.1-1995 Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay)³

3. Terminology

3.1 *Definitions*—Terminology D 3878 defines the terms relating to high-modulus fibers and their composites. Terminology E 6 defines terms relating to mechanical testing. Terminology E 456 and Practice E 177 define terms relating to statistics. In the event of a conflict between terms, Terminology D 3878 shall have precedence over the other documents.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D30 on Composite Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D30.04 on Lamina and Laminate Test Methods.

Current edition approved April 1, 2007. Published April 2007. Originally approved in 2006. Last previous edition approved in 2006 as D 7264/D 7264M – 06.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

³ Available from American National Standards Institute (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 flexural strength, n —the maximum stress at the outer surface of a flexure test specimen corresponding to the peak applied force prior to flexural failure.

3.2.2 flexural modulus, n —the ratio of stress range to corresponding strain range for a test specimen loaded in flexure.

3.3 Symbols:

b = specimen width

CV = sample coefficient of variation, in percent

E_{chord} = flexural chord modulus of elasticity

E_{secant} = flexural secant modulus of elasticity

h = specimen thickness

L = support span

m = slope of the secant of the load-deflection curve

n = number of specimens

P = applied force

s_{n-1} = sample standard deviation

x_i = measured or derived property

\bar{x} = sample mean

d = mid-span deflection of the specimen

e = strain at the outer surface at mid-span of the specimen

s = stress at the outer surface at mid-span of the specimen

4. Summary of Test Method

4.1 A bar of rectangular cross section, supported as a beam, is deflected at a constant rate as follows:

4.1.1 Procedure A—The bar rests on two supports and is loaded by means of a loading nose midway between the supports (see Fig. 1).

4.1.2 Procedure B—The bar rests on two supports and is loaded at two points (by means of two loading noses), each an equal distance from the adjacent support point. The distance between the loading noses (that is, the load span) is one-half of the support span (see Fig. 2).

4.2 Force applied to the specimen and resulting specimen deflection at the center of span are measured and recorded until the failure occurs on either one of the outer surfaces, or the deformation reaches a pre-determined value.

4.3 The major difference between four-point and three-point loading configurations is the location of maximum bending moment and maximum flexural stress. With the four-point configuration the bending moment is constant between the central force application members. Consequently, the maximum flexural stress is uniform between the central force application members. In the three-point configuration, the maximum flexural stress is located directly under the center

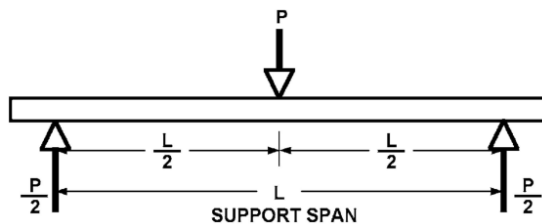


FIG. 1 Procedure A—Loading Diagram

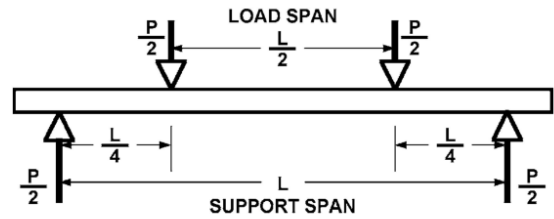


FIG. 2 Procedure B—Loading Diagram

force application member. Another difference between the three-point and four-point configurations is the presence of resultant vertical shear force in the three-point configuration everywhere in the beam except right under the mid-point force application member whereas in the four-point configuration, the area between the central force application members has no resultant vertical shear force. The distance between the outer support members is the same as in the equivalent three-point configuration.

4.4 The test geometry is chosen to limit out-of-plane shear deformations and avoid the type of short beam failure modes that are interrogated in Test Method D 2344/D 2344M.

5. Significance and Use

5.1 This test method determines the flexural properties (including strength, stiffness, and load/deflection behavior) of polymer matrix composite materials under the conditions defined. Procedure A is used for three-point loading and Procedure B is used for four-point loading. This test method was developed for optimum use with continuous-fiber-reinforced polymer matrix composites and differs in several respects from other flexure methods, including the use of a standard span-to-thickness ratio of 32:1 versus the 16:1 ratio used by Test Methods D 790 (a plastics-focused method covering three-point flexure) and D 6272 (a plastics-focused method covering four-point flexure).

5.2 This test method is intended to interrogate long-beam strength in contrast to the short-beam strength evaluated by Test Method D 2344/D 2344M.

5.3 Flexural properties determined by these procedures can be used for quality control and specification purposes, and may find design applications.

5.4 These procedures can be useful in the evaluation of multiple environmental conditions to determine which are design drivers and may require further testing.

5.5 These procedures may also be used to determine flexural properties of structures.

6. Interferences

6.1 Flexural properties may vary depending on which surface of the specimen is in compression, as no laminate is perfectly symmetric (even when full symmetry is intended); such differences will shift the neutral axis and will be further affected by even modest asymmetry in the laminate. Flexural properties may also vary with specimen thickness, conditioning and/or testing environments, and rate of straining. When evaluating several datasets these parameters should be equivalent for all data in the comparison.

6.2 For multidirectional laminates with a small or moderate number of laminae, flexural modulus and flexural strength may be affected by the ply-stacking sequence and will not necessarily correlate with extensional modulus, which is not stacking-sequence dependent.

6.3 The calculation of the flexural properties in Section 13 of this standard is based on beam theory, while the specimens in general may be described as plates. The differences may in some cases be significant, particularly for laminates containing a large number of plies in the 645° direction. The deviations from beam theory decrease with decreasing width.

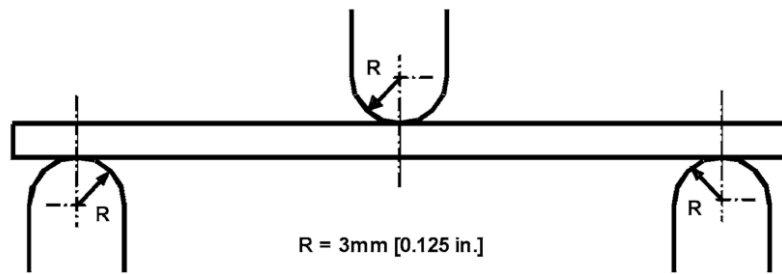
6.4 Loading noses may be fixed, rotatable or rolling. Typically, for testing composites, fixed or rotatable loading noses are used. The type of loading nose can affect results, since non-rolling paired supports on either the tension or compression side of the specimen introduce slight longitudinal forces and resisting moments on the beam, which superpose with the intended loading. The type of supports used is to be reported as described in Section 14. The loading noses should also uniformly contact the specimen across its width. Lack of

uniform contact can affect flexural properties by initiating damage by crushing and by non-uniformly loading the beam. Formulas used in this standard assume a uniform line loading at the specimen supports across the entire specimen width; deviations from this type of loading is beyond the scope of this standard.

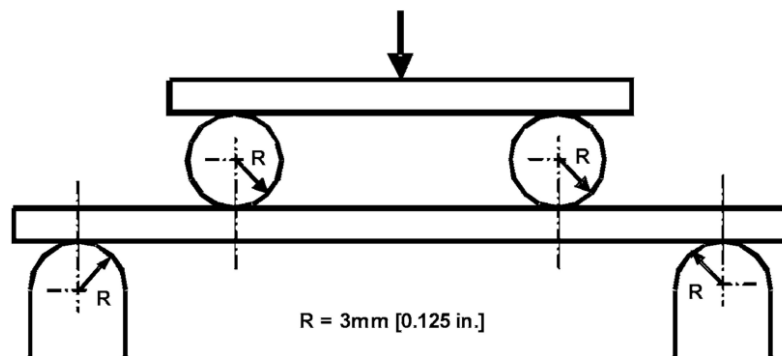
7. Apparatus

7.1 *Testing Machine*—Properly calibrated, which can be operated at a constant rate of crosshead motion, and in which the error in the force application system shall not exceed 61 % of the full scale. The force indicating mechanism shall be essentially free of inertia lag at the crosshead rate used. Inertia lag shall not exceed 1 % of the measured force. The accuracy of the testing machine shall be verified in accordance with Practices E 4.

7.2 *Loading Noses and Supports*—The loading noses and supports shall have cylindrical contact surfaces of radius 3.00 mm [0.125 in.] as shown in Fig. 3, with a hardness of 60 to 62 HRC, as specified in Test Methods E 18, and shall have finely



Three-Point Loading Configuration with Fixed Supports and Loading Nose



Four-Point Loading Configuration with Fixed Supports and Rolling Loading Noses

FIG. 3 Example Loading Nose and Supports for Procedures A (top) and B (bottom)

ground surfaces free of indentation and burrs with all sharp edges relieved. Loading noses and supports may be arranged in a fixed, rotatable or rolling arrangement. Typically, with composites, rotatable or fixed arrangements are used.

7.3 *Micrometers*—For width and thickness measurements the micrometers shall use a 4 to 7 mm [0.16 to 0.28 in.] nominal diameter ball-interface on an irregular surface such as the bag side of a laminate, and a flat anvil interface on machined edges or very smooth tooled surfaces. A micrometer or caliper with flat anvil faces shall be used to measure the length of the specimen. The accuracy of the instrument(s) shall be suitable for reading to within 1 % or better of the specimen dimensions. For typical section geometries, an instrument with an accuracy of 60.02 mm [60.001 in.] is desirable for thickness and width measurement, while an instrument with an accuracy of 60.1 mm [60.004 in.] is adequate for length measurement.

7.4 *Deflection Measurement*—Specimen deflection at the common center of the loading span shall be measured by a properly calibrated device having an accuracy of 61 % or better of the expected maximum displacement. The device shall automatically and continuously record the deflection during the test.

7.5 *Conditioning Chamber*—When conditioning materials at non-laboratory environments, a temperature/vapor-level controlled environmental conditioning chamber is required that shall be capable of maintaining the required temperature to within 61°C [62°F] and the required vapor level to within 63 % relative humidity, as outlined in Test Method D 5229/ D 5229M. Chamber conditions shall be monitored either on an automated continuous basis or on a manual basis at regular intervals.

7.6 *Environmental Test Chamber*—An environmental test chamber is required for test environments other than ambient testing laboratory conditions. This chamber shall be capable of maintaining the test specimen at the required temperature

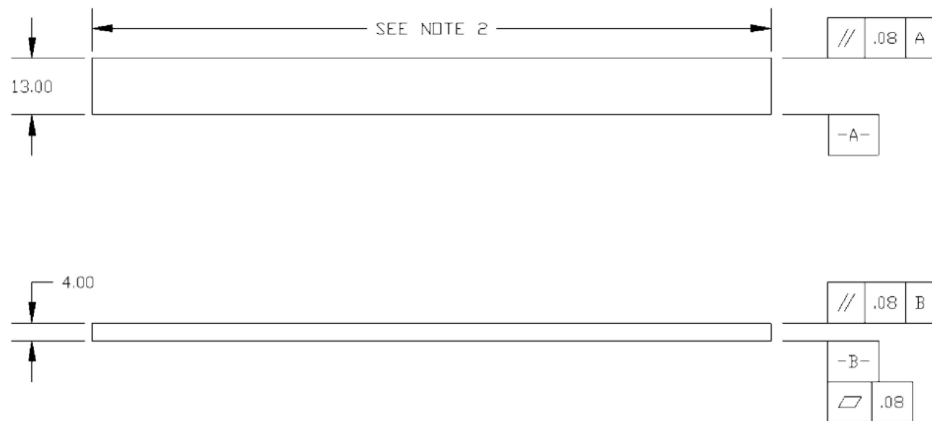
within 63°C [65°F] and the required vapor level to within 65 % relative humidity.

8. Test Specimens

8.1 *Specimen Preparation*—Guide D 5687/D 5687M provides recommended specimen preparation practices and should be followed when practical.

8.2 *Specimen Size* is chosen such that the flexural properties are determined accurately from the tests. For flexural strength, the standard support span-to-thickness ratio is chosen such that failure occurs at the outer surface of the specimens, due only to the bending moment (see Notes 2 and 3). The standard span-to-thickness ratio is 32:1, the standard specimen thickness is 4 mm [0.16 in.], and the standard specimen width is 13 mm [0.5 in.] with the specimen length being about 20 % longer than the support span. See Figs. 4 and 5 for a drawing of the standard test specimen in SI and inch-pound units, respectively. For fabric-reinforced textile composite materials, the width of the specimen shall be at least two unit cells, as defined in Guide D 6856. If the standard specimen thickness cannot be obtained in a given material system, an alternate specimen thickness shall be used while maintaining the support span-to-thickness ratio [32:1] and specimen width. Optional support span-to-thickness ratios of 16:1, 20:1, 40:1, and 60:1 may also be used provided it is so noted in the report. Also, the data obtained from a test using one support span-to-thickness ratio may not be compared with the data from another test using a different support span-to-thickness ratio.

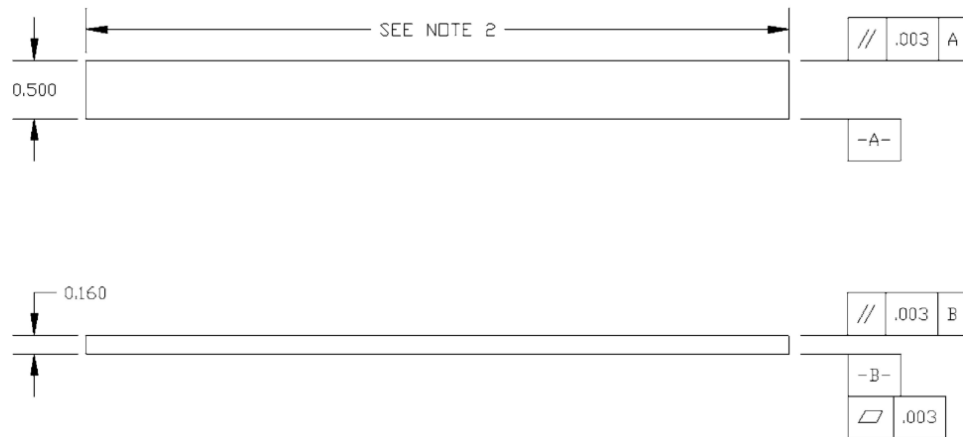
8.2.1 Shear deformations can significantly reduce the apparent modulus of highly orthotropic laminates when they are tested at low support span-to-thickness ratios. For this reason, a high support span-to-thickness ratio is recommended for flexural modulus determinations. In some cases, separate sets of specimens may have to be used for modulus and strength determination.



NOTE 1—Drawing interpretation per ANSI Y14.5-1999 and ANSI B46.1-1995.

NOTE 2—See 8.2 and 11.3 of this test standard for the required values of span and overall length.

FIG. 4 Standard Flexural Test Specimen Drawing (SI)



NOTE 1—Drawing interpretation per ANSI Y14.5-1999 and ANSI B46.1-1995.

NOTE 2—See 8.2 and 11.3 of this test standard for the required values of span and overall length.

FIG. 5 Standard Flexural Test Specimen Drawing (Inch-Pound)

NOTE 2—A support span-to-thickness ratio of less than 32:1 may be acceptable for obtaining the desired flexural failure mode when the ratio of the lower of the compressive and tensile strength to out-of-plane shear strength is less than 8, but the support span-to-thickness ratio must be increased for composite laminates having relatively low out-of-plane shear strength and relatively high in-plane tensile or compressive strength parallel to the support span.

NOTE 3—While laminate stacking sequence is not limited by this test method, significant deviations from a lay-up of nominal balance and symmetry may induce unusual test behaviors and a shift in the neutral axis.

9. Number of Test Specimens

9.1 Test at least five specimens per test condition unless valid results can be gained through the use of fewer specimens, such as in the case of a designed experiment. For statistically significant data the procedures outlined in Practice E 122 should be consulted. Report the method of sampling.

10. Conditioning

10.1 The recommended pre-test specimen condition is effective moisture equilibrium at a specific relative humidity as established by Test Method D 5229/D5229M; however, if the test requester does not explicitly specify a pre-test conditioning environment, conditioning is not required and the test specimens may be tested as prepared.

NOTE 4—The term *moisture*, as used in Test Method D 5229/D5229M, includes not only the vapor of a liquid and its condensate, but the liquid itself in large quantities, as for immersion.

10.2 The pre-test specimen conditioning process, to include specified environmental exposure levels and resulting moisture content, shall be reported with the data.

10.3 If there is no explicit conditioning process, the conditioning process shall be reported as “unconditioned” and the moisture content as “unknown.”

11. Procedure

11.1 Condition the specimens as required. Store the specimens in the conditioned environment until test time.

11.2 Following final specimen machining and any conditioning but before testing, measure and record the specimen width and thickness at the specimen mid-section, and the specimen length, to the specified accuracy.

11.3 Measure the span accurately to the nearest 0.1 mm [0.004 in.] for spans less than 63 mm [2.5 in.] and the nearest 0.3 mm [0.012 in.] for spans greater than or equal to 63 mm [2.5 in.]. Use the measured span for all calculations. See Annex A1 for information on the determination of and setting of the span.

11.4 *Speed of Testing*—Set the speed of testing at a rate of crosshead movement of 1.0 mm/min [0.05 in./min] for a specimen with standard dimensions. For specimens with dimensions that vary greatly from the standard dimensions, a crosshead rate that will give a similar rate of straining at the outer surface can be obtained via the method outlined in Test Methods D 790 for Procedure A and Test Method D 6272 for Procedure B.

11.5 Align the loading nose(s) and supports so that the axes of the cylindrical surfaces are parallel. For Procedure A, the loading nose shall be midway between the supports. For Procedure B, the load span shall be one-half of the support span and symmetrically placed between the supports. The parallelism may be checked by means of plates with parallel grooves into which the loading nose(s) and supports will fit when properly aligned. Center the specimen on the supports, with the long axis of the specimen perpendicular to the loading noses and supports. See Annex A1 for setting and measuring span.

11.6 Apply the force to the specimen at the specified crosshead rate. Measure and record force-deflection data at a

rate such that a minimum of 50 data points comprise the force deflection curve. (A higher sampling rate may be required to properly capture any nonlinearities or progressive failure of the specimen.) Measure deflection by a transducer under the specimen in contact with it at the center of the support span, the transducer being mounted stationary relative to the specimen supports. Do not use the measurement of the motion of the loading nose relative to the supports as this will not take into account the rotation of the specimen about the load and support noses, nor account for the compliance in the loading nose or crosshead.

11.7 *Failure Modes*—To obtain valid flexural strength, it is necessary that the specimen failure occurs on either one of its outer surfaces, without a preceding interlaminar shear failure or a crushing failure under a support or loading nose. Failure on the tension surface may be a crack while that on the compression surface may be local buckling. Buckling may be manifested as fiber micro-buckling or ply-level buckling. Ply-level buckling may result in, or be preceded by delamination of the outer ply.

11.7.1 *Failure Identification Codes*—Record the mode, area, and location of failure for each specimen. Choose a standard failure identification code based on the three-part code shown in Fig. 6. A multimode failure can be described by including each of the appropriate failure-mode codes between the parentheses of the M failure mode.

12. Validation

12.1 Values for properties at failure shall not be calculated for any specimen that breaks at some obvious, fortuitous flaw, unless such flaws constitute a variable being studied. Specimens that fail in an unacceptable failure mode shall not be included in the flexural property calculations. Retests shall be made for any specimen for which values are not calculated. If a significant fraction (>50 %) of the specimens fail in an unacceptable failure mode then the span-to-thickness ratio (for excessive shear failures) or the loading nose diameter (crushing under the loading nose) should be reexamined.

13. Calculation

NOTE 5—In determination of the calculated value of some of the properties listed in this section it is necessary to determine if the toe compensation (see Annex A2) adjustment must be made. This toe compensation correction shall be made only when it has been shown that the toe region of the curve is due to take up of the slack, alignment, or seating of the specimen and is not an authentic material response.

13.1 *Maximum Flexural Stress, Procedure A*—When a beam of homogenous, elastic material is tested in flexure as a

beam simply supported at two points and loaded at the midpoint, the maximum stress at the outer surface occurs at mid-span. The stress may be calculated for any point on the load-deflection curve by the following equation (Note 6):

$$s = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1)$$

where:

- s = stress at the outer surface at mid-span, MPa [psi],
- P = applied force, N [lbf],
- L = support span, mm [in.],
- b = width of beam, mm [in.], and
- h = thickness of beam, mm [in.].

NOTE 6—Eq 1 applies strictly to materials for which the stress is linearly proportional to strain up to the point of rupture and for which the strains are small. Since this is not always the case, a slight error will be introduced in the use of this equation. The equation will however, be valid for comparison data and specification values up to the maximum fiber strain of 2 % for specimens tested by the procedure herein described. It should be noted that the maximum ply stress may not occur at the outer surface of a multidirectional laminate.⁴ Laminated beam theory must be applied to determine the maximum tensile stress at failure. Thus, Eq 1 yields an apparent strength based on homogeneous beam theory. This apparent strength is highly dependent on the ply-stacking sequence for multidirectional laminates.

13.2 *Maximum Flexural Stress, Procedure B*—When a beam of homogeneous, elastic material is tested in flexure as a beam simply supported at two outer points and loaded at two central points separated by a distance equal to ½ the support span and at equal distance from the adjacent support point, the maximum stress at the outer surface occurs between the two central loading points that define the load span (Fig. 2). The stress may be calculated for any point on the load-deflection curve by the following equation (Note 7):

$$s = \frac{3PL}{4bh^2} \quad (2)$$

where:

- s = stress at the outer surface in the load span region, MPa [psi],
- P = applied force, N [lbf],
- L = support span, mm [in.],
- b = width of beam, mm [in.], and

⁴ For the theoretical details, see Whitney, J. M., Browning, C. E., and Mair, A., "Analysis of the Flexure Test for Laminated Composite Materials," *Composite Materials: Testing and Design (Third Conference)*, ASTM STP 546, 1974, pp. 30-45.

First Character		Second Character		Third Character	
Failure Mode	Code	Failure Area	Code	Failure Location	Code
Tension	T	At loading nose	A	Top	T
Compression	C	Between loading noses	B	Bottom	B
Buckling	B	at Support nose	S	Left	L
interlaminar Shear	S	between Load and support nose	L	Right	R
Multi-mode	M(xyz)	Unknown	U	Middle	M
Other	O			Various	V
				Unknown	U

FIG. 6 Flexure Test Specimen Three-Part Failure Identification Code

h = thickness of beam, mm [in.].

NOTE 7—The limitations defined for Eq 1 in Note 6 apply also to Eq 2.

13.3 *Flexural Strength*—The flexural strength is equal to the maximum stress at the outer surface corresponding to the peak applied force prior to failure. (For multidirectional laminates, see Note 6). It is calculated in accordance with Eq 1 and 2 by letting P equal the peak applied force.

13.4 *Flexural Stress at a Given Strain*—The maximum flexural stress at any given strain may be calculated in accordance with Eq 1 and 2 by letting P equal the applied force read from the force-deflection curve at the deflection corresponding to the desired strain (for multidirectional laminates, see Note 6). Equations for calculating strains from the measured deflection are given in 13.5 and 13.6.

13.5 *Maximum Strain, Procedure A*—The maximum strain at the outer surface also occurs at mid-span, and it may be calculated as follows:

$$E_f \text{ secant} = \frac{6dh}{L^2 e^2} \quad (3)$$

where:

- e = maximum strain at the outer surface, mm/mm [in./in.],
- d = mid-span deflection, mm [in.],
- L = support span, mm [in.], and
- h = thickness of beam, mm [in.].

13.6 *Maximum Strain, Procedure B*—The maximum strain at the outer surface also occurs at mid-span, and it may be calculated as follows:

$$e = \frac{4.36dh}{L^2} \quad (4)$$

where:

- d = mid-span deflection, mm [in.],
- e = maximum strain at the outer surface, mm/mm [in./in.],
- L = support span, mm [in.], and
- h = thickness of beam, mm [in.].

13.7 *Flexural Modulus of Elasticity*:

chord modulus of elasticity is the ratio of stress range and corresponding strain range. For calculation of flexural chord

point of 0.001 and an end point 0.003. If the data is not modulus, the recommended strain range is 0.002 with a start

available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use the closest available data point. Calculate the flexural chord modulus of elasticity from the stress-strain data using Eq 5 (for multidirectional or highly orthotropic composites, see Note 8).

$$E_f \text{ chord} = \frac{Ds}{De} \quad (5)$$

where:

- $E_f \text{ chord}$ = flexural chord modulus of elasticity, MPa [psi],

13.7.1.1 Report the chord modulus of elasticity in MPa [psi] for the strain range 0.001 to 0.003. If a different strain range is used in the calculations, also report the strain range used.

NOTE 8—Shear deformation can seriously reduce the apparent flexural modulus of highly orthotropic laminates when they are tested at low span-to-thickness ratios.⁵ For this reason, a high span-to-thickness ratio is recommended for flexural modulus determinations. In some cases, separate sets of specimens may have to be used for modulus and strength determination.

13.7.2 *Flexural Secant Modulus of Elasticity*—The flexural secant modulus of elasticity is the ratio of stress to corresponding strain at any given point on the stress-strain curve. The flexural secant modulus is same as the flexural chord modulus in which the initial strain point is zero. It shall be expressed in MPa [psi]. It is calculated as follows (for multidirectional or highly orthotropic composites, see Note 8):

13.7.2.1 *For Procedure A*:

$$E_f \text{ secant} = \frac{Lm}{4bh^3} E_f \quad (6)$$

where:

- $E_f \text{ secant}$ = flexural secant modulus of elasticity, MPa [psi],
- L = support span, mm [in.],
- b = width of beam, mm [in.],
- h = thickness of beam, mm [in.] and
- m = slope of the secant of the force-deflection curve.

13.7.2.2 *For Procedure B*:

$$E_f \text{ secant} = \frac{0.17Lm}{bh^3} \quad (7)$$

where $E_f \text{ secant}$, m , L , b , and h are the same as for Eq 6.

13.7.3 Chord modulus of elasticity shall be reported although other definitions of moduli may also be used. However, when other definitions of moduli are used, it should be clearly indicated in the report.

13.8 *Statistics*—For each series of tests calculate the average value, standard deviation, and coefficient of variation for each property determined:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (8)$$

$$s_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2}{n-1}}$$

where:

- \bar{x} = average value or sample mean,
- x_i = value of single measured or derived property,
- n = number of specimens,
- s_{n-1} = estimated standard deviation,
- CV = coefficient of variation in percentage.

Ds = difference in flexural stress between the two selected strain points, MPa [psi], and
De = difference between the two selected strain points (nominally 0.002).

⁵ For discussion of these effects, see Zweben C., Smith, W. S., and Wardle, M. W., "Test Methods for Fiber Tensile Strength, Composite Flexural Modulus, and Properties of Fabric-Reinforced Laminates," *Composite Materials: Testing and Design (Fifth Conference)*, ASTM STP 674, 1979, pp. 228-262.

14. Report

14.1 The information reported for this test method includes material identification and mechanical testing data. These data shall be reported in accordance with Guides E 1309 and E 1471. At a minimum, the following should be reported:

14.1.1 The revision level or date of issue of the test method used.

14.1.2 The date(s) and location(s) of the testing.

14.1.3 The name(s) of the test operator(s).

14.1.4 The test Procedure used (A or B).

14.1.5 Any variations to this test method, anomalies noticed during testing, or equipment problems occurring during testing.

14.1.6 Identification of the material tested including: material specification, material type, material designation, manufacturer's lot or batch number, source (if not from the manufacturer), date of certification, expiration of certification, filament diameter, tow or yarn filament count and twist, sizing, form or weave, fiber areal weight, matrix type, prepreg matrix content, and prepreg volatiles content.

14.1.7 Description of the fabrication steps used to prepare the laminate including: fabrication start date, fabrication end date, process specification, cure cycle, consolidation method, and a description of the equipment used.

14.1.8 Ply orientation stacking sequence of the laminate.

14.1.9 If requested, report density, reinforcement volume fraction, and void content test methods, specimen sampling method and geometries, test parameters, and test data.

14.1.10 Average ply thickness of the material.

14.1.11 Results of any nondestructive evaluation tests.

14.1.12 Method of preparing the test specimens, including specimen labeling scheme and method, specimen geometry, sampling method, and specimen cutting method.

14.1.13 Calibration dates and methods for all measurement and test equipment.

14.1.14 Type of test machine, grips, jaws, alignment data, and data acquisition sampling rate and equipment type.

14.1.15 Dimensions of each specimen to at least three significant figures, including specimen width, thickness, and overall length.

14.1.16 Conditioning parameters and results, and the procedure used if other than that specified in this test method.

14.1.17 Relative humidity and temperature of the testing laboratory.

14.1.18 Environment of the test machine environmental chamber (if used) and soak time at environment.

14.1.19 Number of specimens tested.

14.1.20 Load-span length, support-span length, and support span-to-thickness ratio.

14.1.21 Loading and support nose type and dimensions.

14.1.22 Speed of testing.

14.1.23 Transducer placement on the specimen, transducer type, and calibration data for each transducer used.

14.1.24 Force-deflection curves for each specimen. Note method and offset value if toe compensation was applied to force-deflection curve.

14.1.25 Tabulated data of flexural stress versus strain for each specimen.

14.1.26 Individual flexural strengths and average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population. Note if the failure load was less than the maximum load prior to failure.

14.1.27 Individual strains at failure and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.28 Strain range used for the flexural chord modulus of elasticity determination.

14.1.29 Individual values of flexural chord modulus of elasticity, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.30 If an alternate definition of flexural modulus of elasticity is used in addition to chord modulus, describe the method used, the resulting correlation coefficient (if applicable), and the strain range used for the evaluation.

14.1.31 Individual values of the alternate (see above) flexural modulus of elasticity, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.32 Individual maximum flexural stresses, and the average, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) values for the population. Note any test in which the failure load was less than the maximum load before failure.

14.1.33 For flexural modulus only tests: maximum load applied, strain at maximum applied load, and calculated flexural modulus of elasticity (E_f).

14.1.34 Individual maximum flexural strains and the average, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) values for the population. Note any test that was truncated to 2 % strain.

14.1.35 Failure mode and location of failure for each specimen.

15. Precision and Bias

15.1 *Precision*—The data required for the development of precision is not currently available for this test method.

15.2 *Bias*—Bias cannot be determined for this test method as no acceptable reference standard exists.

16. Keywords

16.1 fiber-reinforced composites; flexural properties; stiffness; strength

ANEXO 3: Propiedades de la resina poliéster

REICHOLD

[BOLETÍN TÉCNICO]

Noviembre, 2010

Serie PolyLite® 33200 Resina Poliéster Química especial

DESCRIPCION

PolyLite® 33200 comprende una serie de resinas resina poliéster no saturadas, modificadas con un sistema polimérico especial. Estas resinas son rígidas, tixotrópicas, de reactividad y viscosidad medias y están preaceleradas, para gelado y curado a temperatura ambiente con la adición de Peróxido de Metil Etil Cetona al 50%. PolyLite 33200-25 es recomendada para trabajar en lugares de altas temperaturas ambientales.

APLICACIONES SUGERIDAS

- Fabricación de partes automotrices de plástico reforzado con fibra de vidrio.
- Fabricación de embarcaciones marinas.
- Aplicación con pistola de aspersión, o por moldeo manual (picado).
- En general, fabricación de partes reforzadas con fibra de vidrio.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES

- Excelente humectación de la fibra de vidrio.
- Excelente resistencia hidrolítica
- Muy buena aceptación de cargas minerales.
- Exotermia moderada
- Sin pegajosidad (tack) residual, con muy buena adherencia entre laminados
- Resistencia superior en temperaturas moderadamente altas comparada contra resinas convencionales de usos generales
- Se obtienen laminados con muy buen acabado superficial, minimizando el fotografiado de la fibra de vidrio sobre el gel coat.
- Rápidos ciclos de curado.
- Cumple la norma FMVSS 302 de inflamabilidad para vehículos y autobuses de pasajeros.

Nota: Esta resina es tixotrópica por lo que se recomienda su agitación antes de usarla.

La información adjunta es para soportar a nuestros clientes y definir si nuestros productos son los apropiados para sus aplicaciones. Nuestros productos tienen el propósito de venta en clientes industriales y comerciales. Solicitamos a nuestros clientes que inspeccionen y prueben nuestros productos antes de definir la conveniencia de su uso. Garantizamos que todos nuestros productos cumplen con nuestras especificaciones. **Nada de lo que se encuentra aquí constituye una garantía expresa o implícita, incluyendo cualquier garantía comercial o convenida.** Todos los derechos de patente están registrados. La reparación exclusiva de todas las posibles reclamaciones, será la reposición de nuestros productos y en ningún momento será motivo de aceptación de daños especiales, incidentales o consecuenciales.

Reichhold México - Boulevard Arturo Montiel Rojas no. 10006 Parque Industrial Atlacomulco, CP 50458 Atlacomulco Estado de México

PROPIEDADES

PROPIEDADES TÍPICAS DE RESINA LIQUIDA @ 25°C

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

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

* 100 g de resina + 1 ml de MEKP (Butanox M-50) @ 25°C

PROPIEDADES FISICAS TÍPICAS

Vaciado sin carga ni refuerzo (clear casting)

Propiedades	Unidades	Valor Típico	Métodos
Dureza Barcol	s/u	40	ASTM D 2583-95
HDT (Heat Distortion Temperature)	°C	73.5	ASTM D 648-01
Absorción de agua			
2 hrs @ 100°C	%	0.9142	ASTM D 570-98
24 hrs @ 23°C	%	0.1770	
Resistencia a la flexión	Psi	12,097.9	ASTM D 790-00
Módulo de flexión	kPsi	587.2	ASTM D 790-00
Resistencia a la tensión	Psi	5,654.7	ASTM D 638-01
Módulo de tensión	kPsi	501.9	ASTM D 638-01
Elongación hasta ruptura	%	1.2	ASTM D 638-01

Laminado reforzado con fibra de vidrio¹⁾

Propiedades	Unidades	Valor Típico	Métodos
Dureza Barcol	s/u	55 - 60	ASTM D 2583-95
Absorción de agua			
2 hrs @ 100°C	%	0.5325	ASTM D 570-98
24 hrs @ 23°C	%	0.1341	
Resistencia a la tensión	Psi	14,700.0	ASTM D 638-01
Módulo de tensión	kPsi	1,323.7	ASTM D 638-01
Resistencia a la flexión	Psi	28,909.5	ASTM D 790-00
Módulo de flexión	kPsi	1,295.4	ASTM D 790-00
Resistencia la compresión	Psi	18,236.8	ASTM D 695-96
Módulo de compresión	kPsi	1,066.0	ASTM D 695-96
Elongación hasta ruptura	%	1.7	ASTM D 638-01
Resistencia al Impacto (Izod Tipo "A")	ft-lb/in	12.3	ASTM D 256-00
Tipo de falla: Completa (100% del total)			
Resistencia al impacto (Izod tipo "E")			ASTM D 256-00
Tipo de falla: Completa (10% del total)	ft-lb/in	16.146	
Tipo de falla: Parcial (90% del total)		14.900	

1) Construcción del laminado: relación resina/fibra de vidrio: 70/30 (% peso).

CONDICIONES DE CURADO

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

ALMACENAMIENTO

Para asegurar una máxima estabilidad y mantener las propiedades óptimas de la resina PolyLite® 33200, ésta deberá ser almacenada en tambores cerrados, manteniéndolos por abajo de los 25°C (77°F), lejos de fuentes de calor y luz solar. Todo almacén deberá cumplir con los códigos locales de incendios y construcciones. Los tambores en existencia deberán ser almacenados lejos de toda fuente de flama y combustión. Los niveles de inventario deberán guardar un mínimo razonable, con una política de inventarios de primeras entradas - primeras salidas.

PRESENTACION

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

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

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

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

INFORMACION GENERAL

Para información especial sobre esta resina le recomendamos ponerse en contacto con nuestros representantes técnicos o llamar a nuestro departamento de Soporte Técnico al tel. (01 712) 122 95 20 en Atlacomulco, Edo. de México.

ANEXO 4: Propiedades de la fibra de carbono tejido plain (plano)

Tipo de producto: Tela de la fibra del carbón	Tipo de la fuente: fabricar en orden	Material: fibra del carbón
Estilo: Tejido twill	Característica: Abrasión-Resistente, Calor-Aislamiento	Uso: Industria
Peso: 463-gsm	Espesor: 0.254mm	Lugar del origen: China (Continental)
Marca: suretex	Número de Modelo: cah120	el tipo de hilados: De carbono 3k remolque/1500d kevlar
la densidad: $1750 \frac{1''}{1''}$	longitud de rodillo: 100m	hilado de la marca: Hilo chino/tairyfil/toho/toray/hexcel

Paquete

Paquete: caja de cartón

Especificaciones

Tela de carbono de alta resistencia, resistencia a la corrosión, buena conductividad, de alta temperatura y alta resolución.

Tela de carbono introducción:

Por tejido de fibra de carbono que puede proporcionar un alto rendimiento de carbono. De fibra de carbono disponibles: 3k, 6k la especificación se puede hacer por la demanda del cliente

Parámetro de la técnica:

unidad de peso (gramo/metro cuadrado)	patrón de la armadura	el tipo de hilados la urdimbre la trama	Cuenta del hilado(extremos/cm) la urdimbre la trama	de espesor (mm)	de ancho (mm)
149	llanura	3k 1000	5.5 5	0.27	1000
165	llanura	3k 1000	6 6	0.30	1000
193	llanura	3k 1000	6 7	0.34	1000
193	llanura	3k 1500	5.5 5.5	0.30	1000
193	llanura	1500 3k	5.5 5.5	0.30	1000
149	sarga	3k 1000	5.5 5	0.27	1000
155	sarga	3k 1000	6 6	0.30	1000
193	sarga	3k 1000	6 7	0.34	1000
193	sarga	3k 1500	5.5 5.5		1000
193	sarga	1500 3k	5.5 5.5		0.30

ANEXO 5: Propiedades de la fibra de carbono tejido twill (cruzado)



HexTow® Carbon Fiber Selector Guide

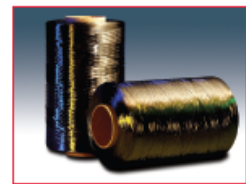
HexTow® carbon fiber from Hexcel is produced in a continuous operation in which the polyacrylonitrile precursor undergoes a series of precisely controlled processes. Exposure to extremely high temperatures chemically changes the precursor, yielding high strength-to-weight and high stiffness-to-weight properties through oxidation and carbonization. The successive surface treatment and sizing stages improve bonding and handleability. The resulting carbon fiber is stronger than steel, lighter than aluminum and as stiff as titanium. It can be supplied in two basic forms: Continuous Fiber and Chopped Fiber.

HEXCEL STRENGTHS

- Vast aerospace database
 - Extensive military, space and commercial aerospace qualifications
- More than 40 years of carbon fiber manufacturing experience
 - U.S. precursor
- Technology development capability
- Customer technical support

CONTINUOUS FIBER

Continuous fiber can be combined with virtually all the thermoset and thermoplastic resin systems. They are used for weaving, braiding, filament winding applications, uni-directional tapes and prepreg tow for fiber placement.

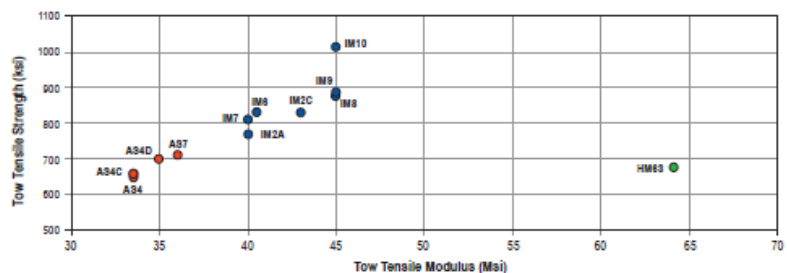


Typical Product Data

Fiber Type	Number of Filaments	Tensile Strength		Tensile Modulus*		Strain** (%)	Weight/Length (g/m)	Density (g/cm³)	Standard Spool Size (lb)
		(ksi)	(MPa)	(Msi)	(GPa)				
AS4	3000	670	4619	33.5	231	1.8	0.210	1.79	4
	6000	640	4413	33.5	231	1.7	0.427	1.79	4
	12000	640	4413	33.5	231	1.7	0.858	1.79	8
AS4C	3000	675	4654	33.5	231	1.8	0.200	1.78	4
	6000	645	4447	33.5	231	1.7	0.400	1.78	4
	12000	650	4482	33.5	231	1.8	0.800	1.78	8
AS4D	12000	700	4826	35.0	241	1.8	0.765	1.79	8
AS7	12000	710	4895	36.0	248	1.7	0.800	1.79	8
IM2A	12000	770	5309	40.0	276	1.7	0.446	1.78	4
IM2C	12000	830	5723	43.0	296	1.8	0.446	1.78	7.5
IM6	12000	830	5723	40.5	279	1.9	0.446	1.76	4
IM7	6000	800	5516	40.0	276	1.9	0.223	1.78	4
	12000	820	5654	40.0	276	1.9	0.446	1.78	4
IM8	12000	880	6067	45.0	310	1.8	0.446	1.78	4
IM9	12000	890	6136	44.0	303	1.9	0.335	1.80	2
IM10	12000	1010	6964	45.0	310	2.0	0.324	1.79	2
HM63	12000	680	4688	64.0	441	1.0	0.418	1.83	3

* Tensile Modulus Calculated as Chord (8000 - 1000) ** Strain at Failure

Strength vs Modulus



ANEXO 6: Informe técnico de los ensayos (tracción-flexión) del material compuesto de matriz poliéster y fibra de carbono



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE NUEVOS MATERIALES

Análisis, procesamiento y evaluación de materiales



INFORME TÉCNICO
LANUM-NOV.20

Quito, 20 de noviembre de 2015

ORDEN DE TRABAJO: 00002861

Trabajo solicitado por: Sr. Mauricio Carrasco
Universidad Técnica de Ambato

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos de caracterización mecánica de cuatro tipos de muestras de material compuesto de matriz resina poliéster reforzada con fibra de carbono.

MUESTRAS

Cuatro grupos de 6 muestras cada uno fueron entregados por la persona solicitante en el Laboratorio de Nuevos Materiales de la Escuela Politécnica Nacional. La denominación establecida por la persona solicitante para cada grupo de muestras es:

- Compresión Twill
- Compresión Plain
- Ambiente Twill
- Ambiente Plain

EQUIPOS UTILIZADOS

- Máquina universal de ensayos Tinius Olsen modelo H25K-S; capacidad máxima 25 kN; precisión utilizada: 1N; 0,01 MPa.
- Calibrador de vernier Mitutoyo modelo Absolute Digimatic (12"/300 mm) con una apreciación de 0,01 mm
- Micrómetro Mitutoyo modelo M110-25 con una apreciación de 0,01 mm
- Máquina universal de ensayos Tinius Olsen modelo Súper L 120; capacidad máxima 600 kN; precisión utilizada: 1 N; 0,01 MPa

VHG



1. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN MECÁNICA

1.1. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN SEGÚN LA NORMA ASTM D3039-10

Condiciones de ensayo según la norma ASTM D3039-10

- Número de muestras: Al menos 5 especímenes
- Velocidad de ensayo: 2 mm/min
- El extensómetro debe ser colocado con una separación de 50 mm entre marcas
- Ancho nominal de las muestras: 25 mm
- Espesor nominal de las muestras: 2 mm

En la Fig. 1 se ilustra el ensayo de tracción realizado a las probetas de resina poliéster reforzada con fibra de carbono.

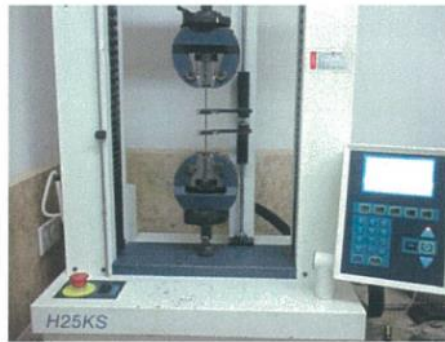


Figura 1. Ensayo de tracción realizado en una muestra de material compuesto.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los resultados de los ensayos de tracción realizados en las probetas identificadas como "Ambiente Plain"

Tabla 1. Ensayo de tracción según ASTM D3039-10 para las muestras identificadas como "Ambiente Plain"

ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D3039-10							
Muestra No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (MPa)	Módulo tangente (MPa)	Deformación a la rotura (%)
1	24,50	1,62	39,69	13000	326,00	53100	0,594
2	24,50	1,58	38,71	11700	304,00	51700	0,707
3	24,80	1,67	41,42	12400	299,00	54900	0,642
4	25,10	1,61	40,41	11800	293,00	53800	0,525
5	24,60	1,63	40,10	13000	324,00	44000	0,521
6	24,80	1,57	38,94	12100	311,00	49000	0,723
		Promedio	\bar{x}	12333	309,50	51083	0,619
		Desviación estándar	S_{n-1}	572	13,40	4023	0,087
		Coefficiente de variación	CV	4,63	8	14,120	





Figura 2. Probetas identificadas como " Ambiente Plain " después de los ensayos de tracción.

En la tabla 2 se presentan los resultados de los ensayos de tracción realizados en las probetas identificadas como "Compresión Twill "

Tabla 2. Ensayo de tracción según ASTM D3039-10 para las muestras identificadas como "Compresión Twill"

ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D3039-10							
Muestra No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (MPa)	Módulo tangente (MPa)	Deformación a la rotura (%)
1	24,58	1,53	37,61	9441	251,05	-	1,309
2	25,40	1,55	39,37	10720	272,29	-	0,268
3	24,87	1,54	38,30	16576	432,80	-	0,272
4	25,11	1,54	38,67	15060	389,46	-	1,012
5	25,70	1,49	38,29	11751	306,87	-	0,308
6	24,38	1,53	37,30	16182	433,82	-	0,462
		Promedio	\bar{x}	13288	347,71	-	0,605
		Desviación estándar	S_{n-1}	3036	81,36	-	0,446
		Coefficiente de variación	CV	23	23,40	-	73,691

Nota: El ensayo de tracción para las probetas identificadas como "Compresión Twill" no pudo ser realizado en la máquina de ensayos Tinius Olsen H25KS debido a que las muestras se deslizaban de las mordazas. Por este motivo se realizaron las pruebas en una máquina de ensayos Tinius Olsen Super L 120 que no cuenta con un sistema de registro por lo que no se pudo determinar el módulo de elasticidad.

En la figura 3 se pueden observar las condiciones de las probetas identificadas como "Compresión Twill" después de los ensayos de tracción.



Figura 3. Probetas identificadas como "Compresión Twill" después de los ensayos de tracción.

En la tabla 3 se presentan los resultados de los ensayos de tracción realizados en las probetas identificadas como "Compresión Plain"

Tabla 3. Ensayo de tracción según ASTM D3039-10 para las muestras identificadas como "Compresión Plain"

ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D3039-10							
Muestra No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (MPa)	Módulo tangente (MPa)	Deformación a la rotura (%)
1	25,20	1,62	40,82	15800	385,00	67700	0,580
2	25,10	1,56	39,16	14700	374,00	66000	0,479
3	24,50	1,58	38,71	11000	285,00	98800	0,326
4	25,70	1,65	42,41	16800	397,00	55700	0,758
5	24,90	1,69	42,08	15200	360,00	65000	0,621
6	26,60	1,56	41,50	14100	340,00	41100	0,734
		Promedio	\bar{x}	14600	356,83	65717	0,583
		Desviación estándar	S_{n-1}	1993	40,39	19002	0,162
		Coefficiente de variación	CV	14	11,32	29	27,843





Figura 4. Probetas identificadas como "Compresión Plain" Después de los ensayos de tracción.

En la tabla 4 se presentan los resultados de los ensayos de tracción realizados en las probetas identificadas como "Ambiente Twill "

Tabla 4. Ensayo de tracción según ASTM D3039-10 para las muestras identificadas como "Ambiente Twill "

ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D3039-10							
Muestra No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (MPa)	Módulo tangente (MPa)	Deformación a la rotura (%)
1	24,90	2,12	52,79	16100	305,00	68900	0,433
2	25,20	2,15	54,18	17800	328,00	64300	0,468
3	24,60	2,32	57,07	17800	313,00	61100	0,517
4	24,40	2,26	55,14	16600	301,00	56500	0,566
5	25,50	2,13	54,32	17900	330,00	84700	0,398
6	23,80	2,20	52,36	17100	326,00	67400	0,561
		Promedio	\bar{x}	17217	317,17	67150	0,491
		Desviación estándar	S_{n-1}	747	12,54	9688	0,069
		Coefficiente de variación	CV	4	3,96	14	14,049

En la figura 5 se pueden observar las condiciones de las probetas identificadas como "Ambiente Twill " después de los ensayos de tracción.





Figura 5. Probetas identificadas como "Ambiente Twill " después de los ensayos de tracción.

1.2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN SEGÚN LA NORMA ASTM D7264-15

Condiciones de ensayo según la norma ASTM D7264-15

- Número de muestras: Al menos 5 especímenes
- Velocidad de ensayo: 1 mm/min
- Método: Flexión por tres puntos
- La relación espesor distancia entre apoyos que se considera es 1:32
- Ancho nominal de las muestras: 13 mm
- Espesor nominal de las muestras: 2 mm

En la Fig. 6 se ilustra el ensayo de flexión realizado a las probetas de resina poliéster reforzada con fibra de carbono.



Figura 6. Ensayos de flexión realizados siguiendo los parámetros de la norma ASTM D7264-15.

RESULTADOS

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de flexión realizados en las probetas identificadas como " Ambiente Plain "

Tabla 5. Ensayo de flexión según ASTM D7264-07 para las muestras identificadas como " Ambiente Plain "

ENSAYO DE FLEXIÓN ASTM D7264-07							
Muestra No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (MPa)	Módulo tangente (MPa)	Deformación máxima (%)
1	13,31	1,57	20,90	54,17	124,87	35000	0,473
2	13,27	1,57	20,83	56,67	130,61	31100	0,578
3	13,13	1,61	21,14	47,50	105,22	33200	0,891
4	12,85	1,57	20,17	54,17	129,75	34700	0,758
5	13,10	1,59	20,83	56,67	130,64	31500	1,010
6	13,46	1,63	21,94	55,83	119,93	26900	0,644
	Promedio	\bar{x}		54,17	123,50	32067	0,726
	Desviación estándar	S_{n-1}		3,46	9,89	2992	0,201
	Coficiente de variación	CV		6,38	8,01	9	27,667

En la figura 7 se pueden observar las condiciones de las probetas identificadas como " Ambiente Plain " después de los ensayos de flexión.



Figura 7. Probetas identificadas como " Ambiente Plain " después de los ensayos de flexión.

En la Tabla 6 se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de flexión realizados en las probetas identificadas como "Compresión Twill "

VH

Tabla 6. Ensayo de flexión según ASTM D7264-07 para las muestras identificadas como "Compresión Twill"

ENSAYO DE FLEXIÓN ASTM D7264-07							
Muestra No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (MPa)	Módulo tangente (MPa)	Deformación máxima (%)
1	12,85	1,55	19,92	71,67	173,14	33000	0,550
2	13,01	1,54	20,04	86,67	207,71	34400	0,630
3	13,68	1,51	20,66	87,16	203,28	40800	0,513
4	13,69	1,52	20,81	90,83	209,53	36100	0,605
5	13,46	1,53	20,59	87,50	204,69	33800	0,619
6	13,65	1,52	20,75	70,83	163,93	34900	0,545
	Promedio		\bar{x}	82,44	193,71	35500	0,577
	Desviación estándar		S_{n-1}	8,80	19,84	2799	0,047
	Coefficiente de variación		CV	10,67	10,24	8	8,205

En la figura 8 se pueden observar las condiciones de las probetas identificadas como "Compresión Twill" después de los ensayos de flexión.

En la figura 8 se pueden observar las condiciones de las probetas identificadas como "Compresión Twill" después de los ensayos de flexión.



Figura 8. Probetas identificadas como "Compresión Twill " después de los ensayos de flexión.

En la Tabla 7 se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de flexión realizados en las probetas identificadas como "Compresión Plain"



Tabla 7. Ensayo de flexión según ASTM D7264-07 para las muestras identificadas como "Compresión Plain"

ENSAYO DE FLEXIÓN ASTM D7264-07							
Muestra No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (MPa)	Módulo tangente (MPa)	Deformación máxima (%)
1	13,28	1,77	23,51	95,83	196,25	20600	1,310
2	13,82	1,71	23,63	107,50	218,35	27100	1,100
3	13,65	1,73	23,61	144,17	293,89	39900	0,776
4	12,49	1,72	21,48	96,67	216,07	25100	1,160
5	13,44	1,78	23,92	95,00	190,68	21100	1,240
6	13,41	1,73	23,20	105,00	217,25	23400	1,200
Promedio			\bar{x}	107,36	222,08	26200	1,131
Desviación estándar			S_{n-1}	18,76	37,10	7140	0,188
Coeficiente de variación			CV	17,48	16,71	27	16,613

En la figura 9 se pueden observar las condiciones de las probetas identificadas como "Compresión Plain" después de los ensayos de flexión.



En la Tabla 8 se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de flexión realizados en las probetas identificadas como "Ambiente Hexcell"

HG



Tabla 8. Ensayo de flexión según ASTM D7264-07 para las muestras identificadas como "Ambiente Twill "

ENSAYO DE FLEXIÓN ASTM D7264-07							
Muestra No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga última (N)	Resistencia última (MPa)	Módulo tangente (MPa)	Deformación máxima (%)
1	13,43	2,01	26,99	229,17	407,64	35100	1,220
2	13,23	2,03	26,86	119,17	356,97	31400	1,230
3	13,63	2,06	28,08	220,00	371,51	30800	1,420
4	13,44	2,09	28,09	220,83	367,52	29100	1,320
5	13,78	2,07	28,52	224,17	377,35	31100	1,410
6	12,94	2,08	26,92	189,17	337,49	30000	1,220
Promedio			\bar{x}	200,42	369,75	31250	1,303
Desviación estándar			S_{n-1}	42,23	23,26	2062	0,094
Coeficiente de variación			CV	21,07	6,29	7	7,241

En la figura 10 se pueden observar las condiciones de las probetas identificadas como "Ambiente Twill " después de los ensayos de flexión.



Figura 10. Probetas identificadas como "Ambiente Twill " después de los ensayos de flexión.


 Víctor Hugo Guerrero, Ph.D.
JEFE DEL LABORATORIO DE NUEVOS MATERIALES



ANEXO 7: Relación esfuerzo deformación de la configuración plain vacío

N°-	Deformación	Esfuerzo	Log Def.	Log Esf.	y = (548,02def.+28,69)
1	0,000	0,358		-0,446	28,697
2	0,000	0,128		-0,894	28,697
3	0,000	0,832		-0,080	28,697
4	0,000	1,687		0,227	28,697
5	0,000	2,478		0,394	28,697
6	0,000	3,280		0,516	28,697
7	0,000	4,037		0,606	28,697
8	0,000	4,812		0,682	28,697
9	0,000	5,568		0,746	28,697
10	0,000	6,328		0,801	28,697
11	0,000	7,080		0,850	28,697
12	0,000	7,848		0,895	28,697
13	0,000	8,603		0,935	28,697
14	0,000	9,350		0,971	28,697
15	0,000	10,115		1,005	28,697
16	0,000	10,905		1,038	28,697
17	0,000	11,640		1,066	28,697
18	0,001	12,422	-2,929	1,094	29,343
19	0,001	13,183	-2,826	1,120	29,514
20	0,001	13,917	-2,826	1,144	29,514
21	0,001	14,683	-2,826	1,167	29,514
22	0,001	15,450	-2,826	1,189	29,514
23	0,001	16,233	-2,826	1,210	29,514
24	0,003	17,000	-2,525	1,230	30,332
25	0,003	17,717	-2,525	1,248	30,332
26	0,003	18,500	-2,525	1,267	30,332
27	0,003	19,283	-2,525	1,285	30,332
28	0,003	20,017	-2,525	1,301	30,332
29	0,003	20,783	-2,525	1,318	30,332
30	0,004	21,583	-2,348	1,334	31,154
31	0,004	22,333	-2,348	1,349	31,154
32	0,004	23,100	-2,348	1,364	31,154
33	0,004	23,883	-2,348	1,378	31,154
34	0,004	24,667	-2,348	1,392	31,154
35	0,004	25,417	-2,348	1,405	31,154
36	0,004	26,183	-2,348	1,418	31,154
37	0,006	26,967	-2,224	1,431	31,967
38	0,006	27,750	-2,224	1,443	31,967
39	0,006	28,500	-2,224	1,455	31,967
40	0,006	29,283	-2,224	1,467	31,967

41	0,006	30,083	-2,224	1,478	31,967
42	0,006	30,833	-2,224	1,489	31,967
43	0,009	31,617	-2,048	1,500	33,606
44	0,009	32,383	-2,048	1,510	33,606
45	0,009	33,150	-2,048	1,520	33,606
46	0,009	33,933	-2,048	1,531	33,606
47	0,009	34,683	-2,048	1,540	33,606
48	0,009	35,467	-2,048	1,550	33,606
49	0,009	36,250	-2,048	1,559	33,606
50	0,010	37,017	-1,981	1,568	34,419
51	0,010	37,783	-1,981	1,577	34,419
52	0,012	38,567	-1,923	1,586	35,237
53	0,013	39,350	-1,893	1,595	35,705
54	0,013	40,100	-1,872	1,603	36,054
55	0,013	40,833	-1,872	1,611	36,054
56	0,015	41,633	-1,830	1,619	36,794
57	0,015	42,400	-1,826	1,627	36,876
58	0,016	43,167	-1,785	1,635	37,694
59	0,016	43,917	-1,785	1,643	37,694
60	0,018	44,700	-1,747	1,650	38,511
61	0,018	45,433	-1,747	1,657	38,511
62	0,020	46,200	-1,689	1,665	39,899
63	0,021	46,967	-1,680	1,672	40,146
64	0,024	47,683	-1,622	1,678	41,786
65	0,024	48,467	-1,622	1,685	41,786
66	0,024	49,183	-1,622	1,692	41,786
67	0,024	49,917	-1,622	1,698	41,786
68	0,027	50,683	-1,571	1,705	43,420
69	0,027	51,433	-1,564	1,711	43,640
70	0,028	52,167	-1,547	1,717	44,243
71	0,028	52,900	-1,547	1,723	44,243
72	0,028	53,600	-1,547	1,729	44,243
73	0,030	54,333	-1,525	1,735	45,055
74	0,031	55,050	-1,513	1,741	45,512
75	0,034	55,767	-1,464	1,746	47,503
76	0,034	56,467	-1,464	1,752	47,503
77	0,034	57,167	-1,464	1,757	47,503
78	0,034	57,900	-1,464	1,763	47,503
79	0,035	58,583	-1,461	1,768	47,640
80	0,037	59,283	-1,428	1,773	49,138
81	0,037	60,017	-1,428	1,778	49,138
82	0,039	60,700	-1,411	1,783	49,960
83	0,039	61,417	-1,411	1,788	49,960

84	0,039	62,100	-1,408	1,793	50,125
85	0,042	62,783	-1,379	1,798	51,595
86	0,042	63,483	-1,379	1,803	51,595
87	0,043	64,150	-1,364	1,807	52,417
88	0,043	64,833	-1,364	1,812	52,417
89	0,044	65,483	-1,355	1,816	52,919
90	0,046	66,183	-1,335	1,821	54,016
91	0,046	66,817	-1,335	1,825	54,016
92	0,046	67,483	-1,335	1,829	54,016
93	0,048	68,133	-1,322	1,833	54,828
94	0,049	68,800	-1,308	1,838	55,641
95	0,051	69,450	-1,295	1,842	56,454
96	0,052	70,117	-1,283	1,846	57,276
97	0,052	70,750	-1,283	1,850	57,276
98	0,052	71,383	-1,283	1,854	57,276
99	0,052	72,033	-1,283	1,858	57,276
100	0,055	72,667	-1,258	1,861	58,920
101	0,055	73,333	-1,258	1,865	58,920
102	0,057	73,967	-1,247	1,869	59,742
103	0,057	74,600	-1,247	1,873	59,742
104	0,057	75,250	-1,247	1,877	59,742
105	0,060	75,867	-1,225	1,880	61,377
106	0,060	76,483	-1,225	1,884	61,377
107	0,060	77,117	-1,225	1,887	61,377
108	0,060	77,767	-1,225	1,891	61,377
109	0,063	78,350	-1,203	1,894	63,012
110	0,063	79,017	-1,203	1,898	63,012
111	0,064	79,533	-1,193	1,901	63,834
112	0,066	80,167	-1,183	1,904	64,652
113	0,066	80,867	-1,183	1,908	64,652
114	0,066	81,483	-1,177	1,911	65,127
115	0,069	81,983	-1,164	1,914	66,287
116	0,069	82,633	-1,164	1,917	66,287
117	0,071	83,317	-1,150	1,921	67,492
118	0,072	83,883	-1,146	1,924	67,885
119	0,072	84,433	-1,146	1,927	67,885
120	0,072	85,133	-1,146	1,930	67,885
121	0,073	85,667	-1,137	1,933	68,707
122	0,075	86,383	-1,128	1,936	69,524
123	0,075	86,750	-1,128	1,938	69,524
124	0,076	87,450	-1,119	1,942	70,347
125	0,076	88,150	-1,119	1,945	70,347
126	0,078	88,517	-1,111	1,947	71,169

127	0,080	89,217	-1,095	1,950	72,767
128	0,080	89,767	-1,095	1,953	72,767
129	0,080	90,467	-1,095	1,956	72,767
130	0,080	90,967	-1,095	1,959	72,767
131	0,082	91,517	-1,087	1,962	73,589
132	0,082	92,217	-1,087	1,965	73,589
133	0,085	92,583	-1,071	1,967	75,224
134	0,088	93,283	-1,056	1,970	76,868
135	0,088	93,800	-1,056	1,972	76,868
136	0,088	94,300	-1,056	1,975	76,868
137	0,088	95,017	-1,056	1,978	76,868
138	0,088	95,550	-1,056	1,980	76,868
139	0,091	96,233	-1,042	1,983	78,503
140	0,091	96,583	-1,042	1,985	78,503
141	0,091	97,267	-1,042	1,988	78,503
142	0,092	97,617	-1,034	1,990	79,325
143	0,092	98,300	-1,034	1,993	79,325
144	0,092	98,833	-1,034	1,995	79,325
145	0,094	99,350	-1,027	1,997	80,147
146	0,094	99,867	-1,027	1,999	80,147
147	0,094	100,533	-1,027	2,002	80,147
148	0,095	101,067	-1,021	2,005	80,969
149	0,095	101,583	-1,021	2,007	80,969
150	0,096	102,083	-1,019	2,009	81,152
151	0,097	102,650	-1,014	2,011	81,809
152	0,100	103,300	-1,002	2,014	83,252
153	0,101	103,633	-0,994	2,015	84,257
154	0,101	104,333	-0,994	2,018	84,257
155	0,101	104,667	-0,994	2,020	84,257
156	0,101	105,367	-0,994	2,023	84,257
157	0,101	105,650	-0,994	2,024	84,257
158	0,103	106,417	-0,989	2,027	84,896
159	0,105	106,617	-0,980	2,028	86,129
160	0,106	107,450	-0,976	2,031	86,678
161	0,107	107,617	-0,969	2,032	87,490
162	0,107	108,467	-0,969	2,035	87,490
163	0,107	108,633	-0,969	2,036	87,490
164	0,110	109,483	-0,957	2,039	89,134
165	0,110	109,650	-0,957	2,040	89,134
166	0,110	110,300	-0,957	2,043	89,134
167	0,110	110,717	-0,957	2,044	89,134
168	0,110	111,300	-0,957	2,046	89,134
169	0,110	111,717	-0,957	2,048	89,134

170	0,113	112,300	-0,946	2,050	90,779
171	0,113	112,717	-0,946	2,052	90,779
172	0,114	113,133	-0,943	2,054	91,208
173	0,116	113,717	-0,934	2,056	92,423
174	0,116	114,133	-0,934	2,057	92,423
175	0,116	114,550	-0,934	2,059	92,423
176	0,117	115,150	-0,931	2,061	92,971
177	0,119	115,550	-0,923	2,063	94,067
178	0,119	115,983	-0,923	2,064	94,067
179	0,119	116,567	-0,923	2,067	94,067
180	0,119	116,967	-0,923	2,068	94,067
181	0,121	117,400	-0,918	2,070	94,889
182	0,124	117,983	-0,907	2,072	96,524
183	0,125	118,383	-0,902	2,073	97,346
184	0,125	118,633	-0,902	2,074	97,346
185	0,125	119,167	-0,902	2,076	97,346
186	0,125	119,667	-0,902	2,078	97,346
187	0,127	120,167	-0,897	2,080	98,168
188	0,127	120,667	-0,897	2,082	98,168
189	0,127	121,000	-0,897	2,083	98,168
190	0,127	121,500	-0,897	2,085	98,168
191	0,127	122,000	-0,897	2,086	98,168
192	0,131	122,333	-0,882	2,088	100,634
193	0,131	123,000	-0,882	2,090	100,634
194	0,132	123,333	-0,878	2,091	101,273
195	0,133	123,667	-0,877	2,092	101,456
196	0,134	124,167	-0,872	2,094	102,278
197	0,134	124,667	-0,872	2,096	102,278
198	0,134	125,000	-0,872	2,097	102,278
199	0,134	125,500	-0,872	2,099	102,278
200	0,134	126,000	-0,872	2,100	102,278
201	0,134	126,333	-0,872	2,102	102,278
202	0,136	126,833	-0,867	2,103	103,091
203	0,136	127,333	-0,867	2,105	103,091
204	0,136	127,500	-0,867	2,106	103,091
205	0,137	128,167	-0,862	2,108	103,913
206	0,139	128,333	-0,858	2,108	104,735
207	0,139	129,000	-0,858	2,111	104,735
208	0,139	129,167	-0,858	2,111	104,735
209	0,139	129,667	-0,858	2,113	104,735
210	0,139	130,000	-0,858	2,114	104,735
211	0,139	130,667	-0,858	2,116	104,735
212	0,139	131,000	-0,858	2,117	104,735

213	0,140	131,333	-0,853	2,118	105,557
214	0,140	131,500	-0,853	2,119	105,557
215	0,140	132,167	-0,853	2,121	105,557
216	0,142	132,500	-0,848	2,122	106,379
217	0,143	133,167	-0,845	2,124	106,927
218	0,143	133,167	-0,844	2,124	107,201
219	0,143	133,500	-0,844	2,125	107,201
220	0,143	134,000	-0,844	2,127	107,201
221	0,145	134,333	-0,839	2,128	108,023
222	0,145	134,833	-0,839	2,130	108,023
223	0,146	135,000	-0,835	2,130	108,799
224	0,146	135,500	-0,835	2,132	108,799
225	0,146	135,833	-0,835	2,133	108,799
226	0,146	136,333	-0,835	2,135	108,799
227	0,146	136,500	-0,835	2,135	108,799
228	0,148	137,000	-0,831	2,137	109,621
229	0,151	137,167	-0,822	2,137	111,265
230	0,151	137,833	-0,822	2,139	111,265
231	0,151	138,000	-0,822	2,140	111,265
232	0,151	138,333	-0,822	2,141	111,265
233	0,152	138,833	-0,818	2,142	112,075
234	0,152	139,167	-0,818	2,144	112,083
235	0,153	139,500	-0,814	2,145	112,814
236	0,153	139,833	-0,814	2,146	112,814
237	0,155	140,167	-0,810	2,147	113,636
238	0,155	140,333	-0,810	2,147	113,636
239	0,155	141,000	-0,810	2,149	113,636
240	0,155	141,167	-0,810	2,150	113,636
241	0,155	141,667	-0,810	2,151	113,636
242	0,156	142,000	-0,806	2,152	114,458
243	0,158	142,167	-0,802	2,153	115,188
244	0,158	142,667	-0,801	2,154	115,280
245	0,158	142,833	-0,801	2,155	115,280
246	0,159	143,500	-0,797	2,157	116,102
247	0,159	143,667	-0,797	2,157	116,102
248	0,159	144,167	-0,797	2,159	116,102
249	0,159	144,333	-0,797	2,159	116,102
250	0,159	144,833	-0,797	2,161	116,102
251	0,159	144,833	-0,797	2,161	116,102
252	0,159	145,333	-0,797	2,162	116,102
253	0,159	145,833	-0,797	2,164	116,102
254	0,161	145,833	-0,793	2,164	116,924
255	0,161	146,500	-0,793	2,166	116,924

256	0,162	146,833	-0,789	2,167	117,746
257	0,165	147,167	-0,781	2,168	119,390
258	0,165	147,333	-0,781	2,168	119,390
259	0,165	148,000	-0,781	2,170	119,390
260	0,166	148,167	-0,779	2,171	119,751
261	0,167	148,333	-0,777	2,171	120,207
262	0,167	149,000	-0,777	2,173	120,207
263	0,167	149,333	-0,777	2,174	120,207
264	0,168	149,500	-0,776	2,175	120,573
265	0,170	149,833	-0,770	2,176	121,760
266	0,170	150,167	-0,770	2,177	121,851
267	0,170	150,667	-0,770	2,178	121,851
268	0,170	150,833	-0,770	2,178	121,851
269	0,170	151,333	-0,770	2,180	121,851
270	0,171	151,667	-0,766	2,181	122,673
271	0,173	152,000	-0,762	2,182	123,495
272	0,176	152,333	-0,755	2,183	125,139
273	0,177	152,833	-0,751	2,184	125,961
274	0,177	153,167	-0,751	2,185	125,961
275	0,177	153,500	-0,751	2,186	125,961
276	0,177	153,667	-0,751	2,187	125,961
277	0,177	154,000	-0,751	2,188	125,961
278	0,177	154,500	-0,751	2,189	125,961
279	0,179	154,833	-0,747	2,190	126,783
280	0,179	155,000	-0,747	2,190	126,783
281	0,179	155,167	-0,747	2,191	126,783
282	0,179	155,833	-0,747	2,193	126,783
283	0,181	156,000	-0,743	2,193	127,697
284	0,182	156,167	-0,740	2,194	128,428
285	0,182	156,833	-0,740	2,195	128,428
286	0,183	156,833	-0,736	2,195	129,250
287	0,183	157,333	-0,736	2,197	129,250
288	0,183	157,667	-0,736	2,198	129,250
289	0,183	158,000	-0,736	2,199	129,250
290	0,183	158,167	-0,736	2,199	129,250
291	0,183	158,333	-0,736	2,200	129,250
292	0,183	159,167	-0,736	2,202	129,250
293	0,185	159,167	-0,733	2,202	130,072
294	0,185	159,500	-0,733	2,203	130,072
295	0,186	159,833	-0,729	2,204	130,894
296	0,188	160,167	-0,725	2,205	131,990
297	0,189	160,333	-0,722	2,205	132,538
298	0,189	160,833	-0,722	2,206	132,538

299	0,189	161,167	-0,722	2,207	132,538
300	0,189	161,333	-0,722	2,208	132,538
301	0,189	161,833	-0,722	2,209	132,538
302	0,189	162,000	-0,722	2,210	132,538
303	0,189	162,500	-0,722	2,211	132,538
304	0,193	162,833	-0,714	2,212	134,547
305	0,194	162,833	-0,712	2,212	135,004
306	0,194	163,333	-0,712	2,213	135,004
307	0,194	163,667	-0,712	2,214	135,004
308	0,194	164,000	-0,712	2,215	135,004
309	0,197	164,333	-0,706	2,216	136,648
310	0,197	164,833	-0,706	2,217	136,648
311	0,198	165,000	-0,703	2,217	137,196
312	0,198	165,000	-0,702	2,217	137,470
313	0,200	165,500	-0,699	2,219	138,292
314	0,200	166,000	-0,699	2,220	138,292
315	0,200	166,167	-0,699	2,221	138,292
316	0,201	166,500	-0,696	2,221	139,114
317	0,203	167,000	-0,693	2,223	139,936
318	0,203	167,000	-0,693	2,223	139,936
319	0,204	167,333	-0,691	2,224	140,457
320	0,206	168,000	-0,686	2,225	141,571
321	0,206	168,000	-0,686	2,225	141,571
322	0,207	168,500	-0,683	2,227	142,393
323	0,210	168,833	-0,677	2,227	144,037
324	0,210	169,000	-0,677	2,228	144,037
325	0,210	169,500	-0,677	2,229	144,037
326	0,210	169,833	-0,677	2,230	144,037
327	0,212	170,000	-0,674	2,230	144,859
328	0,212	170,333	-0,674	2,231	144,859
329	0,212	170,667	-0,674	2,232	144,859
330	0,212	171,000	-0,674	2,233	144,859
331	0,212	171,500	-0,674	2,234	144,859
332	0,212	171,667	-0,674	2,235	144,859
333	0,212	171,833	-0,674	2,235	144,859
334	0,212	172,333	-0,674	2,236	144,859
335	0,212	172,667	-0,674	2,237	144,859
336	0,214	173,000	-0,670	2,238	145,864
337	0,215	173,333	-0,668	2,239	146,503
338	0,216	173,500	-0,665	2,239	147,325
339	0,216	173,667	-0,665	2,240	147,325
340	0,216	174,333	-0,665	2,241	147,325
341	0,216	174,500	-0,665	2,242	147,325

342	0,216	174,833	-0,665	2,243	147,325
343	0,216	175,333	-0,665	2,244	147,325
344	0,218	175,333	-0,662	2,244	148,147
345	0,218	175,833	-0,662	2,245	148,147
346	0,219	176,333	-0,660	2,246	148,512
347	0,219	176,333	-0,659	2,246	148,969
348	0,219	176,833	-0,659	2,248	148,969
349	0,219	177,167	-0,659	2,248	148,969
350	0,219	177,333	-0,659	2,249	148,969
351	0,221	177,833	-0,656	2,250	149,791
352	0,221	178,167	-0,656	2,251	149,791
353	0,222	178,333	-0,653	2,251	150,613
354	0,222	178,667	-0,653	2,252	150,613
355	0,222	179,167	-0,653	2,253	150,613
356	0,222	179,333	-0,653	2,254	150,613
357	0,224	179,833	-0,650	2,255	151,344
358	0,224	180,000	-0,650	2,255	151,435
359	0,224	180,167	-0,650	2,256	151,435
360	0,225	180,833	-0,647	2,257	152,257
361	0,225	181,000	-0,647	2,258	152,257
362	0,225	181,167	-0,647	2,258	152,257
363	0,226	181,667	-0,646	2,259	152,531
364	0,227	181,833	-0,644	2,260	153,079
365	0,228	182,167	-0,641	2,260	153,901
366	0,228	182,667	-0,641	2,262	153,901
367	0,228	183,000	-0,641	2,262	153,901
368	0,228	183,000	-0,641	2,262	153,901
369	0,228	183,500	-0,641	2,264	153,901
370	0,230	183,833	-0,638	2,264	154,723
371	0,230	184,167	-0,638	2,265	154,723
372	0,230	184,500	-0,638	2,266	154,723
373	0,231	184,500	-0,636	2,266	155,545
374	0,233	185,000	-0,633	2,267	156,367
375	0,233	185,500	-0,633	2,268	156,367
376	0,233	185,667	-0,633	2,269	156,367
377	0,233	185,833	-0,632	2,269	156,641
378	0,234	186,500	-0,630	2,271	157,189
379	0,234	186,667	-0,630	2,271	157,189
380	0,234	186,833	-0,630	2,271	157,189
381	0,234	187,167	-0,630	2,272	157,189
382	0,234	187,500	-0,630	2,273	157,189
383	0,234	187,833	-0,630	2,274	157,189
384	0,234	188,167	-0,630	2,275	157,189

385	0,234	188,333	-0,630	2,275	157,189
386	0,234	188,833	-0,630	2,276	157,189
387	0,234	189,000	-0,630	2,276	157,189
388	0,234	189,333	-0,630	2,277	157,189
389	0,234	189,833	-0,630	2,278	157,189
390	0,234	190,167	-0,630	2,279	157,189
391	0,236	190,333	-0,627	2,280	158,011
392	0,237	190,333	-0,625	2,280	158,678
393	0,237	191,000	-0,624	2,281	158,833
394	0,237	191,333	-0,624	2,282	158,833
395	0,237	191,500	-0,624	2,282	158,833
396	0,242	191,833	-0,617	2,283	161,208
397	0,242	192,167	-0,617	2,284	161,208
398	0,242	192,500	-0,617	2,284	161,208
399	0,242	192,833	-0,617	2,285	161,208
400	0,242	193,333	-0,617	2,286	161,208
401	0,242	193,333	-0,617	2,286	161,208
402	0,242	193,833	-0,617	2,287	161,208
403	0,242	194,167	-0,617	2,288	161,208
404	0,242	194,500	-0,617	2,289	161,208
405	0,242	194,833	-0,617	2,290	161,208
406	0,243	195,000	-0,615	2,290	161,665
407	0,245	195,667	-0,611	2,292	162,852
408	0,246	195,667	-0,609	2,292	163,674
409	0,248	196,000	-0,606	2,292	164,496
410	0,248	196,333	-0,606	2,293	164,496
411	0,248	196,500	-0,606	2,293	164,496
412	0,248	197,000	-0,606	2,294	164,496
413	0,248	197,333	-0,606	2,295	164,496
414	0,248	197,333	-0,606	2,295	164,496
415	0,248	197,833	-0,606	2,296	164,496
416	0,248	198,333	-0,606	2,297	164,496
417	0,248	198,500	-0,606	2,298	164,496
418	0,248	198,833	-0,605	2,298	164,743
419	0,249	199,167	-0,603	2,299	165,309
420	0,250	199,333	-0,602	2,300	165,857
421	0,251	199,667	-0,601	2,300	166,131
422	0,251	200,333	-0,601	2,302	166,131
423	0,251	200,333	-0,601	2,302	166,131
424	0,251	200,333	-0,601	2,302	166,131
425	0,254	201,167	-0,596	2,304	167,775
426	0,254	201,333	-0,596	2,304	167,775
427	0,254	201,667	-0,596	2,305	167,775

428	0,255	202,000	-0,593	2,305	168,597
429	0,255	202,333	-0,593	2,306	168,597
430	0,255	202,667	-0,593	2,307	168,597
431	0,255	203,000	-0,593	2,307	168,597
432	0,255	203,333	-0,593	2,308	168,597
433	0,255	203,500	-0,593	2,309	168,597
434	0,257	203,667	-0,591	2,309	169,328
435	0,257	204,333	-0,591	2,310	169,328
436	0,257	204,500	-0,591	2,311	169,328
437	0,257	204,833	-0,591	2,311	169,328
438	0,257	205,000	-0,591	2,312	169,328
439	0,257	205,500	-0,591	2,313	169,328
440	0,257	205,833	-0,591	2,314	169,328
441	0,257	206,000	-0,591	2,314	169,328
442	0,257	206,500	-0,591	2,315	169,328
443	0,257	206,667	-0,591	2,315	169,328
444	0,257	207,000	-0,590	2,316	169,693
445	0,260	207,333	-0,586	2,317	170,972
446	0,260	207,500	-0,586	2,317	170,972
447	0,260	208,000	-0,586	2,318	170,972
448	0,261	208,333	-0,583	2,319	171,794
449	0,261	208,500	-0,583	2,319	171,794
450	0,261	209,000	-0,583	2,320	171,794
451	0,261	209,167	-0,583	2,320	171,794
452	0,263	209,500	-0,581	2,321	172,616
453	0,263	210,000	-0,581	2,322	172,616
454	0,263	210,167	-0,581	2,323	172,616
455	0,263	210,333	-0,581	2,323	172,616
456	0,263	210,833	-0,581	2,324	172,616
457	0,264	211,333	-0,578	2,325	173,438
458	0,264	211,333	-0,578	2,325	173,438
459	0,264	211,500	-0,578	2,325	173,438
460	0,266	212,000	-0,576	2,326	174,260
461	0,266	212,500	-0,576	2,327	174,260
462	0,266	212,500	-0,576	2,327	174,260
463	0,267	213,167	-0,574	2,329	174,991
464	0,267	213,333	-0,573	2,329	175,082
465	0,267	213,500	-0,573	2,329	175,082
466	0,267	213,833	-0,573	2,330	175,082
467	0,267	214,333	-0,573	2,331	175,082
468	0,267	214,500	-0,573	2,331	175,082
469	0,272	214,500	-0,566	2,331	177,548
470	0,273	215,333	-0,564	2,333	178,370

471	0,273	215,500	-0,564	2,333	178,370
472	0,275	215,667	-0,561	2,334	179,192
473	0,275	216,333	-0,561	2,335	179,192
474	0,275	216,333	-0,561	2,335	179,192
475	0,275	216,667	-0,561	2,336	179,192
476	0,275	217,167	-0,561	2,337	179,192
477	0,275	217,333	-0,561	2,337	179,192
478	0,276	217,500	-0,559	2,337	180,014
479	0,276	218,167	-0,559	2,339	180,014
480	0,276	218,333	-0,559	2,339	180,014
481	0,276	218,667	-0,559	2,340	180,014
482	0,276	218,833	-0,559	2,340	180,014
483	0,276	219,167	-0,559	2,341	180,014
484	0,279	219,667	-0,555	2,342	181,476
485	0,279	219,833	-0,554	2,342	181,659
486	0,279	220,167	-0,554	2,343	181,659
487	0,279	220,500	-0,554	2,343	181,659
488	0,279	220,667	-0,554	2,344	181,659
489	0,279	221,167	-0,554	2,345	181,659
490	0,279	221,500	-0,554	2,345	181,659
491	0,279	221,500	-0,554	2,345	181,659
492	0,279	222,000	-0,554	2,346	181,659
493	0,279	222,167	-0,554	2,347	181,659
494	0,279	222,500	-0,554	2,347	181,659
495	0,279	223,000	-0,554	2,348	181,659
496	0,279	223,000	-0,554	2,348	181,659
497	0,279	223,333	-0,554	2,349	181,659
498	0,281	224,000	-0,552	2,350	182,481
499	0,281	224,000	-0,552	2,350	182,481
500	0,281	224,500	-0,552	2,351	182,481
501	0,281	224,833	-0,552	2,352	182,481
502	0,282	224,833	-0,550	2,352	183,029
503	0,284	225,500	-0,547	2,353	184,125
504	0,284	225,833	-0,547	2,354	184,125
505	0,285	225,833	-0,545	2,354	184,947
506	0,285	226,000	-0,545	2,354	184,947
507	0,286	226,500	-0,543	2,355	185,495
508	0,287	226,833	-0,543	2,356	185,769
509	0,287	227,000	-0,543	2,356	185,769
510	0,287	227,500	-0,543	2,357	185,769
511	0,287	227,667	-0,543	2,357	185,769
512	0,287	227,833	-0,541	2,358	186,225
513	0,288	228,333	-0,540	2,359	186,591

514	0,288	228,667	-0,540	2,359	186,591
515	0,288	228,833	-0,540	2,360	186,591
516	0,291	229,000	-0,536	2,360	188,235
517	0,291	229,500	-0,536	2,361	188,235
518	0,291	229,833	-0,536	2,361	188,235
519	0,293	229,833	-0,534	2,361	189,048
520	0,293	230,167	-0,534	2,362	189,048
521	0,293	230,667	-0,534	2,363	189,048
522	0,294	230,833	-0,532	2,363	189,870
523	0,294	231,167	-0,532	2,364	189,870
524	0,296	231,500	-0,529	2,365	190,692
525	0,296	231,667	-0,529	2,365	190,692
526	0,298	231,833	-0,526	2,365	191,879
527	0,299	232,500	-0,525	2,366	192,336
528	0,299	232,667	-0,525	2,367	192,336
529	0,299	232,667	-0,525	2,367	192,336
530	0,299	233,000	-0,525	2,367	192,336
531	0,299	233,500	-0,525	2,368	192,336
532	0,299	233,667	-0,525	2,369	192,336
533	0,299	234,000	-0,525	2,369	192,336
534	0,299	234,333	-0,525	2,370	192,336
535	0,300	234,500	-0,523	2,370	193,158
536	0,301	235,000	-0,522	2,371	193,432
537	0,302	235,167	-0,521	2,371	193,980
538	0,302	235,667	-0,521	2,372	193,980
539	0,302	235,833	-0,520	2,373	194,327
540	0,303	235,833	-0,518	2,373	194,802
541	0,305	236,500	-0,516	2,374	195,624
542	0,305	236,833	-0,516	2,374	195,624
543	0,305	236,833	-0,516	2,374	195,624
544	0,305	237,167	-0,516	2,375	195,624
545	0,306	237,667	-0,514	2,376	196,446
546	0,306	237,833	-0,514	2,376	196,446
547	0,308	238,167	-0,512	2,377	197,268
548	0,308	238,500	-0,512	2,377	197,268
549	0,308	238,667	-0,512	2,378	197,268
550	0,308	239,000	-0,512	2,378	197,268
551	0,308	239,167	-0,511	2,379	197,542
552	0,309	239,667	-0,510	2,380	198,090
553	0,309	239,833	-0,510	2,380	198,090
554	0,309	240,000	-0,510	2,380	198,090
555	0,309	240,500	-0,510	2,381	198,090
556	0,309	240,833	-0,510	2,382	198,090

557	0,309	240,833	-0,510	2,382	198,090
558	0,311	241,000	-0,507	2,382	199,095
559	0,312	241,667	-0,506	2,383	199,734
560	0,312	241,667	-0,506	2,383	199,734
561	0,312	242,000	-0,506	2,384	199,734
562	0,312	242,667	-0,506	2,385	199,734
563	0,312	242,667	-0,506	2,385	199,734
564	0,312	242,833	-0,506	2,385	199,734
565	0,314	243,000	-0,504	2,386	200,556
566	0,315	243,500	-0,502	2,386	201,287
567	0,315	243,667	-0,502	2,387	201,287
568	0,315	244,000	-0,502	2,387	201,287
569	0,316	244,500	-0,500	2,388	202,109
570	0,316	244,500	-0,500	2,388	202,109
571	0,316	244,833	-0,500	2,389	202,109
572	0,318	245,167	-0,498	2,389	202,839
573	0,318	245,500	-0,498	2,390	202,839
574	0,318	245,667	-0,498	2,390	202,839
575	0,319	246,000	-0,496	2,391	203,662
576	0,319	246,333	-0,496	2,392	203,662
577	0,319	246,500	-0,496	2,392	203,662
578	0,319	246,667	-0,496	2,392	203,662
579	0,321	247,333	-0,494	2,393	204,484
580	0,321	247,333	-0,494	2,393	204,484
581	0,321	247,500	-0,494	2,394	204,484
582	0,321	248,000	-0,494	2,394	204,484
583	0,321	248,333	-0,494	2,395	204,484
584	0,321	248,333	-0,494	2,395	204,484
585	0,321	248,667	-0,494	2,396	204,484
586	0,321	249,167	-0,494	2,396	204,484
587	0,321	249,333	-0,494	2,397	204,484
588	0,322	249,500	-0,492	2,397	205,306
589	0,322	249,833	-0,492	2,398	205,306
590	0,322	250,167	-0,492	2,398	205,306
591	0,322	250,333	-0,492	2,399	205,306
592	0,325	250,667	-0,488	2,399	206,950
593	0,325	251,000	-0,488	2,400	206,950
594	0,325	251,333	-0,488	2,400	206,950
595	0,325	251,333	-0,488	2,400	206,950
596	0,325	251,500	-0,488	2,401	206,950
597	0,327	252,167	-0,486	2,402	207,772
598	0,328	252,333	-0,485	2,402	208,228
599	0,328	252,500	-0,484	2,402	208,594

600	0,328	253,000	-0,484	2,403	208,594
601	0,328	253,167	-0,484	2,403	208,594
602	0,328	253,333	-0,484	2,404	208,594
603	0,329	253,667	-0,482	2,404	209,233
604	0,330	254,000	-0,481	2,405	209,681
605	0,331	254,167	-0,480	2,405	210,229
606	0,331	254,500	-0,480	2,406	210,229
607	0,331	254,667	-0,480	2,406	210,229
608	0,331	255,167	-0,480	2,407	210,229
609	0,331	255,333	-0,480	2,407	210,229
610	0,331	255,500	-0,480	2,407	210,229
611	0,331	256,000	-0,480	2,408	210,229
612	0,333	256,167	-0,478	2,409	211,051
613	0,334	256,333	-0,476	2,409	211,873
614	0,334	256,667	-0,476	2,409	211,873
615	0,334	257,000	-0,476	2,410	211,873
616	0,336	257,167	-0,474	2,410	212,695
617	0,336	257,167	-0,474	2,410	212,695
618	0,336	258,000	-0,474	2,412	212,695
619	0,337	258,167	-0,472	2,412	213,517
620	0,337	258,167	-0,472	2,412	213,517
621	0,339	258,833	-0,470	2,413	214,339
622	0,339	259,167	-0,470	2,414	214,339
623	0,339	259,167	-0,470	2,414	214,339
624	0,339	259,500	-0,470	2,414	214,339
625	0,339	259,833	-0,470	2,415	214,339
626	0,340	260,000	-0,468	2,415	215,161
627	0,340	260,167	-0,468	2,415	215,161
628	0,340	260,833	-0,468	2,416	215,161
629	0,340	261,000	-0,468	2,417	215,161
630	0,340	261,167	-0,468	2,417	215,161
631	0,343	261,333	-0,464	2,417	216,805
632	0,343	261,833	-0,464	2,418	216,805
633	0,343	262,167	-0,464	2,419	216,805
634	0,345	262,333	-0,463	2,419	217,536
635	0,346	262,667	-0,461	2,419	218,266
636	0,346	263,000	-0,461	2,420	218,449
637	0,346	263,000	-0,461	2,420	218,449
638	0,346	263,500	-0,461	2,421	218,449
639	0,346	264,000	-0,461	2,422	218,449
640	0,346	264,000	-0,461	2,422	218,449
641	0,348	264,333	-0,459	2,422	219,271
642	0,348	264,500	-0,459	2,422	219,335

643	0,349	265,000	-0,457	2,423	220,093
644	0,349	265,333	-0,457	2,424	220,093
645	0,349	265,333	-0,457	2,424	220,093
646	0,349	265,833	-0,457	2,425	220,093
647	0,349	266,167	-0,457	2,425	220,093
648	0,352	266,333	-0,453	2,425	221,737
649	0,354	266,333	-0,452	2,425	222,468
650	0,354	267,167	-0,451	2,427	222,559
651	0,354	267,167	-0,451	2,427	222,559
652	0,354	267,167	-0,451	2,427	222,559
653	0,354	267,833	-0,451	2,428	222,559
654	0,354	268,167	-0,451	2,428	222,559
655	0,354	268,167	-0,451	2,428	222,559
656	0,355	268,333	-0,449	2,429	223,381
657	0,355	269,000	-0,449	2,430	223,381
658	0,357	269,000	-0,448	2,430	224,157
659	0,357	269,333	-0,448	2,430	224,157
660	0,358	269,833	-0,446	2,431	224,797
661	0,358	270,000	-0,446	2,431	224,979
662	0,358	270,167	-0,446	2,432	224,979
663	0,360	270,167	-0,444	2,432	225,802
664	0,360	270,833	-0,444	2,433	225,802
665	0,360	271,167	-0,444	2,433	225,802
666	0,360	271,167	-0,444	2,433	225,802
667	0,360	271,500	-0,444	2,434	225,802
668	0,360	272,000	-0,444	2,435	225,802
669	0,360	272,167	-0,444	2,435	225,802
670	0,360	272,333	-0,444	2,435	225,802
671	0,361	272,833	-0,442	2,436	226,624
672	0,361	273,000	-0,442	2,436	226,624
673	0,361	273,000	-0,442	2,436	226,624
674	0,363	273,667	-0,441	2,437	227,354
675	0,363	274,000	-0,441	2,438	227,354
676	0,363	274,000	-0,441	2,438	227,354
677	0,363	274,500	-0,441	2,439	227,354
678	0,363	274,500	-0,440	2,439	227,811
679	0,364	275,000	-0,439	2,439	228,176
680	0,366	275,167	-0,436	2,440	229,455
681	0,367	275,500	-0,435	2,440	229,820
682	0,367	275,667	-0,435	2,440	229,820
683	0,367	276,000	-0,435	2,441	229,820
684	0,367	276,500	-0,435	2,442	229,820
685	0,367	276,500	-0,435	2,442	229,820

686	0,367	277,000	-0,435	2,442	229,820
687	0,367	277,167	-0,435	2,443	229,820
688	0,367	277,333	-0,435	2,443	229,820
689	0,367	277,500	-0,435	2,443	229,820
690	0,367	278,167	-0,435	2,444	229,820
691	0,367	278,333	-0,435	2,445	229,820
692	0,367	278,500	-0,435	2,445	229,820
693	0,369	279,000	-0,434	2,446	230,642
694	0,369	279,000	-0,434	2,446	230,642
695	0,369	279,500	-0,434	2,446	230,642
696	0,370	279,500	-0,432	2,446	231,464
697	0,371	280,000	-0,430	2,447	232,104
698	0,372	280,167	-0,430	2,447	232,286
699	0,372	280,333	-0,429	2,448	232,652
700	0,373	280,667	-0,428	2,448	233,108
701	0,376	281,167	-0,425	2,449	234,661
702	0,376	281,333	-0,425	2,449	234,753
703	0,378	281,500	-0,423	2,449	235,575
704	0,378	281,667	-0,423	2,450	235,575
705	0,378	282,000	-0,423	2,450	235,575
706	0,378	282,500	-0,423	2,451	235,575
707	0,378	282,667	-0,423	2,451	235,575
708	0,378	282,833	-0,423	2,452	235,575
709	0,378	283,333	-0,423	2,452	235,575
710	0,379	283,500	-0,422	2,453	236,305
711	0,379	283,667	-0,422	2,453	236,305
712	0,379	284,333	-0,422	2,454	236,305
713	0,379	284,500	-0,422	2,454	236,305
714	0,379	284,500	-0,422	2,454	236,305
715	0,379	284,667	-0,421	2,454	236,579
716	0,382	285,500	-0,418	2,456	237,949
717	0,382	285,500	-0,418	2,456	237,949
718	0,382	285,667	-0,418	2,456	237,949
719	0,382	286,000	-0,418	2,456	237,949
720	0,383	286,333	-0,416	2,457	238,771
721	0,383	286,333	-0,416	2,457	238,771
722	0,385	287,000	-0,415	2,458	239,593
723	0,385	287,000	-0,415	2,458	239,593
724	0,385	287,333	-0,415	2,458	239,593
725	0,386	287,667	-0,413	2,459	240,415
726	0,386	287,833	-0,413	2,459	240,415
727	0,388	288,000	-0,411	2,459	241,237
728	0,388	288,333	-0,411	2,460	241,237

729	0,388	288,833	-0,411	2,461	241,237
730	0,388	288,833	-0,411	2,461	241,237
731	0,391	289,000	-0,408	2,461	242,881
732	0,391	289,667	-0,408	2,462	242,881
733	0,392	289,833	-0,406	2,462	243,704
734	0,392	289,833	-0,406	2,462	243,704
735	0,392	290,167	-0,406	2,463	243,704
736	0,392	290,500	-0,406	2,463	243,704
737	0,392	290,667	-0,406	2,463	243,704
738	0,392	291,167	-0,406	2,464	243,704
739	0,392	291,333	-0,406	2,464	243,704
740	0,394	291,500	-0,405	2,465	244,526
741	0,394	291,833	-0,405	2,465	244,526
742	0,394	292,167	-0,405	2,466	244,526
743	0,394	292,333	-0,405	2,466	244,526
744	0,395	292,833	-0,403	2,467	245,348
745	0,397	292,833	-0,401	2,467	246,444
746	0,398	293,167	-0,400	2,467	246,992
747	0,398	293,333	-0,400	2,467	246,992
748	0,398	293,833	-0,400	2,468	246,992
749	0,398	294,000	-0,400	2,468	246,992
750	0,398	294,167	-0,400	2,469	246,992
751	0,399	294,500	-0,399	2,469	247,174
752	0,400	294,833	-0,398	2,470	247,814
753	0,400	295,167	-0,398	2,470	247,814
754	0,400	295,333	-0,398	2,470	247,814
755	0,400	295,500	-0,398	2,471	247,814
756	0,401	296,000	-0,396	2,471	248,636
757	0,401	296,167	-0,396	2,472	248,636
758	0,401	296,333	-0,396	2,472	248,636
759	0,403	296,833	-0,395	2,473	249,458
760	0,403	297,167	-0,395	2,473	249,458
761	0,403	297,167	-0,395	2,473	249,458
762	0,403	297,500	-0,395	2,473	249,458
763	0,403	297,833	-0,395	2,474	249,640
764	0,406	298,167	-0,392	2,474	251,102
765	0,407	298,500	-0,390	2,475	251,924
766	0,407	298,667	-0,390	2,475	251,924
767	0,407	298,833	-0,390	2,475	251,924
768	0,407	299,500	-0,390	2,476	251,924
769	0,409	299,500	-0,388	2,476	252,746
770	0,409	299,667	-0,388	2,477	252,746
771	0,410	300,000	-0,387	2,477	253,568

772	0,410	300,333	-0,387	2,478	253,568
773	0,410	300,500	-0,387	2,478	253,568
774	0,410	300,833	-0,387	2,478	253,568
775	0,410	301,167	-0,387	2,479	253,568
776	0,410	301,500	-0,387	2,479	253,568
777	0,410	301,667	-0,387	2,480	253,568
778	0,410	301,833	-0,387	2,480	253,568
779	0,410	302,333	-0,387	2,480	253,568
780	0,410	302,667	-0,387	2,481	253,568
781	0,410	302,833	-0,387	2,481	253,568
782	0,410	302,833	-0,387	2,481	253,568
783	0,410	303,167	-0,387	2,482	253,568
784	0,411	303,833	-0,386	2,483	254,116
785	0,412	303,833	-0,385	2,483	254,390
786	0,413	304,167	-0,384	2,483	255,212
787	0,415	304,500	-0,382	2,484	256,034
788	0,415	304,500	-0,382	2,484	256,034
789	0,415	305,000	-0,382	2,484	256,034
790	0,415	305,333	-0,382	2,485	256,034
791	0,415	305,333	-0,382	2,485	256,034
792	0,416	306,000	-0,381	2,486	256,673
793	0,416	306,000	-0,381	2,486	256,856
794	0,416	306,167	-0,381	2,486	256,856
795	0,416	306,667	-0,381	2,487	256,856
796	0,416	307,000	-0,381	2,487	256,856
797	0,416	307,000	-0,381	2,487	256,856
798	0,418	307,500	-0,379	2,488	257,587
799	0,418	307,667	-0,379	2,488	257,678
800	0,418	307,833	-0,379	2,488	257,678
801	0,418	308,333	-0,379	2,489	257,678
802	0,418	308,333	-0,379	2,489	257,678
803	0,418	308,667	-0,378	2,489	257,952
804	0,419	309,000	-0,377	2,490	258,500
805	0,419	309,167	-0,377	2,490	258,500
806	0,419	309,333	-0,377	2,490	258,500
807	0,419	309,833	-0,377	2,491	258,500
808	0,421	310,167	-0,376	2,492	259,231
809	0,421	310,167	-0,376	2,492	259,231
810	0,421	310,500	-0,376	2,492	259,231
811	0,421	310,667	-0,376	2,492	259,231
812	0,422	311,333	-0,375	2,493	260,053
813	0,422	311,500	-0,375	2,493	260,053
814	0,422	311,667	-0,375	2,494	260,053

815	0,423	311,833	-0,373	2,494	260,692
816	0,424	312,333	-0,373	2,495	260,875
817	0,424	312,500	-0,373	2,495	260,875
818	0,425	312,667	-0,372	2,495	261,514
819	0,425	313,000	-0,371	2,496	261,697
820	0,425	313,333	-0,371	2,496	261,697
821	0,427	313,500	-0,370	2,496	262,519
822	0,431	313,667	-0,366	2,496	264,802
823	0,431	314,000	-0,365	2,497	264,985
824	0,431	314,667	-0,365	2,498	264,985
825	0,431	314,667	-0,365	2,498	264,985
826	0,431	314,833	-0,365	2,498	264,985
827	0,431	315,333	-0,365	2,499	264,985
828	0,431	315,500	-0,365	2,499	264,985
829	0,431	315,667	-0,365	2,499	264,985
830	0,431	316,167	-0,365	2,500	264,985
831	0,431	316,167	-0,365	2,500	264,985
832	0,431	316,500	-0,365	2,500	264,985
833	0,431	317,000	-0,365	2,501	264,985
834	0,431	317,000	-0,365	2,501	264,985
835	0,433	317,000	-0,364	2,501	265,807
836	0,433	317,833	-0,363	2,502	266,081
837	0,434	318,000	-0,362	2,502	266,629
838	0,434	318,000	-0,362	2,502	266,629
839	0,436	318,500	-0,361	2,503	267,451
840	0,437	318,667	-0,359	2,503	268,273
841	0,438	318,833	-0,359	2,504	268,456
842	0,439	319,333	-0,358	2,504	269,095
843	0,440	319,500	-0,356	2,504	269,917
844	0,440	319,667	-0,356	2,505	269,917
845	0,440	320,333	-0,356	2,506	269,917
846	0,440	320,333	-0,356	2,506	269,917
847	0,440	320,333	-0,356	2,506	269,917
848	0,440	320,833	-0,356	2,506	269,917
849	0,440	321,167	-0,356	2,507	269,917
850	0,440	321,333	-0,356	2,507	269,917
851	0,440	321,667	-0,356	2,507	269,917
852	0,440	322,000	-0,356	2,508	269,917
853	0,442	322,000	-0,355	2,508	270,739
854	0,442	322,500	-0,355	2,509	270,831
855	0,443	322,833	-0,353	2,509	271,561
856	0,443	323,000	-0,353	2,509	271,561
857	0,443	323,167	-0,353	2,509	271,561

858	0,443	323,667	-0,353	2,510	271,561
859	0,443	323,667	-0,353	2,510	271,561
860	0,445	324,000	-0,352	2,511	272,383
861	0,446	324,500	-0,351	2,511	272,840
862	0,446	324,667	-0,351	2,511	273,205
863	0,446	324,833	-0,351	2,512	273,205
864	0,446	325,333	-0,351	2,512	273,205
865	0,446	325,333	-0,351	2,512	273,205
866	0,446	325,667	-0,350	2,513	273,297
867	0,449	326,167	-0,348	2,513	274,667
868	0,449	326,333	-0,348	2,514	274,849
869	0,449	326,500	-0,348	2,514	274,849
870	0,449	327,000	-0,348	2,515	274,849
871	0,449	327,000	-0,348	2,515	274,849
872	0,449	327,333	-0,348	2,515	274,849
873	0,449	327,500	-0,348	2,515	274,849
874	0,449	327,833	-0,348	2,516	274,849
875	0,449	328,167	-0,348	2,516	274,849
876	0,449	328,333	-0,348	2,516	274,849
877	0,449	328,667	-0,347	2,517	274,941
878	0,451	328,833	-0,346	2,517	275,671
879	0,451	329,167	-0,346	2,517	275,671
880	0,451	329,667	-0,346	2,518	275,671
881	0,451	329,833	-0,346	2,518	275,671
882	0,451	329,833	-0,346	2,518	275,671
883	0,451	330,333	-0,346	2,519	275,854
884	0,452	330,667	-0,345	2,519	276,493
885	0,452	330,833	-0,345	2,520	276,493
886	0,454	330,833	-0,343	2,520	277,315
887	0,455	331,333	-0,342	2,520	278,137
888	0,455	331,667	-0,342	2,521	278,137
889	0,455	331,667	-0,342	2,521	278,229
890	0,458	332,167	-0,339	2,521	279,781
891	0,458	332,333	-0,339	2,522	279,781
892	0,458	332,667	-0,339	2,522	279,781
893	0,460	333,000	-0,338	2,522	280,604
894	0,460	333,167	-0,338	2,523	280,604
895	0,460	333,167	-0,338	2,523	280,604
896	0,460	333,667	-0,338	2,523	280,604
897	0,461	334,167	-0,336	2,524	281,426
898	0,461	334,167	-0,336	2,524	281,426
899	0,461	334,333	-0,336	2,524	281,426
900	0,461	334,667	-0,336	2,525	281,426

901	0,463	334,833	-0,335	2,525	282,248
902	0,464	335,333	-0,333	2,525	283,070
903	0,464	335,500	-0,333	2,526	283,070
904	0,464	335,667	-0,333	2,526	283,070
905	0,464	335,833	-0,333	2,526	283,070
906	0,464	336,167	-0,333	2,527	283,070
907	0,464	336,500	-0,333	2,527	283,070
908	0,464	336,667	-0,333	2,527	283,070
909	0,464	337,167	-0,333	2,528	283,070
910	0,465	337,333	-0,333	2,528	283,435
911	0,466	337,333	-0,332	2,528	283,892
912	0,470	337,833	-0,328	2,529	285,992
913	0,470	338,000	-0,328	2,529	286,358
914	0,470	338,333	-0,328	2,529	286,358
915	0,470	338,500	-0,328	2,530	286,358
916	0,470	338,667	-0,328	2,530	286,358
917	0,470	339,000	-0,328	2,530	286,358
918	0,470	339,333	-0,328	2,531	286,358
919	0,470	339,500	-0,328	2,531	286,358
920	0,471	339,667	-0,327	2,531	286,906
921	0,473	339,833	-0,325	2,531	288,002
922	0,473	340,167	-0,325	2,532	288,002
923	0,475	340,167	-0,324	2,532	288,824
924	0,475	340,833	-0,324	2,533	288,824
925	0,475	341,000	-0,324	2,533	288,824
926	0,475	341,000	-0,324	2,533	288,824
927	0,476	341,333	-0,322	2,533	289,646
928	0,477	341,667	-0,321	2,534	290,285
929	0,478	341,833	-0,321	2,534	290,468
930	0,478	342,000	-0,321	2,534	290,468
931	0,478	342,667	-0,321	2,535	290,468
932	0,478	342,667	-0,321	2,535	290,468
933	0,478	342,667	-0,321	2,535	290,468
934	0,478	343,167	-0,321	2,536	290,468
935	0,478	343,500	-0,321	2,536	290,468
936	0,478	343,667	-0,321	2,536	290,468
937	0,478	343,833	-0,321	2,536	290,468
938	0,478	344,000	-0,321	2,537	290,468
939	0,478	344,333	-0,320	2,537	290,833
940	0,479	344,667	-0,320	2,537	291,290
941	0,481	344,667	-0,318	2,537	292,112
942	0,481	345,167	-0,318	2,538	292,112
943	0,481	345,167	-0,318	2,538	292,112

944	0,481	345,500	-0,318	2,538	292,112
945	0,482	345,833	-0,317	2,539	292,934
946	0,482	346,000	-0,317	2,539	292,934
947	0,484	346,167	-0,315	2,539	293,756
948	0,485	346,333	-0,314	2,539	294,578
949	0,487	346,833	-0,313	2,540	295,400
950	0,487	347,000	-0,313	2,540	295,400
951	0,487	347,167	-0,313	2,541	295,400
952	0,487	347,333	-0,313	2,541	295,400
953	0,487	348,000	-0,313	2,542	295,400
954	0,488	348,000	-0,311	2,542	296,222
955	0,488	348,000	-0,311	2,542	296,222
956	0,490	348,500	-0,310	2,542	297,044
957	0,490	348,667	-0,310	2,542	297,044
958	0,491	348,667	-0,309	2,542	297,775
959	0,491	348,667	-0,309	2,542	297,866
960	0,491	349,500	-0,309	2,543	297,866
961	0,491	349,500	-0,309	2,543	297,866
962	0,492	349,667	-0,308	2,544	298,414
963	0,494	349,667	-0,306	2,544	299,510
964	0,494	350,000	-0,306	2,544	299,510
965	0,494	350,000	-0,306	2,544	299,510
966	0,496	350,333	-0,305	2,544	300,241
967	0,496	350,833	-0,305	2,545	300,241
968	0,496	351,000	-0,305	2,545	300,241
969	0,496	351,167	-0,305	2,546	300,241
970	0,496	351,167	-0,305	2,546	300,241
971	0,496	351,500	-0,305	2,546	300,241
972	0,496	351,667	-0,305	2,546	300,241
973	0,496	351,333	-0,305	2,546	300,241
974	0,496	351,333	-0,305	2,546	300,241
975	0,497	351,667	-0,304	2,546	300,972
976	0,497	352,000	-0,304	2,547	301,063
977	0,497	352,167	-0,304	2,547	301,063
978	0,497	352,333	-0,304	2,547	301,063
979	0,499	352,500	-0,302	2,547	301,885
980	0,499	352,667	-0,302	2,547	301,885
981	0,499	353,000	-0,302	2,548	301,885
982	0,499	353,500	-0,302	2,548	301,885
983	0,500	353,500	-0,301	2,548	302,707
984	0,502	353,500	-0,300	2,548	303,529
985	0,502	354,000	-0,300	2,549	303,529
986	0,503	354,333	-0,299	2,549	304,077

987	0,503	354,333	-0,298	2,549	304,351
988	0,505	354,500	-0,297	2,550	305,173
989	0,505	354,667	-0,297	2,550	305,173
990	0,505	355,167	-0,297	2,550	305,173
991	0,508	355,167	-0,295	2,550	306,817
992	0,508	355,500	-0,295	2,551	306,817
993	0,509	355,833	-0,293	2,551	307,639
994	0,509	356,000	-0,293	2,551	307,639
995	0,510	356,167	-0,293	2,552	307,913
996	0,511	356,167	-0,292	2,552	308,461
997	0,512	356,333	-0,291	2,552	309,283
998	0,515	356,167	-0,288	2,552	310,836
999	0,515	356,500	-0,288	2,552	310,836
1000	0,571	356,833	-0,243	2,552	341,616
Sumatoria [Σ]	274,1073767	213808,138	-664,795	2246,375	178913,325

ANEXO 8: Cálculo de valores relacionados para la distribución de probabilidad para tracción

Esf. Observado	Esf. Calculado	Esf. Obs. - Esf. Cal.	(Esf. Obs. - Esf. Cal.) ²
0,358	15755,227	28,339	803,074
0,128	15755,227	28,569	816,214
0,832	15755,227	27,865	776,440
1,687	15755,227	27,010	729,558
2,478	15755,227	26,219	687,418
3,280	15755,227	25,417	646,024
4,037	15755,227	24,660	608,132
4,812	15755,227	23,885	570,509
5,568	15755,227	23,129	534,935
6,328	15755,227	22,369	500,357
7,080	15755,227	21,617	467,295
7,848	15755,227	20,849	434,667
8,603	15755,227	20,094	403,755
9,350	15755,227	19,347	374,306
10,115	15755,227	18,582	345,291
10,905	15755,227	17,792	316,555
11,640	15755,227	17,057	290,941
12,422	16109,111	16,921	286,323
13,183	16203,213	16,331	266,706
13,917	16203,213	15,598	243,291
14,683	16203,213	14,831	219,962
15,450	16203,213	14,064	197,809
16,233	16203,213	13,281	176,388
17,000	16651,199	13,332	177,740
17,717	16651,199	12,615	159,145
18,500	16651,199	11,832	139,994
19,283	16651,199	11,049	122,071
20,017	16651,199	10,315	106,405
20,783	16651,199	9,549	91,176
21,583	17101,688	9,571	91,597
22,333	17101,688	8,821	77,803
23,100	17101,688	8,054	64,866
23,883	17101,688	7,271	52,862
24,667	17101,688	6,487	42,085
25,417	17101,688	5,737	32,916
26,183	17101,688	4,971	24,707
26,967	17547,172	5,000	25,002
27,750	17547,172	4,217	17,782
28,500	17547,172	3,467	12,019
29,283	17547,172	2,684	7,201

30,083	17547,172	1,884	3,548
30,833	17547,172	1,134	1,285
31,617	18445,647	1,990	3,959
32,383	18445,647	1,223	1,496
33,150	18445,647	0,456	0,208
33,933	18445,647	-0,327	0,107
34,683	18445,647	-1,077	1,160
35,467	18445,647	-1,860	3,461
36,250	18445,647	-2,644	6,989
37,017	18891,130	-2,597	6,747
37,783	18891,130	-3,364	11,317
38,567	19339,116	-3,330	11,089
39,350	19595,895	-3,645	13,284
40,100	19787,102	-4,046	16,369
40,833	19787,102	-4,779	22,840
41,633	20192,542	-4,839	23,419
42,400	20237,591	-5,524	30,512
43,167	20685,577	-5,473	29,954
43,917	20685,577	-6,223	38,726
44,700	21133,564	-6,189	38,302
45,433	21133,564	-6,922	47,917
46,200	21894,389	-6,301	39,697
46,967	22029,536	-6,821	46,521
47,683	22928,011	-5,898	34,784
48,467	22928,011	-6,681	44,637
49,183	22928,011	-7,398	54,727
49,917	22928,011	-8,131	66,115
50,683	23823,983	-7,263	52,749
51,433	23944,114	-7,794	60,741
52,167	24274,472	-7,924	62,792
52,900	24274,472	-8,657	74,952
53,600	24274,472	-9,357	87,563
54,333	24719,956	-9,278	86,080
55,050	24970,227	-9,538	90,972
55,767	26061,411	-8,263	68,285
56,467	26061,411	-8,963	80,343
57,167	26061,411	-9,663	93,382
57,900	26061,411	-10,397	108,093
58,583	26136,493	-10,943	119,752
59,283	26957,384	-10,145	102,925
60,017	26957,384	-10,879	118,342
60,700	27407,873	-10,740	115,344
61,417	27407,873	-11,456	131,251
62,100	27497,970	-11,975	143,411

62,783	28303,845	-11,188	125,177
63,483	28303,845	-11,888	141,330
64,150	28754,334	-11,733	137,660
64,833	28754,334	-12,416	154,162
65,483	29029,633	-12,564	157,850
66,183	29630,284	-12,168	148,056
66,817	29630,284	-12,801	163,869
67,483	29630,284	-13,468	181,382
68,133	30075,768	-13,305	177,021
68,800	30521,251	-13,159	173,151
69,450	30966,735	-12,996	168,890
70,117	31417,224	-12,840	164,876
70,750	31417,224	-13,474	181,542
71,383	31417,224	-14,107	199,010
72,033	31417,224	-14,757	217,772
72,667	32318,201	-13,746	188,963
73,333	32318,201	-14,413	207,735
73,967	32768,690	-14,224	202,332
74,600	32768,690	-14,858	220,750
75,250	32768,690	-15,508	240,488
75,867	33664,663	-14,489	209,943
76,483	33664,663	-15,106	228,193
77,117	33664,663	-15,739	247,729
77,767	33664,663	-16,389	268,613
78,350	34560,635	-15,338	235,249
79,017	34560,635	-16,004	256,143
79,533	35011,124	-15,699	246,462
80,167	35459,110	-15,515	240,715
80,867	35459,110	-16,215	262,926
81,483	35719,392	-16,357	267,542
81,983	36355,082	-15,697	246,387
82,633	36355,082	-16,347	267,216
83,317	37015,799	-15,824	250,412
83,883	37231,033	-15,998	255,947
84,433	37231,033	-16,548	273,847
85,133	37231,033	-17,248	297,505
85,667	37681,522	-16,960	287,629
86,383	38129,508	-16,859	284,221
86,750	38129,508	-17,226	296,718
87,450	38579,997	-17,103	292,529
88,150	38579,997	-17,803	316,964
88,517	39030,486	-17,348	300,957
89,217	39906,436	-16,450	270,593
89,767	39906,436	-17,000	288,991

90,467	39906,436	-17,700	313,280
90,967	39906,436	-18,200	331,230
91,517	40356,925	-17,928	321,402
92,217	40356,925	-18,628	346,991
92,583	41252,898	-17,359	301,350
93,283	42153,875	-16,415	269,465
93,800	42153,875	-16,932	286,694
94,300	42153,875	-17,432	303,876
95,017	42153,875	-18,149	329,376
95,550	42153,875	-18,682	349,019
96,233	43049,848	-17,730	314,369
96,583	43049,848	-18,080	326,903
97,267	43049,848	-18,764	352,080
97,617	43500,337	-18,292	334,588
98,300	43500,337	-18,975	360,054
98,833	43500,337	-19,508	380,578
99,350	43950,825	-19,203	368,757
99,867	43950,825	-19,720	388,867
100,533	43950,825	-20,386	415,605
101,067	44401,314	-20,098	403,917
101,583	44401,314	-20,614	424,952
102,083	44501,423	-20,932	438,135
102,650	44861,814	-20,841	434,336
103,300	45652,672	-20,048	401,907
103,633	46203,270	-19,376	375,439
104,333	46203,270	-20,076	403,055
104,667	46203,270	-20,410	416,551
105,367	46203,270	-21,110	445,614
105,650	46203,270	-21,393	457,656
106,417	46553,650	-21,520	463,120
106,617	47229,383	-20,487	419,724
107,450	47529,709	-20,772	431,496
107,617	47975,193	-20,126	405,066
108,467	47975,193	-20,976	440,003
108,633	47975,193	-21,143	447,023
109,483	48876,171	-20,349	414,076
109,650	48876,171	-20,516	420,887
110,300	48876,171	-21,166	447,980
110,717	48876,171	-21,582	465,791
111,300	48876,171	-22,166	491,311
111,717	48876,171	-22,582	509,956
112,300	49777,148	-21,521	463,174
112,717	49777,148	-21,938	481,282
113,133	50012,404	-21,926	480,728

113,717	50678,126	-21,294	453,438
114,133	50678,126	-21,711	471,356
114,550	50678,126	-22,127	489,622
115,150	50978,452	-22,179	491,925
115,550	51579,104	-21,483	461,534
115,983	51579,104	-21,917	480,341
116,567	51579,104	-22,500	506,251
116,967	51579,104	-22,900	524,411
117,400	52029,593	-22,511	506,759
117,983	52925,565	-21,460	460,520
118,383	53376,054	-21,038	442,585
118,633	53376,054	-21,288	453,166
119,167	53376,054	-21,821	476,157
119,667	53376,054	-22,321	498,228
120,167	53826,543	-21,999	483,956
120,667	53826,543	-22,499	506,205
121,000	53826,543	-22,832	521,315
121,500	53826,543	-23,332	544,398
122,000	53826,543	-23,832	567,980
122,333	55178,009	-21,700	470,872
123,000	55178,009	-22,366	500,249
123,333	55528,390	-22,060	486,653
123,667	55628,498	-22,211	493,323
124,167	56078,987	-21,889	479,122
124,667	56078,987	-22,389	501,261
125,000	56078,987	-22,722	516,298
125,500	56078,987	-23,222	539,270
126,000	56078,987	-23,722	562,742
126,333	56078,987	-24,056	578,668
126,833	56524,471	-23,743	563,712
127,333	56524,471	-24,243	587,705
127,500	56524,471	-24,409	595,813
128,167	56974,960	-24,254	588,253
128,333	57425,448	-23,599	556,892
129,000	57425,448	-24,265	588,801
129,167	57425,448	-24,432	596,917
129,667	57425,448	-24,932	621,599
130,000	57425,448	-25,265	638,332
130,667	57425,448	-25,932	672,463
131,000	57425,448	-26,265	689,862
131,333	57875,937	-25,777	664,429
131,500	57875,937	-25,943	673,049
132,167	57875,937	-26,610	708,085
132,500	58326,426	-26,121	682,315

133,167	58626,752	-26,240	688,528
133,167	58776,915	-25,966	674,223
133,500	58776,915	-26,299	691,645
134,000	58776,915	-26,799	718,194
134,333	59227,404	-26,310	692,239
134,833	59227,404	-26,810	718,800
135,000	59652,866	-26,201	686,479
135,500	59652,866	-26,701	712,930
135,833	59652,866	-27,034	730,841
136,333	59652,866	-27,534	758,125
136,500	59652,866	-27,701	767,331
137,000	60103,355	-27,379	749,594
137,167	61004,332	-25,901	670,878
137,833	61004,332	-26,568	705,858
138,000	61004,332	-26,735	714,742
138,333	61004,332	-27,068	732,676
138,833	61447,814	-26,759	716,030
139,167	61452,318	-27,084	733,535
139,500	61852,753	-26,686	712,169
139,833	61852,753	-27,020	730,071
140,167	62303,242	-26,531	703,901
140,333	62303,242	-26,698	712,773
141,000	62303,242	-27,364	748,814
141,167	62303,242	-27,531	757,963
141,667	62303,242	-28,031	785,744
142,000	62753,731	-27,542	758,586
142,167	63154,165	-26,978	727,835
142,667	63204,220	-27,387	750,052
142,833	63204,220	-27,554	759,209
143,500	63654,709	-27,398	750,671
143,667	63654,709	-27,565	759,832
144,167	63654,709	-28,065	787,647
144,333	63654,709	-28,232	797,029
144,833	63654,709	-28,732	825,511
144,833	63654,709	-28,732	825,511
145,333	63654,709	-29,232	854,493
145,833	63654,709	-29,732	883,975
145,833	64105,197	-28,910	835,770
146,500	64105,197	-29,576	874,760
146,833	64555,686	-29,088	846,091
147,167	65456,664	-27,777	771,557
147,333	65456,664	-27,944	780,844
148,000	65456,664	-28,610	818,547
148,167	65654,379	-28,416	807,477

148,333	65904,650	-28,126	791,079
149,000	65904,650	-28,793	829,025
149,333	65904,650	-29,126	848,331
149,500	66104,867	-28,927	836,797
149,833	66755,574	-28,073	788,116
150,167	66805,628	-28,315	801,762
150,667	66805,628	-28,815	830,327
150,833	66805,628	-28,982	839,960
151,333	66805,628	-29,482	869,192
151,667	67256,117	-28,993	840,616
152,000	67706,606	-28,505	812,516
152,333	68607,583	-27,194	739,511
152,833	69058,072	-26,872	722,100
153,167	69058,072	-27,205	740,126
153,500	69058,072	-27,539	758,374
153,667	69058,072	-27,705	767,581
154,000	69058,072	-28,039	786,162
154,500	69058,072	-28,539	814,451
154,833	69508,561	-28,050	786,796
155,000	69508,561	-28,217	796,174
155,167	69508,561	-28,383	805,607
155,833	69508,561	-29,050	843,896
156,000	70009,104	-28,303	801,070
156,167	70409,539	-27,739	769,461
156,833	70409,539	-28,406	806,891
156,833	70860,028	-27,584	760,866
157,333	70860,028	-28,084	788,700
157,667	70860,028	-28,417	807,533
158,000	70860,028	-28,750	826,589
158,167	70860,028	-28,917	836,200
158,333	70860,028	-29,084	845,867
159,167	70860,028	-29,917	895,035
159,167	71310,517	-29,095	846,525
159,500	71310,517	-29,428	866,033
159,833	71761,006	-28,940	837,508
160,167	72361,658	-28,177	793,945
160,333	72661,983	-27,796	772,600
160,833	72661,983	-28,296	800,645
161,167	72661,983	-28,629	819,620
161,333	72661,983	-28,796	829,191
161,833	72661,983	-29,296	858,237
162,000	72661,983	-29,462	868,030
162,500	72661,983	-29,962	897,742
162,833	73763,178	-28,286	800,113

162,833	74013,450	-27,830	774,486
163,333	74013,450	-28,330	802,565
163,667	74013,450	-28,663	821,563
164,000	74013,450	-28,996	840,783
164,333	74914,428	-27,686	766,488
164,833	74914,428	-28,186	794,424
165,000	75214,754	-27,804	773,072
165,000	75364,917	-27,530	757,910
165,500	75815,406	-27,208	740,283
166,000	75815,406	-27,708	767,741
166,167	75815,406	-27,875	777,004
166,500	76265,894	-27,386	749,999
167,000	76716,383	-27,064	732,464
167,000	76716,383	-27,064	732,464
167,333	77001,693	-26,877	722,362
168,000	77612,356	-26,429	698,500
168,000	77612,356	-26,429	698,500
168,500	78062,845	-26,107	681,582
168,833	78963,822	-24,796	614,861
169,000	78963,822	-24,963	623,154
169,500	78963,822	-25,463	648,367
169,833	78963,822	-25,796	665,454
170,000	79414,311	-25,141	632,071
170,333	79414,311	-25,474	648,943
170,667	79414,311	-25,808	666,037
171,000	79414,311	-26,141	683,353
171,500	79414,311	-26,641	709,744
171,667	79414,311	-26,808	718,652
171,833	79414,311	-26,974	727,616
172,333	79414,311	-27,474	754,840
172,667	79414,311	-27,808	773,268
173,000	79964,909	-27,136	736,380
173,333	80315,289	-26,830	719,865
173,500	80765,778	-26,175	685,127
173,667	80765,778	-26,342	693,880
174,333	80765,778	-27,008	729,447
174,500	80765,778	-27,175	738,477
174,833	80765,778	-27,508	756,705
175,333	80765,778	-28,008	784,463
175,333	81216,267	-27,186	739,092
175,833	81216,267	-27,686	766,528
176,333	81416,484	-27,821	774,002
176,333	81666,756	-27,364	748,800
176,833	81666,756	-27,864	776,414

177,167	81666,756	-28,198	795,101
177,333	81666,756	-28,364	804,528
177,833	82117,244	-28,042	786,364
178,167	82117,244	-28,376	805,170
178,333	82567,733	-27,720	768,407
178,667	82567,733	-28,053	786,998
179,167	82567,733	-28,553	815,301
179,333	82567,733	-28,720	824,847
179,833	82968,168	-28,489	811,649
180,000	83018,222	-28,565	815,947
180,167	83018,222	-28,731	825,496
180,833	83468,711	-28,576	816,593
181,000	83468,711	-28,743	826,146
181,167	83468,711	-28,909	835,755
181,667	83618,874	-29,135	848,872
181,833	83919,200	-28,754	826,796
182,167	84369,689	-28,265	798,931
182,667	84369,689	-28,765	827,446
183,000	84369,689	-29,099	846,734
183,000	84369,689	-29,099	846,734
183,500	84369,689	-29,599	876,083
183,833	84820,178	-29,110	847,392
184,167	84820,178	-29,443	866,910
184,500	84820,178	-29,777	886,650
184,500	85270,667	-28,955	838,371
185,000	85721,156	-28,633	819,826
185,500	85721,156	-29,133	848,709
185,667	85721,156	-29,299	858,447
185,833	85871,318	-29,192	852,169
186,500	86171,644	-29,311	859,110
186,667	86171,644	-29,477	868,908
186,833	86171,644	-29,644	878,761
187,167	86171,644	-29,977	898,635
187,500	86171,644	-30,311	918,731
187,833	86171,644	-30,644	939,049
188,167	86171,644	-30,977	959,590
188,333	86171,644	-31,144	969,943
188,833	86171,644	-31,644	1001,337
189,000	86171,644	-31,811	1011,913
189,333	86171,644	-32,144	1033,231
189,833	86171,644	-32,644	1065,625
190,167	86171,644	-32,977	1087,499
190,333	86622,133	-32,322	1044,704
190,333	86987,530	-31,655	1002,047

191,000	87072,622	-32,167	1034,685
191,333	87072,622	-32,500	1056,240
191,500	87072,622	-32,667	1067,101
191,833	88374,034	-30,625	937,897
192,167	88374,034	-30,958	958,424
192,500	88374,034	-31,292	979,174
192,833	88374,034	-31,625	1000,147
193,333	88374,034	-32,125	1032,022
193,333	88374,034	-32,125	1032,022
193,833	88374,034	-32,625	1064,397
194,167	88374,034	-32,958	1086,258
194,500	88374,034	-33,292	1108,342
194,833	88374,034	-33,625	1130,647
195,000	88624,306	-33,335	1111,228
195,667	89275,012	-32,814	1076,783
195,667	89725,501	-31,992	1023,510
196,000	90175,990	-31,504	992,480
196,333	90175,990	-31,837	1013,593
196,500	90175,990	-32,004	1024,233
197,000	90175,990	-32,504	1056,487
197,333	90175,990	-32,837	1078,267
197,333	90175,990	-32,837	1078,267
197,833	90175,990	-33,337	1111,354
198,333	90175,990	-33,837	1144,941
198,500	90175,990	-34,004	1156,248
198,833	90311,137	-34,090	1162,153
199,167	90621,473	-33,857	1146,325
199,333	90921,799	-33,476	1120,647
199,667	91071,962	-33,535	1124,622
200,333	91071,962	-34,202	1169,780
200,333	91071,962	-34,202	1169,780
200,333	91071,962	-34,202	1169,780
201,167	91972,940	-33,391	1114,981
201,333	91972,940	-33,558	1126,139
201,667	91972,940	-33,891	1148,622
202,000	92423,429	-33,403	1115,736
202,333	92423,429	-33,736	1138,115
202,667	92423,429	-34,069	1160,717
203,000	92423,429	-34,403	1183,541
203,333	92423,429	-34,736	1206,587
203,500	92423,429	-34,903	1218,193
203,667	92823,864	-34,339	1179,140
204,333	92823,864	-35,005	1225,369
204,500	92823,864	-35,172	1237,065

204,833	92823,864	-35,505	1260,624
205,000	92823,864	-35,672	1272,487
205,500	92823,864	-36,172	1308,409
205,833	92823,864	-36,505	1332,635
206,000	92823,864	-36,672	1344,831
206,500	92823,864	-37,172	1381,753
206,667	92823,864	-37,339	1394,171
207,000	93024,081	-37,307	1391,781
207,333	93724,841	-36,361	1322,137
207,500	93724,841	-36,528	1334,286
208,000	93724,841	-37,028	1371,063
208,333	94175,330	-36,539	1335,112
208,500	94175,330	-36,706	1347,319
209,000	94175,330	-37,206	1384,275
209,167	94175,330	-37,373	1396,705
209,500	94625,819	-36,884	1360,416
210,000	94625,819	-37,384	1397,550
210,167	94625,819	-37,550	1410,039
210,333	94625,819	-37,717	1422,583
210,833	94625,819	-38,217	1460,550
211,333	95076,308	-37,895	1436,040
211,333	95076,308	-37,895	1436,040
211,500	95076,308	-38,062	1448,699
212,000	95526,797	-37,740	1424,289
212,500	95526,797	-38,240	1462,279
212,500	95526,797	-38,240	1462,279
213,167	95927,231	-38,176	1457,386
213,333	95977,286	-38,251	1463,143
213,500	95977,286	-38,418	1475,922
213,833	95977,286	-38,751	1501,644
214,333	95977,286	-39,251	1540,646
214,500	95977,286	-39,418	1553,757
214,500	97328,752	-36,952	1365,423
215,333	97779,241	-36,963	1366,259
215,500	97779,241	-37,130	1378,608
215,667	98229,730	-36,474	1330,370
216,333	98229,730	-37,141	1379,447
216,333	98229,730	-37,141	1379,447
216,667	98229,730	-37,474	1404,319
217,167	98229,730	-37,974	1442,043
217,333	98229,730	-38,141	1454,729
217,500	98680,219	-37,486	1405,166
218,167	98680,219	-38,152	1455,591
218,333	98680,219	-38,319	1468,336

218,667	98680,219	-38,652	1493,993
218,833	98680,219	-38,819	1506,905
219,167	98680,219	-39,152	1532,896
219,667	99481,088	-38,191	1458,539
219,833	99581,197	-38,175	1457,317
220,167	99581,197	-38,508	1482,878
220,500	99581,197	-38,841	1508,661
220,667	99581,197	-39,008	1521,636
221,167	99581,197	-39,508	1560,894
221,500	99581,197	-39,841	1587,344
221,500	99581,197	-39,841	1587,344
222,000	99581,197	-40,341	1627,435
222,167	99581,197	-40,508	1640,910
222,500	99581,197	-40,841	1668,027
223,000	99581,197	-41,341	1709,118
223,000	99581,197	-41,341	1709,118
223,333	99581,197	-41,675	1736,790
224,000	100031,686	-41,519	1723,865
224,000	100031,686	-41,519	1723,865
224,500	100031,686	-42,019	1765,635
224,833	100031,686	-42,353	1793,759
224,833	100332,012	-41,805	1747,639
225,500	100932,663	-41,375	1711,923
225,833	100932,663	-41,709	1739,618
225,833	101383,152	-40,887	1671,722
226,000	101383,152	-41,053	1685,379
226,500	101683,478	-41,005	1681,438
226,833	101833,641	-41,065	1686,307
227,000	101833,641	-41,231	1700,023
227,500	101833,641	-41,731	1741,504
227,667	101833,641	-41,898	1755,442
227,833	102083,913	-41,608	1731,224
228,333	102284,130	-41,743	1742,448
228,667	102284,130	-42,076	1770,387
228,833	102284,130	-42,243	1784,440
229,000	103185,108	-40,765	1661,805
229,500	103185,108	-41,265	1702,820
229,833	103185,108	-41,599	1730,442
229,833	103630,591	-40,786	1663,472
230,167	103630,591	-41,119	1690,773
230,667	103630,591	-41,619	1732,142
230,833	104081,080	-40,964	1678,021
231,167	104081,080	-41,297	1705,441
231,500	104531,569	-40,808	1665,316

231,667	104531,569	-40,975	1678,947
231,833	105182,275	-39,954	1596,342
232,500	105432,547	-40,164	1613,165
232,667	105432,547	-40,331	1626,581
232,667	105432,547	-40,331	1626,581
233,000	105432,547	-40,664	1653,579
233,500	105432,547	-41,164	1694,494
233,667	105432,547	-41,331	1708,243
234,000	105432,547	-41,664	1735,908
234,333	105432,547	-41,998	1763,795
234,500	105883,036	-41,342	1709,177
235,000	106033,199	-41,568	1727,914
235,167	106333,525	-41,187	1696,355
235,667	106333,525	-41,687	1737,792
235,833	106523,731	-41,506	1722,783
235,833	106784,013	-41,031	1683,582
236,500	107234,502	-40,876	1670,856
236,833	107234,502	-41,209	1698,218
236,833	107234,502	-41,209	1698,218
237,167	107234,502	-41,543	1725,802
237,667	107684,991	-41,221	1699,150
237,833	107684,991	-41,387	1712,918
238,167	108135,480	-40,899	1672,705
238,500	108135,480	-41,232	1700,082
238,667	108135,480	-41,399	1713,854
239,000	108135,480	-41,732	1741,564
239,167	108285,643	-41,625	1732,616
239,667	108585,969	-41,577	1728,621
239,833	108585,969	-41,743	1742,507
240,000	108585,969	-41,910	1756,450
240,500	108585,969	-42,410	1798,610
240,833	108585,969	-42,743	1826,994
240,833	108585,969	-42,743	1826,994
241,000	109136,566	-41,905	1756,055
241,667	109486,947	-41,933	1758,345
241,667	109486,947	-41,933	1758,345
242,000	109486,947	-42,266	1786,411
242,667	109486,947	-42,933	1843,210
242,667	109486,947	-42,933	1843,210
242,833	109486,947	-43,099	1857,549
243,000	109937,436	-42,444	1801,487
243,500	110337,870	-42,213	1781,957
243,667	110337,870	-42,380	1796,056
244,000	110337,870	-42,713	1824,420

244,500	110788,359	-42,391	1797,014
244,500	110788,359	-42,391	1797,014
244,833	110788,359	-42,725	1825,386
245,167	111188,794	-42,327	1791,590
245,500	111188,794	-42,661	1819,919
245,667	111188,794	-42,827	1834,167
246,000	111639,282	-42,338	1792,547
246,333	111639,282	-42,672	1820,884
246,500	111639,282	-42,838	1835,135
246,667	111639,282	-43,005	1849,443
247,333	112089,771	-42,850	1836,104
247,333	112089,771	-42,850	1836,104
247,500	112089,771	-43,016	1850,415
248,000	112089,771	-43,516	1893,682
248,333	112089,771	-43,850	1922,804
248,333	112089,771	-43,850	1922,804
248,667	112089,771	-44,183	1952,148
249,167	112089,771	-44,683	1996,581
249,333	112089,771	-44,850	2011,503
249,500	112540,260	-44,194	1953,147
249,833	112540,260	-44,528	1982,721
250,167	112540,260	-44,861	2012,517
250,333	112540,260	-45,028	2027,499
250,667	113441,238	-43,717	1911,179
251,000	113441,238	-44,050	1940,434
251,333	113441,238	-44,384	1969,912
251,333	113441,238	-44,384	1969,912
251,500	113441,238	-44,550	1984,735
252,167	113891,727	-44,395	1970,916
252,333	114141,998	-44,105	1945,249
252,500	114342,216	-43,906	1927,763
253,000	114342,216	-44,406	1971,920
253,167	114342,216	-44,573	1986,749
253,333	114342,216	-44,740	2001,635
253,667	114692,596	-44,434	1974,346
254,000	114937,862	-44,319	1964,209
254,167	115238,188	-43,938	1930,552
254,500	115238,188	-44,271	1959,955
254,667	115238,188	-44,438	1974,740
255,167	115238,188	-44,938	2019,428
255,333	115238,188	-45,105	2034,435
255,500	115238,188	-45,271	2049,497
256,000	115238,188	-45,771	2095,019
256,167	115688,677	-45,116	2035,455

256,333	116139,166	-44,461	1976,749
256,667	116139,166	-44,794	2006,501
257,000	116139,166	-45,127	2036,475
257,167	116589,655	-44,472	1977,754
257,167	116589,655	-44,472	1977,754
258,000	116589,655	-45,305	2052,569
258,167	117040,144	-44,650	1993,616
258,167	117040,144	-44,650	1993,616
258,833	117490,632	-44,495	1979,766
259,167	117490,632	-44,828	2009,540
259,167	117490,632	-44,828	2009,540
259,500	117490,632	-45,161	2039,536
259,833	117490,632	-45,495	2069,755
260,000	117941,121	-44,839	2010,553
260,167	117941,121	-45,006	2025,528
260,833	117941,121	-45,673	2085,980
261,000	117941,121	-45,839	2101,232
261,167	117941,121	-46,006	2116,539
261,333	118842,099	-44,528	1982,784
261,833	118842,099	-45,028	2027,563
262,167	118842,099	-45,362	2057,693
262,333	119242,534	-44,798	2006,841
262,667	119642,968	-44,400	1971,397
263,000	119743,077	-44,551	1984,798
263,000	119743,077	-44,551	1984,798
263,500	119743,077	-45,051	2029,599
264,000	119743,077	-45,551	2074,900
264,000	119743,077	-45,551	2074,900
264,333	120193,566	-45,062	2030,618
264,500	120228,604	-45,165	2039,887
265,000	120644,055	-44,907	2016,640
265,333	120644,055	-45,240	2046,689
265,333	120644,055	-45,240	2046,689
265,833	120644,055	-45,740	2092,179
266,167	120644,055	-46,074	2122,784
266,333	121545,032	-44,596	1988,829
266,333	121945,467	-43,866	1924,190
267,167	121995,521	-44,608	1989,837
267,167	121995,521	-44,608	1989,837
267,167	121995,521	-44,608	1989,837
267,833	121995,521	-45,274	2049,758
268,167	121995,521	-45,608	2080,052
268,167	121995,521	-45,608	2080,052
268,333	122446,010	-44,952	2020,703

269,000	122446,010	-45,619	2081,084
269,000	122871,472	-44,843	2010,853
269,333	122871,472	-45,176	2040,859
269,833	123221,852	-45,037	2028,287
270,000	123321,961	-45,021	2026,846
270,167	123321,961	-45,187	2041,880
270,167	123772,450	-44,365	1968,266
270,833	123772,450	-45,032	2027,864
271,167	123772,450	-45,365	2057,996
271,167	123772,450	-45,365	2057,996
271,500	123772,450	-45,698	2088,350
272,000	123772,450	-46,198	2134,299
272,167	123772,450	-46,365	2149,726
272,333	123772,450	-46,532	2165,209
272,833	124222,939	-46,210	2135,343
273,000	124222,939	-46,376	2150,774
273,000	124222,939	-46,376	2150,774
273,667	124623,373	-46,312	2144,840
274,000	124623,373	-46,646	2175,826
274,000	124623,373	-46,646	2175,826
274,500	124623,373	-47,146	2222,722
274,500	124873,645	-46,689	2179,869
275,000	125073,862	-46,824	2192,461
275,167	125774,622	-45,712	2089,557
275,500	125974,840	-45,680	2086,631
275,667	125974,840	-45,846	2101,886
276,000	125974,840	-46,180	2132,561
276,500	125974,840	-46,680	2178,991
276,500	125974,840	-46,680	2178,991
277,000	125974,840	-47,180	2225,920
277,167	125974,840	-47,346	2241,675
277,333	125974,840	-47,513	2257,485
277,500	125974,840	-47,680	2273,350
278,167	125974,840	-48,346	2337,367
278,333	125974,840	-48,513	2353,511
278,500	125974,840	-48,680	2369,709
279,000	126425,329	-48,358	2338,460
279,000	126425,329	-48,358	2338,460
279,500	126425,329	-48,858	2387,068
279,500	126875,817	-48,036	2307,419
280,000	127226,198	-47,896	2294,050
280,167	127326,306	-47,880	2292,517
280,333	127526,524	-47,682	2273,531
280,667	127776,795	-47,558	2261,783

281,167	128627,719	-46,505	2162,760
281,333	128677,773	-46,581	2169,772
281,500	129128,262	-45,925	2109,147
281,667	129128,262	-46,092	2124,483
282,000	129128,262	-46,425	2155,322
282,500	129128,262	-46,925	2201,998
282,667	129128,262	-47,092	2217,667
282,833	129128,262	-47,259	2233,393
283,333	129128,262	-47,759	2280,901
283,500	129528,696	-47,195	2227,345
283,667	129528,696	-47,361	2243,104
284,333	129528,696	-48,028	2306,697
284,500	129528,696	-48,195	2322,735
284,500	129528,696	-48,195	2322,735
284,667	129678,859	-48,087	2312,399
285,500	130429,674	-47,551	2261,069
285,500	130429,674	-47,551	2261,069
285,667	130429,674	-47,717	2276,947
286,000	130429,674	-48,051	2308,869
286,333	130880,163	-47,562	2262,144
286,333	130880,163	-47,562	2262,144
287,000	131330,652	-47,407	2247,389
287,000	131330,652	-47,407	2247,389
287,333	131330,652	-47,740	2279,105
287,667	131781,141	-47,251	2232,683
287,833	131781,141	-47,418	2248,461
288,000	132231,630	-46,763	2186,739
288,333	132231,630	-47,096	2218,025
288,833	132231,630	-47,596	2265,371
288,833	132231,630	-47,596	2265,371
289,000	133132,607	-46,119	2126,918
289,667	133132,607	-46,785	2188,853
289,833	133583,096	-46,130	2127,960
289,833	133583,096	-46,130	2127,960
290,167	133583,096	-46,463	2158,825
290,500	133583,096	-46,796	2189,911
290,667	133583,096	-46,963	2205,538
291,167	133583,096	-47,463	2252,751
291,333	133583,096	-47,630	2268,600
291,500	134033,585	-46,974	2206,600
291,833	134033,585	-47,308	2238,027
292,167	134033,585	-47,641	2269,677
292,333	134033,585	-47,808	2285,585
292,833	134484,074	-47,486	2254,897

292,833	135084,726	-46,390	2152,006
293,167	135385,052	-46,175	2132,134
293,333	135385,052	-46,342	2147,553
293,833	135385,052	-46,842	2194,145
294,000	135385,052	-47,008	2209,787
294,167	135385,052	-47,175	2225,484
294,500	135485,161	-47,326	2239,721
294,833	135835,541	-47,020	2210,849
295,167	135835,541	-47,353	2242,307
295,333	135835,541	-47,520	2258,119
295,500	135835,541	-47,686	2273,987
296,000	136286,030	-47,364	2243,378
296,167	136286,030	-47,531	2259,193
296,333	136286,030	-47,698	2275,065
296,833	136736,519	-47,376	2244,448
297,167	136736,519	-47,709	2276,143
297,167	136736,519	-47,709	2276,143
297,500	136736,519	-48,042	2308,060
297,833	136836,627	-48,193	2322,559
298,167	137637,496	-47,065	2215,103
298,500	138087,985	-46,576	2169,341
298,667	138087,985	-46,743	2184,894
298,833	138087,985	-46,910	2200,503
299,500	138087,985	-47,576	2263,494
299,500	138538,474	-46,754	2185,951
299,667	138538,474	-46,921	2201,564
300,000	138988,963	-46,432	2155,942
300,333	138988,963	-46,765	2187,008
300,500	138988,963	-46,932	2202,625
300,833	138988,963	-47,265	2234,024
301,167	138988,963	-47,599	2265,645
301,500	138988,963	-47,932	2297,489
301,667	138988,963	-48,099	2313,494
301,833	138988,963	-48,265	2329,555
302,333	138988,963	-48,765	2378,070
302,667	138988,963	-49,099	2410,692
302,833	138988,963	-49,265	2427,086
302,833	138988,963	-49,265	2427,086
303,167	138988,963	-49,599	2460,040
303,833	139289,289	-49,717	2471,824
303,833	139439,452	-49,443	2444,653
304,167	139889,941	-48,955	2396,566
304,500	140340,430	-48,466	2348,957
304,500	140340,430	-48,466	2348,957

305,000	140340,430	-48,966	2397,673
305,333	140340,430	-49,299	2430,428
305,333	140340,430	-49,299	2430,428
306,000	140690,810	-49,327	2433,121
306,000	140790,918	-49,144	2415,133
306,167	140790,918	-49,311	2431,543
306,667	140790,918	-49,811	2481,103
307,000	140790,918	-50,144	2514,421
307,000	140790,918	-50,144	2514,421
307,500	141191,353	-49,913	2491,339
307,667	141241,407	-49,989	2498,864
307,833	141241,407	-50,155	2515,555
308,333	141241,407	-50,655	2565,960
308,333	141241,407	-50,655	2565,960
308,667	141391,570	-50,715	2571,974
309,000	141691,896	-50,500	2550,245
309,167	141691,896	-50,667	2567,106
309,333	141691,896	-50,833	2584,022
309,833	141691,896	-51,333	2635,106
310,167	142092,331	-50,936	2594,468
310,167	142092,331	-50,936	2594,468
310,500	142092,331	-51,269	2628,536
310,667	142092,331	-51,436	2645,654
311,333	142542,820	-51,281	2629,695
311,500	142542,820	-51,447	2646,817
311,667	142542,820	-51,614	2663,994
311,833	142893,200	-51,141	2615,422
312,333	142993,309	-51,459	2647,980
312,500	142993,309	-51,625	2665,161
312,667	143343,689	-51,153	2616,579
313,000	143443,797	-51,303	2632,015
313,333	143443,797	-51,636	2666,328
313,500	143894,286	-50,981	2599,076
313,667	145145,644	-48,864	2387,728
314,000	145245,753	-49,015	2402,474
314,667	145245,753	-49,682	2468,272
314,667	145245,753	-49,682	2468,272
314,833	145245,753	-49,848	2484,861
315,333	145245,753	-50,348	2534,959
315,500	145245,753	-50,515	2551,770
315,667	145245,753	-50,682	2568,636
316,167	145245,753	-51,182	2619,567
316,167	145245,753	-51,182	2619,567
316,500	145245,753	-51,515	2653,800

317,000	145245,753	-52,015	2705,565
317,000	145245,753	-52,015	2705,565
317,000	145696,242	-51,193	2620,725
317,833	145846,405	-51,752	2678,304
318,000	146146,731	-51,371	2638,978
318,000	146146,731	-51,371	2638,978
318,500	146597,220	-51,049	2605,996
318,667	147047,708	-50,394	2539,514
318,833	147147,817	-50,378	2537,901
319,333	147498,197	-50,238	2523,879
319,500	147948,686	-49,583	2458,460
319,667	147948,686	-49,750	2475,016
320,333	147948,686	-50,416	2541,793
320,333	147948,686	-50,416	2541,793
320,333	147948,686	-50,416	2541,793
320,833	147948,686	-50,916	2592,459
321,167	147948,686	-51,250	2626,514
321,333	147948,686	-51,416	2643,625
321,667	147948,686	-51,750	2678,014
322,000	147948,686	-52,083	2712,625
322,000	148399,175	-51,261	2627,673
322,500	148449,229	-51,669	2669,737
322,833	148849,664	-51,272	2628,832
323,000	148849,664	-51,439	2645,950
323,167	148849,664	-51,605	2663,125
323,667	148849,664	-52,105	2714,980
323,667	148849,664	-52,105	2714,980
324,000	149300,153	-51,617	2664,291
324,500	149550,424	-51,660	2668,765
324,667	149750,642	-51,461	2648,277
324,833	149750,642	-51,628	2665,458
325,333	149750,642	-52,128	2717,336
325,333	149750,642	-52,128	2717,336
325,667	149800,696	-52,370	2742,625
326,167	150551,511	-51,500	2652,252
326,333	150651,620	-51,484	2650,604
326,500	150651,620	-51,651	2667,793
327,000	150651,620	-52,151	2719,694
327,000	150651,620	-52,151	2719,694
327,333	150651,620	-52,484	2754,572
327,500	150651,620	-52,651	2772,094
327,833	150651,620	-52,984	2807,306
328,167	150651,620	-53,317	2842,740
328,333	150651,620	-53,484	2860,540

328,667	150701,674	-53,726	2886,485
328,833	151102,108	-53,162	2826,197
329,167	151102,108	-53,495	2861,749
329,667	151102,108	-53,995	2915,495
329,833	151102,108	-54,162	2933,521
329,833	151102,108	-54,162	2933,521
330,333	151202,217	-54,479	2967,996
330,667	151552,597	-54,173	2934,745
330,833	151552,597	-54,340	2952,831
330,833	152003,086	-53,518	2864,168
331,333	152453,575	-53,196	2829,803
331,667	152453,575	-53,529	2865,378
331,667	152503,629	-53,438	2855,608
332,167	153354,553	-52,385	2744,206
332,333	153354,553	-52,552	2761,696
332,667	153354,553	-52,885	2796,841
333,000	153805,042	-52,396	2745,390
333,167	153805,042	-52,563	2762,884
333,167	153805,042	-52,563	2762,884
333,667	153805,042	-53,063	2815,697
334,167	154255,531	-52,741	2781,625
334,167	154255,531	-52,741	2781,625
334,333	154255,531	-52,908	2799,233
334,667	154255,531	-53,241	2834,616
334,833	154706,019	-52,586	2765,261
335,333	155156,508	-52,264	2731,496
335,500	155156,508	-52,430	2748,945
335,667	155156,508	-52,597	2766,450
335,833	155156,508	-52,764	2784,010
336,167	155156,508	-53,097	2819,297
336,500	155156,508	-53,430	2854,806
336,667	155156,508	-53,597	2872,644
337,167	155156,508	-54,097	2926,491
337,333	155356,726	-53,898	2905,034
337,333	155606,997	-53,442	2856,014
337,833	156758,247	-51,841	2687,483
338,000	156958,464	-51,642	2666,923
338,333	156958,464	-51,976	2701,463
338,500	156958,464	-52,142	2718,816
338,667	156958,464	-52,309	2736,224
339,000	156958,464	-52,642	2771,208
339,333	156958,464	-52,976	2806,414
339,500	156958,464	-53,142	2824,100
339,667	157258,790	-52,761	2783,714

339,833	157859,442	-51,832	2686,508
340,167	157859,442	-52,165	2721,174
340,167	158309,930	-51,343	2636,087
340,833	158309,930	-52,010	2704,989
341,000	158309,930	-52,176	2722,353
341,000	158309,930	-52,176	2722,353
341,333	158760,419	-51,687	2671,595
341,667	159110,800	-51,381	2640,054
341,833	159210,908	-51,365	2638,409
342,000	159210,908	-51,532	2655,559
342,667	159210,908	-52,199	2724,713
342,667	159210,908	-52,199	2724,713
342,667	159210,908	-52,199	2724,713
343,167	159210,908	-52,699	2777,161
343,500	159210,908	-53,032	2812,405
343,667	159210,908	-53,199	2830,110
343,833	159210,908	-53,365	2847,871
344,000	159210,908	-53,532	2865,687
344,333	159411,126	-53,500	2862,261
344,667	159661,397	-53,377	2849,077
344,667	160111,886	-52,555	2761,999
345,167	160111,886	-53,055	2814,803
345,167	160111,886	-53,055	2814,803
345,500	160111,886	-53,388	2850,284
345,833	160562,375	-52,899	2798,342
346,000	160562,375	-53,066	2816,003
346,167	161012,864	-52,411	2746,877
346,333	161463,353	-51,755	2678,611
346,833	161913,842	-51,433	2645,381
347,000	161913,842	-51,600	2662,553
347,167	161913,842	-51,767	2679,781
347,333	161913,842	-51,933	2697,064
348,000	161913,842	-52,600	2766,753
348,000	162364,330	-51,778	2680,951
348,000	162364,330	-51,778	2680,951
348,500	162814,819	-51,456	2647,707
348,667	162814,819	-51,623	2664,887
348,667	163215,254	-50,892	2589,980
348,667	163265,308	-50,801	2580,692
349,500	163265,308	-51,634	2666,054
349,500	163265,308	-51,634	2666,054
349,667	163565,634	-51,252	2626,818
349,667	164166,286	-50,156	2515,669
350,000	164166,286	-50,490	2549,218

350,000	164166,286	-50,490	2549,218
350,333	164566,720	-50,092	2509,251
350,833	164566,720	-50,592	2559,593
351,000	164566,720	-50,759	2576,485
351,167	164566,720	-50,926	2593,433
351,167	164566,720	-50,926	2593,433
351,500	164566,720	-51,259	2627,494
351,667	164566,720	-51,426	2644,608
351,333	164566,720	-51,092	2610,436
351,333	164566,720	-51,092	2610,436
351,667	164967,155	-50,695	2569,989
352,000	165017,209	-50,937	2594,584
352,167	165017,209	-51,104	2611,591
352,333	165017,209	-51,270	2628,653
352,500	165467,698	-50,615	2561,881
352,667	165467,698	-50,782	2578,781
353,000	165467,698	-51,115	2612,746
353,500	165467,698	-51,615	2664,111
353,500	165918,187	-50,793	2579,929
353,500	166368,676	-49,971	2497,098
354,000	166368,676	-50,471	2547,319
354,333	166669,002	-50,256	2525,694
354,333	166819,165	-49,982	2498,228
354,500	167269,654	-49,327	2433,144
354,667	167269,654	-49,494	2449,614
355,167	167269,654	-49,994	2499,358
355,167	168170,632	-48,350	2337,676
355,500	168170,632	-48,683	2370,020
355,833	168621,120	-48,194	2322,676
356,000	168621,120	-48,361	2338,769
356,167	168771,283	-48,253	2328,398
356,167	169071,609	-47,705	2275,811
356,333	169522,098	-47,050	2213,711
356,167	170373,022	-45,331	2054,873
356,500	170373,022	-45,664	2085,204
356,833	187241,327	-15,217	231,554
Sumatoria [Σ]	98076777,126	-34894,814	1492450,042

Anexo 9: Relación fuerza deflexión para la configuración twill Ambiente

N°-	Deflexión	Fuerza	Log Deflex.	Log F.	y = (48,069*Deflex.+3,1655)
1	0,000	0,138		-0,859	3,166
2	0,002	0,139	-2,639	-0,858	3,276
3	0,007	0,525	-2,153	-0,280	3,503
4	0,012	0,833	-1,931	-0,079	3,730
5	0,016	0,833	-1,783	-0,079	3,957
6	0,021	0,973	-1,678	-0,012	4,173
7	0,026	1,391	-1,591	0,143	4,398
8	0,030	1,670	-1,517	0,223	4,628
9	0,035	1,670	-1,457	0,223	4,844
10	0,040	1,808	-1,402	0,257	5,071
11	0,044	2,223	-1,353	0,347	5,298
12	0,049	2,500	-1,309	0,398	5,524
13	0,054	2,500	-1,271	0,398	5,740
14	0,058	2,777	-1,234	0,444	5,971
15	0,063	3,053	-1,200	0,485	6,198
16	0,068	3,330	-1,170	0,522	6,417
17	0,072	3,470	-1,140	0,540	6,644
18	0,077	3,630	-1,115	0,560	6,856
19	0,082	3,890	-1,088	0,590	7,088
20	0,086	4,170	-1,065	0,620	7,307
21	0,091	4,308	-1,043	0,634	7,524
22	0,095	4,308	-1,021	0,634	7,750
23	0,100	4,723	-0,999	0,674	7,987
24	0,105	4,862	-0,979	0,687	8,208
25	0,110	5,138	-0,961	0,711	8,429
26	0,114	5,415	-0,944	0,734	8,637
27	0,119	5,553	-0,924	0,745	8,886
28	0,124	5,553	-0,908	0,745	9,102
29	0,128	5,970	-0,893	0,776	9,318
30	0,133	6,220	-0,878	0,794	9,535
31	0,137	6,250	-0,862	0,796	9,767
32	0,142	6,530	-0,848	0,815	9,983
33	0,147	6,873	-0,834	0,837	10,208
34	0,151	6,947	-0,821	0,842	10,432
35	0,156	7,085	-0,807	0,850	10,656
36	0,160	7,362	-0,795	0,867	10,873
37	0,165	7,362	-0,783	0,867	11,097
38	0,170	7,777	-0,770	0,891	11,329
39	0,175	8,053	-0,758	0,906	11,554
40	0,179	8,062	-0,748	0,906	11,762
41	0,184	8,740	-0,736	0,942	11,994
42	0,188	8,630	-0,725	0,936	12,218
43	0,193	9,028	-0,714	0,956	12,443

44	0,198	9,028	-0,704	0,956	12,659
45	0,203	9,168	-0,694	0,962	12,899
46	0,207	9,535	-0,684	0,979	13,116
47	0,212	9,717	-0,675	0,988	13,332
48	0,217	9,857	-0,665	0,994	13,572
49	0,221	10,048	-0,656	1,002	13,789
50	0,226	10,528	-0,647	1,022	14,005
51	0,231	10,545	-0,637	1,023	14,245
52	0,235	10,683	-0,630	1,029	14,446
53	0,240	10,833	-0,621	1,035	14,678
54	0,244	11,167	-0,612	1,048	14,902
55	0,249	11,400	-0,604	1,057	15,119
56	0,254	11,650	-0,596	1,066	15,351
57	0,258	11,800	-0,588	1,072	15,567
58	0,263	11,933	-0,580	1,077	15,800
59	0,268	12,350	-0,573	1,092	16,024
60	0,272	12,633	-0,565	1,102	16,240
61	0,277	12,717	-0,558	1,104	16,457
62	0,281	12,783	-0,551	1,107	16,681
63	0,286	12,783	-0,544	1,107	16,897
64	0,290	13,467	-0,537	1,129	17,122
65	0,296	13,617	-0,529	1,134	17,370
66	0,300	13,750	-0,523	1,138	17,586
67	0,304	14,217	-0,517	1,153	17,786
68	0,309	14,433	-0,510	1,159	18,027
69	0,314	14,433	-0,504	1,159	18,243
70	0,318	14,433	-0,497	1,159	18,459
71	0,323	14,833	-0,491	1,171	18,700
72	0,328	15,150	-0,485	1,180	18,916
73	0,332	15,150	-0,478	1,180	19,140
74	0,337	15,433	-0,472	1,188	19,365
75	0,342	15,833	-0,466	1,200	19,605
76	0,346	16,117	-0,461	1,207	19,813
77	0,351	16,117	-0,455	1,207	20,038
78	0,356	16,250	-0,449	1,211	20,262
79	0,360	16,783	-0,443	1,225	20,486
80	0,365	16,933	-0,438	1,229	20,703
81	0,369	17,217	-0,433	1,236	20,919
82	0,375	17,483	-0,427	1,243	21,167
83	0,379	17,483	-0,422	1,243	21,376
84	0,383	17,683	-0,416	1,248	21,592
85	0,388	18,033	-0,411	1,256	21,832
86	0,393	18,350	-0,406	1,264	22,057
87	0,397	18,617	-0,401	1,270	22,257
88	0,402	18,750	-0,396	1,273	22,497
89	0,407	19,017	-0,391	1,279	22,722
90	0,411	19,317	-0,386	1,286	22,938
91	0,416	19,333	-0,381	1,286	23,154

92	0,421	19,817	-0,376	1,297	23,387
93	0,426	20,017	-0,371	1,301	23,619
94	0,430	20,267	-0,366	1,307	23,843
95	0,435	20,417	-0,362	1,310	24,068
96	0,440	20,567	-0,357	1,313	24,292
97	0,444	21,033	-0,352	1,323	24,524
98	0,449	21,250	-0,348	1,327	24,740
99	0,453	21,333	-0,344	1,329	24,949
100	0,458	21,783	-0,339	1,338	25,165
101	0,462	21,983	-0,335	1,342	25,389
102	0,467	22,217	-0,330	1,347	25,630
103	0,472	22,250	-0,326	1,347	25,838
104	0,477	22,550	-0,322	1,353	26,078
105	0,481	22,783	-0,318	1,358	26,295
106	0,486	22,933	-0,314	1,360	26,511
107	0,491	23,383	-0,309	1,369	26,743
108	0,495	23,467	-0,306	1,370	26,952
109	0,500	23,750	-0,301	1,376	27,192
110	0,504	23,983	-0,297	1,380	27,408
111	0,509	24,300	-0,293	1,386	27,633
112	0,513	24,433	-0,290	1,388	27,841
113	0,518	24,733	-0,286	1,393	28,073
114	0,523	25,000	-0,282	1,398	28,298
115	0,528	25,150	-0,278	1,401	28,530
116	0,532	25,183	-0,274	1,401	28,746
117	0,537	25,550	-0,270	1,407	28,971
118	0,542	25,833	-0,266	1,412	29,203
119	0,546	26,200	-0,263	1,418	29,411
120	0,551	26,450	-0,259	1,422	29,644
121	0,556	26,667	-0,255	1,426	29,868
122	0,560	26,967	-0,252	1,431	30,084
123	0,565	27,083	-0,248	1,433	30,316
124	0,569	27,217	-0,245	1,435	30,533
125	0,574	27,500	-0,241	1,439	30,765
126	0,579	27,800	-0,238	1,444	30,973
127	0,583	28,017	-0,234	1,447	31,206
128	0,588	28,100	-0,231	1,449	31,430
129	0,593	28,617	-0,227	1,457	31,654
130	0,597	28,633	-0,224	1,457	31,879
131	0,602	28,933	-0,221	1,461	32,095
132	0,607	29,183	-0,217	1,465	32,319
133	0,611	29,583	-0,214	1,471	32,536
134	0,616	29,583	-0,210	1,471	32,776
135	0,621	29,850	-0,207	1,475	32,992
136	0,625	30,050	-0,204	1,478	33,217
137	0,630	30,417	-0,201	1,483	33,441
138	0,635	30,550	-0,197	1,485	33,681
139	0,639	30,850	-0,194	1,489	33,898

140	0,644	30,867	-0,191	1,489	34,106
141	0,649	31,283	-0,188	1,495	34,338
142	0,653	31,667	-0,185	1,501	34,571
143	0,658	31,800	-0,182	1,502	34,779
144	0,662	32,067	-0,179	1,506	34,995
145	0,667	32,400	-0,176	1,511	35,228
146	0,672	32,483	-0,173	1,512	35,452
147	0,676	32,483	-0,170	1,512	35,668
148	0,681	32,900	-0,167	1,517	35,892
149	0,686	33,133	-0,164	1,520	36,117
150	0,690	33,483	-0,161	1,525	36,341
151	0,695	33,633	-0,158	1,527	36,557
152	0,700	33,983	-0,155	1,531	36,790
153	0,704	34,167	-0,152	1,534	37,022
154	0,709	34,433	-0,149	1,537	37,238
155	0,714	34,667	-0,147	1,540	37,471
156	0,718	34,983	-0,144	1,544	37,671
157	0,723	34,983	-0,141	1,544	37,903
158	0,728	35,300	-0,138	1,548	38,136
159	0,732	35,417	-0,135	1,549	38,360
160	0,737	35,700	-0,133	1,553	38,576
161	0,741	36,000	-0,130	1,556	38,801
162	0,746	36,267	-0,127	1,560	39,025
163	0,750	36,400	-0,125	1,561	39,233
164	0,755	36,817	-0,122	1,566	39,458
165	0,760	37,067	-0,119	1,569	39,698
166	0,765	37,200	-0,117	1,571	39,914
167	0,769	37,550	-0,114	1,575	40,139
168	0,774	37,917	-0,111	1,579	40,371
169	0,779	37,950	-0,109	1,579	40,587
170	0,783	38,217	-0,106	1,582	40,804
171	0,788	38,417	-0,104	1,585	41,028
172	0,792	38,900	-0,101	1,590	41,252
173	0,797	39,033	-0,099	1,591	41,476
174	0,802	39,033	-0,096	1,591	41,701
175	0,806	39,433	-0,093	1,596	41,925
176	0,811	39,700	-0,091	1,599	42,157
177	0,816	39,833	-0,089	1,600	42,366
178	0,820	40,200	-0,086	1,604	42,598
179	0,825	40,567	-0,084	1,608	42,822
180	0,830	40,583	-0,081	1,608	43,039
181	0,834	40,983	-0,079	1,613	43,271
182	0,839	41,050	-0,076	1,613	43,495
183	0,844	41,250	-0,074	1,615	43,720
184	0,848	41,667	-0,071	1,620	43,944
185	0,853	41,900	-0,069	1,622	44,168
186	0,857	42,050	-0,067	1,624	44,377
187	0,862	42,483	-0,064	1,628	44,617

188	0,867	42,483	-0,062	1,628	44,833
189	0,872	42,783	-0,060	1,631	45,058
190	0,876	42,917	-0,057	1,633	45,282
191	0,881	43,367	-0,055	1,637	45,506
192	0,885	43,617	-0,053	1,640	45,723
193	0,890	43,900	-0,051	1,642	45,947
194	0,895	43,883	-0,048	1,642	46,163
195	0,900	44,283	-0,046	1,646	46,404
196	0,904	44,450	-0,044	1,648	46,620
197	0,909	44,767	-0,042	1,651	46,836
198	0,913	44,983	-0,039	1,653	47,061
199	0,918	45,283	-0,037	1,656	47,269
200	0,923	45,367	-0,035	1,657	47,533
201	0,927	45,450	-0,033	1,658	47,717
202	0,932	45,967	-0,030	1,662	47,982
203	0,936	46,233	-0,029	1,665	48,166
204	0,942	46,400	-0,026	1,667	48,438
205	0,946	46,650	-0,024	1,669	48,615
206	0,950	46,950	-0,023	1,672	48,807
207	0,955	47,083	-0,020	1,673	49,063
208	0,959	47,650	-0,018	1,678	49,256
209	0,964	47,650	-0,016	1,678	49,520
210	0,968	47,850	-0,014	1,680	49,704
211	0,974	48,250	-0,012	1,683	49,961
212	0,978	48,367	-0,010	1,685	50,153
213	0,983	48,600	-0,007	1,687	50,417
214	0,987	48,750	-0,006	1,688	50,594
215	0,992	49,133	-0,003	1,691	50,866
216	0,996	49,300	-0,002	1,693	51,050
217	1,002	49,733	0,001	1,697	51,315
218	1,006	49,867	0,002	1,698	51,499
219	1,011	50,050	0,005	1,699	51,763
220	1,015	50,150	0,006	1,700	51,948
221	1,020	50,683	0,009	1,705	52,204
222	1,024	50,833	0,010	1,706	52,396
223	1,030	50,967	0,013	1,707	52,661
224	1,034	51,183	0,014	1,709	52,845
225	1,039	51,650	0,017	1,713	53,109
226	1,043	51,733	0,018	1,714	53,285
227	1,048	51,850	0,020	1,715	53,558
228	1,052	52,167	0,022	1,717	53,726
229	1,058	52,517	0,025	1,720	54,031
230	1,061	52,650	0,026	1,721	54,183
231	1,068	53,083	0,029	1,725	54,495
232	1,071	53,200	0,030	1,726	54,639
233	1,076	53,450	0,032	1,728	54,864
234	1,080	53,500	0,034	1,728	55,096
235	1,084	54,117	0,035	1,733	55,288

236	1,090	54,167	0,037	1,734	55,561
237	1,095	54,483	0,039	1,736	55,801
238	1,100	54,717	0,041	1,738	56,041
239	1,103	55,000	0,043	1,740	56,202
240	1,110	55,133	0,045	1,741	56,522
241	1,112	55,567	0,046	1,745	56,602
242	1,117	55,583	0,048	1,745	56,843
243	1,122	55,900	0,050	1,747	57,083
244	1,127	56,250	0,052	1,750	57,323
245	1,132	56,383	0,054	1,751	57,564
246	1,135	56,633	0,055	1,753	57,724
247	1,143	57,183	0,058	1,757	58,124
248	1,145	57,217	0,059	1,758	58,205
249	1,152	57,483	0,061	1,760	58,525
250	1,155	57,767	0,063	1,762	58,685
251	1,160	57,917	0,064	1,763	58,926
252	1,165	58,067	0,066	1,764	59,166
253	1,167	58,350	0,067	1,766	59,246
254	1,175	58,700	0,070	1,769	59,647
255	1,178	58,900	0,071	1,770	59,807
256	1,183	59,167	0,073	1,772	60,047
257	1,187	59,317	0,074	1,773	60,207
258	1,192	59,717	0,076	1,776	60,448
259	1,197	59,850	0,078	1,777	60,688
260	1,200	59,983	0,079	1,778	60,848
261	1,208	60,200	0,082	1,780	61,249
262	1,210	60,400	0,083	1,781	61,329
263	1,215	60,983	0,085	1,785	61,569
264	1,220	61,133	0,086	1,786	61,810
265	1,223	61,267	0,088	1,787	61,970
266	1,230	61,550	0,090	1,789	62,290
267	1,233	61,817	0,091	1,791	62,451
268	1,240	62,217	0,093	1,794	62,771
269	1,242	62,233	0,094	1,794	62,851
270	1,248	62,350	0,096	1,795	63,172
271	1,252	62,750	0,097	1,798	63,332
272	1,257	63,117	0,099	1,800	63,572
273	1,262	63,267	0,101	1,801	63,813
274	1,267	63,433	0,103	1,802	64,053
275	1,272	63,750	0,104	1,804	64,293
276	1,277	64,000	0,106	1,806	64,534
277	1,280	64,317	0,107	1,808	64,694
278	1,285	64,517	0,109	1,810	64,934
279	1,288	64,717	0,110	1,811	65,094
280	1,295	64,983	0,112	1,813	65,415
281	1,298	65,133	0,113	1,814	65,575
282	1,305	65,283	0,116	1,815	65,896
283	1,308	65,550	0,117	1,817	66,056

284	1,313	66,083	0,118	1,820	66,296
285	1,317	65,967	0,119	1,819	66,456
286	1,322	66,550	0,121	1,823	66,697
287	1,327	66,817	0,123	1,825	66,937
288	1,332	66,950	0,124	1,826	67,177
289	1,337	67,083	0,126	1,827	67,418
290	1,342	67,217	0,128	1,827	67,658
291	1,345	67,733	0,129	1,831	67,818
292	1,350	67,783	0,130	1,831	68,059
293	1,353	68,067	0,131	1,833	68,219
294	1,360	68,467	0,134	1,835	68,539
295	1,363	68,600	0,135	1,836	68,700
296	1,370	68,883	0,137	1,838	69,020
297	1,373	69,017	0,138	1,839	69,180
298	1,377	69,300	0,139	1,841	69,340
299	1,383	69,583	0,141	1,843	69,661
300	1,385	69,867	0,141	1,844	69,741
301	1,392	70,017	0,144	1,845	70,062
302	1,395	70,417	0,145	1,848	70,222
303	1,402	70,700	0,147	1,849	70,542
304	1,405	70,717	0,148	1,850	70,702
305	1,410	71,017	0,149	1,851	70,943
306	1,415	71,383	0,151	1,854	71,183
307	1,418	71,517	0,152	1,854	71,343
308	1,425	71,850	0,154	1,856	71,664
309	1,428	72,217	0,155	1,859	71,824
310	1,435	72,433	0,157	1,860	72,145
311	1,438	72,517	0,158	1,860	72,305
312	1,443	72,850	0,159	1,862	72,545
313	1,448	73,067	0,161	1,864	72,785
314	1,450	73,200	0,161	1,865	72,866
315	1,458	73,500	0,164	1,866	73,266
316	1,462	73,883	0,165	1,869	73,426
317	1,468	73,883	0,167	1,869	73,747
318	1,468	74,100	0,167	1,870	73,747
319	1,478	74,433	0,170	1,872	74,228
320	1,480	74,567	0,170	1,873	74,308
321	1,483	74,833	0,171	1,874	74,468
322	1,490	75,367	0,173	1,877	74,788
323	1,493	75,433	0,174	1,878	74,949
324	1,500	75,767	0,176	1,879	75,269
325	1,503	76,100	0,177	1,881	75,429
326	1,508	76,133	0,178	1,882	75,670
327	1,513	76,267	0,180	1,882	75,910
328	1,515	76,850	0,180	1,886	75,990
329	1,523	77,000	0,183	1,886	76,391
330	1,525	77,117	0,183	1,887	76,471
331	1,533	77,500	0,186	1,889	76,871

332	1,535	77,783	0,186	1,891	76,951
333	1,543	77,783	0,188	1,891	77,352
334	1,545	78,050	0,189	1,892	77,432
335	1,550	78,483	0,190	1,895	77,672
336	1,555	78,617	0,192	1,896	77,913
337	1,560	78,750	0,193	1,896	78,153
338	1,565	79,167	0,195	1,899	78,393
339	1,568	79,417	0,195	1,900	78,554
340	1,575	79,717	0,197	1,902	78,874
341	1,578	80,000	0,198	1,903	79,034
342	1,582	80,133	0,199	1,904	79,195
343	1,588	80,283	0,201	1,905	79,515
344	1,592	80,533	0,202	1,906	79,675
345	1,598	80,933	0,204	1,908	79,996
346	1,600	80,900	0,204	1,908	80,076
347	1,607	81,233	0,206	1,910	80,396
348	1,610	81,550	0,207	1,911	80,557
349	1,613	81,800	0,208	1,913	80,717
350	1,620	81,950	0,210	1,914	81,037
351	1,623	82,483	0,210	1,916	81,198
352	1,630	82,500	0,212	1,916	81,518
353	1,633	82,633	0,213	1,917	81,678
354	1,640	82,900	0,215	1,919	81,999
355	1,642	83,333	0,215	1,921	82,079
356	1,647	83,417	0,217	1,921	82,319
357	1,652	83,617	0,218	1,922	82,559
358	1,657	83,833	0,219	1,923	82,800
359	1,662	84,200	0,221	1,925	83,040
360	1,667	84,317	0,222	1,926	83,281
361	1,670	84,733	0,223	1,928	83,441
362	1,677	85,100	0,224	1,930	83,761
363	1,678	85,267	0,225	1,931	83,841
364	1,685	85,267	0,227	1,931	84,162
365	1,688	85,550	0,227	1,932	84,322
366	1,695	85,950	0,229	1,934	84,642
367	1,698	86,117	0,230	1,935	84,803
368	1,705	86,400	0,232	1,937	85,123
369	1,708	86,667	0,233	1,938	85,283
370	1,712	86,800	0,233	1,939	85,444
371	1,717	87,100	0,235	1,940	85,684
372	1,722	87,400	0,236	1,942	85,924
373	1,727	87,500	0,237	1,942	86,165
374	1,732	88,050	0,238	1,945	86,405
375	1,733	88,183	0,239	1,945	86,485
376	1,742	88,333	0,241	1,946	86,886
377	1,742	88,750	0,241	1,948	86,886
378	1,752	88,933	0,243	1,949	87,366
379	1,752	89,200	0,243	1,950	87,366

380	1,760	89,350	0,246	1,951	87,767
381	1,762	89,433	0,246	1,951	87,847
382	1,768	89,883	0,248	1,954	88,168
383	1,772	90,150	0,248	1,955	88,328
384	1,777	90,283	0,250	1,956	88,568
385	1,783	90,417	0,251	1,956	88,889
386	1,787	90,833	0,252	1,958	89,049
387	1,792	91,050	0,253	1,959	89,289
388	1,797	91,250	0,254	1,960	89,529
389	1,802	91,533	0,256	1,962	89,770
390	1,807	91,650	0,257	1,962	90,010
391	1,807	91,983	0,257	1,964	90,010
392	1,817	92,250	0,259	1,965	90,491
393	1,818	92,250	0,260	1,965	90,571
394	1,827	92,850	0,262	1,968	90,972
395	1,827	92,983	0,262	1,968	90,972
396	1,835	93,317	0,264	1,970	91,372
397	1,838	93,517	0,264	1,971	91,532
398	1,843	93,850	0,266	1,972	91,773
399	1,848	93,850	0,267	1,972	92,013
400	1,852	93,983	0,268	1,973	92,173
401	1,858	94,450	0,269	1,975	92,494
402	1,862	94,583	0,270	1,976	92,654
403	1,867	94,900	0,271	1,977	92,894
404	1,870	95,067	0,272	1,978	93,055
405	1,875	95,333	0,273	1,979	93,295
406	1,880	95,783	0,274	1,981	93,535
407	1,883	95,883	0,275	1,982	93,695
408	1,890	96,083	0,276	1,983	94,016
409	1,893	96,383	0,277	1,984	94,176
410	1,898	96,900	0,278	1,986	94,416
411	1,903	96,967	0,280	1,987	94,657
412	1,907	97,067	0,280	1,987	94,817
413	1,913	97,383	0,282	1,988	95,138
414	1,917	97,733	0,283	1,990	95,298
415	1,923	98,033	0,284	1,991	95,618
416	1,925	98,167	0,284	1,992	95,698
417	1,932	98,433	0,286	1,993	96,019
418	1,935	98,783	0,287	1,995	96,179
419	1,940	99,117	0,288	1,996	96,419
420	1,945	99,117	0,289	1,996	96,660
421	1,950	99,383	0,290	1,997	96,900
422	1,955	99,717	0,291	1,999	97,140
423	1,960	99,717	0,292	1,999	97,381
424	1,963	100,200	0,293	2,001	97,541
425	1,968	100,200	0,294	2,001	97,781
426	1,970	100,200	0,294	2,001	97,861
427	1,978	100,367	0,296	2,002	98,262

428	1,982	100,850	0,297	2,004	98,422
429	1,988	101,117	0,298	2,005	98,743
430	1,990	101,300	0,299	2,006	98,823
431	1,997	101,617	0,300	2,007	99,143
432	2,000	101,950	0,301	2,008	99,304
433	2,007	102,067	0,302	2,009	99,624
434	2,008	102,417	0,303	2,010	99,704
435	2,015	102,717	0,304	2,012	100,025
436	2,018	102,883	0,305	2,012	100,185
437	2,025	102,983	0,306	2,013	100,505
438	2,027	103,200	0,307	2,014	100,585
439	2,035	103,367	0,309	2,014	100,986
440	2,037	103,967	0,309	2,017	101,066
441	2,045	104,133	0,311	2,018	101,467
442	2,045	104,467	0,311	2,019	101,467
443	2,053	104,700	0,312	2,020	101,867
444	2,055	104,800	0,313	2,020	101,947
445	2,062	105,083	0,314	2,022	102,268
446	2,065	105,583	0,315	2,024	102,428
447	2,072	105,717	0,316	2,024	102,748
448	2,075	105,867	0,317	2,025	102,909
449	2,080	106,033	0,318	2,025	103,149
450	2,083	106,200	0,319	2,026	103,309
451	2,088	106,500	0,320	2,027	103,550
452	2,092	107,067	0,320	2,030	103,710
453	2,100	107,133	0,322	2,030	104,110
454	2,102	107,400	0,323	2,031	104,191
455	2,108	107,617	0,324	2,032	104,511
456	2,110	107,950	0,324	2,033	104,591
457	2,118	108,083	0,326	2,034	104,992
458	2,120	108,250	0,326	2,034	105,072
459	2,125	108,550	0,327	2,036	105,312
460	2,132	108,700	0,329	2,036	105,633
461	2,135	109,200	0,329	2,038	105,793
462	2,142	109,367	0,331	2,039	106,113
463	2,143	109,500	0,331	2,039	106,193
464	2,150	109,800	0,332	2,041	106,514
465	2,153	109,967	0,333	2,041	106,674
466	2,160	110,133	0,334	2,042	106,995
467	2,163	110,450	0,335	2,043	107,155
468	2,167	110,783	0,336	2,044	107,315
469	2,173	110,950	0,337	2,045	107,635
470	2,177	111,067	0,338	2,046	107,796
471	2,182	111,583	0,339	2,048	108,036
472	2,187	111,917	0,340	2,049	108,276
473	2,192	111,917	0,341	2,049	108,517
474	2,197	112,083	0,342	2,050	108,757
475	2,202	112,217	0,343	2,050	108,997

476	2,207	112,383	0,344	2,051	109,238
477	2,208	112,883	0,344	2,053	109,318
478	2,215	113,200	0,345	2,054	109,638
479	2,218	113,367	0,346	2,054	109,799
480	2,225	113,867	0,347	2,056	110,119
481	2,228	113,867	0,348	2,056	110,279
482	2,235	114,050	0,349	2,057	110,600
483	2,237	114,500	0,350	2,059	110,680
484	2,243	114,833	0,351	2,060	111,000
485	2,245	115,000	0,351	2,061	111,080
486	2,252	115,333	0,353	2,062	111,401
487	2,255	115,500	0,353	2,063	111,561
488	2,262	115,667	0,354	2,063	111,882
489	2,265	115,833	0,355	2,064	112,042
490	2,272	116,167	0,356	2,065	112,362
491	2,273	116,333	0,357	2,066	112,442
492	2,280	116,667	0,358	2,067	112,763
493	2,283	117,167	0,359	2,069	112,923
494	2,290	117,167	0,360	2,069	113,244
495	2,292	117,167	0,360	2,069	113,324
496	2,300	117,333	0,362	2,069	113,724
497	2,302	117,667	0,362	2,071	113,804
498	2,308	118,000	0,363	2,072	114,125
499	2,310	118,333	0,364	2,073	114,205
500	2,318	118,667	0,365	2,074	114,605
501	2,320	118,667	0,365	2,074	114,686
502	2,327	118,833	0,367	2,075	115,006
503	2,330	119,333	0,367	2,077	115,166
504	2,337	119,333	0,369	2,077	115,487
505	2,338	119,667	0,369	2,078	115,567
506	2,345	120,000	0,370	2,079	115,887
507	2,348	120,000	0,371	2,079	116,048
508	2,353	120,167	0,372	2,080	116,288
509	2,358	120,833	0,373	2,082	116,528
510	2,365	121,000	0,374	2,083	116,849
511	2,367	121,000	0,374	2,083	116,929
512	2,372	121,500	0,375	2,085	117,169
513	2,375	121,500	0,376	2,085	117,329
514	2,382	122,000	0,377	2,086	117,650
515	2,385	122,500	0,377	2,088	117,810
516	2,392	122,500	0,379	2,088	118,131
517	2,395	122,667	0,379	2,089	118,291
518	2,402	122,500	0,381	2,088	118,611
519	2,403	123,000	0,381	2,090	118,691
520	2,410	123,167	0,382	2,090	119,012
521	2,413	123,667	0,383	2,092	119,172
522	2,418	123,833	0,384	2,093	119,412
523	2,423	124,000	0,384	2,093	119,653

524	2,428	124,000	0,385	2,093	119,893
525	2,432	124,000	0,386	2,093	120,053
526	2,437	124,667	0,387	2,096	120,294
527	2,442	124,667	0,388	2,096	120,534
528	2,447	125,167	0,389	2,097	120,774
529	2,450	125,167	0,389	2,097	120,935
530	2,457	125,500	0,390	2,099	121,255
531	2,460	125,500	0,391	2,099	121,415
532	2,467	126,167	0,392	2,101	121,736
533	2,468	126,333	0,392	2,102	121,816
534	2,475	126,500	0,394	2,102	122,136
535	2,480	126,833	0,394	2,103	122,377
536	2,483	127,000	0,395	2,104	122,537
537	2,490	127,167	0,396	2,104	122,857
538	2,492	127,667	0,396	2,106	122,937
539	2,500	127,833	0,398	2,107	123,338
540	2,502	128,000	0,398	2,107	123,418
541	2,508	128,000	0,399	2,107	123,739
542	2,512	128,333	0,400	2,108	123,899
543	2,518	128,500	0,401	2,109	124,219
544	2,520	128,833	0,401	2,110	124,299
545	2,527	129,000	0,403	2,111	124,620
546	2,528	129,167	0,403	2,111	124,700
547	2,537	129,500	0,404	2,112	125,101
548	2,538	129,833	0,405	2,113	125,181
549	2,545	130,167	0,406	2,114	125,501
550	2,548	130,333	0,406	2,115	125,661
551	2,555	130,500	0,407	2,116	125,982
552	2,558	130,667	0,408	2,116	126,142
553	2,563	130,833	0,409	2,117	126,382
554	2,568	131,167	0,410	2,118	126,623
555	2,573	131,500	0,410	2,119	126,863
556	2,575	131,833	0,411	2,120	126,943
557	2,582	132,000	0,412	2,121	127,264
558	2,585	132,167	0,412	2,121	127,424
559	2,593	132,500	0,414	2,122	127,824
560	2,593	133,000	0,414	2,124	127,824
561	2,602	132,833	0,415	2,123	128,225
562	2,603	133,333	0,416	2,125	128,305
563	2,608	133,333	0,416	2,125	128,545
564	2,613	133,667	0,417	2,126	128,786
565	2,618	134,000	0,418	2,127	129,026
566	2,623	134,167	0,419	2,128	129,267
567	2,627	134,500	0,419	2,129	129,427
568	2,633	134,500	0,421	2,129	129,747
569	2,637	134,333	0,421	2,128	129,907
570	2,642	134,667	0,422	2,129	130,148
571	2,647	134,833	0,423	2,130	130,388

572	2,650	135,000	0,423	2,130	130,548
573	2,657	135,333	0,424	2,131	130,869
574	2,658	135,667	0,425	2,132	130,949
575	2,667	136,000	0,426	2,134	131,350
576	2,668	136,000	0,426	2,134	131,430
577	2,675	136,167	0,427	2,134	131,750
578	2,678	136,333	0,428	2,135	131,910
579	2,685	136,667	0,429	2,136	132,231
580	2,688	137,000	0,429	2,137	132,391
581	2,692	137,167	0,430	2,137	132,551
582	2,698	137,667	0,431	2,139	132,872
583	2,702	137,833	0,432	2,139	133,032
584	2,707	138,000	0,432	2,140	133,272
585	2,712	138,167	0,433	2,140	133,513
586	2,717	138,667	0,434	2,142	133,753
587	2,722	138,667	0,435	2,142	133,993
588	2,725	139,000	0,435	2,143	134,154
589	2,732	139,000	0,436	2,143	134,474
590	2,733	139,167	0,437	2,144	134,554
591	2,740	139,500	0,438	2,145	134,875
592	2,743	139,833	0,438	2,146	135,035
593	2,748	140,000	0,439	2,146	135,275
594	2,753	140,167	0,440	2,147	135,515
595	2,757	140,333	0,440	2,147	135,676
596	2,763	140,833	0,441	2,149	135,996
597	2,765	141,167	0,442	2,150	136,076
598	2,772	141,167	0,443	2,150	136,397
599	2,775	141,333	0,443	2,150	136,557
600	2,780	142,167	0,444	2,153	136,797
601	2,785	142,167	0,445	2,153	137,038
602	2,792	142,333	0,446	2,153	137,358
603	2,795	142,500	0,446	2,154	137,518
604	2,800	142,333	0,447	2,153	137,759
605	2,803	142,667	0,448	2,154	137,919
606	2,810	142,833	0,449	2,155	138,239
607	2,812	143,167	0,449	2,156	138,320
608	2,820	143,500	0,450	2,157	138,720
609	2,822	143,500	0,451	2,157	138,800
610	2,830	143,833	0,452	2,158	139,201
611	2,832	143,833	0,452	2,158	139,281
612	2,838	144,167	0,453	2,159	139,601
613	2,842	144,667	0,454	2,160	139,762
614	2,847	144,833	0,454	2,161	140,002
615	2,852	145,000	0,455	2,161	140,242
616	2,857	145,167	0,456	2,162	140,483
617	2,860	145,333	0,456	2,162	140,643
618	2,865	145,333	0,457	2,162	140,883
619	2,868	145,500	0,458	2,163	141,043

620	2,875	146,000	0,459	2,164	141,364
621	2,878	146,000	0,459	2,164	141,524
622	2,885	146,333	0,460	2,165	141,845
623	2,887	146,833	0,460	2,167	141,925
624	2,895	147,000	0,462	2,167	142,325
625	2,897	147,167	0,462	2,168	142,405
626	2,902	147,333	0,463	2,168	142,646
627	2,907	147,500	0,463	2,169	142,886
628	2,912	147,667	0,464	2,169	143,126
629	2,917	147,833	0,465	2,170	143,367
630	2,920	148,500	0,465	2,172	143,527
631	2,927	148,667	0,466	2,172	143,847
632	2,930	148,667	0,467	2,172	144,008
633	2,935	148,833	0,468	2,173	144,248
634	2,940	149,167	0,468	2,174	144,488
635	2,943	149,667	0,469	2,175	144,649
636	2,950	149,833	0,470	2,176	144,969
637	2,952	150,000	0,470	2,176	145,049
638	2,960	150,333	0,471	2,177	145,450
639	2,962	150,333	0,472	2,177	145,530
640	2,970	150,500	0,473	2,178	145,930
641	2,972	151,000	0,473	2,179	146,011
642	2,975	151,000	0,473	2,179	146,171
643	2,982	151,167	0,474	2,179	146,491
644	2,985	151,667	0,475	2,181	146,651
645	2,992	151,833	0,476	2,181	146,972
646	2,995	151,833	0,476	2,181	147,132
647	3,002	152,167	0,477	2,182	147,453
648	3,005	152,667	0,478	2,184	147,613
649	3,008	152,833	0,478	2,184	147,773
650	3,013	152,833	0,479	2,184	148,013
651	3,017	153,167	0,480	2,185	148,174
652	3,023	153,333	0,480	2,186	148,494
653	3,027	153,500	0,481	2,186	148,654
654	3,033	153,833	0,482	2,187	148,975
655	3,037	153,667	0,482	2,187	149,135
656	3,040	154,167	0,483	2,188	149,295
657	3,047	154,500	0,484	2,189	149,616
658	3,050	154,667	0,484	2,189	149,776
659	3,057	155,000	0,485	2,190	150,096
660	3,058	155,000	0,485	2,190	150,177
661	3,067	155,333	0,487	2,191	150,577
662	3,068	155,833	0,487	2,193	150,657
663	3,072	155,833	0,487	2,193	150,817
664	3,078	156,333	0,488	2,194	151,138
665	3,083	156,500	0,489	2,195	151,378
666	3,088	156,500	0,490	2,195	151,619
667	3,092	156,500	0,490	2,195	151,779

668	3,098	156,667	0,491	2,195	152,099
669	3,100	156,833	0,491	2,195	152,179
670	3,105	157,000	0,492	2,196	152,420
671	3,110	157,333	0,493	2,197	152,660
672	3,115	157,667	0,493	2,198	152,900
673	3,120	157,667	0,494	2,198	153,141
674	3,125	158,000	0,495	2,199	153,381
675	3,130	158,333	0,496	2,200	153,621
676	3,135	158,667	0,496	2,200	153,862
677	3,137	158,667	0,496	2,200	153,942
678	3,143	159,000	0,497	2,201	154,262
679	3,148	159,500	0,498	2,203	154,503
680	3,153	159,667	0,499	2,203	154,743
681	3,158	159,833	0,499	2,204	154,983
682	3,163	160,167	0,500	2,205	155,224
683	3,168	160,333	0,501	2,205	155,464
684	3,170	160,667	0,501	2,206	155,544
685	3,178	160,833	0,502	2,206	155,945
686	3,180	161,167	0,502	2,207	156,025
687	3,187	161,333	0,503	2,208	156,345
688	3,190	161,333	0,504	2,208	156,506
689	3,197	161,667	0,505	2,209	156,826
690	3,200	161,667	0,505	2,209	156,986
691	3,203	161,833	0,506	2,209	157,147
692	3,210	162,167	0,507	2,210	157,467
693	3,213	162,333	0,507	2,210	157,627
694	3,218	162,667	0,508	2,211	157,868
695	3,223	162,833	0,508	2,212	158,108
696	3,228	163,000	0,509	2,212	158,348
697	3,233	163,333	0,510	2,213	158,589
698	3,235	163,500	0,510	2,214	158,669
699	3,243	164,000	0,511	2,215	159,069
700	3,245	164,167	0,511	2,215	159,149
701	3,253	164,333	0,512	2,216	159,550
702	3,255	164,500	0,513	2,216	159,630
703	3,260	165,000	0,513	2,217	159,870
704	3,265	165,333	0,514	2,218	160,111
705	3,267	165,333	0,514	2,218	160,191
706	3,275	165,667	0,515	2,219	160,591
707	3,278	165,833	0,516	2,220	160,752
708	3,285	166,000	0,517	2,220	161,072
709	3,287	166,000	0,517	2,220	161,152
710	3,293	166,500	0,518	2,221	161,473
711	3,297	166,833	0,518	2,222	161,633
712	3,300	167,000	0,519	2,223	161,793
713	3,307	167,000	0,519	2,223	162,114
714	3,310	167,167	0,520	2,223	162,274
715	3,317	167,333	0,521	2,224	162,594

716	3,320	168,000	0,521	2,225	162,755
717	3,325	168,000	0,522	2,225	162,995
718	3,330	168,167	0,522	2,226	163,235
719	3,333	168,667	0,523	2,227	163,396
720	3,338	168,833	0,524	2,227	163,636
721	3,342	169,000	0,524	2,228	163,796
722	3,348	169,000	0,525	2,228	164,117
723	3,352	169,667	0,525	2,230	164,277
724	3,357	169,833	0,526	2,230	164,517
725	3,362	169,833	0,527	2,230	164,757
726	3,365	169,833	0,527	2,230	164,918
727	3,372	170,500	0,528	2,232	165,238
728	3,375	170,500	0,528	2,232	165,398
729	3,382	170,833	0,529	2,233	165,719
730	3,383	171,167	0,529	2,233	165,799
731	3,390	171,167	0,530	2,233	166,119
732	3,393	171,667	0,531	2,235	166,280
733	3,398	172,000	0,531	2,236	166,520
734	3,403	172,000	0,532	2,236	166,760
735	3,408	172,167	0,533	2,236	167,001
736	3,413	172,333	0,533	2,236	167,241
737	3,418	172,667	0,534	2,237	167,481
738	3,422	172,667	0,534	2,237	167,642
739	3,427	173,167	0,535	2,238	167,882
740	3,430	173,167	0,535	2,238	168,042
741	3,437	173,500	0,536	2,239	168,363
742	3,440	173,333	0,537	2,239	168,523
743	3,447	172,833	0,537	2,238	168,843
744	3,450	172,000	0,538	2,236	169,004
745	3,455	172,167	0,538	2,236	169,244
746	3,458	172,333	0,539	2,236	169,404
747	3,463	172,500	0,539	2,237	169,644
748	3,468	172,500	0,540	2,237	169,885
749	3,473	172,833	0,541	2,238	170,125
750	3,478	173,000	0,541	2,238	170,366
751	3,483	173,167	0,542	2,238	170,606
752	3,487	173,167	0,542	2,238	170,766
753	3,493	173,667	0,543	2,240	171,087
754	3,497	174,000	0,544	2,241	171,247
755	3,502	174,167	0,544	2,241	171,487
756	3,507	174,167	0,545	2,241	171,727
757	3,512	174,500	0,546	2,242	171,968
758	3,517	175,000	0,546	2,243	172,208
759	3,520	175,000	0,547	2,243	172,368
760	3,525	175,333	0,547	2,244	172,609
761	3,530	175,833	0,548	2,245	172,849
762	3,535	175,833	0,548	2,245	173,089
763	3,538	176,000	0,549	2,246	173,250

764	3,543	176,333	0,549	2,246	173,490
765	3,548	176,333	0,550	2,246	173,730
766	3,553	176,333	0,551	2,246	173,971
767	3,558	176,500	0,551	2,247	174,211
768	3,562	176,667	0,552	2,247	174,371
769	3,567	177,000	0,552	2,248	174,612
770	3,570	177,333	0,553	2,249	174,772
771	3,577	177,333	0,553	2,249	175,092
772	3,580	177,500	0,554	2,249	175,253
773	3,585	177,500	0,554	2,249	175,493
774	3,590	177,833	0,555	2,250	175,733
775	3,593	178,333	0,555	2,251	175,893
776	3,600	178,500	0,556	2,252	176,214
777	3,602	178,500	0,557	2,252	176,294
778	3,610	178,667	0,558	2,252	176,695
779	3,612	179,167	0,558	2,253	176,775
780	3,618	179,333	0,559	2,254	177,095
781	3,622	179,333	0,559	2,254	177,255
782	3,627	179,667	0,560	2,254	177,496
783	3,632	179,833	0,560	2,255	177,736
784	3,635	180,000	0,561	2,255	177,896
785	3,642	180,167	0,561	2,256	178,217
786	3,645	180,667	0,562	2,257	178,377
787	3,650	180,667	0,562	2,257	178,617
788	3,655	180,667	0,563	2,257	178,858
789	3,660	181,167	0,563	2,258	179,098
790	3,665	181,167	0,564	2,258	179,338
791	3,667	181,667	0,564	2,259	179,419
792	3,675	181,833	0,565	2,260	179,819
793	3,677	182,000	0,565	2,260	179,899
794	3,683	182,000	0,566	2,260	180,220
795	3,687	182,000	0,567	2,260	180,380
796	3,693	182,500	0,567	2,261	180,700
797	3,697	182,667	0,568	2,262	180,861
798	3,700	183,000	0,568	2,262	181,021
799	3,707	183,167	0,569	2,263	181,341
800	3,710	183,333	0,569	2,263	181,501
801	3,715	183,667	0,570	2,264	181,742
802	3,720	184,000	0,571	2,265	181,982
803	3,725	184,000	0,571	2,265	182,223
804	3,730	184,333	0,572	2,266	182,463
805	3,733	184,500	0,572	2,266	182,623
806	3,740	184,833	0,573	2,267	182,944
807	3,742	185,000	0,573	2,267	183,024
808	3,748	185,000	0,574	2,267	183,344
809	3,752	185,333	0,574	2,268	183,504
810	3,758	185,500	0,575	2,268	183,825
811	3,762	185,833	0,575	2,269	183,985

812	3,767	186,000	0,576	2,270	184,225
813	3,770	186,167	0,576	2,270	184,386
814	3,777	186,500	0,577	2,271	184,706
815	3,780	186,667	0,577	2,271	184,866
816	3,785	186,833	0,578	2,271	185,107
817	3,790	187,000	0,579	2,272	185,347
818	3,795	187,333	0,579	2,273	185,587
819	3,800	187,500	0,580	2,273	185,828
820	3,803	187,833	0,580	2,274	185,988
821	3,808	188,000	0,581	2,274	186,228
822	3,812	188,333	0,581	2,275	186,389
823	3,817	188,333	0,582	2,275	186,629
824	3,823	188,667	0,582	2,276	186,949
825	3,827	188,667	0,583	2,276	187,110
826	3,830	189,000	0,583	2,276	187,270
827	3,835	189,167	0,584	2,277	187,510
828	3,840	189,333	0,584	2,277	187,750
829	3,845	189,667	0,585	2,278	187,991
830	3,850	189,667	0,585	2,278	188,231
831	3,855	190,000	0,586	2,279	188,471
832	3,860	190,167	0,587	2,279	188,712
833	3,863	190,333	0,587	2,280	188,872
834	3,867	190,500	0,587	2,280	189,032
835	3,873	190,833	0,588	2,281	189,353
836	3,877	191,000	0,588	2,281	189,513
837	3,883	191,333	0,589	2,282	189,833
838	3,887	191,500	0,590	2,282	189,994
839	3,893	191,500	0,590	2,282	190,314
840	3,895	191,833	0,591	2,283	190,394
841	3,902	192,167	0,591	2,284	190,715
842	3,905	192,333	0,592	2,284	190,875
843	3,910	192,333	0,592	2,284	191,115
844	3,915	192,833	0,593	2,285	191,356
845	3,920	193,000	0,593	2,286	191,596
846	3,925	193,167	0,594	2,286	191,836
847	3,928	193,333	0,594	2,286	191,997
848	3,933	193,500	0,595	2,287	192,237
849	3,938	193,667	0,595	2,287	192,477
850	3,942	193,833	0,596	2,287	192,637
851	3,948	194,000	0,596	2,288	192,958
852	3,952	194,500	0,597	2,289	193,118
853	3,958	194,500	0,598	2,289	193,439
854	3,960	194,667	0,598	2,289	193,519
855	3,967	195,000	0,598	2,290	193,839
856	3,970	195,500	0,599	2,291	193,999
857	3,977	195,500	0,600	2,291	194,320
858	3,980	195,333	0,600	2,291	194,480
859	3,985	194,500	0,600	2,289	194,720

860	3,990	194,667	0,601	2,289	194,961
861	3,993	195,167	0,601	2,290	195,121
862	3,998	195,333	0,602	2,291	195,361
863	4,003	195,500	0,602	2,291	195,602
864	4,008	195,833	0,603	2,292	195,842
865	4,013	196,167	0,604	2,293	196,082
866	4,018	195,000	0,604	2,290	196,323
867	4,023	195,000	0,605	2,290	196,563
868	4,025	195,167	0,605	2,290	196,643
869	4,032	195,667	0,605	2,292	196,964
870	4,035	195,333	0,606	2,291	197,124
871	4,042	195,500	0,607	2,291	197,444
872	4,043	195,333	0,607	2,291	197,524
873	4,050	195,500	0,607	2,291	197,845
874	4,052	195,500	0,608	2,291	197,925
875	4,062	195,667	0,609	2,292	198,406
876	4,062	196,000	0,609	2,292	198,406
877	4,068	196,167	0,609	2,293	198,726
878	4,073	196,167	0,610	2,293	198,967
879	4,077	196,167	0,610	2,293	199,127
880	4,082	196,667	0,611	2,294	199,367
881	4,085	196,667	0,611	2,294	199,527
882	4,090	196,667	0,612	2,294	199,768
883	4,095	196,833	0,612	2,294	200,008
884	4,100	197,000	0,613	2,294	200,248
885	4,105	197,500	0,613	2,296	200,489
886	4,108	197,667	0,614	2,296	200,649
887	4,115	198,000	0,614	2,297	200,969
888	4,117	198,000	0,615	2,297	201,050
889	4,125	198,167	0,615	2,297	201,450
890	4,127	198,167	0,616	2,297	201,530
891	4,133	198,333	0,616	2,297	201,851
892	4,138	198,500	0,617	2,298	202,091
893	4,143	198,833	0,617	2,298	202,331
894	4,148	199,167	0,618	2,299	202,572
895	4,150	199,167	0,618	2,299	202,652
896	4,158	199,500	0,619	2,300	203,052
897	4,160	199,667	0,619	2,300	203,133
898	4,167	200,000	0,620	2,301	203,453
899	4,170	200,167	0,620	2,301	203,613
900	4,177	200,167	0,621	2,301	203,934
901	4,180	200,167	0,621	2,301	204,094
902	4,183	200,500	0,622	2,302	204,254
903	4,190	200,500	0,622	2,302	204,575
904	4,193	200,667	0,623	2,302	204,735
905	4,198	201,167	0,623	2,304	204,975
906	4,203	201,333	0,624	2,304	205,216
907	4,208	201,333	0,624	2,304	205,456

908	4,213	201,833	0,625	2,305	205,696
909	4,217	201,833	0,625	2,305	205,856
910	4,223	202,167	0,626	2,306	206,177
911	4,225	202,167	0,626	2,306	206,257
912	4,232	202,500	0,627	2,306	206,577
913	4,235	202,833	0,627	2,307	206,738
914	4,242	203,000	0,628	2,307	207,058
915	4,245	203,000	0,628	2,307	207,218
916	4,250	203,000	0,628	2,307	207,459
917	4,255	203,500	0,629	2,309	207,699
918	4,260	203,500	0,629	2,309	207,939
919	4,263	203,833	0,630	2,309	208,100
920	4,268	203,667	0,630	2,309	208,340
921	4,273	203,833	0,631	2,309	208,580
922	4,278	204,167	0,631	2,310	208,821
923	4,282	204,500	0,632	2,311	208,981
924	4,288	204,333	0,632	2,310	209,301
925	4,292	204,667	0,633	2,311	209,462
926	4,297	205,000	0,633	2,312	209,702
927	4,302	205,167	0,634	2,312	209,942
928	4,307	205,167	0,634	2,312	210,183
929	4,308	205,333	0,634	2,312	210,263
930	4,313	205,167	0,635	2,312	210,503
931	4,318	205,667	0,635	2,313	210,743
932	4,325	205,500	0,636	2,313	211,064
933	4,327	204,667	0,636	2,311	211,144
934	4,333	204,167	0,637	2,310	211,465
935	4,338	204,500	0,637	2,311	211,705
936	4,343	204,667	0,638	2,311	211,945
937	4,345	204,833	0,638	2,311	212,025
938	4,352	205,000	0,639	2,312	212,346
939	4,355	204,833	0,639	2,311	212,506
940	4,360	203,833	0,639	2,309	212,746
941	4,365	204,000	0,640	2,310	212,987
942	4,370	204,167	0,640	2,310	213,227
943	4,375	204,500	0,641	2,311	213,467
944	4,378	204,333	0,641	2,310	213,628
945	4,385	204,667	0,642	2,311	213,948
946	4,388	205,000	0,642	2,312	214,108
947	4,392	205,000	0,643	2,312	214,269
948	4,398	205,167	0,643	2,312	214,589
949	4,402	205,167	0,644	2,312	214,749
950	4,408	205,500	0,644	2,313	215,070
951	4,410	205,500	0,644	2,313	215,150
952	4,418	205,667	0,645	2,313	215,550
953	4,420	205,833	0,645	2,314	215,630
954	4,427	205,000	0,646	2,312	215,951
955	4,430	205,167	0,646	2,312	216,111

956	4,435	205,167	0,647	2,312	216,352
957	4,440	205,333	0,647	2,312	216,592
958	4,443	205,500	0,648	2,313	216,752
959	4,450	205,667	0,648	2,313	217,073
960	4,453	206,000	0,649	2,314	217,233
961	4,460	206,000	0,649	2,314	217,553
962	4,463	206,167	0,650	2,314	217,713
963	4,468	206,333	0,650	2,315	217,954
964	4,473	206,500	0,651	2,315	218,194
965	4,477	206,833	0,651	2,316	218,354
966	4,483	206,667	0,652	2,315	218,675
967	4,487	206,833	0,652	2,316	218,835
968	4,492	207,000	0,652	2,316	219,075
969	4,497	207,000	0,653	2,316	219,316
970	4,500	207,000	0,653	2,316	219,476
971	4,507	207,167	0,654	2,316	219,796
972	4,510	207,167	0,654	2,316	219,957
973	4,517	207,167	0,655	2,316	220,277
974	4,518	207,667	0,655	2,317	220,357
975	4,527	207,833	0,656	2,318	220,758
976	4,528	208,000	0,656	2,318	220,838
977	4,533	208,167	0,656	2,318	221,078
978	4,538	208,500	0,657	2,319	221,319
979	4,542	208,667	0,657	2,319	221,479
980	4,548	208,833	0,658	2,320	221,799
981	4,552	208,833	0,658	2,320	221,960
982	4,558	209,000	0,659	2,320	222,280
983	4,560	209,333	0,659	2,321	222,360
984	4,565	209,500	0,659	2,321	222,600
985	4,570	209,333	0,660	2,321	222,841
986	4,573	208,833	0,660	2,320	223,001
987	4,580	208,833	0,661	2,320	223,322
988	4,583	209,167	0,661	2,320	223,482
989	4,590	209,167	0,662	2,320	223,802
990	4,592	209,333	0,662	2,321	223,882
991	4,597	209,333	0,662	2,321	224,123
992	4,602	209,333	0,663	2,321	224,363
993	4,607	209,500	0,663	2,321	224,603
994	4,612	209,500	0,664	2,321	224,844
995	4,617	209,333	0,664	2,321	225,084
996	4,622	208,667	0,665	2,319	225,324
997	4,625	207,833	0,665	2,318	225,485
998	4,628	207,833	0,665	2,318	225,645
999	4,635	207,667	0,666	2,317	225,965
1000	4,645	181,667	0,667	2,259	226,446
Sumatoria [Σ]	2318,866638	114586,984	232,430	1923,771	114631,100

ANEXO 9: Cálculo de valores relacionados para la distribución de probabilidad para flexión

F. Observado	F. Calculado	F. Obs. - F. Cal.	(F. Obs. - F. Cal.) ²
0,138	3,166	3,027	9,164
0,139	3,276	3,137	9,842
0,525	3,503	2,978	8,867
0,833	3,730	2,897	8,390
0,833	3,957	3,124	9,760
0,973	4,173	3,201	10,245
1,391	4,398	3,007	9,040
1,670	4,628	2,958	8,747
1,670	4,844	3,174	10,074
1,808	5,071	3,262	10,643
2,223	5,298	3,075	9,455
2,500	5,524	3,024	9,145
2,500	5,740	3,240	10,500
2,777	5,971	3,194	10,205
3,053	6,198	3,145	9,888
3,330	6,417	3,087	9,527
3,470	6,644	3,174	10,075
3,630	6,856	3,226	10,404
3,890	7,088	3,198	10,227
4,170	7,307	3,137	9,844
4,308	7,524	3,215	10,339
4,308	7,750	3,441	11,843
4,723	7,987	3,263	10,650
4,862	8,208	3,346	11,198
5,138	8,429	3,291	10,829
5,415	8,637	3,222	10,384
5,553	8,886	3,332	11,105
5,553	9,102	3,549	12,593
5,970	9,318	3,348	11,211
6,220	9,535	3,315	10,987
6,250	9,767	3,517	12,369
6,530	9,983	3,453	11,925
6,873	10,208	3,334	11,117
6,947	10,432	3,485	12,147
7,085	10,656	3,571	12,754
7,362	10,873	3,511	12,326
7,362	11,097	3,735	13,952
7,777	11,329	3,553	12,621
8,053	11,554	3,500	12,251

8,062	11,762	3,700	13,691
8,740	11,994	3,254	10,590
8,630	12,218	3,588	12,877
9,028	12,443	3,414	11,659
9,028	12,659	3,631	13,183
9,168	12,899	3,731	13,921
9,535	13,116	3,581	12,822
9,717	13,332	3,615	13,071
9,857	13,572	3,716	13,807
10,048	13,789	3,740	13,991
10,528	14,005	3,477	12,088
10,545	14,245	3,700	13,693
10,683	14,446	3,762	14,155
10,833	14,678	3,845	14,782
11,167	14,902	3,736	13,955
11,400	15,119	3,719	13,828
11,650	15,351	3,701	13,697
11,800	15,567	3,767	14,193
11,933	15,800	3,866	14,948
12,350	16,024	3,674	13,498
12,633	16,240	3,607	13,010
12,717	16,457	3,740	13,987
12,783	16,681	3,898	15,191
12,783	16,897	4,114	16,924
13,467	17,122	3,655	13,358
13,617	17,370	3,753	14,087
13,750	17,586	3,836	14,716
14,217	17,786	3,570	12,744
14,433	18,027	3,593	12,913
14,433	18,243	3,810	14,515
14,433	18,459	4,026	16,210
14,833	18,700	3,866	14,950
15,150	18,916	3,766	14,184
15,150	19,140	3,990	15,924
15,433	19,365	3,931	15,456
15,833	19,605	3,772	14,226
16,117	19,813	3,697	13,666
16,117	20,038	3,921	15,375
16,250	20,262	4,012	16,096
16,783	20,486	3,703	13,712
16,933	20,703	3,769	14,208
17,217	20,919	3,702	13,707
17,483	21,167	3,684	13,572

17,483	21,376	3,892	15,150
17,683	21,592	3,909	15,277
18,033	21,832	3,799	14,432
18,350	22,057	3,707	13,739
18,617	22,257	3,640	13,251
18,750	22,497	3,747	14,042
19,017	22,722	3,705	13,726
19,317	22,938	3,621	13,113
19,333	23,154	3,821	14,599
19,817	23,387	3,570	12,744
20,017	23,619	3,602	12,976
20,267	23,843	3,577	12,791
20,417	24,068	3,651	13,329
20,567	24,292	3,725	13,877
21,033	24,524	3,491	12,186
21,250	24,740	3,490	12,183
21,333	24,949	3,615	13,071
21,783	25,165	3,382	11,436
21,983	25,389	3,406	11,601
22,217	25,630	3,413	11,649
22,250	25,838	3,588	12,874
22,550	26,078	3,528	12,450
22,783	26,295	3,511	12,330
22,933	26,511	3,578	12,800
23,383	26,743	3,360	11,290
23,467	26,952	3,485	12,145
23,750	27,192	3,442	11,847
23,983	27,408	3,425	11,730
24,300	27,633	3,333	11,106
24,433	27,841	3,408	11,612
24,733	28,073	3,340	11,155
25,000	28,298	3,298	10,874
25,150	28,530	3,380	11,424
25,183	28,746	3,563	12,694
25,550	28,971	3,421	11,700
25,833	29,203	3,370	11,354
26,200	29,411	3,211	10,312
26,450	29,644	3,194	10,198
26,667	29,868	3,201	10,247
26,967	30,084	3,117	9,719
27,083	30,316	3,233	10,453
27,217	30,533	3,316	10,997
27,500	30,765	3,265	10,661

27,800	30,973	3,173	10,071
28,017	31,206	3,189	10,170
28,100	31,430	3,330	11,089
28,617	31,654	3,038	9,228
28,633	31,879	3,245	10,533
28,933	32,095	3,162	9,996
29,183	32,319	3,136	9,835
29,583	32,536	2,952	8,716
29,583	32,776	3,193	10,193
29,850	32,992	3,142	9,874
30,050	33,217	3,167	10,028
30,417	33,441	3,024	9,146
30,550	33,681	3,131	9,805
30,850	33,898	3,048	9,288
30,867	34,106	3,239	10,493
31,283	34,338	3,055	9,332
31,667	34,571	2,904	8,433
31,800	34,779	2,979	8,874
32,067	34,995	2,929	8,576
32,400	35,228	2,828	7,995
32,483	35,452	2,969	8,812
32,483	35,668	3,185	10,143
32,900	35,892	2,992	8,955
33,133	36,117	2,983	8,901
33,483	36,341	2,858	8,167
33,633	36,557	2,924	8,550
33,983	36,790	2,806	7,876
34,167	37,022	2,855	8,153
34,433	37,238	2,805	7,868
34,667	37,471	2,804	7,863
34,983	37,671	2,688	7,224
34,983	37,903	2,920	8,527
35,300	38,136	2,836	8,041
35,417	38,360	2,943	8,663
35,700	38,576	2,876	8,273
36,000	38,801	2,801	7,844
36,267	39,025	2,758	7,608
36,400	39,233	2,833	8,027
36,817	39,458	2,641	6,975
37,067	39,698	2,631	6,924
37,200	39,914	2,714	7,367
37,550	40,139	2,589	6,701
37,917	40,371	2,454	6,023

37,950	40,587	2,637	6,955
38,217	40,804	2,587	6,692
38,417	41,028	2,611	6,818
38,900	41,252	2,352	5,533
39,033	41,476	2,443	5,969
39,033	41,701	2,667	7,115
39,433	41,925	2,492	6,209
39,700	42,157	2,457	6,039
39,833	42,366	2,532	6,413
40,200	42,598	2,398	5,751
40,567	42,822	2,256	5,088
40,583	43,039	2,455	6,029
40,983	43,271	2,288	5,234
41,050	43,495	2,445	5,980
41,250	43,720	2,470	6,099
41,667	43,944	2,277	5,186
41,900	44,168	2,268	5,145
42,050	44,377	2,327	5,413
42,483	44,617	2,134	4,553
42,483	44,833	2,350	5,522
42,783	45,058	2,274	5,172
42,917	45,282	2,365	5,595
43,367	45,506	2,140	4,578
43,617	45,723	2,106	4,435
43,900	45,947	2,047	4,190
43,883	46,163	2,280	5,198
44,283	46,404	2,120	4,495
44,450	46,620	2,170	4,708
44,767	46,836	2,070	4,283
44,983	47,061	2,077	4,315
45,283	47,269	1,985	3,942
45,367	47,533	2,167	4,694
45,450	47,717	2,267	5,141
45,967	47,982	2,015	4,061
46,233	48,166	1,933	3,736
46,400	48,438	2,038	4,155
46,650	48,615	1,965	3,860
46,950	48,807	1,857	3,449
47,083	49,063	1,980	3,921
47,650	49,256	1,606	2,578
47,650	49,520	1,870	3,497
47,850	49,704	1,854	3,438
48,250	49,961	1,711	2,926

48,367	50,153	1,786	3,191
48,600	50,417	1,817	3,303
48,750	50,594	1,844	3,399
49,133	50,866	1,733	3,002
49,300	51,050	1,750	3,063
49,733	51,315	1,581	2,500
49,867	51,499	1,632	2,664
50,050	51,763	1,713	2,935
50,150	51,948	1,798	3,231
50,683	52,204	1,521	2,312
50,833	52,396	1,563	2,442
50,967	52,661	1,694	2,869
51,183	52,845	1,661	2,761
51,650	53,109	1,459	2,129
51,733	53,285	1,552	2,409
51,850	53,558	1,708	2,917
52,167	53,726	1,559	2,432
52,517	54,031	1,514	2,292
52,650	54,183	1,533	2,349
53,083	54,495	1,412	1,993
53,200	54,639	1,439	2,072
53,450	54,864	1,414	1,999
53,500	55,096	1,596	2,547
54,117	55,288	1,172	1,373
54,167	55,561	1,394	1,943
54,483	55,801	1,318	1,736
54,717	56,041	1,325	1,755
55,000	56,202	1,202	1,444
55,133	56,522	1,389	1,929
55,567	56,602	1,036	1,072
55,583	56,843	1,259	1,586
55,900	57,083	1,183	1,399
56,250	57,323	1,073	1,152
56,383	57,564	1,180	1,393
56,633	57,724	1,090	1,189
57,183	58,124	0,941	0,886
57,217	58,205	0,988	0,976
57,483	58,525	1,042	1,085
57,767	58,685	0,919	0,844
57,917	58,926	1,009	1,018
58,067	59,166	1,099	1,208
58,350	59,246	0,896	0,803
58,700	59,647	0,947	0,896

58,900	59,807	0,907	0,822
59,167	60,047	0,880	0,775
59,317	60,207	0,891	0,793
59,717	60,448	0,731	0,534
59,850	60,688	0,838	0,702
59,983	60,848	0,865	0,748
60,200	61,249	1,049	1,100
60,400	61,329	0,929	0,863
60,983	61,569	0,586	0,343
61,133	61,810	0,676	0,457
61,267	61,970	0,703	0,495
61,550	62,290	0,740	0,548
61,817	62,451	0,634	0,402
62,217	62,771	0,554	0,307
62,233	62,851	0,618	0,382
62,350	63,172	0,822	0,675
62,750	63,332	0,582	0,339
63,117	63,572	0,456	0,208
63,267	63,813	0,546	0,298
63,433	64,053	0,620	0,384
63,750	64,293	0,543	0,295
64,000	64,534	0,534	0,285
64,317	64,694	0,377	0,142
64,517	64,934	0,417	0,174
64,717	65,094	0,378	0,143
64,983	65,415	0,432	0,186
65,133	65,575	0,442	0,195
65,283	65,896	0,612	0,375
65,550	66,056	0,506	0,256
66,083	66,296	0,213	0,045
65,967	66,456	0,490	0,240
66,550	66,697	0,147	0,022
66,817	66,937	0,120	0,014
66,950	67,177	0,227	0,052
67,083	67,418	0,334	0,112
67,217	67,658	0,441	0,195
67,733	67,818	0,085	0,007
67,783	68,059	0,275	0,076
68,067	68,219	0,152	0,023
68,467	68,539	0,073	0,005
68,600	68,700	0,100	0,010
68,883	69,020	0,137	0,019
69,017	69,180	0,164	0,027

69,300	69,340	0,040	0,002
69,583	69,661	0,078	0,006
69,867	69,741	-0,126	0,016
70,017	70,062	0,045	0,002
70,417	70,222	-0,195	0,038
70,700	70,542	-0,158	0,025
70,717	70,702	-0,014	0,000
71,017	70,943	-0,074	0,005
71,383	71,183	-0,200	0,040
71,517	71,343	-0,173	0,030
71,850	71,664	-0,186	0,035
72,217	71,824	-0,393	0,154
72,433	72,145	-0,289	0,083
72,517	72,305	-0,212	0,045
72,850	72,545	-0,305	0,093
73,067	72,785	-0,281	0,079
73,200	72,866	-0,334	0,112
73,500	73,266	-0,234	0,055
73,883	73,426	-0,457	0,209
73,883	73,747	-0,137	0,019
74,100	73,747	-0,353	0,125
74,433	74,228	-0,206	0,042
74,567	74,308	-0,259	0,067
74,833	74,468	-0,365	0,134
75,367	74,788	-0,578	0,334
75,433	74,949	-0,485	0,235
75,767	75,269	-0,498	0,248
76,100	75,429	-0,671	0,450
76,133	75,670	-0,464	0,215
76,267	75,910	-0,357	0,127
76,850	75,990	-0,860	0,740
77,000	76,391	-0,609	0,371
77,117	76,471	-0,646	0,417
77,500	76,871	-0,629	0,395
77,783	76,951	-0,832	0,692
77,783	77,352	-0,431	0,186
78,050	77,432	-0,618	0,382
78,483	77,672	-0,811	0,658
78,617	77,913	-0,704	0,495
78,750	78,153	-0,597	0,356
79,167	78,393	-0,773	0,598
79,417	78,554	-0,863	0,745
79,717	78,874	-0,842	0,710

80,000	79,034	-0,966	0,932
80,133	79,195	-0,939	0,881
80,283	79,515	-0,768	0,590
80,533	79,675	-0,858	0,736
80,933	79,996	-0,938	0,879
80,900	80,076	-0,824	0,679
81,233	80,396	-0,837	0,701
81,550	80,557	-0,993	0,987
81,800	80,717	-1,083	1,173
81,950	81,037	-0,913	0,833
82,483	81,198	-1,286	1,653
82,500	81,518	-0,982	0,964
82,633	81,678	-0,955	0,912
82,900	81,999	-0,901	0,812
83,333	82,079	-1,255	1,574
83,417	82,319	-1,098	1,205
83,617	82,559	-1,057	1,118
83,833	82,800	-1,034	1,068
84,200	83,040	-1,160	1,345
84,317	83,281	-1,036	1,074
84,733	83,441	-1,293	1,671
85,100	83,761	-1,339	1,792
85,267	83,841	-1,425	2,032
85,267	84,162	-1,105	1,221
85,550	84,322	-1,228	1,508
85,950	84,642	-1,308	1,710
86,117	84,803	-1,314	1,727
86,400	85,123	-1,277	1,630
86,667	85,283	-1,383	1,913
86,800	85,444	-1,356	1,840
87,100	85,684	-1,416	2,005
87,400	85,924	-1,476	2,178
87,500	86,165	-1,335	1,783
88,050	86,405	-1,645	2,706
88,183	86,485	-1,698	2,884
88,333	86,886	-1,448	2,096
88,750	86,886	-1,864	3,476
88,933	87,366	-1,567	2,455
89,200	87,366	-1,834	3,362
89,350	87,767	-1,583	2,506
89,433	87,847	-1,586	2,516
89,883	88,168	-1,716	2,944
90,150	88,328	-1,822	3,321

90,283	88,568	-1,715	2,942
90,417	88,889	-1,528	2,335
90,833	89,049	-1,785	3,185
91,050	89,289	-1,761	3,101
91,250	89,529	-1,721	2,960
91,533	89,770	-1,764	3,110
91,650	90,010	-1,640	2,689
91,983	90,010	-1,973	3,893
92,250	90,491	-1,759	3,095
92,250	90,571	-1,679	2,819
92,850	90,972	-1,878	3,529
92,983	90,972	-2,012	4,047
93,317	91,372	-1,945	3,781
93,517	91,532	-1,984	3,938
93,850	91,773	-2,077	4,315
93,850	92,013	-1,837	3,374
93,983	92,173	-1,810	3,276
94,450	92,494	-1,956	3,827
94,583	92,654	-1,929	3,723
94,900	92,894	-2,006	4,023
95,067	93,055	-2,012	4,049
95,333	93,295	-2,038	4,155
95,783	93,535	-2,248	5,054
95,883	93,695	-2,188	4,787
96,083	94,016	-2,067	4,274
96,383	94,176	-2,207	4,872
96,900	94,416	-2,484	6,168
96,967	94,657	-2,310	5,335
97,067	94,817	-2,250	5,061
97,383	95,138	-2,246	5,044
97,733	95,298	-2,436	5,932
98,033	95,618	-2,415	5,833
98,167	95,698	-2,468	6,093
98,433	96,019	-2,415	5,830
98,783	96,179	-2,604	6,782
99,117	96,419	-2,697	7,275
99,117	96,660	-2,457	6,037
99,383	96,900	-2,483	6,167
99,717	97,140	-2,576	6,637
99,717	97,381	-2,336	5,457
100,200	97,541	-2,659	7,070
100,200	97,781	-2,419	5,850
100,200	97,861	-2,339	5,469

100,367	98,262	-2,105	4,430
100,850	98,422	-2,428	5,894
101,117	98,743	-2,374	5,636
101,300	98,823	-2,477	6,136
101,617	99,143	-2,473	6,118
101,950	99,304	-2,647	7,004
102,067	99,624	-2,443	5,967
102,417	99,704	-2,713	7,358
102,717	100,025	-2,692	7,248
102,883	100,185	-2,699	7,282
102,983	100,505	-2,478	6,141
103,200	100,585	-2,615	6,836
103,367	100,986	-2,381	5,668
103,967	101,066	-2,901	8,414
104,133	101,467	-2,667	7,111
104,467	101,467	-3,000	9,000
104,700	101,867	-2,833	8,025
104,800	101,947	-2,853	8,138
105,083	102,268	-2,816	7,927
105,583	102,428	-3,155	9,956
105,717	102,748	-2,968	8,810
105,867	102,909	-2,958	8,750
106,033	103,149	-2,884	8,319
106,200	103,309	-2,891	8,356
106,500	103,550	-2,950	8,705
107,067	103,710	-3,357	11,268
107,133	104,110	-3,023	9,138
107,400	104,191	-3,209	10,301
107,617	104,511	-3,106	9,645
107,950	104,591	-3,359	11,282
108,083	104,992	-3,092	9,558
108,250	105,072	-3,178	10,101
108,550	105,312	-3,238	10,484
108,700	105,633	-3,067	9,409
109,200	105,793	-3,407	11,609
109,367	106,113	-3,253	10,585
109,500	106,193	-3,307	10,934
109,800	106,514	-3,286	10,799
109,967	106,674	-3,293	10,841
110,133	106,995	-3,139	9,852
110,450	107,155	-3,295	10,859
110,783	107,315	-3,468	12,029
110,950	107,635	-3,315	10,986

111,067	107,796	-3,271	10,699
111,583	108,036	-3,547	12,583
111,917	108,276	-3,640	13,252
111,917	108,517	-3,400	11,560
112,083	108,757	-3,326	11,064
112,217	108,997	-3,219	10,364
112,383	109,238	-3,146	9,895
112,883	109,318	-3,565	12,712
113,200	109,638	-3,562	12,685
113,367	109,799	-3,568	12,731
113,867	110,119	-3,748	14,045
113,867	110,279	-3,587	12,870
114,050	110,600	-3,450	11,904
114,500	110,680	-3,820	14,594
114,833	111,000	-3,833	14,692
115,000	111,080	-3,920	15,363
115,333	111,401	-3,932	15,464
115,500	111,561	-3,939	15,515
115,667	111,882	-3,785	14,327
115,833	112,042	-3,792	14,376
116,167	112,362	-3,804	14,474
116,333	112,442	-3,891	15,140
116,667	112,763	-3,904	15,240
117,167	112,923	-4,244	18,008
117,167	113,244	-3,923	15,391
117,167	113,324	-3,843	14,769
117,333	113,724	-3,609	13,026
117,667	113,804	-3,862	14,918
118,000	114,125	-3,875	15,017
118,333	114,205	-4,128	17,044
118,667	114,605	-4,061	16,493
118,667	114,686	-3,981	15,849
118,833	115,006	-3,827	14,648
119,333	115,166	-4,167	17,364
119,333	115,487	-3,847	14,796
119,667	115,567	-4,100	16,809
120,000	115,887	-4,113	16,914
120,000	116,048	-3,952	15,622
120,167	116,288	-3,879	15,045
120,833	116,528	-4,305	18,534
121,000	116,849	-4,151	17,233
121,000	116,929	-4,071	16,575
121,500	117,169	-4,331	18,756

121,500	117,329	-4,171	17,394
122,000	117,650	-4,350	18,924
122,500	117,810	-4,690	21,995
122,500	118,131	-4,369	19,092
122,667	118,291	-4,376	19,149
122,500	118,611	-3,889	15,123
123,000	118,691	-4,309	18,565
123,167	119,012	-4,155	17,263
123,667	119,172	-4,495	20,202
123,833	119,412	-4,421	19,545
124,000	119,653	-4,347	18,899
124,000	119,893	-4,107	16,867
124,000	120,053	-3,947	15,577
124,667	120,294	-4,373	19,123
124,667	120,534	-4,133	17,079
125,167	120,774	-4,392	19,293
125,167	120,935	-4,232	17,911
125,500	121,255	-4,245	18,020
125,500	121,415	-4,085	16,685
126,167	121,736	-4,431	19,633
126,333	121,816	-4,518	20,408
126,500	122,136	-4,364	19,042
126,833	122,377	-4,457	19,862
127,000	122,537	-4,463	19,920
127,167	122,857	-4,309	18,571
127,667	122,937	-4,729	22,366
127,833	123,338	-4,495	20,208
128,000	123,418	-4,582	20,994
128,000	123,739	-4,261	18,160
128,333	123,899	-4,435	19,665
128,500	124,219	-4,281	18,325
128,833	124,299	-4,534	20,557
129,000	124,620	-4,380	19,186
129,167	124,700	-4,467	19,952
129,500	125,101	-4,399	19,355
129,833	125,181	-4,653	21,648
130,167	125,501	-4,666	21,767
130,333	125,661	-4,672	21,828
130,500	125,982	-4,518	20,414
130,667	126,142	-4,525	20,472
130,833	126,382	-4,451	19,811
131,167	126,623	-4,544	20,647
131,500	126,863	-4,637	21,501

131,833	126,943	-4,890	23,914
132,000	127,264	-4,736	22,433
132,167	127,424	-4,743	22,494
132,500	127,824	-4,676	21,861
133,000	127,824	-5,176	26,786
132,833	128,225	-4,608	21,237
133,333	128,305	-5,028	25,283
133,333	128,545	-4,788	22,924
133,667	128,786	-4,881	23,823
134,000	129,026	-4,974	24,739
134,167	129,267	-4,900	24,012
134,500	129,427	-5,073	25,738
134,500	129,747	-4,753	22,589
134,333	129,907	-4,426	19,589
134,667	130,148	-4,519	20,420
134,833	130,388	-4,445	19,760
135,000	130,548	-4,452	19,817
135,333	130,869	-4,465	19,932
135,667	130,949	-4,718	22,257
136,000	131,350	-4,650	21,627
136,000	131,430	-4,570	20,888
136,167	131,750	-4,417	19,506
136,333	131,910	-4,423	19,563
136,667	132,231	-4,436	19,677
137,000	132,391	-4,609	21,243
137,167	132,551	-4,615	21,302
137,667	132,872	-4,795	22,992
137,833	133,032	-4,801	23,054
138,000	133,272	-4,728	22,352
138,167	133,513	-4,654	21,660
138,667	133,753	-4,914	24,145
138,667	133,993	-4,673	21,840
139,000	134,154	-4,846	23,488
139,000	134,474	-4,526	20,485
139,167	134,554	-4,613	21,276
139,500	134,875	-4,625	21,395
139,833	135,035	-4,799	23,026
140,000	135,275	-4,725	22,324
140,167	135,515	-4,651	21,634
140,333	135,676	-4,658	21,693
140,833	135,996	-4,837	23,398
141,167	136,076	-5,090	25,912
141,167	136,397	-4,770	22,752

141,333	136,557	-4,776	22,814
142,167	136,797	-5,369	28,830
142,167	137,038	-5,129	26,307
142,333	137,358	-4,975	24,753
142,500	137,518	-4,982	24,817
142,333	137,759	-4,575	20,927
142,667	137,919	-4,748	22,541
142,833	138,239	-4,594	21,104
143,167	138,320	-4,847	23,495
143,500	138,720	-4,780	22,848
143,500	138,800	-4,700	22,088
143,833	139,201	-4,633	21,461
143,833	139,281	-4,552	20,725
144,167	139,601	-4,565	20,842
144,667	139,762	-4,905	24,060
144,833	140,002	-4,831	23,343
145,000	140,242	-4,758	22,636
145,167	140,483	-4,684	21,940
145,333	140,643	-4,690	22,001
145,333	140,883	-4,450	19,804
145,500	141,043	-4,457	19,861
146,000	141,364	-4,636	21,494
146,000	141,524	-4,476	20,034
146,333	141,845	-4,489	20,149
146,833	141,925	-4,909	24,095
147,000	142,325	-4,675	21,853
147,167	142,405	-4,761	22,670
147,333	142,646	-4,688	21,974
147,500	142,886	-4,614	21,288
147,667	143,126	-4,540	20,614
147,833	143,367	-4,467	19,950
148,500	143,527	-4,973	24,731
148,667	143,847	-4,819	23,225
148,667	144,008	-4,659	21,706
148,833	144,248	-4,585	21,025
149,167	144,488	-4,678	21,887
149,667	144,649	-5,018	25,181
149,833	144,969	-4,864	23,661
150,000	145,049	-4,951	24,511
150,333	145,450	-4,884	23,849
150,333	145,530	-4,803	23,073
150,500	145,930	-4,570	20,881
151,000	146,011	-4,989	24,895

151,000	146,171	-4,829	23,321
151,167	146,491	-4,675	21,860
151,667	146,651	-5,015	25,152
151,833	146,972	-4,861	23,633
151,833	147,132	-4,701	22,101
152,167	147,453	-4,714	22,222
152,667	147,613	-5,054	25,541
152,833	147,773	-5,060	25,606
152,833	148,013	-4,820	23,232
153,167	148,174	-4,993	24,930
153,333	148,494	-4,839	23,418
153,500	148,654	-4,846	23,480
153,833	148,975	-4,859	23,605
153,667	149,135	-4,532	20,536
154,167	149,295	-4,871	23,731
154,500	149,616	-4,884	23,856
154,667	149,776	-4,891	23,919
155,000	150,096	-4,904	24,045
155,000	150,177	-4,823	23,266
155,333	150,577	-4,756	22,622
155,833	150,657	-5,176	26,792
155,833	150,817	-5,016	25,159
156,333	151,138	-5,195	26,992
156,500	151,378	-5,122	26,232
156,500	151,619	-4,881	23,828
156,500	151,779	-4,721	22,289
156,667	152,099	-4,567	20,861
156,833	152,179	-4,654	21,659
157,000	152,420	-4,580	20,979
157,333	152,660	-4,673	21,839
157,667	152,900	-4,766	22,717
157,667	153,141	-4,526	20,484
158,000	153,381	-4,619	21,334
158,333	153,621	-4,712	22,202
158,667	153,862	-4,805	23,087
158,667	153,942	-4,725	22,323
159,000	154,262	-4,738	22,445
159,500	154,503	-4,997	24,973
159,667	154,743	-4,924	24,242
159,833	154,983	-4,850	23,522
160,167	155,224	-4,943	24,432
160,333	155,464	-4,869	23,709
160,667	155,544	-5,122	26,239

160,833	155,945	-4,889	23,898
161,167	156,025	-5,142	26,438
161,333	156,345	-4,988	24,880
161,333	156,506	-4,828	23,307
161,667	156,826	-4,841	23,431
161,667	156,986	-4,680	21,906
161,833	157,147	-4,687	21,966
162,167	157,467	-4,700	22,087
162,333	157,627	-4,706	22,148
162,667	157,868	-4,799	23,031
162,833	158,108	-4,725	22,330
163,000	158,348	-4,652	21,639
163,333	158,589	-4,745	22,512
163,500	158,669	-4,831	23,341
164,000	159,069	-4,931	24,312
164,167	159,149	-5,017	25,173
164,333	159,550	-4,783	22,880
164,500	159,630	-4,870	23,716
165,000	159,870	-5,130	26,312
165,333	160,111	-5,223	27,275
165,333	160,191	-5,142	26,445
165,667	160,591	-5,075	25,758
165,833	160,752	-5,082	25,823
166,000	161,072	-4,928	24,284
166,000	161,152	-4,848	23,500
166,500	161,473	-5,027	25,273
166,833	161,633	-5,200	27,044
167,000	161,793	-5,207	27,111
167,000	162,114	-4,886	23,876
167,167	162,274	-4,893	23,939
167,333	162,594	-4,739	22,458
168,000	162,755	-5,245	27,514
168,000	162,995	-5,005	25,051
168,167	163,235	-4,931	24,319
168,667	163,396	-5,271	27,785
168,833	163,636	-5,197	27,014
169,000	163,796	-5,204	27,081
169,000	164,117	-4,883	23,848
169,667	164,277	-5,390	29,051
169,833	164,517	-5,316	28,262
169,833	164,757	-5,076	25,765
169,833	164,918	-4,916	24,164
170,500	165,238	-5,262	27,687

170,500	165,398	-5,102	26,027
170,833	165,719	-5,114	26,158
171,167	165,799	-5,368	28,812
171,167	166,119	-5,047	25,475
171,667	166,280	-5,387	29,020
172,000	166,520	-5,480	30,031
172,000	166,760	-5,240	27,454
172,167	167,001	-5,166	26,687
172,333	167,241	-5,092	25,932
172,667	167,481	-5,185	26,887
172,667	167,642	-5,025	25,251
173,167	167,882	-5,285	27,928
173,167	168,042	-5,124	26,260
173,500	168,363	-5,137	26,393
173,333	168,523	-4,810	23,141
172,833	168,843	-3,990	15,920
172,000	169,004	-2,996	8,979
172,167	169,244	-2,923	8,543
172,333	169,404	-2,929	8,580
172,500	169,644	-2,856	8,154
172,500	169,885	-2,615	6,839
172,833	170,125	-2,708	7,334
173,000	170,366	-2,634	6,941
173,167	170,606	-2,561	6,558
173,167	170,766	-2,401	5,763
173,667	171,087	-2,580	6,657
174,000	171,247	-2,753	7,580
174,167	171,487	-2,680	7,180
174,167	171,727	-2,439	5,950
174,500	171,968	-2,532	6,412
175,000	172,208	-2,792	7,794
175,000	172,368	-2,632	6,925
175,333	172,609	-2,725	7,423
175,833	172,849	-2,984	8,906
175,833	173,089	-2,744	7,529
176,000	173,250	-2,750	7,564
176,333	173,490	-2,843	8,085
176,333	173,730	-2,603	6,776
176,333	173,971	-2,363	5,582
176,500	174,211	-2,289	5,239
176,667	174,371	-2,295	5,269
177,000	174,612	-2,388	5,704
177,333	174,772	-2,562	6,561

177,333	175,092	-2,241	5,022
177,500	175,253	-2,247	5,051
177,500	175,493	-2,007	4,029
177,833	175,733	-2,100	4,411
178,333	175,893	-2,440	5,953
178,500	176,214	-2,286	5,226
178,500	176,294	-2,206	4,866
178,667	176,695	-1,972	3,889
179,167	176,775	-2,392	5,721
179,333	177,095	-2,238	5,009
179,333	177,255	-2,078	4,318
179,667	177,496	-2,171	4,713
179,833	177,736	-2,097	4,398
180,000	177,896	-2,104	4,425
180,167	178,217	-1,950	3,802
180,667	178,377	-2,290	5,243
180,667	178,617	-2,049	4,200
180,667	178,858	-1,809	3,272
181,167	179,098	-2,069	4,279
181,167	179,338	-1,828	3,343
181,667	179,419	-2,248	5,054
181,833	179,819	-2,014	4,057
182,000	179,899	-2,101	4,413
182,000	180,220	-1,780	3,170
182,000	180,380	-1,620	2,625
182,500	180,700	-1,800	3,239
182,667	180,861	-1,806	3,262
183,000	181,021	-1,979	3,917
183,167	181,341	-1,825	3,332
183,333	181,501	-1,832	3,356
183,667	181,742	-1,925	3,705
184,000	181,982	-2,018	4,072
184,000	182,223	-1,777	3,159
184,333	182,463	-1,870	3,499
184,500	182,623	-1,877	3,523
184,833	182,944	-1,890	3,571
185,000	183,024	-1,976	3,906
185,000	183,344	-1,656	2,742
185,333	183,504	-1,829	3,345
185,500	183,825	-1,675	2,806
185,833	183,985	-1,848	3,416
186,000	184,225	-1,775	3,149
186,167	184,386	-1,781	3,172

186,500	184,706	-1,794	3,218
186,667	184,866	-1,800	3,241
186,833	185,107	-1,727	2,981
187,000	185,347	-1,653	2,732
187,333	185,587	-1,746	3,048
187,500	185,828	-1,672	2,797
187,833	185,988	-1,845	3,406
188,000	186,228	-1,772	3,139
188,333	186,389	-1,945	3,782
188,333	186,629	-1,704	2,905
188,667	186,949	-1,717	2,949
188,667	187,110	-1,557	2,425
189,000	187,270	-1,730	2,994
189,167	187,510	-1,657	2,744
189,333	187,750	-1,583	2,505
189,667	187,991	-1,676	2,809
189,667	188,231	-1,436	2,061
190,000	188,471	-1,529	2,336
190,167	188,712	-1,455	2,117
190,333	188,872	-1,461	2,135
190,500	189,032	-1,468	2,154
190,833	189,353	-1,481	2,192
191,000	189,513	-1,487	2,211
191,333	189,833	-1,500	2,250
191,500	189,994	-1,506	2,269
191,500	190,314	-1,186	1,406
191,833	190,394	-1,439	2,071
192,167	190,715	-1,452	2,108
192,333	190,875	-1,458	2,127
192,333	191,115	-1,218	1,484
192,833	191,356	-1,478	2,184
193,000	191,596	-1,404	1,971
193,167	191,836	-1,330	1,770
193,333	191,997	-1,337	1,787
193,500	192,237	-1,263	1,595
193,667	192,477	-1,189	1,415
193,833	192,637	-1,196	1,430
194,000	192,958	-1,042	1,086
194,500	193,118	-1,382	1,909
194,500	193,439	-1,061	1,127
194,667	193,519	-1,148	1,318
195,000	193,839	-1,161	1,347
195,500	193,999	-1,501	2,252

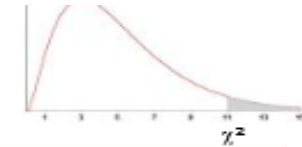
195,500	194,320	-1,180	1,393
195,333	194,480	-0,853	0,728
194,500	194,720	0,220	0,049
194,667	194,961	0,294	0,087
195,167	195,121	-0,046	0,002
195,333	195,361	0,028	0,001
195,500	195,602	0,102	0,010
195,833	195,842	0,009	0,000
196,167	196,082	-0,084	0,007
195,000	196,323	1,323	1,750
195,000	196,563	1,563	2,443
195,167	196,643	1,477	2,180
195,667	196,964	1,297	1,682
195,333	197,124	1,791	3,206
195,500	197,444	1,944	3,781
195,333	197,524	2,191	4,801
195,500	197,845	2,345	5,499
195,500	197,925	2,425	5,881
195,667	198,406	2,739	7,503
196,000	198,406	2,406	5,788
196,167	198,726	2,560	6,551
196,167	198,967	2,800	7,839
196,167	199,127	2,960	8,762
196,667	199,367	2,700	7,293
196,667	199,527	2,861	8,184
196,667	199,768	3,101	9,616
196,833	200,008	3,175	10,079
197,000	200,248	3,248	10,552
197,500	200,489	2,989	8,933
197,667	200,649	2,982	8,894
198,000	200,969	2,969	8,818
198,000	201,050	3,050	9,300
198,167	201,450	3,283	10,781
198,167	201,530	3,364	11,314
198,333	201,851	3,517	12,372
198,500	202,091	3,591	12,896
198,833	202,331	3,498	12,236
199,167	202,572	3,405	11,594
199,167	202,652	3,485	12,147
199,500	203,052	3,552	12,620
199,667	203,133	3,466	12,012
200,000	203,453	3,453	11,923
200,167	203,613	3,447	11,879

200,167	203,934	3,767	14,190
200,167	204,094	3,927	15,423
200,500	204,254	3,754	14,094
200,500	204,575	4,075	16,602
200,667	204,735	4,068	16,550
201,167	204,975	3,809	14,505
201,333	205,216	3,882	15,071
201,333	205,456	4,123	16,995
201,833	205,696	3,863	14,922
201,833	205,856	4,023	16,185
202,167	206,177	4,010	16,082
202,167	206,257	4,090	16,731
202,500	206,577	4,077	16,626
202,833	206,738	3,904	15,244
203,000	207,058	4,058	16,469
203,000	207,218	4,218	17,795
203,000	207,459	4,459	19,880
203,500	207,699	4,199	17,632
203,500	207,939	4,439	19,709
203,833	208,100	4,266	18,202
203,667	208,340	4,673	21,840
203,833	208,580	4,747	22,534
204,167	208,821	4,654	21,660
204,500	208,981	4,481	20,079
204,333	209,301	4,968	24,682
204,667	209,462	4,795	22,992
205,000	209,702	4,702	22,109
205,167	209,942	4,776	22,807
205,167	210,183	5,016	25,160
205,333	210,263	4,929	24,299
205,167	210,503	5,336	28,478
205,667	210,743	5,077	25,774
205,500	211,064	5,564	30,957
204,667	211,144	6,477	41,956
204,167	211,465	7,298	53,258
204,500	211,705	7,205	51,910
204,667	211,945	7,279	52,977
204,833	212,025	7,192	51,724
205,000	212,346	7,346	53,960
204,833	212,506	7,673	58,870
203,833	212,746	8,913	79,442
204,000	212,987	8,987	80,761
204,167	213,227	9,060	82,090

204,500	213,467	8,967	80,414
204,333	213,628	9,294	86,383
204,667	213,948	9,281	86,144
205,000	214,108	9,108	82,961
205,000	214,269	9,269	85,906
205,167	214,589	9,422	88,780
205,167	214,749	9,583	91,825
205,500	215,070	9,570	91,579
205,500	215,150	9,650	93,118
205,667	215,550	9,884	97,687
205,833	215,630	9,797	95,984
205,000	215,951	10,951	119,923
205,167	216,111	10,945	119,782
205,167	216,352	11,185	125,101
205,333	216,592	11,259	126,754
205,500	216,752	11,252	126,610
205,667	217,073	11,406	130,094
206,000	217,233	11,233	126,175
206,000	217,553	11,553	133,477
206,167	217,713	11,547	133,329
206,333	217,954	11,620	135,036
206,500	218,194	11,694	136,753
206,833	218,354	11,521	132,735
206,667	218,675	12,008	144,196
206,833	218,835	12,002	144,042
207,000	219,075	12,075	145,816
207,000	219,316	12,316	151,678
207,000	219,476	12,476	155,651
207,167	219,796	12,630	159,512
207,167	219,957	12,790	163,585
207,167	220,277	13,110	171,885
207,667	220,357	12,691	161,051
207,833	220,758	12,925	167,043
208,000	220,838	12,838	164,813
208,167	221,078	12,912	166,710
208,500	221,319	12,819	164,318
208,667	221,479	12,812	164,153
208,833	221,799	12,966	168,117
208,833	221,960	13,126	172,298
209,000	222,280	13,280	176,359
209,333	222,360	13,027	169,698
209,500	222,600	13,100	171,623
209,333	222,841	13,507	182,452

208,833	223,001	14,168	200,724
208,833	223,322	14,488	209,908
209,167	223,482	14,315	204,922
209,167	223,802	14,636	214,199
209,333	223,882	14,549	211,673
209,333	224,123	14,789	218,724
209,333	224,363	15,030	225,891
209,500	224,603	15,103	228,111
209,500	224,844	15,344	235,429
209,333	225,084	15,751	248,085
208,667	225,324	16,658	277,480
207,833	225,485	17,651	311,568
207,833	225,645	17,812	317,250
207,667	225,965	18,299	334,841
181,667	226,446	44,779	2005,189
Sumatoria [Σ]	114631,100	44,117	21992,078

ANEXO 10: Tabla de chi cuadro



g.d.l	0,001	0,005	0,01	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	g.d.l
1	10,828	7,879	6,635	5,412	5,024	4,709	4,218	3,841	2,706	2,072	1,642	1,323	1,074	0,873	0,708	1
2	13,816	10,597	9,210	7,824	7,378	7,013	6,438	5,991	4,605	3,794	3,219	2,773	2,408	2,100	1,833	2
3	16,266	12,838	11,345	9,837	9,348	8,947	8,311	7,815	6,251	5,317	4,642	4,108	3,665	3,283	2,946	3
4	18,467	14,860	13,277	11,668	11,143	10,712	10,026	9,488	7,779	6,745	5,989	5,385	4,878	4,438	4,045	4
5	20,515	16,750	15,086	13,388	12,833	12,375	11,644	11,070	9,236	8,115	7,289	6,626	6,064	5,573	5,132	5
6	22,458	18,548	16,812	15,033	14,449	13,968	13,198	12,592	10,645	9,446	8,558	7,841	7,231	6,695	6,211	6
7	24,322	20,278	18,475	16,622	16,013	15,509	14,703	14,067	12,017	10,748	9,803	9,037	8,383	7,806	7,283	7
8	26,124	21,955	20,090	18,168	17,535	17,010	16,171	15,507	13,362	12,027	11,030	10,219	9,524	8,909	8,351	8
9	27,877	23,589	21,666	19,679	19,023	18,480	17,608	16,919	14,684	13,288	12,242	11,389	10,656	10,006	9,414	9
10	29,588	25,188	23,209	21,161	20,483	19,922	19,021	18,307	15,987	14,534	13,442	12,549	11,781	11,097	10,473	10
11	31,264	26,757	24,725	22,618	21,920	21,342	20,412	19,675	17,275	15,767	14,631	13,701	12,899	12,184	11,530	11
12	32,909	28,300	26,217	24,054	23,337	22,742	21,785	21,026	18,549	16,989	15,812	14,845	14,011	13,266	12,584	12
13	34,528	29,819	27,688	25,472	24,736	24,125	23,142	22,362	19,812	18,202	16,985	15,984	15,119	14,345	13,636	13
14	36,123	31,319	29,141	26,873	26,119	25,493	24,485	23,685	21,064	19,406	18,151	17,117	16,222	15,421	14,685	14
15	37,697	32,801	30,578	28,259	27,488	26,848	25,816	24,996	22,307	20,603	19,311	18,245	17,322	16,494	15,733	15
16	39,252	34,267	32,000	29,633	28,845	28,191	27,136	26,296	23,542	21,793	20,465	19,369	18,418	17,565	16,780	16
17	40,790	35,718	33,409	30,995	30,191	29,523	28,445	27,587	24,769	22,977	21,615	20,489	19,511	18,633	17,824	17
18	42,312	37,156	34,805	32,346	31,526	30,845	29,745	28,869	25,989	24,155	22,760	21,605	20,601	19,699	18,868	18
19	43,820	38,582	36,191	33,687	32,852	32,158	31,037	30,144	27,204	25,329	23,900	22,718	21,689	20,764	19,910	19
20	45,315	39,997	37,566	35,020	34,170	33,462	32,321	31,410	28,412	26,498	25,038	23,828	22,775	21,826	20,951	20
21	46,797	41,401	38,932	36,343	35,479	34,759	33,597	32,671	29,615	27,662	26,171	24,935	23,858	22,888	21,991	21
22	48,268	42,796	40,289	37,659	36,781	36,049	34,867	33,924	30,813	28,822	27,301	26,039	24,939	23,947	23,031	22
23	49,728	44,181	41,638	38,968	38,076	37,332	36,131	35,172	32,007	29,979	28,429	27,141	26,018	25,006	24,069	23
24	51,179	45,559	42,980	40,270	39,364	38,609	37,389	36,415	33,196	31,132	29,553	28,241	27,096	26,063	25,106	24
25	52,620	46,928	44,314	41,566	40,646	39,880	38,642	37,652	34,382	32,282	30,675	29,339	28,172	27,118	26,143	25
26	54,052	48,290	45,642	42,856	41,923	41,146	39,889	38,885	35,563	33,429	31,795	30,435	29,246	28,173	27,179	26
27	55,476	49,645	46,963	44,140	43,195	42,407	41,132	40,113	36,741	34,574	32,912	31,528	30,319	29,227	28,214	27
28	56,892	50,993	48,278	45,419	44,461	43,662	42,370	41,337	37,916	35,715	34,027	32,620	31,391	30,279	29,249	28
29	58,301	52,336	49,588	46,693	45,722	44,913	43,604	42,557	39,087	36,854	35,139	33,711	32,461	31,331	30,283	29
30	59,703	53,672	50,892	47,962	46,979	46,160	44,834	43,773	40,256	37,990	36,250	34,800	33,530	32,382	31,316	30
31	61,098	55,003	52,191	49,226	48,232	47,402	46,059	44,985	41,422	39,124	37,359	35,887	34,598	33,431	32,349	31
32	62,487	56,328	53,486	50,487	49,480	48,641	47,282	46,194	42,585	40,256	38,466	36,973	35,665	34,480	33,381	32
33	63,870	57,648	54,776	51,743	50,725	49,876	48,500	47,400	43,745	41,386	39,572	38,058	36,731	35,529	34,413	33
34	65,247	58,964	56,061	52,995	51,966	51,107	49,716	48,602	44,903	42,514	40,676	39,141	37,795	36,576	35,444	34
35	66,619	60,275	57,342	54,244	53,203	52,335	50,928	49,802	46,059	43,640	41,778	40,223	38,859	37,623	36,475	35
40	73,402	66,766	63,691	60,436	59,342	58,428	56,946	55,758	51,805	49,244	47,269	45,616	44,165	42,848	41,622	40
60	99,607	91,952	88,379	84,580	83,298	82,225	80,482	79,082	74,397	71,341	68,972	66,981	65,227	63,628	62,135	60
80	124,839	116,321	112,329	108,069	106,629	105,422	103,459	101,879	96,578	93,106	90,405	88,130	86,120	84,284	82,566	80
90	137,208	128,299	124,116	119,648	118,136	116,869	114,806	113,145	107,565	103,904	101,054	98,650	96,524	94,581	92,761	90
100	149,449	140,169	135,807	131,142	129,561	128,237	126,079	124,342	118,498	114,659	111,667	109,141	106,906	104,862	102,946	100
120	173,617	163,648	158,950	153,918	152,211	150,780	148,447	146,567	140,233	136,062	132,806	130,055	127,616	125,383	123,289	120
140	197,451	186,847	181,840	176,471	174,648	173,118	170,624	168,613	161,827	157,352	153,854	150,894	148,269	145,863	143,604	140

ANEXO 11: Planos

