

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar**

Influencia de la humedad en la construcción de embarcaciones de PRFV  
en la costa ecuatoriana como una guía práctica.

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Naval**

Presentado por:

Cinthy Alejandra Astudillo León

Karla Mishell Larrea Pérez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2023

## **DEDICATORIA**

Dedicado a Dios por darme la paciencia, fuerza y voluntad para llegar hasta donde estoy, a mis padres Lenin Astudillo y Luisa León, por su gran apoyo en estos largos años de estudio, a mis hermanas, Tita y Daniela, quienes siempre me dieron su cariño y compañía para seguir adelante.

A mi novio y compañero, Jurghen Ramón, que ha sido pilar fundamental en esta etapa de mi vida, dándome su apoyo, fortaleza y amor para cumplir esta importante meta. Y a mi hija de cuatro patas, Sky, que estuvo conmigo acompañándome y dándome su amor.

**Cinthya Alejandra Astudillo León**

Dedicado a Dios por darme la paciencia y fuerza necesaria para culminar esta meta; a mis padres Carlos Larrea y Fernanda Pérez quienes han creído siempre en mí y me brindaron su amor incondicional y el ejemplo de sacrificio y superación; a mis hermanas Karen y María Fernanda quienes son mi inspiración para ser mejor persona; a mis abuelitas Ligia y Blanca por sus oraciones, consejos y apoyo incondicional.

**Karla Mishell Larrea Pérez**

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro más sincero agradecimiento a PhD. Patrick Townsend V. por su guía como tutor y profesor en esta etapa final, a todas las personas que nos ayudaron y contribuyeron para poder culminar con este proyecto.

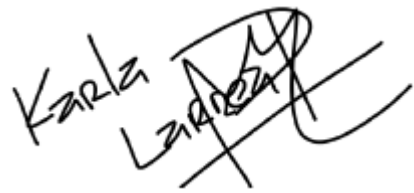
Y a los demás docentes de la carrera de Ingeniería Naval por sus conocimientos, saberes y enseñanzas a lo largo de este camino.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Cinthy A. Astudillo* y *Karla M. Larrea* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Cinthya Alejandra Astudillo León



Karla Mishell Larrea Pérez

## **EVALUADORES**

.....

**MsC. David A. Plaza Mendoza**

PROFESOR DE LA MATERIA

.....

**PhD. Patrick Townsend Valencia**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

La construcción naval en plástico reforzado en fibra de vidrio (PRFV) en la costa ecuatoriana ha incrementado en los últimos años. Sin embargo, según un estudio realizado en la provincia de Santa Elena en 2018, el 93% de los fibbreros desconocen el proceso de construcción industrializado, así como que la humedad relativa recomendada para la construcción naval no debe exceder el 80%.

Se realizó un análisis experimental de la resistencia a la tracción de la resina epóxica en la separación de capas del laminado de un PRFV. Para lo cual se diseñaron especímenes bajo el régimen de la norma internacional ASTM D3039; los cuales llevaron un proceso de ensamblado dentro de un ambiente controlado; las variables de diseño utilizadas fueron la humedad relativa y el tiempo de curado.

Posteriormente se comprobó el comportamiento tracción-desplazamiento bajo una fuerza uniaxial, obteniendo la fuerza máxima de despegue. Además, se aplicó integración numérica de Simpson para calcular la energía elástica. Obteniendo que la humedad relativa y los días de curado influyen en las propiedades químicas y mecánicas del material.

Además, se muestra que el porcentaje de humedad recomendado para ensamblar laminados en PRFV es 66% ya que presenta mayor energía elástica y fuerza de despegue. Finalmente, se concluye que para tener una alta resistencia en el material al menos se debe aplicar 7 días de curado de la resina epóxica. Por lo cual, se recomienda realizar la construcción de embarcaciones navales en lugares de humedad controlada y en los días de curado mencionados anteriormente.

**Palabras Clave:** PRFV, Humedad relativa, Fuerza despegue, Energía elástica.

## **ABSTRACT**

Shipbuilding in fiberglass reinforced plastic (GRP) on the Ecuadorian coast has increased in recent years. However, according to a study conducted in the province of Santa Elena in 2018, 93% of fibers are unaware of the industrialized construction process, as well as that the recommended relative humidity for shipbuilding should not exceed 80%.

An experimental analysis of the tensile strength of the epoxy resin in the separation of laminate layers of a GRP was performed. For which specimens were designed under the regime of the international standard ASTM D3039; which took an assembly process within a controlled environment; the design variables used were relative humidity and curing time.

Subsequently, the traction-displacement behavior was checked under a uniaxial force, obtaining the maximum take-off force. In addition, Simpson numerical integration was applied to calculate elastic energy. Obtaining that the relative humidity and the days of curing influence the chemical and mechanical properties of the material.

In addition, it is shown that the percentage of humidity recommended for assembling laminates in GRP is 66% since it has greater elastic energy and takeoff force. Finally, it is concluded that to have a high resistance in the material at least 7 days of curing of the epoxy resin must be applied. Therefore, it is recommended to carry out the construction of naval vessels in places of controlled humidity and on the curing days mentioned above.

**Keywords:** *GRP, Relative Humidity, Take-off force, Elastic energy*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	V
SIMBOLOGÍA .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAs .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Descripción del problema .....	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV) .....	3
1.4.2 Construcción naval en fibra de vidrio .....	5
1.4.3 Efecto de la humedad y temperatura en materiales compuestos .....	6
1.4.4 Modelo de zona cohesiva .....	7
1.4.5 Ley de tracción - separación.....	8
CAPÍTULO 2 .....	10
2. Metodología .....	10
2.1 Ensayo de Tracción.....	10
2.2 Descripción de Equipos.....	11
2.2.1 Máquina SHIMADZU AGS-X.....	11



2.2.2	Celda de Carga.....	12
2.2.3	Mordazas hidráulicas.....	12
2.3	Descripción del Espécimen.....	13
2.3.1	Diseño del Espécimen.....	13
2.3.2	Laminado del espécimen.....	15
2.4	Descripción del ensayo de tracción.....	17
2.4.1	Unión adhesiva de los especímenes.....	17
2.4.2	Diseño del ensayo.....	23
2.5	Equipos de Recolección de Datos.....	24
2.6	Resultados esperados.....	25
CAPÍTULO 3 .....		27
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	27
3.1	Resultados del ensayo de tracción.....	27
3.1.1	Distribución de fuerza vs desplazamiento.....	27
3.1.2	Energía elástica sobre humedad relativa a diferentes días de curado.....	30
3.1.3	Energía elástica a diferentes días de curado sobre humedad relativa.....	32
3.2	Análisis de resultados.....	33
CAPÍTULO 4 .....		38
4.	Conclusiones Y Recomendaciones .....	38
4.1	Conclusiones.....	38
4.2	Recomendaciones.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....		42
APÉNDICES .....		44

## **ABREVIATURAS**

PRFV	Plástico Reforzado de Fibra de Vidrio.
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
CZM	Modelo de zona cohesiva.
HR	Humedad relativa
ASTM	American Society for Testing and Materials
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción

## SIMBOLOGÍA

N	Newton
mm	Milímetro
J	Joule
kN	Kilo Newton
s	Segundo
Mpa	Megapascal
min	Minuto
CA	Corriente Alterna
V	Voltio
W	Watts
kgf	Kilogramo-fuerza
lbf	Libra-fuerza
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
in	Pulgada
lb	Libra
cm	Centímetro
kJ	Kilo Joule
$G_c$	Energía disipada
$T_n^{max}$	Resistencia cohesiva
$\sigma_n^c$	Valor critico de separación

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Etapas del proceso de moldeo de la fibra de vidrio.....	5
Figura 1.2 Modelo cohesivo para iniciación y propagación de fracturas.....	7
Figura 1.3 Distribución de la tensión en el origen de fisura .....	7
Figura 1.4 Etapas de la ley de tracción- separación .....	8
Figura 1.5 Parámetros característicos de la ley tracción-separación.....	9
Figura 2.1 Dimensiones de los Especímenes según ASTM D3039 .....	10
Figura 2.2 Máquina SHIMADZU AGS-X.....	11
Figura 2.3 Celda de Carga de 50kN .....	12
Figura 2.4 Mordazas Hidráulicas .....	13
Figura 2.5 Detalle del espécimen.....	14
Figura 2.6 Dimensionamiento del espécimen .....	15
Figura 2.7 Traslape simple.....	15
Figura 2.8 Configuración del laminado de cada espécimen .....	16
Figura 2.9 Materiales. a) MAT de 450 g/m <sup>2</sup> ; b) WOVEN ROVING 600 g/m <sup>2</sup> .....	17
Figura 2.10 Humedad relativa del perfil costero ecuatoriano – estación húmeda. ....	18
Figura 2.11 Humedad relativa del perfil costero ecuatoriano – estación seca.....	18
Figura 2.12 Promedio de la humedad relativa anual del perfil costero ecuatoriano. ....	19
Figura 2.13 Invernadero con medidor de humedad .....	20
Figura 2.14 Especímen, T1 y T2, de ensayos de tracción.....	20
Figura 2.15 Curado de la resina dentro del invernadero a diferentes humedades.....	21
Figura 2.16 Especímen final para ensayo de tracción .....	21
Figura 2.17 Ensayo de tracción. ....	24
Figura 2.18 Flujo de configuración para ensayos en el software Trapezium .....	25
Figura 2.19 Gráfica de fuerza de despegue vs desplazamiento esperados .....	26
Figura 3.1 Curva de fuerza de despegue vs desplazamiento para 66% HR .....	28
Figura 3.2 Curva de fuerza de despegue vs desplazamiento para 78% HR .....	28
Figura 3.3 Curva de fuerza de despegue vs desplazamiento para 82% HR .....	29
Figura 3.4 Curva de fuerza de despegue vs desplazamiento para 90% HR .....	29
Figura 3.5 Energía elástica sobre humedad relativa vs días de curado .....	31
Figura 3.6 Energía elástica vs días de curado sobre humedad relativa .....	32
Figura 3.7 Fuerza despegue vs porcentaje de humedad relativa.....	33

Figura 3.8 Ampliación de la delaminación del espécimen para 66% HR.....	35
Figura 3.9 Energía elástica promedio sobre humedad relativa vs días de curado .....	35
Figura 3.10 Energía elástica vs humedad relativa .....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones de mordazas hidráulicas de 50 KN .....	13
Tabla 2.2 Características principales del espécimen para ensayos de tracción .....	14
Tabla 2.3 Configuración del laminado de PRFV .....	15
Tabla 2.4 Definición de parámetros fijos y variables para unión adhesiva entre especímenes.....	19
Tabla 2.5 Combinación de parámetros para unión adhesiva de especímenes .....	22

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de la fibra de vidrio en las construcciones navales en la costa del Ecuador es común debido a su composición y forma de uso, se ha vuelto una de las principales formas de construcción de pequeñas y grandes embarcaciones para el uso recreativo, empresarial y comercial. Según Suarez (2018), en el cual se realizó un estudio del proceso de construcción en fibra de vidrio en Anconcito en la provincia de Santa Elena, se puede evidenciar que 93% de las personas que construyen las embarcaciones en fibra de vidrio no conocen sobre el proceso de construcción industrializado y tienen poco control durante la construcción. Debido a la falta de conocimiento y manipulación experimentada, las embarcaciones de fibra de vidrio son de mala calidad, lo que producen una disminución en la vida útil del navío.

En la construcción de embarcaciones en fibra de vidrio es necesario cumplir con condiciones específicas de humedad, ya que, si la humedad supera el 80% el ligante absorbe el agua en exceso y por otro lado el refuerzo quedará humedecido, lo que produce que su resistencia disminuya. Así mismo, la humedad es fácilmente absorbida por la fibra empeorando grietas microscópicas y algunos defectos superficiales presentes en el tejido, disminuyendo con esto la tenacidad del compuesto. Estas consideraciones al momento de la construcción son un punto clave para evitar el despegue o deterioro de la fibra por influencia de la humedad. (Pérez, 2016)

Para generar un análisis interlaminar de la fibra de vidrio basados en la influencia de la humedad en el momento de la construcción del laminado, se propone el estudio de la zona cohesiva. Según Orellana (2016), al incrementar las tracciones hasta alcanzar un máximo y posteriormente se vuelve cero, se produce el despegue de las láminas de fibras, produciendo la curva cohesiva de la probeta o material analizado. Este modelo relaciona las superficies cohesivas con el desplazamiento en la posible interfaz donde pudiese producirse la grieta.

Para este trabajo se analizará la zona cohesiva mediante la tracción de probetas de fibra de vidrio elaboradas bajo diferentes temperaturas y humedades de las zonas de construcción naval en fibra de vidrio de la costa de Ecuador. Se obtendrá la curva cohesiva de las zonas mencionadas anteriormente, para esto se debe producir el despegue al máximo valor de tracción en una máquina de ensayos y realizar este proceso para todas las probetas realizadas.

## **1.1 Descripción del problema**

La humedad y temperatura tienen un impacto considerable en la resistencia de los materiales (Rodríguez, 2018). Aunque la fibra de vidrio es un material muy resistente, si durante el proceso de construcción de embarcaciones se trabaja en condiciones extremas de humedad y temperatura, puede afectar el comportamiento del material. Además, puede alterar sus propiedades químicas y mecánicas.

En el ámbito naval, la humedad relativa contenida en el casco de fibra de vidrio causa pérdida de homogeneidad de este y presencia de ósmosis. Así como también daños prematuros del casco por el fenómeno de *slamming* y reducción del tiempo de vida útil de la embarcación. Debido a esto, surge la necesidad de realizar un estudio experimental, analizando de la influencia de la humedad, para beneficio de los armadores.

## **1.2 Justificación del problema**

En la actualidad en el Ecuador no existe un estudio previo del efecto de la humedad en la construcción naval de fibra de vidrio. Esto genera que el proceso de laminado, unión de piezas de plástico reforzado de fibra de vidrio (PRFV) y aplicación de la resina sea el mismo tanto para la estación seca como para la estación húmeda. En respuesta a esta necesidad, en este proyecto se propone realizar el análisis comparativo de la influencia de la humedad durante la construcción de embarcaciones artesanales e industriales en diferentes zonas del perfil costero del Ecuador. Para lo cual se aplicará el teorema de la zona cohesiva cuando la resina actúa entre dos capas del laminado.



Este estudio proporcionará beneficios a los armadores ya que se brindará asesoramiento para que puedan identificar la humedad idónea antes y durante el proceso de construcción. Esto con el fin de incrementar la calidad y la vida útil de la embarcación. Además, permitirá que adquieran naves más compactas y seguras, mejorando las condiciones estructurales y garantizando la vida humana en el mar.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar el comportamiento entre el laminado de fibra de vidrio bajo ensayos de tracción a partir de especímenes ensamblados a diferentes condiciones de humedad acorde a la zona costera de interés.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Establecer el diseño del espécimen y el rango de humedades relativas proporcionadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).
2. Estudiar el efecto de la resina epóxica sobre la resistencia a la tracción a las diferentes humedades y días de curado para visualizar la fuerza máxima que genera el despegue en la zona de unión, teoría de la zona cohesiva.
3. Determinar la energía elástica por medio de integración numérica y comparar la tendencia de resultados con respecto a las variables experimentales definidas.

### **1.4 Marco teórico**

#### **1.4.1 Plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV)**

Stupenengo (2011) y Besednjak (2009) definen el material compuesto cómo la combinación macroscópica de dos o más componentes no solubles entre ellos, obteniéndose un material con propiedades características específicas. Los dos componentes que se distinguen en este tipo de materiales son: la matriz que es el

elemento que actúa como ligante y el refuerzo que es el componente resistente (Martínez, 2014).

Los materiales compuestos pueden clasificarse de acuerdo con su matriz y a la configuración del refuerzo aplicado. Si se refiere a su matriz, se puede identificar tres grupos principales:

- Materiales compuestos de matriz metálica
- Materiales compuestos de matriz cerámica
- Materiales compuestos de matriz polimérica

Dentro de la industria naval el material compuesto que más se utiliza es con matriz polimérica reforzados con fibra de carbono, fibra de vidrio y fibras de aramida (Besednjak, 2009).

El plástico reforzado con fibra de vidrio es un material compuesto donde la fibra de vidrio se utiliza como refuerzo de una matriz polimérica que actúa como aglomerante. La fibra proporciona resistencia mecánica, resistencia al calor y estabilidad dimensional al material. Por otra parte, la matriz provee resistencia dieléctrica, química y a la intemperie. (Iglesias et al., 2017)

Las propiedades del PRFV tiene ventajas determinantes en comparación con los materiales de construcción convencionales: acero y aluminio. Las mismas que se describen a continuación:

- Peso ligero por la baja densidad.
- Buen aislante eléctrico, no conduce electricidad.
- Resistencia química.
- Incombustible.
- Estabilidad dimensional, poco sensible a las variaciones de temperatura. Tiene bajo coeficiente de dilatación.
- Alta resistencia mecánica, tracción mayor a la del acero.
- Alta flexibilidad.
- Bajo costo de elaboración y mantenimiento.

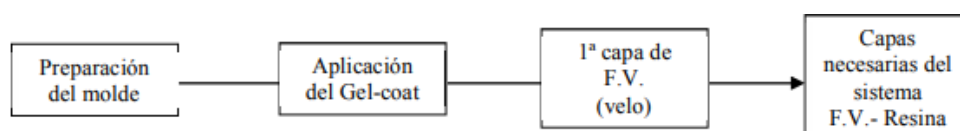
### 1.4.2 Construcción naval en fibra de vidrio

La fibra de vidrio tiene propiedades favorables en los procesos de la industria naval, como: alta resistencia, reducción del peso estructural, bajo costo de construcción y mantenimiento e incremento del periodo de vida útil. Así como también, ahorro de combustible debido al bajo peso estructural (Pérez, 2016). Por este motivo se ha adoptado la fibra de vidrio como material de construcción de cascos, superestructuras, cubiertas, mástiles, hélices y otras aplicaciones (Pérez, 2016).

El proceso de construcción de un barco con fibra de vidrio consiste básicamente en elaborar moldes de acuerdo con las especificaciones establecidas por el armador. Los cuales pueden ser de distintos materiales: madera, yeso, arcilla, plastilina epóxica, espuma de poliuretano, ceras o una combinación específica de estos materiales (Ortiz, 2016). Existen diferentes tipos de moldeo como: manual, aspersión o rociado, a presión, prensado en frío, transferencia, por vacío, con bolsa a presión, por centrifugación, entre otros (Ortiz, 2016). Sin embargo, el más utilizado en el ambiente naval y el que se utilizará en este proyecto es el moldeo manual.

Las etapas del proceso del moldeo manual son las siguientes:

1. Preparación del molde aplicando agentes desmoldantes.
2. Aplicación de gel-coat. Este paso debe realizarse cuidadosamente ya que será la cara que determinará el acabado.
3. Colocación de la fibra de vidrio. Es recomendable iniciar y terminar con una capa de manta de fibra de vidrio (MAT).
4. La fibra de vidrio se impregna con la resina poliéster, la misma que debe estar debidamente acelerada y catalizada (Ortiz,2016).



**Figura 1.1 Etapas del proceso de moldeo de la fibra de vidrio.**

Fuente: (Ortiz, 2016)

Es necesario mencionar que en el presente proyecto se enfocará en la última etapa del proceso de moldeo de la fibra de vidrio que hace referencia al pegado entre dos capas del laminado con la resina epóxica.

### **1.4.3 Efecto de la humedad y temperatura en materiales compuestos**

Los materiales compuestos son usados ampliamente en diversos campos de aplicación como estructuras civiles, aeronáuticas, marinas, entre otras. Al ocurrir algún daño en el material como desprendimiento y agrietamiento de la matriz, deslaminado o fractura de la fibra, produce una degradación de sus propiedades mecánicas. Una de las principales razones para el deterioro de las propiedades de los materiales compuestos es la exposición a los factores ambientales. La influencia de la humedad y la temperatura puede causar la desintegración estructural que produce la disminución de la resistencia mecánica del material. La presencia de la humedad en la unión del compuesto tiene un impacto negativo en la resistencia del material. Así mismo la temperatura produce degradación de este (Majewska et al., 2018).

Uno de los principales problemas de los materiales compuestos es su tendencia a absorber la humedad del ambiente, afectando las propiedades del material tales como:

- Estabilidad dimensional
- Propiedades mecánicas
- Propiedades químicas
- Propiedades termo físicas

La influencia de la humedad y temperatura en los materiales compuestos forma parte del análisis de muchos investigadores alrededor del mundo. Por lo que se ha descubierto que “La humedad puede dañar gravemente la interfaz fibra-matriz, lo que lleva al deterioro de la eficiencia de transferencia de tensiones desde la matriz hasta el refuerzo.” (Zhang et al., 2014).

#### 1.4.4 Modelo de zona cohesiva

El modelo de zona cohesiva (CZM) descrita por Dugdale (1960), Barenblatt (1962) y Hillerborg (1976), es una herramienta comúnmente usada para simular la fractura cuasi-frágil. Este modelo representa una zona de daño que se produce cerca de la punta de una grieta, asumiendo que la repuesta del material inelástico es capaz de agruparse en la superficie delante del extremo de la grieta (Camanho et al., 2008), ver Figura 1.2. Las teorías descritas por Dugdale (1960) y Barenblatt (1962) se basan en la energía disipada en el proceso de propagación de la grieta, además consideran un comportamiento plástico en el origen de la fisura (Aquim et al., 2019); la gran diferencia que existe entre estas dos teorías es que una toma la tensión constante en el origen de la fisura y la otra toma como variable, ver Figura 1.3.

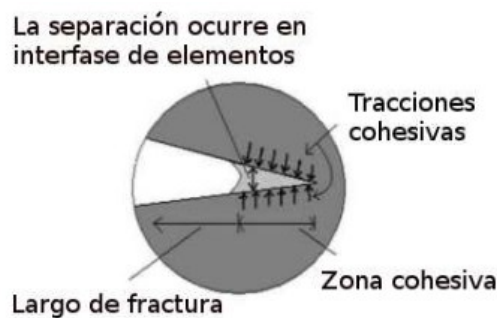


Figura 1.2 Modelo cohesivo para iniciación y propagación de fracturas.

Fuente: (Celleri et al., 2016)



Figura 1.3 Distribución de la tensión en el origen de fisura

Fuente: (Aquim et al., 2019)

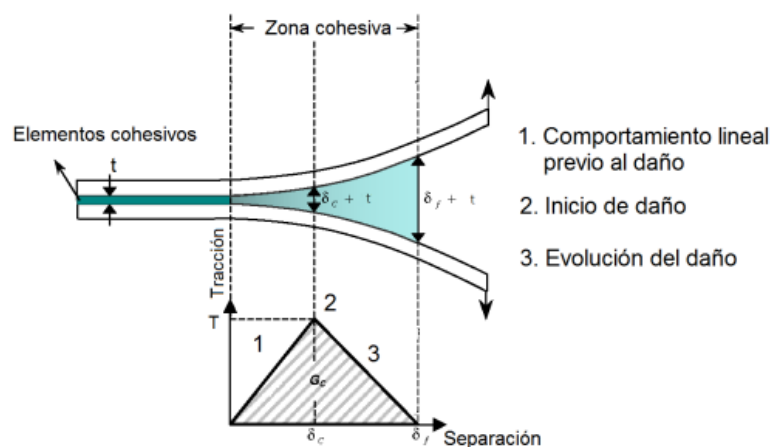
Según Aquim E., Vianello M y Castelló W. (2019) "El CZM relaciona las tensiones con los desplazamientos de una interfaz donde se pueden producir grietas,

aportando perfiles de distribución de tensión-desplazamiento que son propios de materiales que conforman la unión”.

#### 1.4.5 Ley de tracción - separación

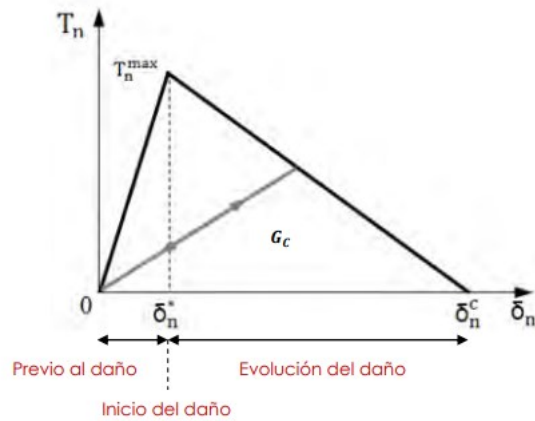
En el modelo de la zona cohesiva, “la falla del material ocurre cuando existe la separación completa de las superficies cohesivas, donde el proceso de separación está descrito por una ley cohesiva que relaciona la tracción cohesiva y el desplazamiento relativo de las superficies cohesivas” (C.T. Sun. et al., 2011).

La ley de tracción – separación puede definirse por la resistencia del material y la energía necesaria para separar las superficies cohesivas (Aquim et al., 2019). En la Figura 1.4 se muestran las etapas del fallo del material; inicialmente se tiene un comportamiento elástico lineal previo al daño; alcanzado un nivel de tensión crítico se empieza el proceso de degradación provocando la disminución de la rigidez del material, inicio del daño, hasta tener un valor nulo que produce la descohesión o fractura del material, evolución del daño (Luna, 2014).



**Figura 1.4 Etapas de la ley de tracción- separación**

Fuente: (García, 2019)



**Figura 1.5 Parámetros característicos de la ley tracción-separación**

Fuente: (Luna, 2014)

En la Figura 1.5 se puede observar algunos parámetros característicos de la ley tracción-separación;  $G_c$  es la energía cohesiva - disipada durante la separación cohesiva y se representa por el área bajo la curva;  $T_n^{max}$  es la resistencia cohesiva o máxima de fractura que generalmente se refiere al límite elástico del material;  $\delta_n^*$  define la separación a la resistencia cohesiva y es aquella que marca el inicio del daño; finalmente,  $\delta_n^c$  es el valor crítico de la separación, representa la fractura del material (Luna, 2014).

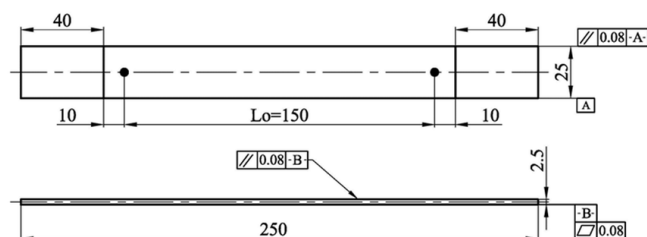
# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Para estudiar la influencia de la humedad en las construcciones de fibra de vidrio se llevaron a cabo ensayos de tracción de espécimen de forma rectangular con sección transversal constante. Para este trabajo se realizó el método experimental, debido a que las variables a analizar no eran posibles medir, en su totalidad, de manera analítica. Se realizaron experimentos en especímenes simplificados con 5 capas de fibra de vidrio. Para ensamblar los especímenes se realizó un invernadero, en el cual se ambiente con el porcentaje de humedad requerido para los ensayos determinados. Los ensayos de tracción se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Sólidos de FIMCP utilizando la máquina SHIMADZU AGS-X. Estos ensayos permiten estudiar la influencia de la humedad en el despegue entre las capas de fibra de vidrio unidas con resina epóxica.

### 2.1 Ensayo de Tracción

La prueba de tracción se realizó bajo las directrices de la norma ASTM D3039, la cual, al aplicar una fuerza de tracción a un espécimen, en el caso de esta norma de un polímero, se miden las propiedades de la muestra sometida a tracción. Según la norma, los especímenes tienen medidas como se muestra en la Figura 2.1, en la cual se toma en cuenta la distancia de las mordazas utilizadas en el ensayo.



*All Dimensions are in mm  
According to ASTM D 3039-17 Coupon without Tabs*

**Figura 2.1 Dimensiones de los Especímenes según ASTM D3039**

Fuente: (ASTM,2017)



## 2.2 Descripción de Equipos

Para realizar los ensayos de tracción de los especímenes se utilizó el equipo que se detalla a continuación:

### 2.2.1 Máquina SHIMADZU AGS-X

La serie AGS-X de Shimadzu son máquinas de alta precisión y vienen en 3 presentaciones: 10kN, 20kN y 50kN, siendo esta última la utilizada para este proyecto. Los modelos incluyen control por desplazamiento (mm/min), fuerza(N/s), tensión (MPa/s) y deformación(%/min).

Cuenta con un panel de control integrado que permite realizar la operación manual de la máquina, evitando conectar la máquina a un computador. La conexión entre la máquina y la computadora es a través de un puerto USB, lo que permite la visualización máxima de 1000 datos por segundo, en todos los canales, sin importar el tiempo de trabajo. Las máquinas de la serie AGS-X se conectan al software Trapezium X.



**Figura 2.2 Máquina SHIMADZU AGS-X**

Fuente: Propia

### 2.2.2 Celda de Carga

Las celdas de Carga de 50kN, garantiza una precisión de  $\pm 0,5\%$  del valor indicado, cubriendo un amplio rango de prueba. El valor nominal de la celda de carga es almacenado en el cable de calibración y reconoce automáticamente cuando el cable está conectado.



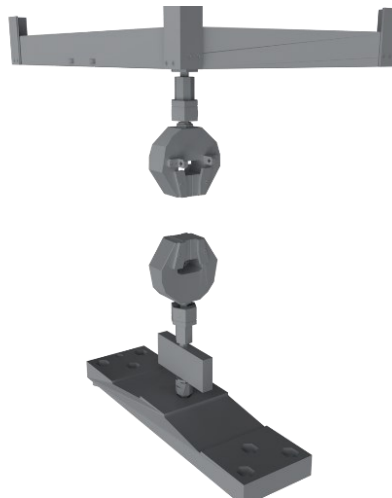
**Figura 2.3 Celda de Carga de 50kN**

Fuente: Propia

### 2.2.3 Mordazas hidráulicas

Las mordazas de cuña hidráulica tienen un diseño de cuña de frente abierto y combinan beneficios de fuerza de sujeción fuerte y constante, por lo cual son ideales para ensayos de tracción en plásticos, madera, metales y materiales compuestos.

Las mordazas incluyen un juego superior e inferior de mordazas y para especímenes de cara plana incluyen dientes de lima, una unidad de prevención de carga inicial y una hidráulica, como se muestra en la Figura 2.4. La unidad hidráulica contiene una fuente de alimentación de CA trifásica de 200 V, 2.5W y una presión máxima de 21 MPa. Es necesario para agarres de cuña hidráulicos sin cambio porque la fuerza de sujeción es fuerte.



**Figura 2.4 Mordazas Hidráulicas**

Fuente: Propia

A continuación, se muestra las especificaciones de las mordazas hidráulicas utilizadas para el agarre de las probetas de fibra de vidrio.

**Tabla 2.1 Especificaciones de mordazas hidráulicas de 50 KN**

Fuente: Shimadzu

Maximum Grip Capacity			Applicable Specimen Thickness <small>Note 1</small>	Grip Face Size		Temperature Range	Grip Size		Upper Grip Mass	Upper Grip Ø Fitting (Ø pin)	Lower Grip Ø Fitting (Ø pin)
				Width	Length		Width	Length			
kN	kgf	lbf	mm (in)	mm (in)	mm (in)	°C (°F)	mm (in)	mm (in)	kg (lb)	mm	mm
250	25,000	55,000	0 to 8.5 (0 to 0.33)	40 (1.6)	75 (3.0)	0 to 40 (32 to 104)	225 (8.9)	412 (16.2)	50 (110)	70 (35)	70 (35)
100	10,000	22,000	0 to 7 (0 to 0.28)	40 (1.6)	55 (2.2)	0 to 40 (32 to 104)	155 (6.1)	307 (12.1)	19 (42)	50 (17.5)	50 (17.5)
50	5,000	11,000	0 to 7 (0 to 0.28)	40 (1.6)	55 (2.2)	0 to 40 (32 to 104)	155 (6.1)	315 (12.4)	16 (35)	35 (13)	35 (13)
20	2,000	4,400	0 to 7 (0 to 0.28)	40 (1.6)	55 (2.2)	0 to 40 (32 to 104)	120 (4.7)	270 (10.6)	9 (20)	25 (10)	25 (10)

## 2.3 Descripción del Espécimen

### 2.3.1 Diseño del Espécimen

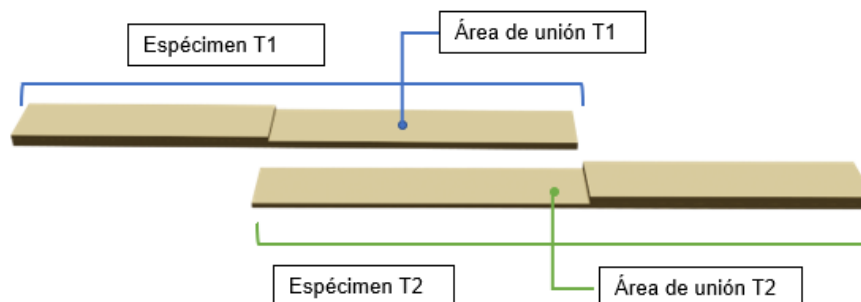
Para emular de forma simplificada la construcción de embarcaciones en fibra de vidrio se realizaron especímenes de forma rectangular con sección transversal constante. Las dimensiones del espécimen fueron definidas siguiendo la norma ASTM D3039, como se muestra en el APENDICE B, método de prueba que determina las propiedades de tracción en el plano de los materiales

compuestos de matriz polimérica reforzados por fibras de alto módulo, se diseñó el espécimen en el software Blender. Además, para la longitud final, se agregaron 5 cm en los extremos del espécimen para que las mordazas hidráulicas puedan agarrar la muestra sin alterar la longitud de estudio. En la Tabla 2.2 se muestra las características de las probetas usadas en los ensayos. Finalmente, para poder realizar la experimentación es necesario hacer unión adhesiva entre dos especímenes (T1 y T2) de tipo: traslape simple, *single lap joint*. (Ver Figura 2.6).

**Tabla 2.2 Características principales del espécimen para ensayos de tracción**

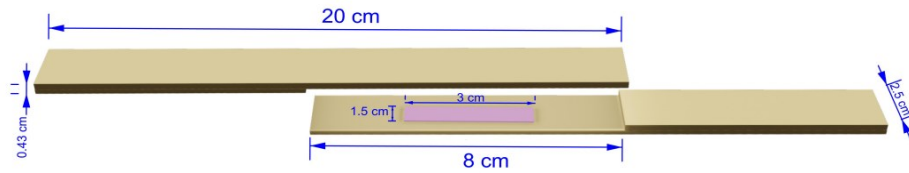
Fuente: Propia

Parámetro	Especímen 1	Unidades
Longitud calibrada	20	cm
Longitud final	30	cm
Ancho	2,5	cm
Espesor	0,43	cm
Material	PRFV	-
Longitud del área de unión	3	cm
Ancho del área de unión	1,5	cm



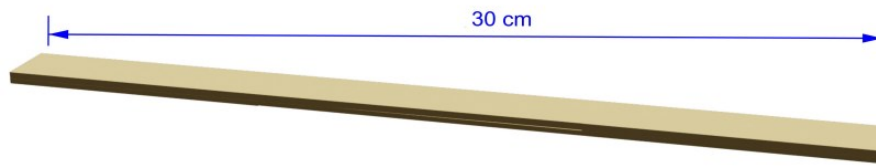
**Figura 2.5 Detalle del espécimen**

Fuente: Propia



**Figura 2.6 Dimensionamiento del espécimen**

Fuente: Propia



**Figura 2.7 Traslape simple**

Fuente: Propia

### 2.3.2 Laminado del espécimen

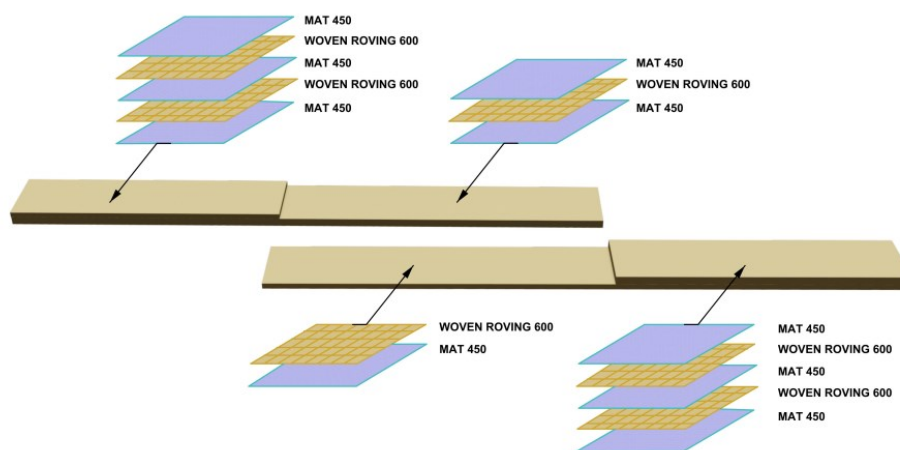
El laminado de una estructura plana de fibra de PRFV está conformado por varias capas de fibra de vidrio y resina epóxica, ver ficha técnica APENDICE C. Para este trabajo experimental se considera la elaboración de 30 especímenes por cada tipo, T1 y T2, los cuales se diferencian por tener diferente cantidad de capas de laminado en el área de unión. En la tabla 2.3 se observa la configuración del laminado y el número de capas para cada tipo de espécimen.

**Tabla 2.3 Configuración del laminado de PRFV**

Fuente: Propia

Tipo de espécimen	Área Unión/ Área de no unión	Número total de capas	Configuración Laminado	Orientación del tejido
T1	Área no unión	5	MAT 450	
			WOVEN ROVING 600	
			MAT 450	
			WOVEN ROVING 600	
			MAT 450	

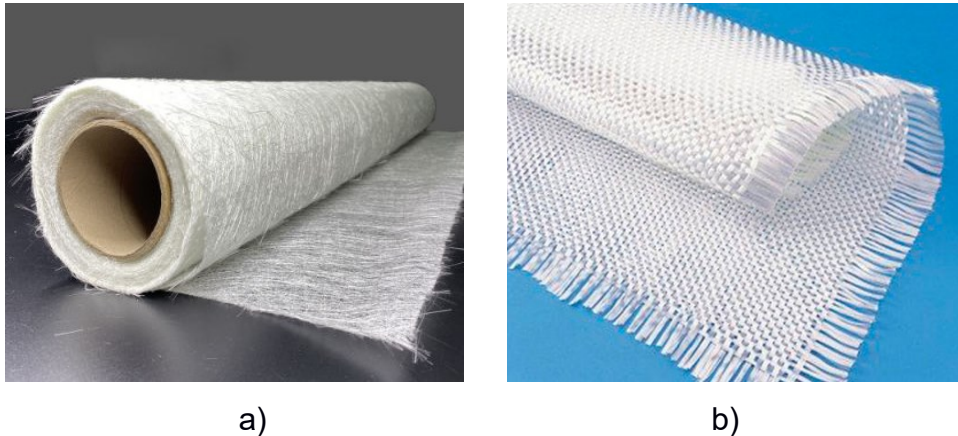
T2	Área unión	3	MAT 450	Unidireccional (0°)
			WOVEN ROVING 600	
			MAT 450	
	Área no unión	5	MAT 450	Unidireccional (0°)
			WOVEN ROVING 600	
			MAT 450	
WOVEN ROVING 600				
Área unión	2	MAT 450		
		WOVEN ROVING 600		



**Figura 2.8 Configuración del laminado de cada espécimen**

Fuente: Propia

En la tabla anterior se menciona MAT 450 y WOVEN ROVING 600, que según Morales (2008) define MAT como: “Hilos cortados, entrelazados caóticamente, aglomerados y prensados, constituyendo una manta que tiene muy buen poder de absorción de las resinas de poliéster”. De la misma forma, Quintero (2007) define WOVEN ROVING como: “clase de tela tejida en dos direcciones (trama y urdimbre), la cual se fabrica tejiendo en telares especiales, el ROVING continuo usado para pultrusión o para devanado de filamentos”. (Ver Figura 2.9)



**Figura 2.9 Materiales. a) MAT de 450 g/m<sup>2</sup>; b) WOVEN ROVING 600 g/m<sup>2</sup>**

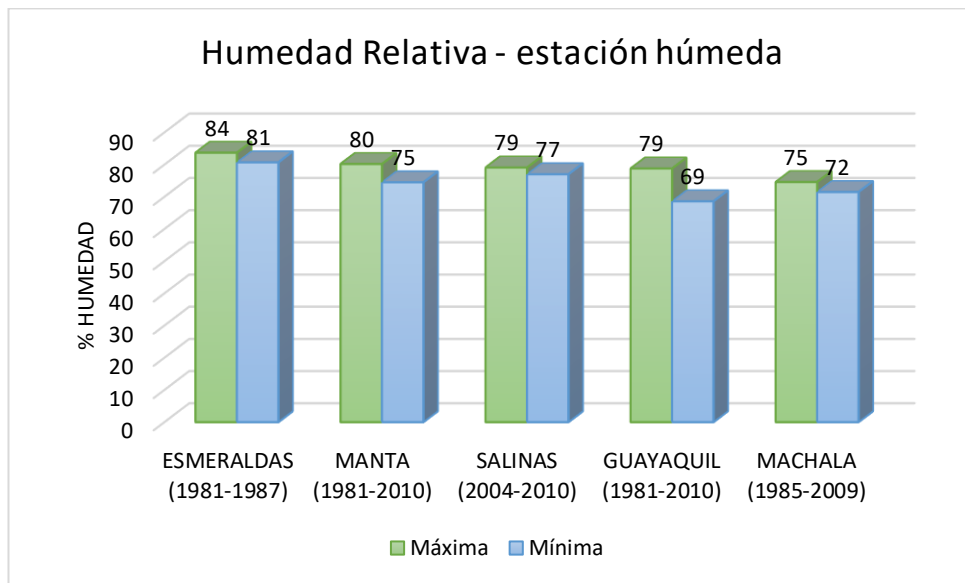
Fuente: Made in China & Motorex

## **2.4 Descripción del ensayo de tracción**

Para poder realizar el ensayo de tracción fue necesario dividirlo en dos etapas: la primera hace referencia a la unión adhesiva de los especímenes a las diferentes humedades del perfil costero ecuatoriano y la segunda es específicamente el ensayo de tracción, ver APENDICE D.

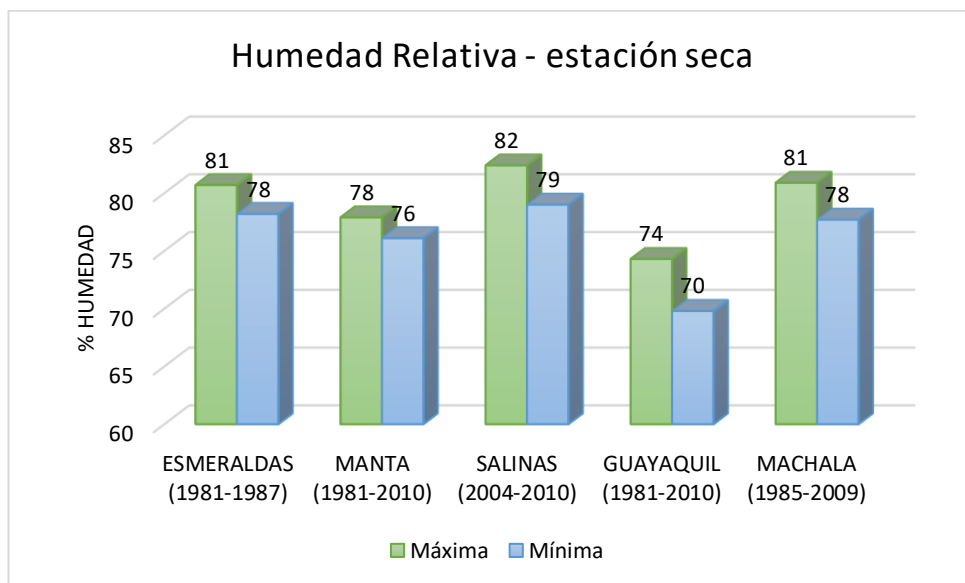
### **2.4.1 Unión adhesiva de los especímenes**

Previo a la unión de los especímenes se realizó una investigación, en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), de la humedad relativa anual de las provincias de la costa del Ecuador donde se construyen embarcaciones en PRFV, ver APÉNDICE A. Diferenciando las dos estaciones del país: húmeda o invierno (entre diciembre y mayo) y seca o verano (entre junio y noviembre) y realizando un promedio de la humedad relativa del periodo en estudio 1980- 2010 se tiene los siguientes resultados:



**Figura 2.10 Humedad relativa del perfil costero ecuatoriano – estación húmeda.**

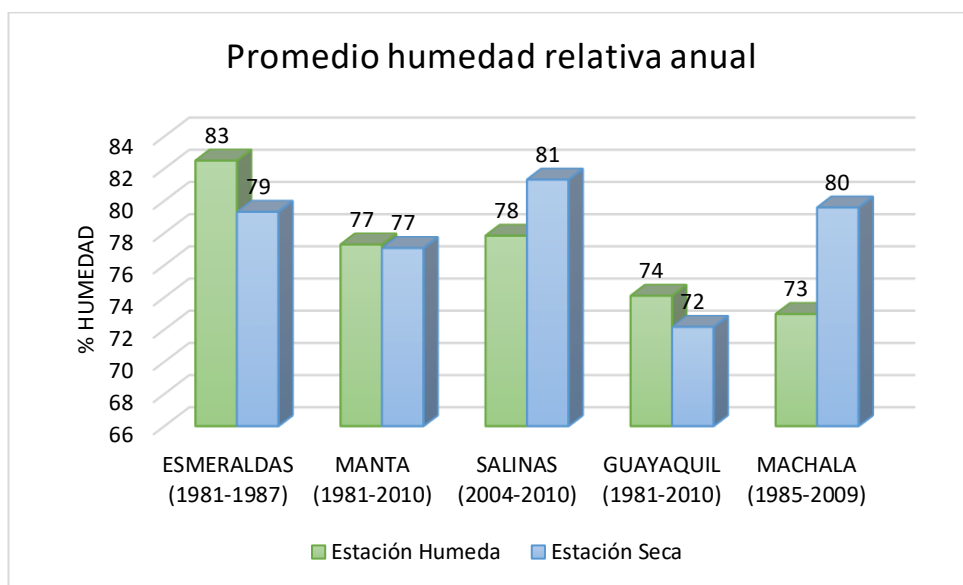
Fuente: Propia



**Figura 2.11 Humedad relativa del perfil costero ecuatoriano – estación seca.**

Fuente: Propia





**Figura 2.12 Promedio de la humedad relativa anual del perfil costero ecuatoriano.**

Fuente: Propia

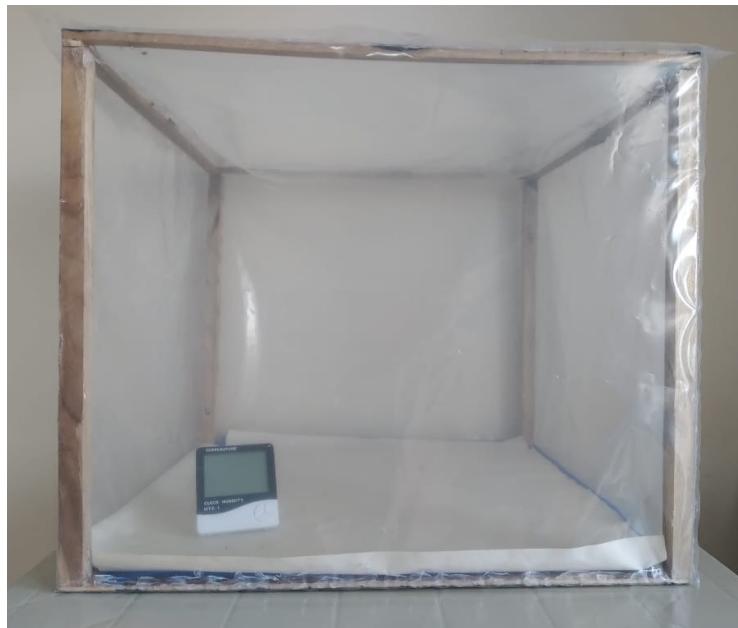
Posterior a la obtención de las humedades relativas, se definieron los parámetros variables y fijos para la unión adhesiva de los especímenes.

**Tabla 2.4 Definición de parámetros fijos y variables para unión adhesiva entre especímenes.**

Fuente: Propia

Parámetro	Variable/Fijo	Descripción
Área de unión	Fija	3 cm x 1,5 cm
Tiempo de Curado de la resina (curado)	Variable	6 horas
		2 días
		5 días
		7 días
Cantidad de gotas secante	Fija	1 gota
% Humedad relativa	Variable	Depender de la provincia y de la estación

Entonces, con los parámetros ya definidos el paso posterior es la construcción de un invernadero para poder controlar la humedad relativa y proceder a unir los especímenes dentro de este, ver Figura 2.13.



**Figura 2.13 Invernadero con medidor de humedad**

Fuente: Propia

De forma detallada el proceso para la unión de especímenes es el siguiente: como primer paso fue la elaboración de cada tipo de espécimen con las dimensiones y configuración de laminado específico, con un total de 60 especímenes (30 del tipo T1 y 30 del tipo T2), ver Figura 2.14.



**Figura 2.14 Especímen, T1 y T2, de ensayos de tracción.**

Fuente: Propia

Sucesivo a esto se procedió a ambientar el invernadero para alcanzar la humedad relativa de cada zona de estudio, la misma que fue controlada con un medidor de humedad, Figura 2.15. Una vez que la humedad se mantuvo estable durante un tiempo considerable se realizó la unión, traslape simple, de los especímenes colocando resina epóxica en el área de unión. Finalmente, se dejó secar la resina dentro del ambiente controlado por un periodo de tiempo establecido. Ver Figura 2.15 y 2.16. Una vez secas las probetas fueron sometidos a ensayos de tracción.



**Figura 2.15 Curado de la resina dentro del invernadero a diferentes humedades**

Fuente: Propia



**Figura 2.16 Espécimen final para ensayo de tracción**

Fuente: Propia

A continuación, se agrega una tabla resumen con el número de especímenes y la combinación de parámetros fijos y variables que se consideraron para la unión de probetas, en la tabla se puede observar que se realizaron un total de 60 pruebas de tracción, tres por cada combinación descrita.

**Tabla 2.5 Combinación de parámetros para unión adhesiva de especímenes**

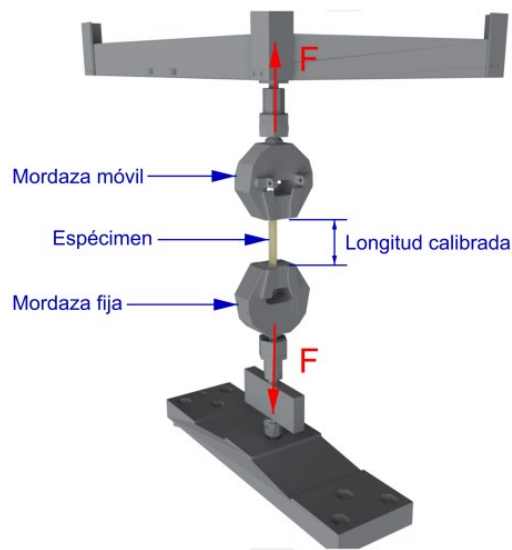
Fuente: Propia

Nombre	Parámetro				Cantidad espécimen (unión T1 y T2)
	% Humedad	Área de unión (cm)	Cantidad de gotas de resina	Tiempo de Curado (días)	
P1	Humedad promedio máxima	3 x 1,5	4	7	3
P2	Humedad promedio mínima	3 x 1,5	4	7	3
P3	Humedad promedio intermedia 1	3 x 1,5	4	7	3
P4	Humedad promedio intermedia 2	3 x 1,5	4	7	3
P5	Humedad promedio intermedia 3	3 x 1,5	4	7	3
P6	Humedad promedio máxima	3 x 1,5	4	5	3
P7	Humedad promedio mínima	3 x 1,5	4	5	3
P8	Humedad promedio intermedia 1	3 x 1,5	4	5	3
P9	Humedad promedio intermedia 2	3 x 1,5	4	5	3
P10	Humedad promedio intermedia 3	3 x 1,5	4	5	3
P11	Humedad promedio máxima	3 x 1,5	4	2	3
P12	Humedad promedio mínima	3 x 1,5	4	2	3
P13	Humedad promedio intermedia 1	3 x 1,5	4	2	3
P14	Humedad promedio intermedia 2	3 x 1,5	4	2	3
P15	Humedad promedio intermedia 3	3 x 1,5	4	2	3

P16	Humedad promedio máxima	3 x 1,5	4	¼	3
P17	Humedad promedio mínima	3 x 1,5	4	¼	3
P18	Humedad promedio intermedia 1	3 x 1,5	4	¼	3
P19	Humedad promedio intermedia 2	3 x 1,5	4	¼	3
P20	Humedad promedio intermedia 3	3 x 1,5	4	¼	3
<b>Cantidad total de especímenes</b>					<b>60</b>
<b>Cantidad total de ensayos de tracción</b>					<b>60</b>

#### 2.4.2 Diseño del ensayo

El ensayo de tracción consistió en someter el espécimen (probeta) normalizado a una fuerza uniaxial hasta el despegue del material, para el presente proyecto como se está analizando el modelo de la zona cohesiva, la fuerza a la que estuvo sometida la probeta fue aquella que ocasionó el desjunte de esta. La probeta que fue ensayada se inmovilizó en sus extremos con dos mordazas hidráulicas de la máquina de ensayos Shimadzu para evitar que haya deslizamiento; la mordaza del cabezal móvil haló el material compuesto hasta generar la fuerza necesaria para producir el deslaminado en la probeta.



**Figura 2.17 Ensayo de tracción.**

Fuente: Propia

Para poder llevar a cabo el ensayo de tracción fue necesario establecer dos variables: velocidad de ensayo necesaria para registrar y visualizar los resultados, en este caso se utilizó 0,5 mm/min, 0,75 mm/min y longitud calibrada (20,4 cm). Para la velocidad indicada la prueba tuvo una duración de 5 a 7 minutos aproximadamente. Las propiedades mecánicas que se midieron fueron las siguientes: esfuerzo de rotura, esfuerzo máximo y mínimo, modulo elástico y deformación. Finalmente, como resultado se obtuvo la curva de fuerza de despegue (*debonding*) vs desplazamiento.

## 2.5 Equipos de Recolección de Datos

Para visualizar los valores obtenidos se utiliza el software Trapezium, el cual es usado en todos los marcos de prueba universales de Shimadzu. Este software tiene funciones integrales y una interfaz intuitiva, lo cual mejora la eficiencia de las pruebas. Adicionalmente, proporciona módulos adicionales que permite al usuario obtener funcionalidades añadidas al programa. En la Figura 2.18, se muestra el flujo del programa, lo cual nos permite personalizar cada ensayo, en función al material, forma y datos obtenidos requeridos de los especímenes.



**Figura 2.18 Flujo de configuración para ensayos en el software Trapezium**

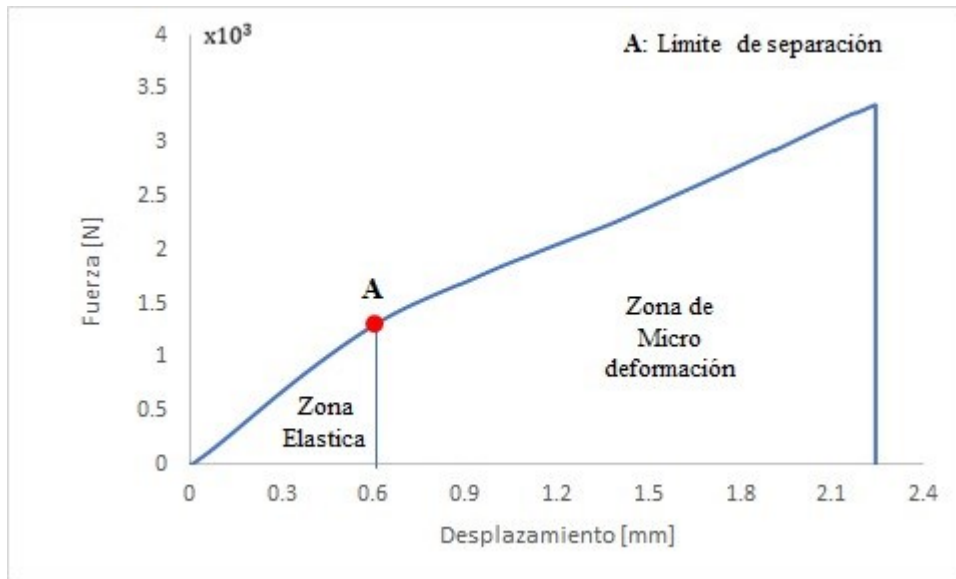
Fuente: Propia

El proceso consta de siete pasos que se deben completar antes de iniciar los ensayos con los respectivos especímenes.

Primer punto seleccionar el tipo de ensayo a realizarse y el sistema de unidades en las que se trabajara. Segundo establecer los sensores que se utilizarán para medir, en este caso, serán de fuerza y desplazamiento. Tercero se debe fijar las diferentes zonas elástica, plástica y rotura, definiendo las secciones en las que se desea analizar los ensayos. En el cuarto punto, se establece el material, forma y dimensiones de los especímenes que serán usados en el ensayo. Quinto, se selecciona las propiedades físicas y resultados que se desean obtener del programa. Sexto, colocar los ejes de coordenadas del gráfico resultante del ensayo, se pueden seleccionar varias gráficas, esto dependerá de lo que se desee medir. Finalmente, se configura el informe resultante, el cual da la opción de personalizar un informe final de resultados, ver APENDICE G.

## 2.6 Resultados esperados

Al realizar las pruebas de tracción de cada una de las probetas, el comportamiento del material se comporta de la siguiente manera como se muestra en la Figura 2.19, en la cual, comienza con una tenencia lineal, lo que se conoce como zona elástica, hasta llegar al punto A, siendo este el límite de separación. Posteriormente, comienza la zona de micro deformación, en la cual de manera muy lenta se separan las capas hasta llegar al punto de ruptura o separación de ambos especímenes, terminando así la prueba.



**Figura 2.19 Gráfica de fuerza de despegue vs desplazamiento esperados**

Fuente: Propia

Al obtener la curva de fuerza de despegue vs desplazamiento, se calculará la energía elástica, las cuales se obtendrá integrando el área bajo la curva de cada una de las gráficas resultantes de los especímenes a estudiar.



# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

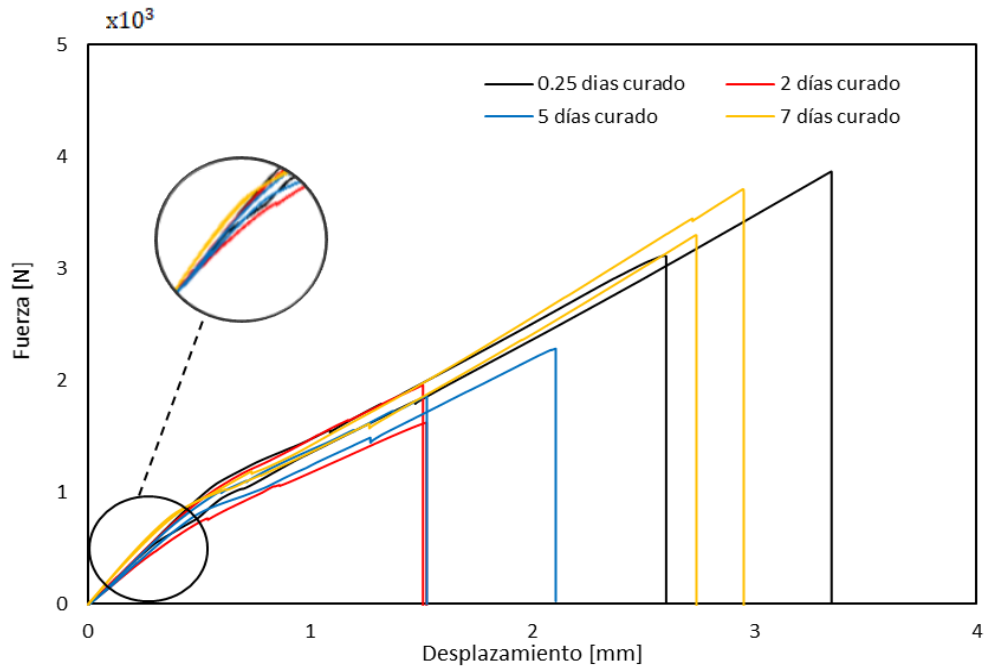
En el presente capítulo se describen los resultados obtenidos de la experimentación realizada. Para cada prueba se analizó con 3 repeticiones de cada espécimen a la condición seleccionada, para demostrar la consistencia de los resultados, en algunas pruebas se descartaron especímenes por falta de adherencia entre las capas. Se muestran las gráficas de fuerza vs desplazamiento, las cuales nos representa el comportamiento del material hasta el punto de despegue máximo. Además, se calculó la energía de la zona elástica y se analizó el comportamiento de estas con respecto a los días de curado y la humedad con la que fueron ensambladas. Finalmente, se analizó la fuerza de despegue con respecto a los días de curado para cada humedad relativa, basándose en la teoría de la zona cohesiva.

### 3.1 Resultados del ensayo de tracción

Estos ensayos se realizaron para comprobar el comportamiento tracción-desplazamiento bajo una fuerza uniaxial, esta fuerza máxima provocó el despegue de los especímenes.

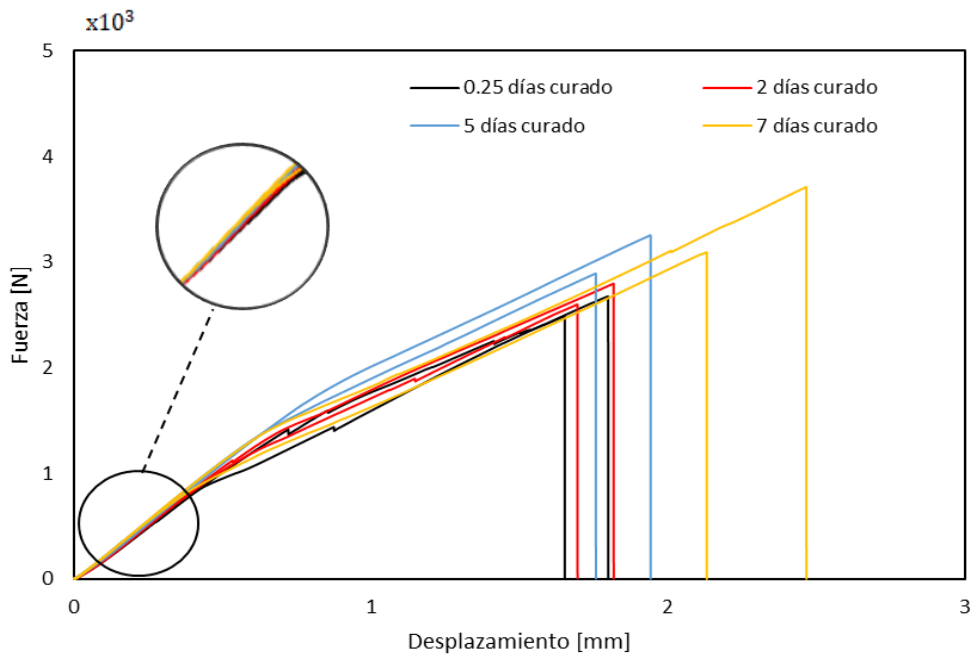
#### 3.1.1 Distribución de fuerza vs desplazamiento.

A continuación, se observan las gráficas resultantes de la delaminación entre fibra de vidrio y resina epóxica, se observa a mayor detalle en el APENDICE E. De esta manera se pudo comprobar el efecto de la resina sobre la resistencia a la tracción a las diferentes humedades y días de curado.



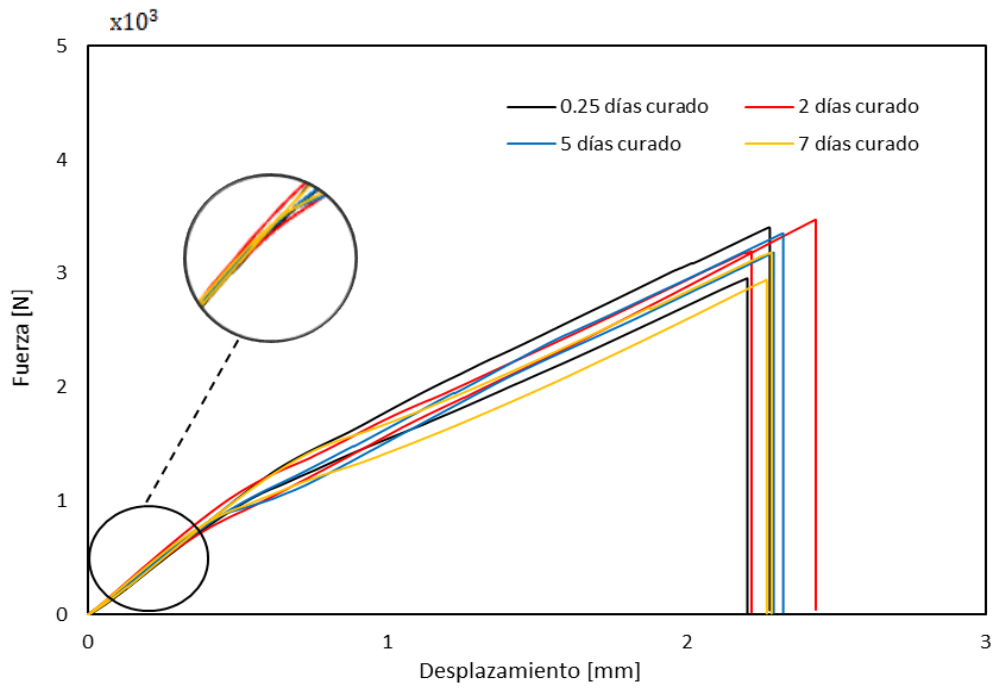
**Figura 3.1** Curva de fuerza de despegue vs desplazamiento para 66% HR

Fuente: Propia



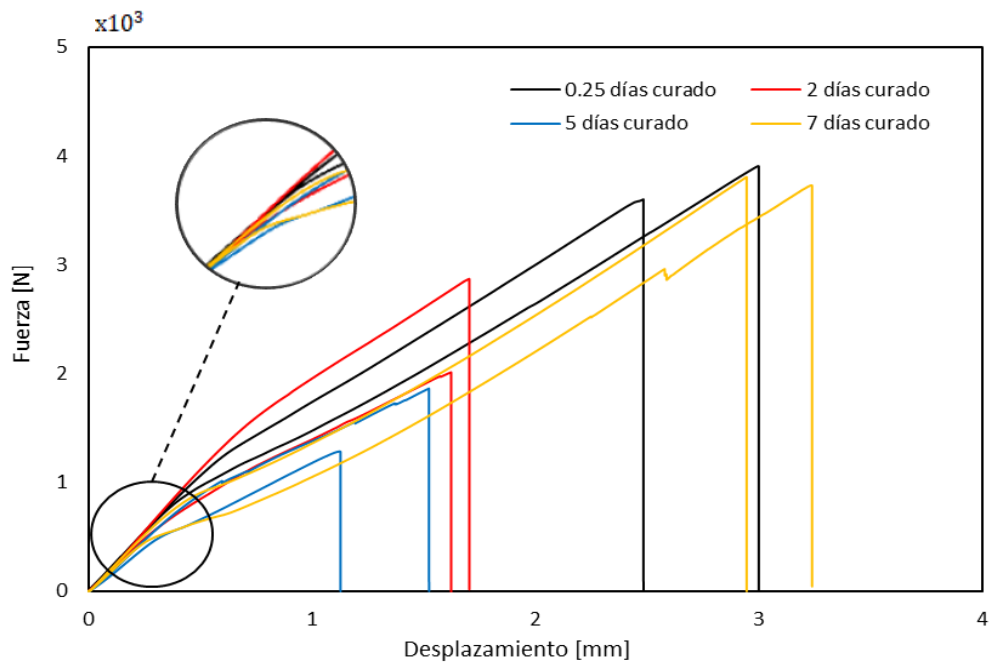
**Figura 3.2** Curva de fuerza de despegue vs desplazamiento para 78% HR

Fuente: Propia



**Figura 3.3 Curva de fuerza de despegue vs desplazamiento para 82% HR**

Fuente: Propia



**Figura 3.4 Curva de fuerza de despegue vs desplazamiento para 90% HR**

Fuente: Propia

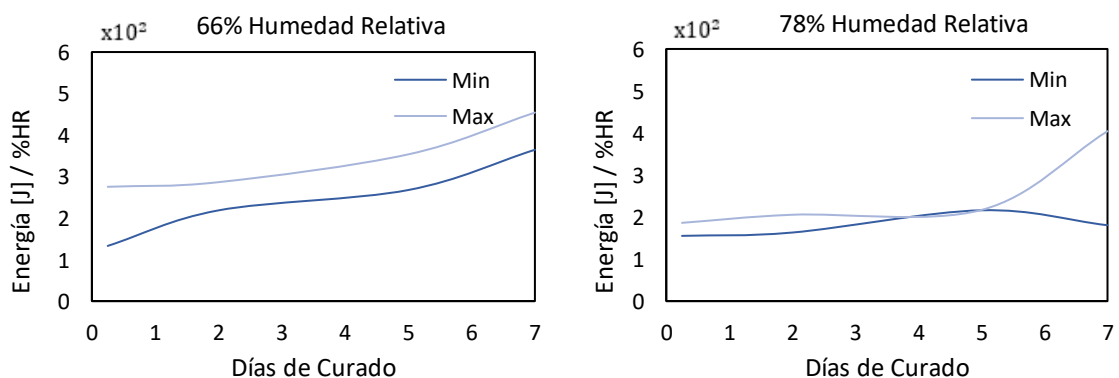
Con las imágenes previas se pudo determinar cuál es la fuerza máxima aproximada que produce el despegue de los especímenes. En las figuras 3.1 a 3.4 se observó que la tendencia de las curvas es similar, iniciando con un comportamiento elástico lineal hasta generarse una pequeña protuberancia cóncava que produce el cambio de la zona elástica a zona de micro deformación, ver Figura 2.19. Luego continua con un comportamiento lineal hasta alcanzar la carga máxima y la curva cae completamente hasta tener un valor nulo, esto indica que se ha generado la descohesión del material.

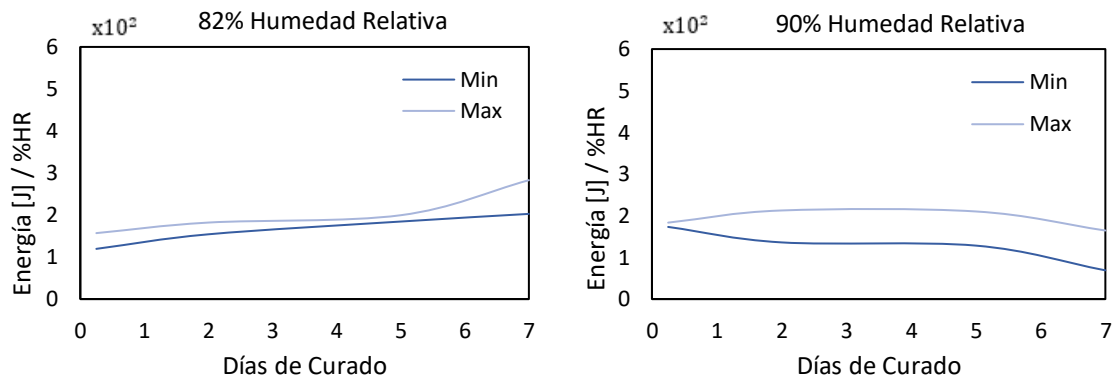
En algunas curvas de las Figuras 3.1 (curva azul); 3.2 (curva negra) y 3.4 (curva amarilla) existe un pequeño quiebre, sin alterar la continuidad de esta, posiblemente fue porque hubo un micro despegue que no provocó la separación total de los especímenes.

En las Figura 3.1 se pudo notar que el desplazamiento máximo es cercano a 3,5 mm y ocurre a los 7 días de curado. En cambio, en las Figuras 3.2 y 3.3 el valor máximo es 2,5 mm aproximadamente. Lo que indica que a menor % HR es mayor la separación entre los especímenes.

### 3.1.2 Energía elástica sobre humedad relativa a diferentes días de curado

En este subcapítulo se muestra la gráfica de la energía de elástica, calculada por medio de integración numérica- regla de Simpson, sobre la humedad relativa para cada día de curado.





**Figura 3.5 Energía elástica sobre humedad relativa vs días de curado**

Fuente: Propia

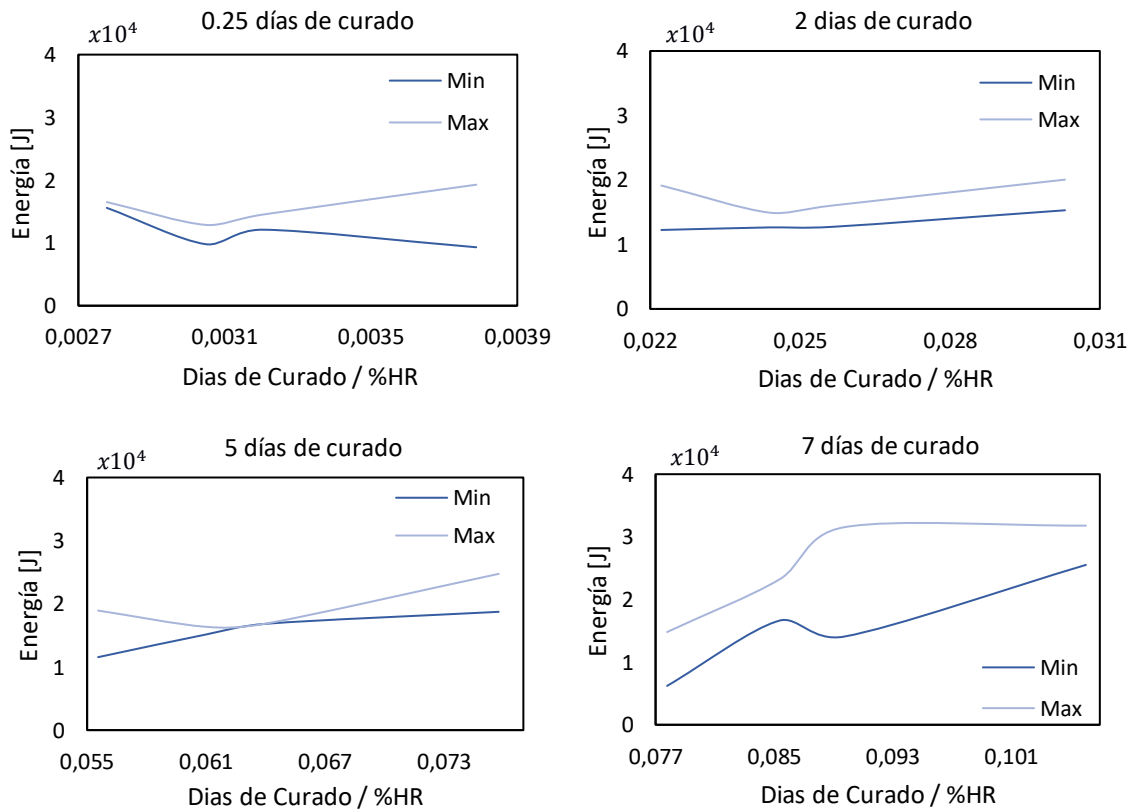
Las gráficas que se observan en la Figura 3.7, muestran que los especímenes que se encuentran ensamblados a menos de 66% humedad y un tiempo de curado de 7 días muestran la mayor energía elástica, de aproximadamente 500 J/%HR. Mientras que los ensamblados a entre 82 % y 90% de humedad, indican mayor linealidad de energía indiferentemente de los días de curado en los que fueron elaborados.

Al observar los especímenes elaborados al 78% de humedad se muestra una misma tendencia con respecto a las demás pruebas, presentando una mayor energía a los 7 días de curado de aproximadamente 400 J/%HR. Además, se produce una tendencia casi lineal desde las 6 horas a los 5 días de curado, produciendo un valor de aproximadamente 200 J/%HR, lo que nos indica a esa humedad relativa sin importar los días de curado en las que fueron elaborados tiende a tener la misma energía elástica.

Al ir aumentado el porcentaje de humedad en la elaboración de los especímenes, disminuye la energía elástica del material. Al llegar a valores de humedad superiores a 80%, la tendencia de las gráficas comienza a linealizarse y sin importar los días de curado le energía es mucho menor a los valores de humedad inferiores a este valor.

### 3.1.3 Energía elástica a diferentes días de curado sobre humedad relativa

A continuación, se presenta el análisis de la energía con respecto a días de curado sobre %HR, en cada gráfico se mantiene constante el respectivo día de curado y se varía el porcentaje de humedad.



**Figura 3.6 Energía elástica vs días de curado sobre humedad relativa**

Fuente: Propia

En la Figura 3.6, se expone la variación de la energía con respecto a la relación días de curado sobre %HR, con esto se muestra que la mayor energía se presenta a los 7 días de curado con una humedad de menos de 70% con aproximadamente 35 kJ. Por otro lado, el menor valor de energía se presenta con 90% de humedad, dando valores cercanos a 5 kJ.

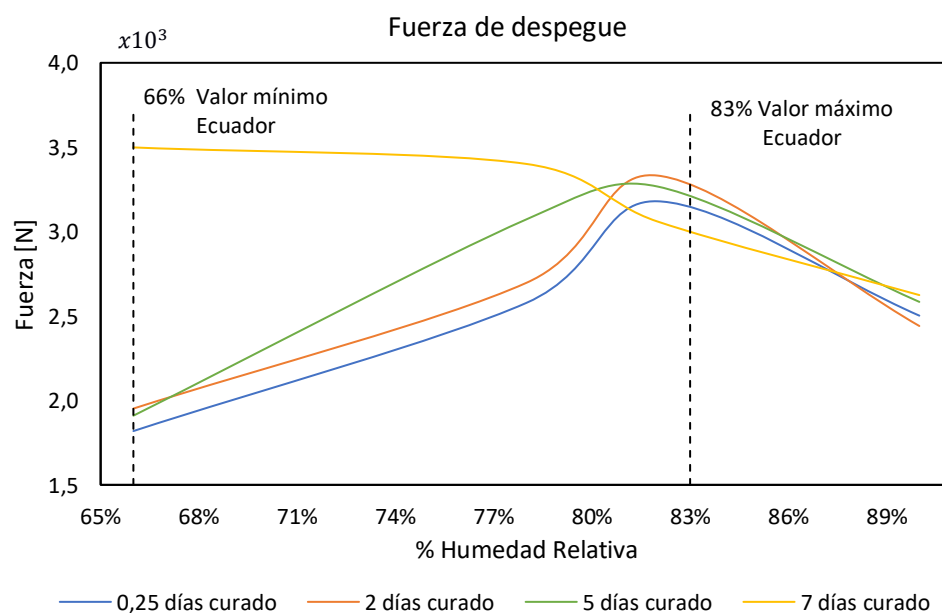
En los días de curado 0,25 y 2, se presenta que la mayor energía elástica ocurre entre 70% a 78% de humedad relativa dando valores entre 15 a 20 kJ. Al contrario,

al analizar los valores menos idóneos de energía, se muestran entre 78% a 90% de humedad con valores muy bajos de entre aproximadamente 10 a 15 kJ. Por otro lado, si se deja curar 5 días los especímenes, se puede observar una tendencia creciente en cuanto a los valores de energía elástica. Obteniendo un valor máximo al 70% y 7 días de secado de 25 kJ y un mínimo valor de 10 kJ.

Al observar las diferentes graficas de la Figura 3.6, se evidencia que, si se aumenta los días de curado, se presenta mayor energía elástica del compuesto y que los valores máximos son cuando existe menor humedad relativa.

### 3.2 Análisis de resultados

En este subcapítulo se presenta la gráfica de la fuerza promedio de despegue y la humedad relativa para diferentes días de curado. Además, se muestra la gráfica de la relación de la energía elástica promedio sobre % HR con respecto al tiempo de curado. También se muestran resultados fotográficos de la delaminación, en una vista macroscópica. Finalmente se expone un diagrama de barras de la energía elástica con respecto a % HR.



**Figura 3.7 Fuerza despegue vs porcentaje de humedad relativa**

Fuente: Propia

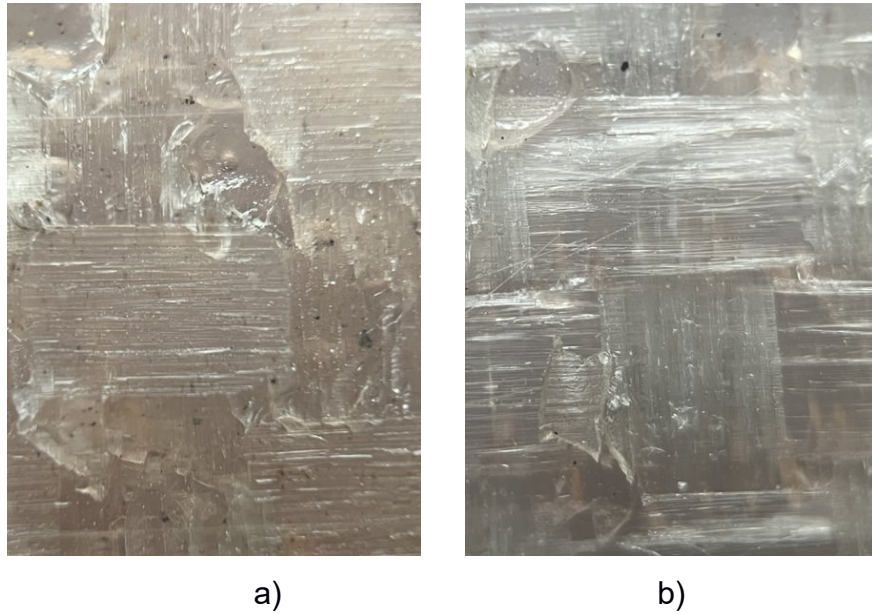
En la figura 3.7 se expone que la tendencia de las curvas para 0,25 y 2 días de curado es la misma, siendo la fuerza de despegue directamente proporcional al porcentaje de humedad, es decir, mientras incrementa la humedad relativa incrementa la fuerza. Este comportamiento solo ocurre hasta un valor aproximado de 82% HR. Además, en las gráficas se puede observar que las curvas tienen mayor pendiente en un rango de humedad entre 79% a 82%.

Ahora si se analiza la curva de 5 días de curado se puede observar que la tendencia es la misma que la mencionada anteriormente, la diferencia radica en que la pendiente de la curva es creciente entre 66% a 80% HR y el valor máximo de la fuerza de despegue ocurre en aproximadamente 80% de humedad. Luego, para 7 días de curado la curva tiene una pendiente negativa con un ángulo de inclinación mínimo, esto indica que la variación de la fuerza, en un rango de humedad entre 66% y 77% HR, no es significativa. Además, en esta curva se puede observar que la pendiente negativa con mayor ángulo de inclinación ocurre entre 79% y 81% HR.

Finalmente, se puede observar que a partir de 82% HR las cuatro curvas cambian su tendencia, siendo inversamente proporcionales, es decir, un aumento de humedad implica disminución de la fuerza de despegue. Además, si se hace un análisis a 66% HR, valor mínimo en Ecuador, se tiene que la variación de la fuerza de despegue, entre 0,25 y 7 días de curado, es aproximadamente 1,7 kN. Para 83% HR, valor máximo en Ecuador, la variación es 0,1 kN lo que indica que para este valor de humedad los valores de fuerza están muy cercanos entre sí. Además, se puede decir que conforme aumenta el %HR disminuye la variación de la fuerza.

En la Figura 3.8 se muestra de forma macroscópica los resultados fotográficos de la delaminación para 66% HR, donde se observa que a 7 días de curado la delaminación es mayor ya que se evidencian marcas del desprendimiento de las capas. Ver en APENDICE F los resultados para las otras humedades relativas.



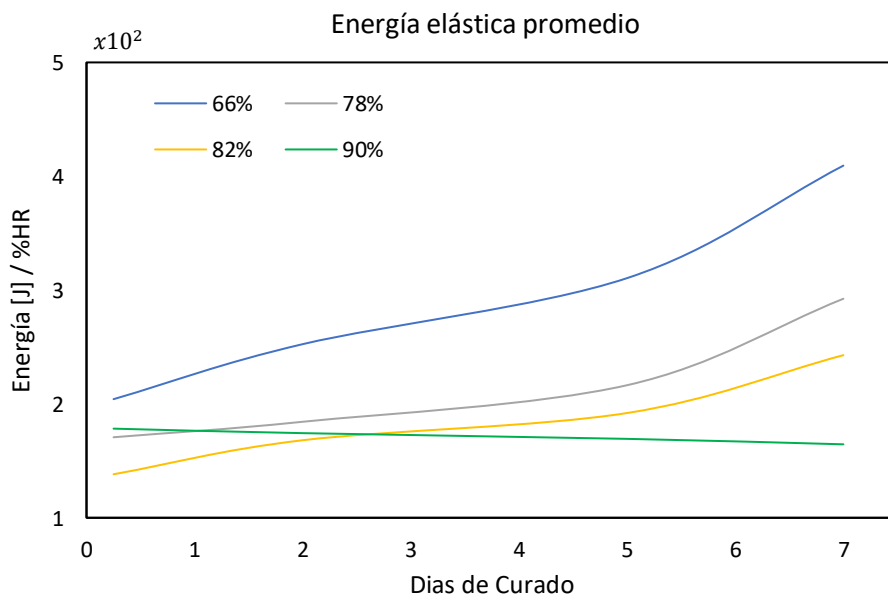


**Figura 3.8 Ampliación de la delaminación del espécimen para 66% HR**

a) 0,25 días curado b) 7 días curado

Fuente: Propia

Posteriormente, se muestra la variación de la energía elástica sobre %HR con respecto a los días de curado.

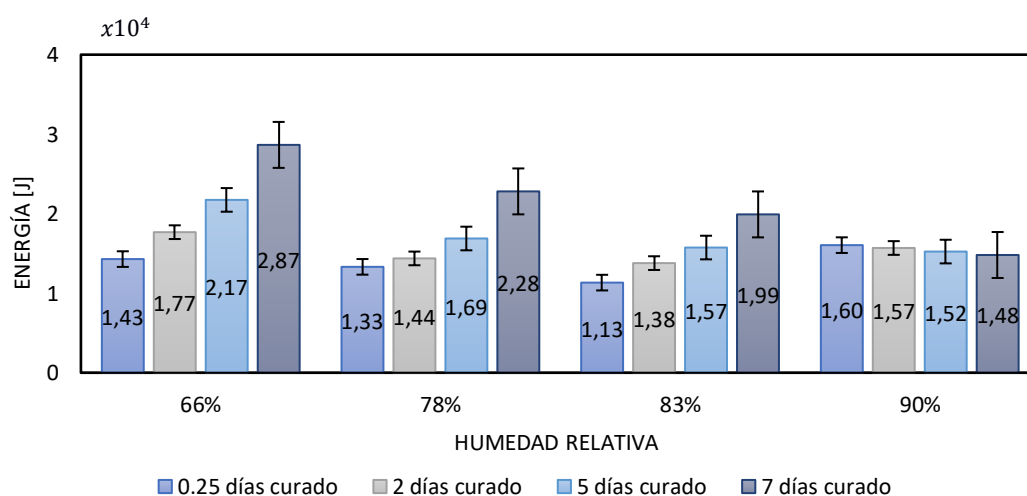


**Figura 3.9 Energía elástica promedio sobre humedad relativa vs días de curado**

Fuente: Propia

En la Figura 3.9 se puede observar que las curvas para 66%, 78% y 82% HR de la energía/%HR muestran una tendencia creciente desde las 6 horas hasta los 7 días de curado. Por otra parte, en la humedad de 90% la energía/%HR permanece casi constante sin verse influenciado por el día de curado.

Para el 66% HR, el valor de energía/%HR, es de aproximadamente 430J/%HR como valor máximo y de 200J/%HR como valor mínimo, teniendo una variación para esta humedad relativa de 230J/%HR. Por otro lado, al 78%HR la variación entre el valor mínimo y máximo es de 100 J/%HR, para 82% la variación 90J/%HR y como se observa para el 90% de HR no existe una variación evidente, siendo un valor casi constante de 170J/%HR. Por lo que, al ir aumentando la humedad disminuye la variación entre los días de secado y también se muestra una disminución de energía/%HR significativa.



**Figura 3.10 Energía elástica vs humedad relativa**

Fuente: Propia

En la Figura 3.10 se expone un diagrama de barras de la energía elástica en función de % HR, donde se observa que la tendencia de la energía es descendente conforme aumenta la humedad relativa, por ejemplo, tomando el mismo tiempo de curado, 7 días, para las siguientes humedades de 66%, 78%, 83% y 90% los valores de energía son: 28,7 kJ; 22,8 kJ; 19,9 kJ y 14,8 kJ respectivamente.

Ahora si se hace un análisis de la energía en función de los días de curado final se observa que, para las humedades estudiadas, excepto 90%, la energía elástica incrementa a mayor cantidad de días de curado. Por ejemplo, para 66% HR a 0.25 días curado la energía es 14,3 kJ a 2 días es 17,7 kJ a 5 días es 21,7 kJ y finalmente para 7 días es 28,7 kJ. También se puede evidenciar que la máxima energía elástica ocurre en un tiempo de curado de 7 días.

En la misma figura se expone que el comportamiento del material a 90% HR es distinto al mencionado anteriormente, ya que, la energía disminuye conforme aumentan los días de curado; el máximo valor de energía es a 0.25 días de curado y el mínimo a 7 días. Esto se presume que puede ocurrir ya que las propiedades del material pueden verse afectadas por el alto porcentaje de humedad a la que fueron sometidos los especímenes, provocando disminución en la resistencia de este. Sin embargo, también se puede notar que no existe una variación significativa entre los valores de energía, por lo que se puede decir que podría alcanzar un valor constante.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El progresivo uso de la fibra de vidrio en la industria naval ecuatoriana hace necesario que se realice un profundo estudio de la delaminación del material ya que este es el mecanismo de falla más común de los materiales compuestos. Además, si es sometido a condiciones extremas de humedad puede afectar directamente la fiabilidad del material que va a ser empleado para construir estructuras navales.

Por lo que en el presente trabajo se propuso realizar el estudio de la influencia de la humedad relativa bajo ensayos experimentales de tracción en especímenes de PRFV diseñados con un laminado comúnmente utilizado en la construcción naval ecuatoriana. Los resultados obtenidos permiten conocer cuál es el rango de humedades ideales para evitar fracturas en el material.

Además, se analizó la influencia del tiempo de curado final de la resina epóxica, esto sirvió para determinar la cantidad de días necesarios para que el material adquiriera sus propiedades físicas y mecánicas. Con todo lo descrito se puede determinar que el estudio realizado servirá como guía para indicar a los armadores cual podría ser el riesgo de construir estructuras navales en condiciones de humedad y tiempo de curado no adecuadas.

### 4.1 Conclusiones

- La teoría de la zona cohesiva es una herramienta útil para analizar el comportamiento de la delaminación interlaminar de materiales compuestos ya que permite modelar el inicio y evolución del daño entre las capas. De la implementación de este modelo se obtiene como resultado la curva fuerza-desplazamiento en donde se muestra que la carga crítica tienen propiedades elásticas- plástica; se puede notar que el comportamiento del material es elástico lineal previo al daño, continuando con un comportamiento plástico hasta que alcanzar el valor máximo que es donde se produce la descohesión del material.

- Se observó el comportamiento de los especímenes ensamblados a diferentes humedades relativas y días de curado, hasta su fuerza máxima y posterior descohesión de las capas. La separación de los especímenes se presentó cuando alcanzaron su fuerza de tracción máxima, en el límite plástico, además se evidenció eventualmente micro despegues en la zona plástica. Por otra parte, se observó que en el área de unión entre los especímenes influye el tiempo curado, ya que presenta mayor adherencia entre capas por ende un considerable desprendimiento del material. En cuanto a la influencia de la humedad relativa con respecto al desplazamiento, se muestra incremento a medida que se ensambla a humedades menores. Por lo tanto, se determinó que la resistencia de la resina epóxica es mayor cuando está sometida a menores humedades relativas y a mayor tiempo de curado.
- La comparación de la energía disipada durante la separación cohesiva muestra, en primer lugar, que en las pruebas realizadas el tiempo idóneo para que la resina epóxica adquiriera sus propiedades químicas y mecánicas es 7 días, ya que aquí se presenta el valor máximo, 29 kJ aproximadamente. En segundo lugar, se observó que altos valores de humedad relativa afecta de forma considerable a los valores de energía disipada; en el caso analizado se determinó que el porcentaje de humedad relativa adecuado para obtener valores altos de energía es 66%. Por lo tanto, las variables %HR y tiempo de curado deben ser consideradas al momento de aplicar CZM en la delaminación en la fibra de vidrio.
- Las principales ciudades de la costa ecuatoriana donde se realiza construcciones navales en fibra de vidrio son Esmeraldas, La Libertad, Manta, Guayaquil y Puerto Bolívar. Con base en los rangos de humedades relativas anual promedio y al estudio previo se determinó que las ciudades menos recomendables para la construcción naval son: Esmeraldas y La Libertad, por sus altos porcentajes de humedad tanto en la estación húmeda y seca. Por otro lado, la provincia más recomendable es Guayas ya que su

humedad varía entre 72% y 74%. Por otra parte, existen dos ciudades, Manta y Puerto Bolívar, en las que es posible construir siempre y cuando se realice en la estación del año con menor humedad.

- Este trabajo es la primera aproximación al estudio de la influencia de la humedad relativa en la construcción de estructuras en plástico reforzado de fibra de vidrio en el Ecuador; por lo que servirá de guía para los armadores que deseen construir en los diferentes puertos de la costa ecuatoriana. Además, a partir de este pueden surgir posteriores estudios encaminados a la misma investigación.

## **4.2 Recomendaciones**

- Fabricar ambientes controlados, invernaderos, para la construcción de embarcaciones menores en fibra de vidrio, en el cual se puedan controlar las humedades relativas acorde a los rangos propuestos, para poder ensamblar la laminación en condiciones ambientales ideales, así se impedirá que el material absorba agua debido a la humedad y pierda resistencia. Además, se evitará el daño prematuro del casco y se incrementará de la vida útil de la embarcación. Finalmente, se lograría cambiar el proceso artesanal de construcción naval, existente en la actualidad, por un proceso más industrializado.
- Implementar un método numérico, simulación por Elementos Finitos - FEM, con ABAQUS o ANSYS aplicando la teoría de zona cohesiva. De la misma manera, implementar cálculos empíricos, Ley tracción-separación. Esto con el fin de realizar una comparación entre los resultados experimentales, numéricos y teóricos para incrementar su confiabilidad y aproximar la fuerza de despegue y energía elástica con valores más exactos.
- Generar el análisis experimental bajo otro tipo de ensayos destructivos estáticos: rotura, compresión, flexión, cizallamiento o fatiga. Esto con el objetivo de comprobar no únicamente la resistencia mecánica del material si

no también otras propiedades mecánicas como: dureza, tenacidad, elasticidad, plasticidad, etc.

# BIBLIOGRAFÍA

- Aquim, E., Vianello, M. A., & Castelló, W. (2019). Simulación numérica de la delaminación en materiales compuestos. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 9(2), 15-21.
- ASTM D3039/D3039M-17. Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials; D3039M-17; ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, 2017.
- Besednjak, A. (2009). *Materiales compuestos* (Vol. 100). Univ. Politéc. de Catalunya.
- Camanho, P., & Hallett, S. (Eds.). (2015). *Numerical modelling of failure in advanced composite materials*. Woodhead Publishing.
- Camanho, P., Turon, A., & Costa, J. (2008). *Delamination propagation under cyclic loading*. In *Delamination Behaviour of Composites*. Woodhead Publishing (pp. 485-513).
- Celleri, H. M., Sanchez, M., Winograd, E., Alvarez, J. P., Serebrinsky, S., Hryb, D. E., & Lopez, R. G. (2016). Efecto de fracturas naturales sobre la propagación de una fractura hidráulica en la formación Vaca Muerta. *Mecánica Computacional*, 34(13), 853-870.
- García Carretero, C. (2019). Caracterización de la energía de fractura interlaminar en materiales compuestos laminados mediante ensayos double cantilever beam y su modelado mediante el código elementos finitos ABAQUS (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Iglesias, M., Lesa, A. I., Pérez, C., Mosca, D., & Raimonda, P. (2017). *El plástico reforzado con fibra de vidrio: Un material versátil olvidado en Uruguay*. *INNOTEC Gestión*, (8 ene-dic), 56-60.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)
- Luna Buendía, J. M. (2014). Estudio numérico de la propagación de fisuras en ejes rotativos mediante XFEM (Bachelor's thesis).
- Majewska, K., Jurek, M., Mieloszyk, M., & Ostachowicz, W. (2018). *Temperature and humidity influence on glass fibre reinforced polymer samples under ndt and shm studies*. In *Proceedings of 7th Asia-Pacific Workshop on Structural Health Monitoring* (pp. 172-183).



- Morales, S. (2008). *Fibra de vidrio, pruebas y aplicaciones*. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Moslemim, M., & Khoshnavan, M. (2015). *Cohesive zone parameters selection for mode-I prediction of interfacial delamination/Izbira parametrov kohezijske cone za napovedovanje medpovrsinske delaminacije tipa I*. *Strojniski Vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 61(9), 507-517.
- Orellana, J. M. (2016). *Análisis numérico y experimental del agrietamiento transversal en laminados cruzados simétricos*. Málaga.
- Ortiz Arreguín, F. (2016). *Ventajas técnicas y económicas del empleo de plástico reforzado con fibra de vidrio* (Bachelor's thesis, Instituto Politécnico Nacional, México).
- Pérez Alonso, C. (2016). *Naval Composites: Los materiales compuestos y la industria naval* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Quintero Portocarrero, C. A. (2007). *Manual práctico sobre poliéster (Plásticos) reforzado con fibra de vidrio (PRFV)*.
- Rodríguez Lorenzo, D., & Felipe Gutiérrez, A. (2018). *Influencia meteorológica y oceanográfica a la navegación*.
- Shimadzu. (s. f.). *Precisión Universal Tester Autograph AGS-X Series*. Shimadzu. <https://www.ssi.shimadzu.com/products/materials-testing/uni-ttm/autograph-ags-x-series/index.html>
- Stupenengo, F. (2011). *Materiales y materias primas: Materiales compuestos*. Guía didáctica, Capítulo, 10.
- Suárez Reyes, J. G. (2018). *Estudio técnico para industrializar lanchas de fibra de vidrio en el taller Zambrano Océano Fibra, ubicado en la parroquia Anconcito, provincia de Santa Elena* (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2018).
- Sun, C. T., & Jin, Z. (2011). *Fracture mechanics*. Academic press.
- Zhang, D., Milanovic, N. R., Zhang, Y., Su, F., & Miao, M. (2014). *Effects of humidity conditions at fabrication on the interfacial shear strength of flax/unsaturated polyester composites*. *Composites Part B: Engineering*, 60, 186-192.

# **APÉNDICES**

# APÉNDICE A

## HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA DE LA COSTA ECUATORIANA (INAMHI)



GUILLERMO LASSO  
PRESIDENTE



Ministerio del  
Ambiente, Agua y  
Transición Ecológica

### HUMEDAD RELATIVA

#### ESMERALDAS

Periodo 1981 - 1987

ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
83,1	83,7	82,5	82,8	82,2	80,7	79,8	79,3	79,2	78,7	78,2	80,7

#### SAN VICENTE

Periodo 1981 - 2010

ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
78,8	80,4	79,2	78,6	79,1	80,5	79,9	80,0	80,3	80,2	79,4	78,1

#### MANTA

Periodo 1981 - 2010

ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
76,0	80,2	79,5	77,6	75,9	77,4	77,9	77,3	76,9	76,8	76,1	74,5

#### SALINAS

Periodo 2004 - 2012

ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
78,1	79,1	77,1	77,0	78,7	81,1	82,0	82,4	81,8	81,6	79,0	77,0

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Dirección: Núñez de Vela N36-15 y Corea

Código postal: 170507 / Quito-Ecuador

Teléfono: +593-2 397 1100

[www.inamhi.gob.ec](http://www.inamhi.gob.ec)



## GUAYAQUIL

Periodo 1981 - 2010

ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
73,1	78,8	76,0	74,8	73,3	74,3	73,7	72,8	71,2	71,2	69,8	68,6

## MACHALA

Periodo 1985 - 2009

ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
72,2	73,1	71,9	71,5	74,5	78,5	80,3	80,9	80,3	79,8	77,7	74,6

## TEMPERATURA DEL AIRE

### ESMERALDAS

Periodo 1981 - 1987

ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
25,8	26,1	26,5	26,5	26,4	26,5	26,2	26,0	25,9	26,1	26,2	26,1

### SAN VICENTE

Periodo 1981 - 2010

ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
26,9	27,4	27,8	27,7	26,9	25,7	25,2	24,8	24,6	25,0	25,4	26,3

**Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología**

Dirección: Núñez de Vela N36-15 y Corea

Código postal: 170507 / Quito-Ecuador

Teléfono: +593-2 397 1100

[www.inamhi.gob.ec](http://www.inamhi.gob.ec)

### MANTA

Periodo 1981 - 2010

ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
26,0	26,2	26,4	26,3	25,9	24,8	24,1	23,7	23,7	24,0	24,4	25,3

### SALINAS

Periodo 2004 - 2012

ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
26,0	26,8	27,0	26,6	25,0	23,3	22,5	21,8	21,8	21,9	22,7	24,2

### GUAYAQUIL

Periodo 1981 - 2010

ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
26,4	26,3	26,9	26,9	26,2	24,8	24,0	23,8	24,1	24,4	24,9	26,0

### MACHALA

Periodo 1985 - 2009

ENE	FEB	MAR	ABRIL	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
27,5	27,8	28,3	28,3	27,2	25,2	24,1	23,6	23,7	24,0	24,8	26,3

**Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología**

Dirección: Núñez de Vela N36-15 y Corúa

Código postal: 170507 / Quito-Ecuador

Teléfono: +593-2 397 1100

[www.inamhi.gob.ec](http://www.inamhi.gob.ec)



República  
del Ecuador

# APÉNDICE B

## ASTM D3039/D3039M STANDARD



Designation: D 3039/D 3039M – 00

### Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials<sup>1</sup>

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 reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

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

#### 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 *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.*

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.

#### 2. Referenced Documents

##### 2.1 ASTM Standards:

- D 792 Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement<sup>2</sup>
- D 883 Terminology Relating to Plastics<sup>2</sup>
- D 2584 Test Method for Ignition Loss of Cured Reinforced Resins<sup>3</sup>
- D 2734 Test Method for Void Content of Reinforced Plastics<sup>3</sup>
- D 3171 Test Methods for Constituent Content of Composites Materials<sup>4</sup>
- D 3878 Terminology for Composite Materials<sup>4</sup>
- D 5229/D 5229M Test Method for Moisture Absorption Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials<sup>4</sup>

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-30 on Composite Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D30.04 on Lamina and Laminate Test Methods.

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

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.01.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.02.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.03.

- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines<sup>5</sup>
- E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing<sup>5</sup>
- E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers<sup>5</sup>
- E 111 Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus<sup>5</sup>
- E 122 Practice for Choice of Sample Size to Estimate a Measure of Quality for a Lot or Process<sup>6</sup>
- E 132 Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature<sup>5</sup>
- E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods<sup>6</sup>
- E 251 Test Methods for Performance Characteristics of Metallic Bonded Resistance Strain Gages<sup>5</sup>
- E 456 Terminology Relating to Quality and Statistics<sup>6</sup>
- E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method<sup>6</sup>
- E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading<sup>5</sup>
- E 1237 Guide for Installing Bonded Resistance Strain Gages<sup>5</sup>

#### 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 dimensions, shown within square brackets:  $[M]$  for mass,  $[L]$  for length,  $[T]$  for time,  $[\Theta]$  for thermodynamic temperature, and  $[nd]$  for nondimensional quantities. Use of these symbols is restricted to analytical dimensions when used with square

<sup>5</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

<sup>6</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

**TABLE 2 Tensile Specimen Geometry Recommendations<sup>A</sup>**

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	—	—

<sup>A</sup>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.

the following simple equation. As this equation does not account for the peaking stresses that are known to exist at the ends of bonded joints. The tab length calculated by this equation should normally be increased by some factor to reduce the chances of joint failure:

$$L_{\min} = F^{\text{cu}}h/2F^{\text{su}} \quad (4)$$

where:

- $L_{\min}$  = minimum required bonded tab length, mm [in.];
- $F^{\text{cu}}$  = ultimate tensile strength of coupon material, MPa [psi];
- $h$  = coupon thickness, mm [in.]; and
- $F^{\text{su}}$  = 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.

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<sup>2</sup> (in.<sup>2</sup>).

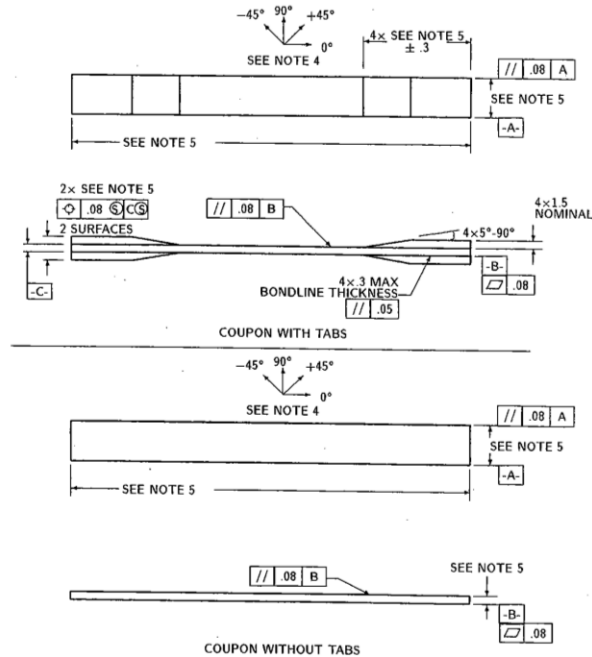
11.3 *Speed of Testing*—Set the speed of testing to effect a nearly constant strain rate in the gage section. If strain control

**D 3039/D 3039M**

**DRAWING NOTES:**

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

NO DECIMAL	X	XX
± 3	± 1	± 3
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 1.6√ (SYMBOLGY IN ACCORDANCE WITH ASA B46.1, 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 [-A-], 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 (SI)**

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 measured 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  $0.01 \text{ min}^{-1}$ .

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 de-

sired moisture profile and, if possible, test under the same conditioning fluid exposure level. However, cases such as 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



# APÉNDICE C

## Ficha Técnica Resina Epóxica

### Palatal® CO P 4

IT 00-06/V.03  
Junio 2016



#### Naturaleza

Palatal COP4 es un poliéster insaturado basado en ácido ftálico y glicoles estándar, disuelto en estireno.

Esta resina es de reactividad media y alta viscosidad.

#### Aplicación

Palatal COP4 es apropiado para un amplio rango de aplicaciones. Está recomendado para la producción de todo tipo de productos reforzados con fibras de vidrio, tales como: perfiles, lanchas, carrocerías, otras piezas de prensado y moldeo, revestimientos y además coladas.

#### Propiedades en estado de suministro (valores típicos)

(La viscosidad y la reactividad pueden experimentar cambios en caso de almacenamiento prolongado)

Propiedad	Valor	Unidad	Método de Ensayo
Aspecto	Claro	-	-
Color Pt-Co	≤ 60	-	DIN ISO 6271
Contenido de sólidos	71	%	DIN 53 216
Viscosidad Brookfield RVT 20 rpm, 23°C	2900	mPa·s	ISO 2555
Reactividad a 25°C <sup>1)</sup> 1,1 mL MEKP-HA-3 <sup>2)</sup> 0,6 mL CoB <sup>3)</sup> adicionados a 100 g de resina			DIN 16 945, 6.2.2.2
Tiempo de 25°C - 35 °C	22	min	
Tiempo de 25°C - T <sub>max</sub>	40	min	
T <sub>max</sub>	100	°C	

1) Tubo de ensayo con 30 g de mezcla de resina y agente de curado. Endurecimiento en frío.  
2) MEKP-HA-3, Producto de Ilielife/Clonara, Laporte Chemicals  
3) Oxidante de Cobalto (1% Co) en estireno

#### Otras propiedades de la resina líquida (valores típicos)

Propiedad	Valor	Unidad	Método de Ensayo
Densidad	1,1	g/ml	DIN 53 217
Flash Point	34	°C	DIN 53 213
Estabilidad, no preacelerada, protegida de la luz (25°C)	6	mes	

#### Propiedades de la resina endurecida sin carga (valores típicos)

Propiedad <sup>1)</sup>	Valor	Unidad	Método de Ensayo
Densidad (20°C)	1,21	g/cm <sup>3</sup>	DIN 53 479
Resistencia a la tracción	70	MPa	DIN 53 455
Módulo de elasticidad en tracción	4300	MPa	DIN 53 457
Elongación a la ruptura	2	%	DIN 53 455
Resistencia a la flexión	110	MPa	DIN 53 452
Módulo de elasticidad en flexión	4300	MPa	DIN 53 457
Resistencia al impacto	10	KJ/m <sup>2</sup>	DIN 53 453
Temperatura de distorsión por calor (HDT)	66 <sup>2)</sup>	°C	DIN EN ISO 75
Dureza Barcol GYZJ 934-1	67 <sup>3)</sup>	°C	ASTM D 648
	-	-	ASTM D 2583

1) Propiedades medidas en especímenes de resina con un contenido de estireno de 36%.  
2) Espáculas 4 mm x 10 mm x 120 mm  
3) Espáculas 17' x 17' x 5'

#### Otras propiedades de la resina endurecida sin carga (valores típicos)

Propiedad <sup>1)</sup>	Valor	Unidad	Método de Ensayo
Índice de refracción (20°C)	1,567	-	DIN 53 491
Conductividad térmica <sup>2)</sup>	0,19	W/(m·K)	DIN 52 612
Calor específico <sup>2)</sup>	1,5	KJ/(Kg·K)	DIN VDE 0335/2
Coefficiente de dilatación térmica lineal <sup>2)</sup>	1,1·10 <sup>-4</sup>	K <sup>-1</sup>	DIN 53 752
Constante dieléctrica a 50 Hz/1 KHz			DIN 53 483 VDE 0303/4
seco	3,3/3,3	-	
húmedo <sup>3)</sup>	3,5/3,5	-	
Factor de disipación a 50 Hz/1 KHz			DIN 53 483 VDE 0303/4
seco	0,004/0,004	-	
húmedo <sup>3)</sup>	0,010/0,010	-	
Resistividad Volumétrica seco	10 <sup>14</sup>	Ω·cm	DIN 53 482 VDE 0303/3
húmedo <sup>3)</sup>	> 10 <sup>14</sup>	Ω·cm	
Resistencia superficial	≥ 10 <sup>14</sup>	Ω	DIN 53 482 VDE 0303/3
Rigidez Dieléctrica	50	KV/mm	DIN 53 481 VDE 0303/2

1) Propiedades medidas en especímenes de resina con un contenido de estireno de 36%.  
2) Medido entre 0°C y 60°C.  
3) Especímenes inmersos en agua potable por 24 horas.

## APÉNDICE D

### Ensayo de Tracción

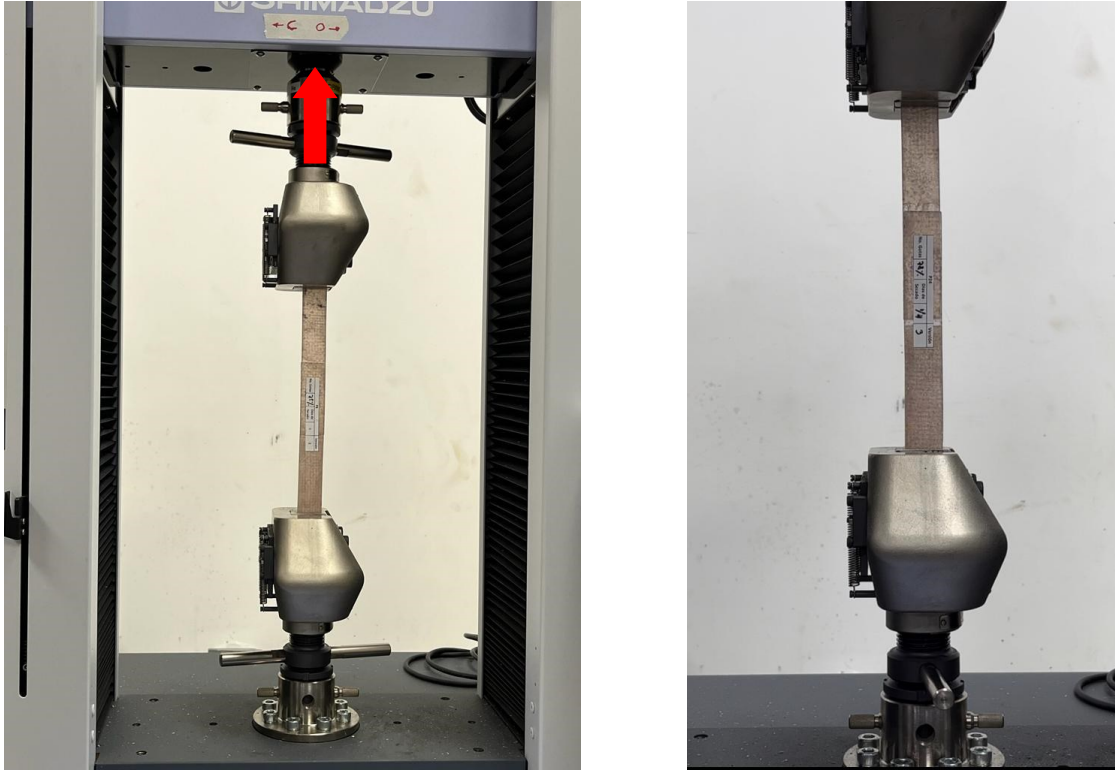


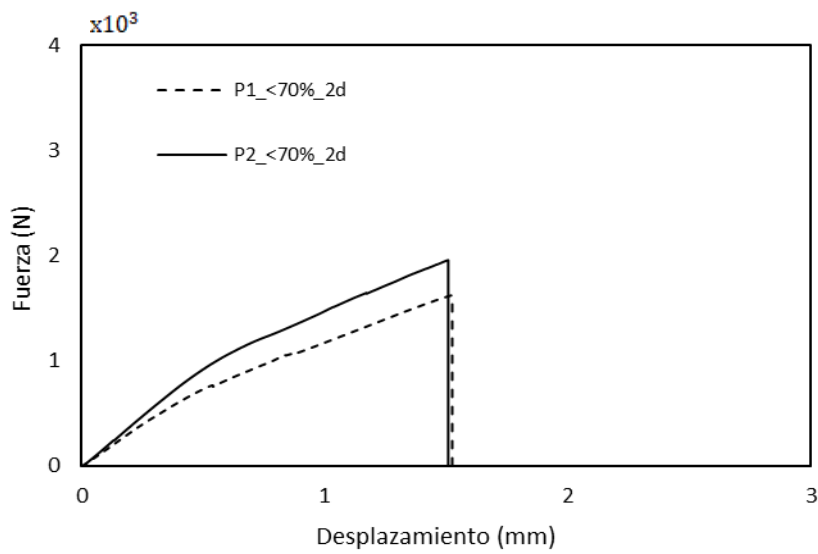
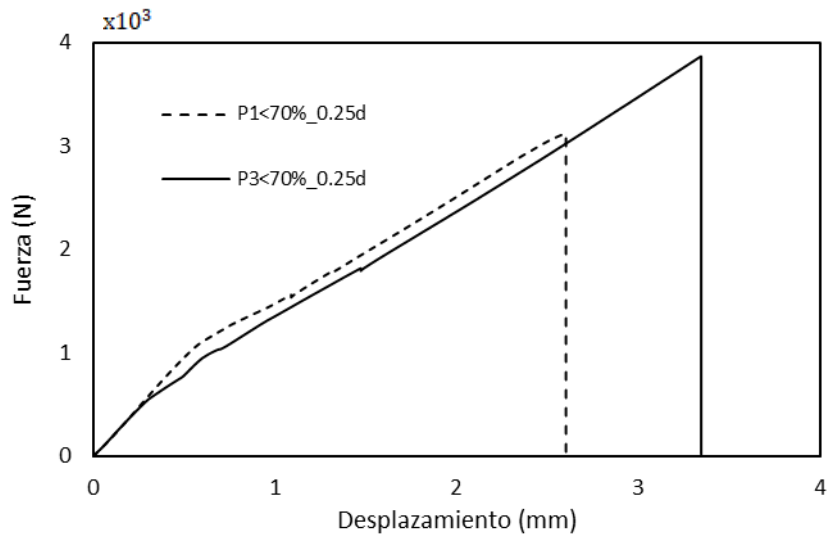
Figura D.1. Ensayo de Tracción



Figura D.2. Separación de Especímenes

## APÉNDICE E

### Fuerza de despegue vs Desplazamiento para cada Humedad Relativa



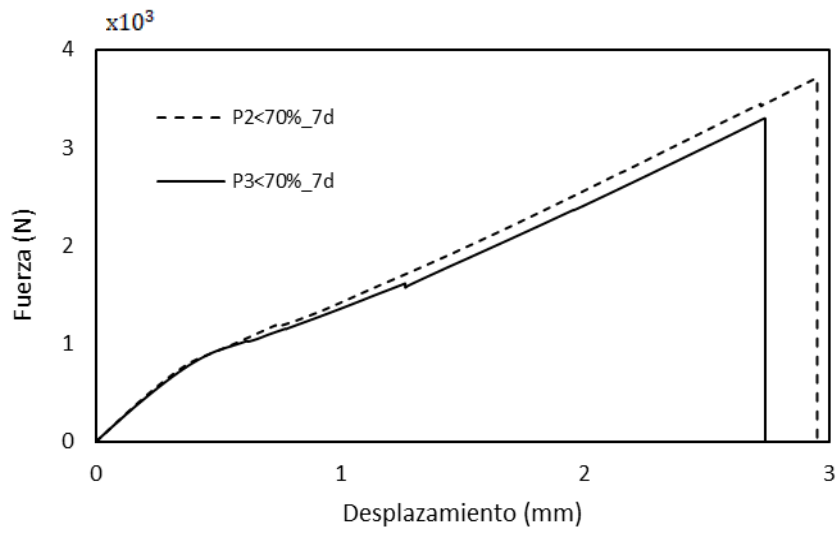
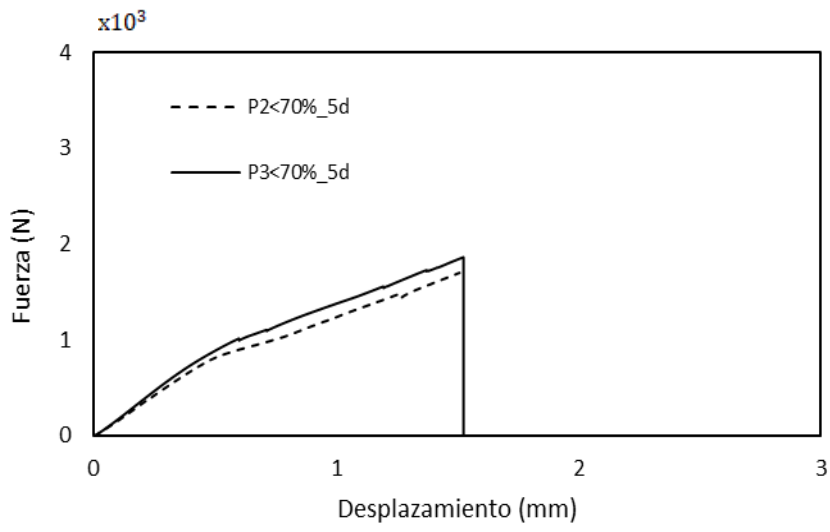
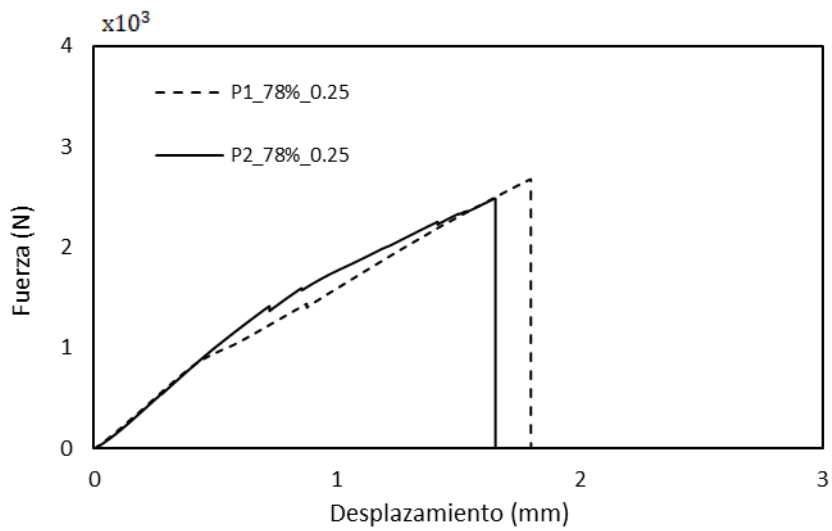


Figura E.1. Fuerza de despegue vs desplazamiento para 66% Humedad Relativa



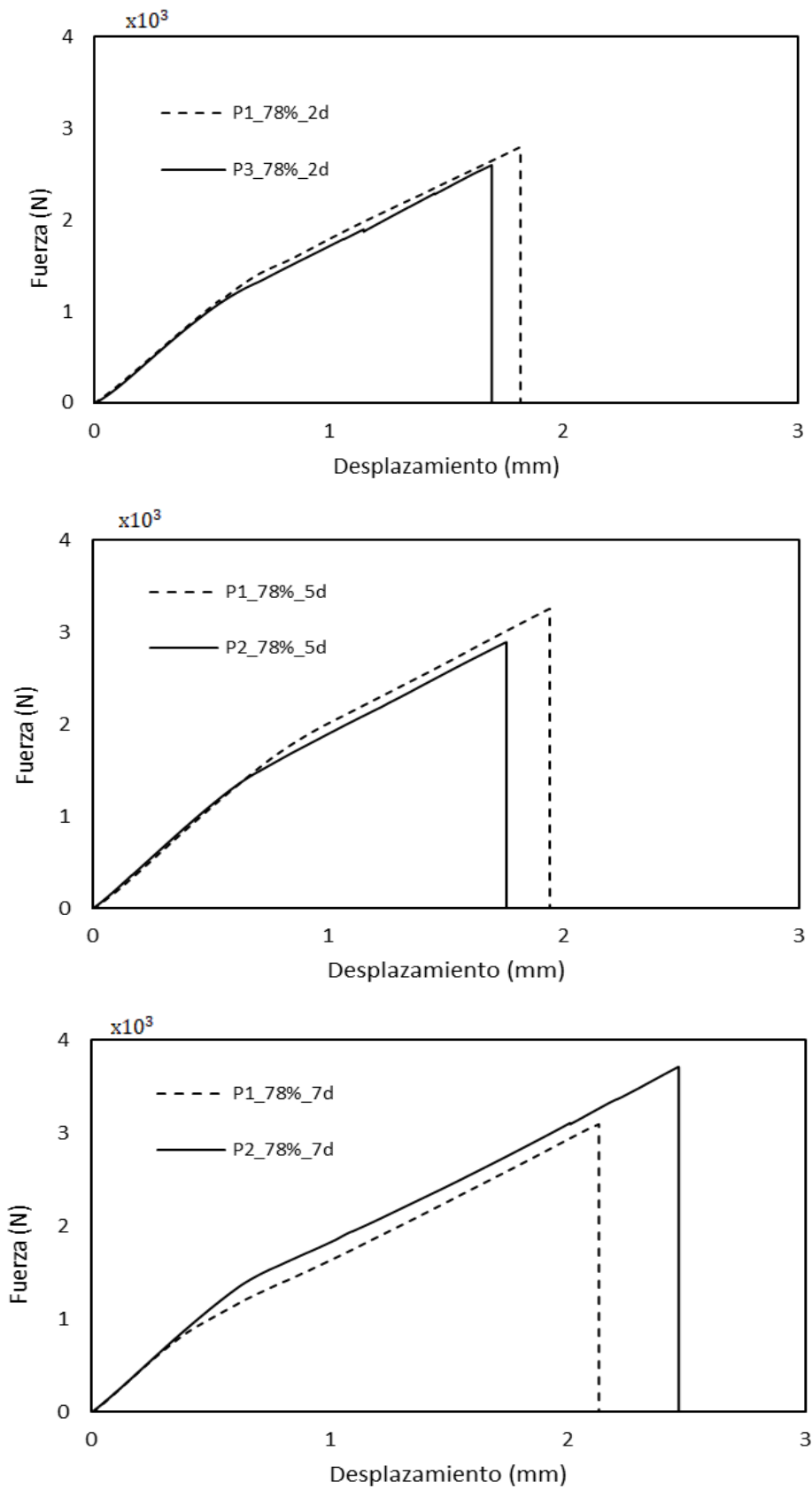
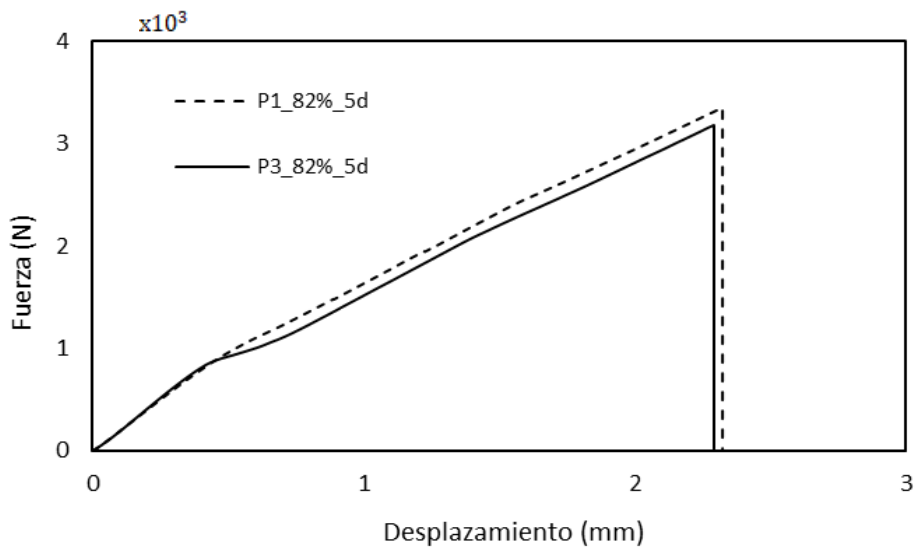
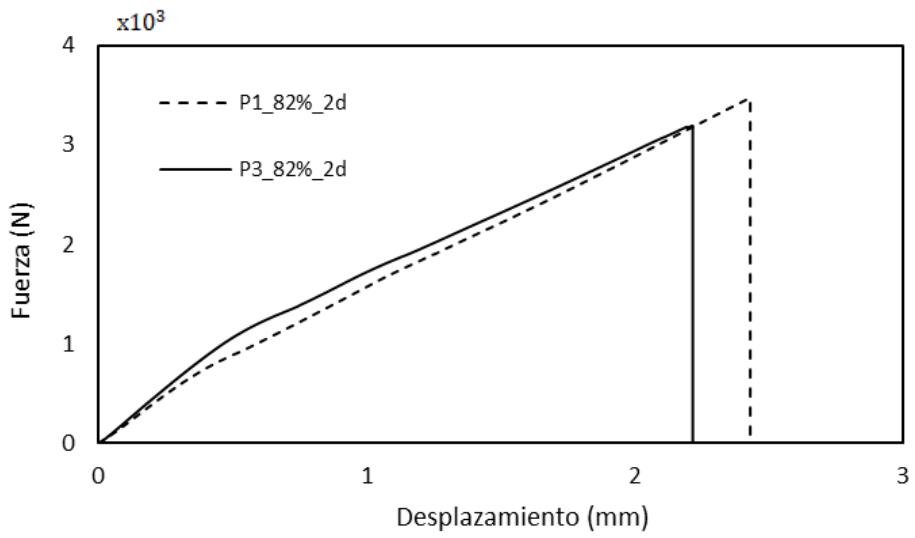
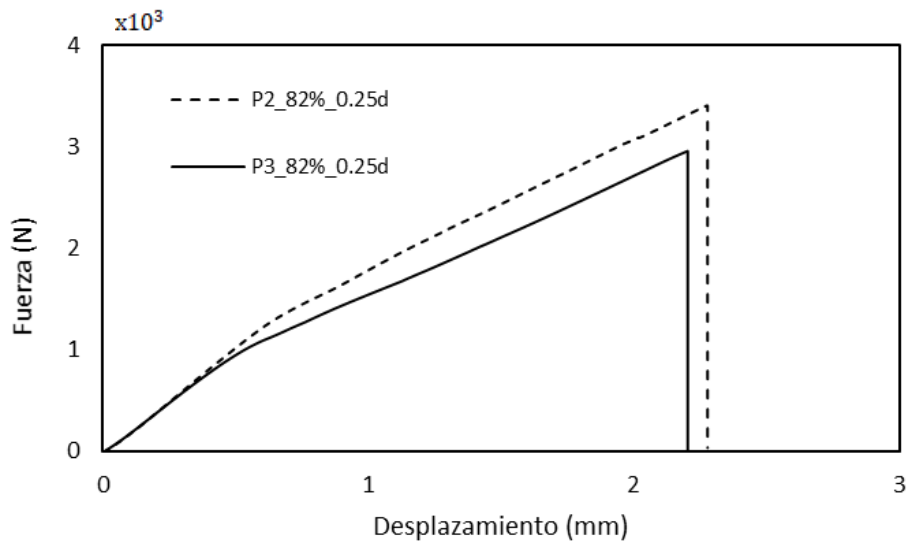


Figura E.2. Fuerza de despegue vs desplazamiento para 78% Humedad Relativa



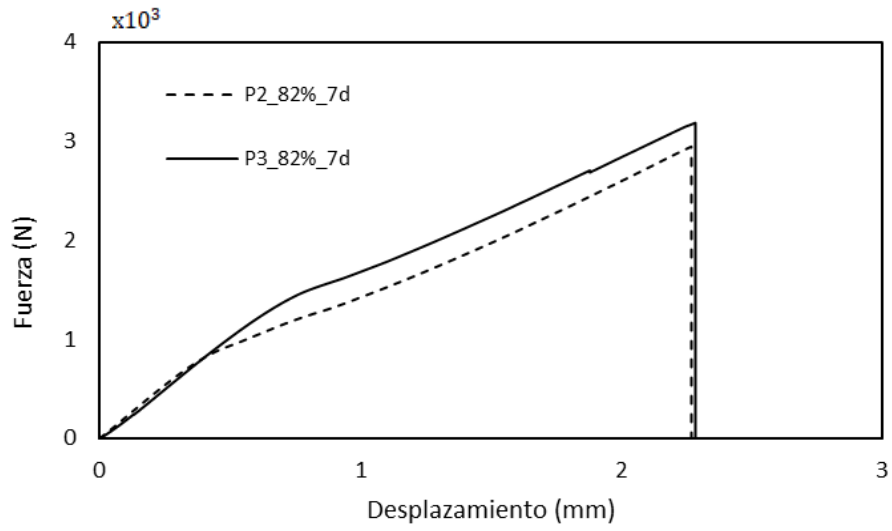
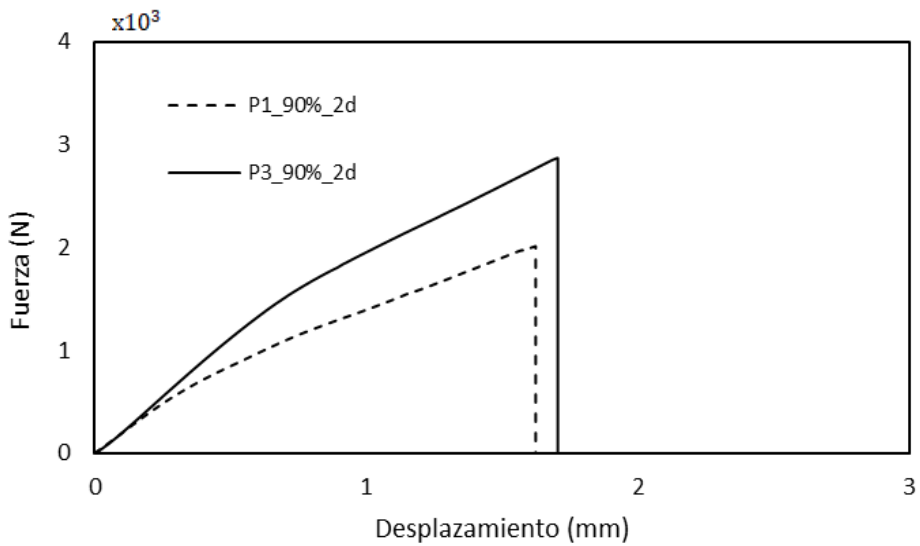
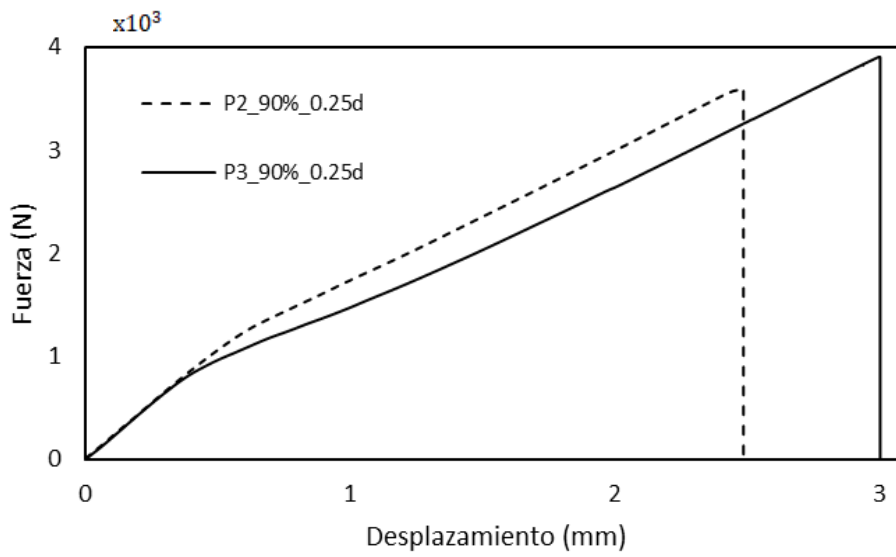


Figura E.3. Fuerza de despegue vs desplazamiento para 82% Humedad Relativa



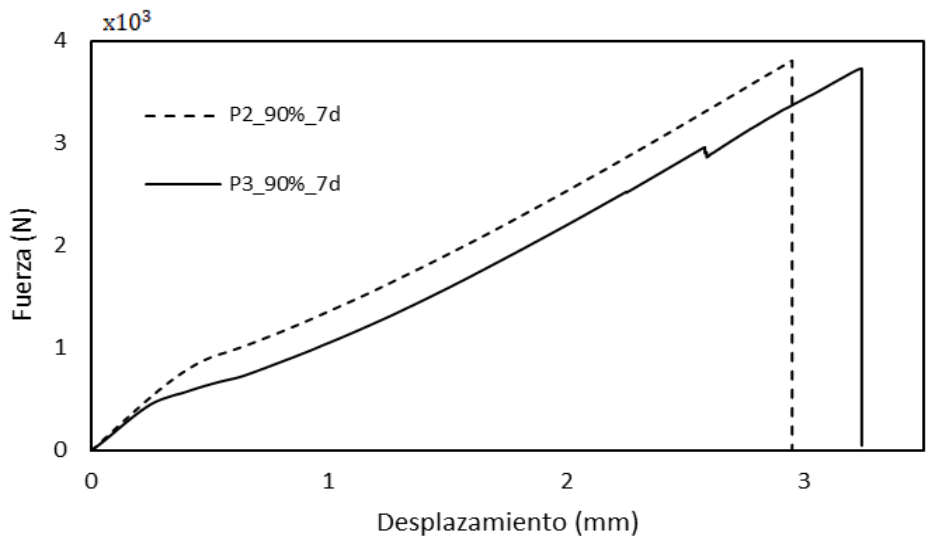
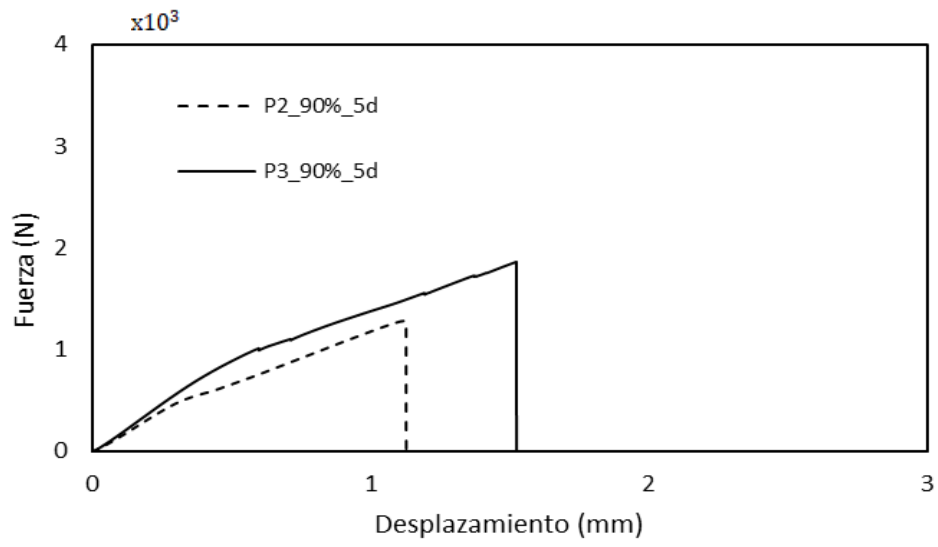


Figura E.4. Fuerza de despegue vs desplazamiento para 90% Humedad Relativa



## APÉNDICE F

### Resultados Fotográficos



a)



b)



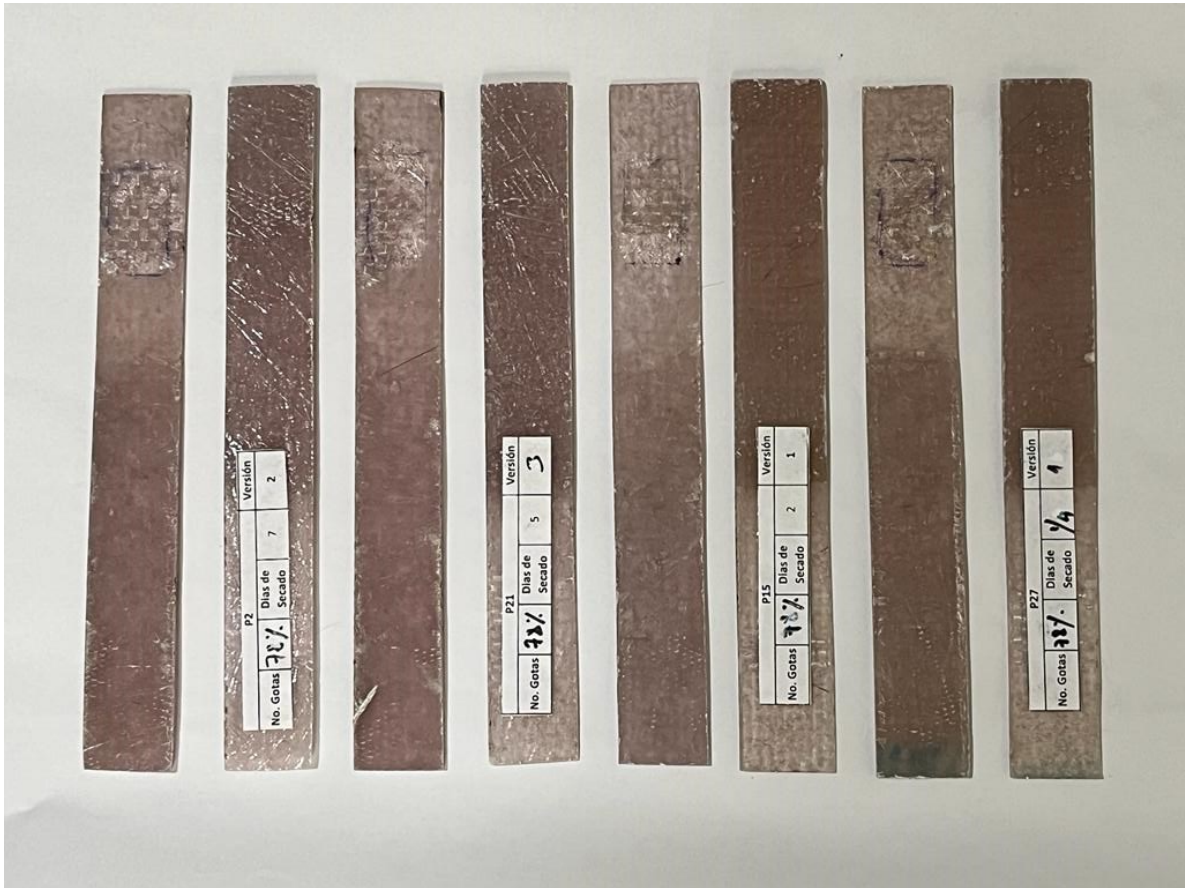
c)



d)

Figura F.1. Delaminación del espécimen para 66% HR.

a) 0.25 días curado; b) 2 días curador; c) 5 días curado; d) 7 días curado



a)



b)



c)



d)

Figura F.2. Delaminación del espécimen para 78% HR.

a) 0.25 días curado; b) 2 días curador; c) 5 días curado; d) 7 días curado

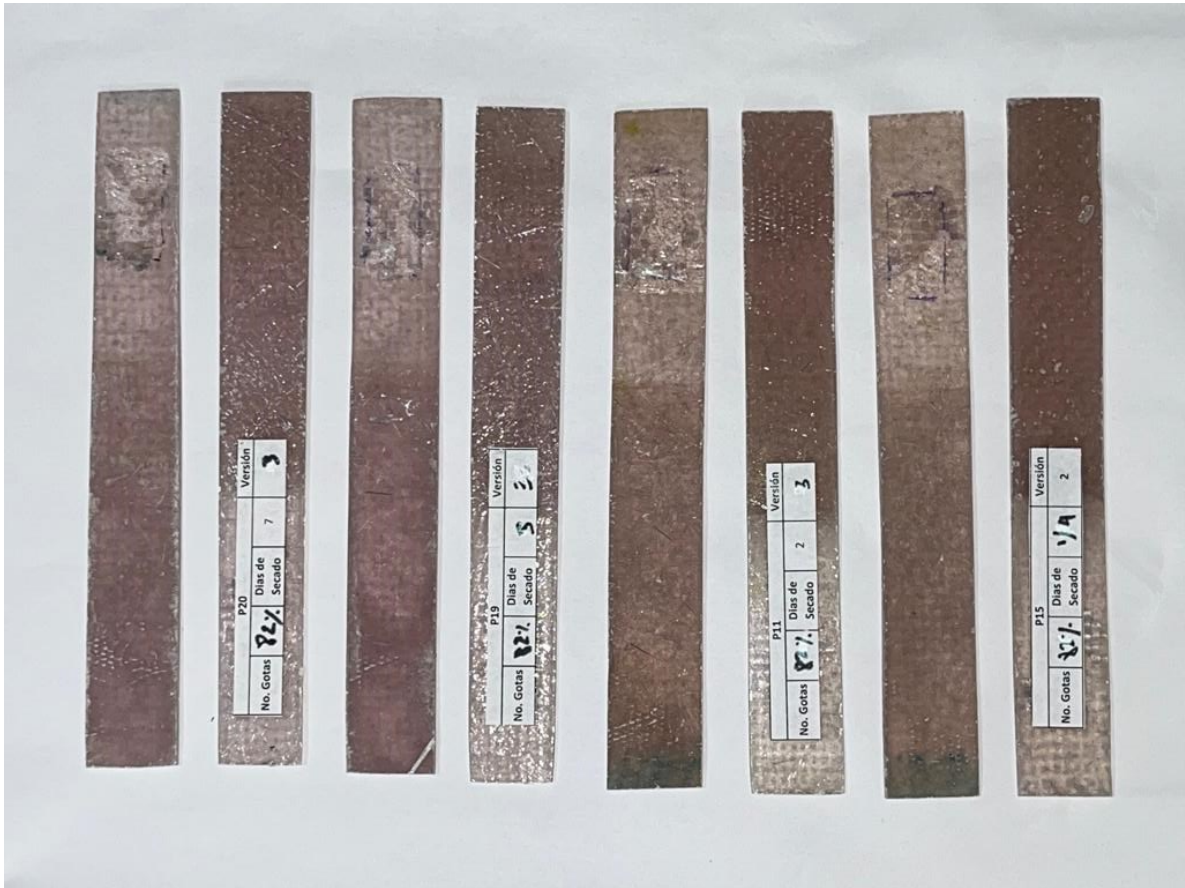
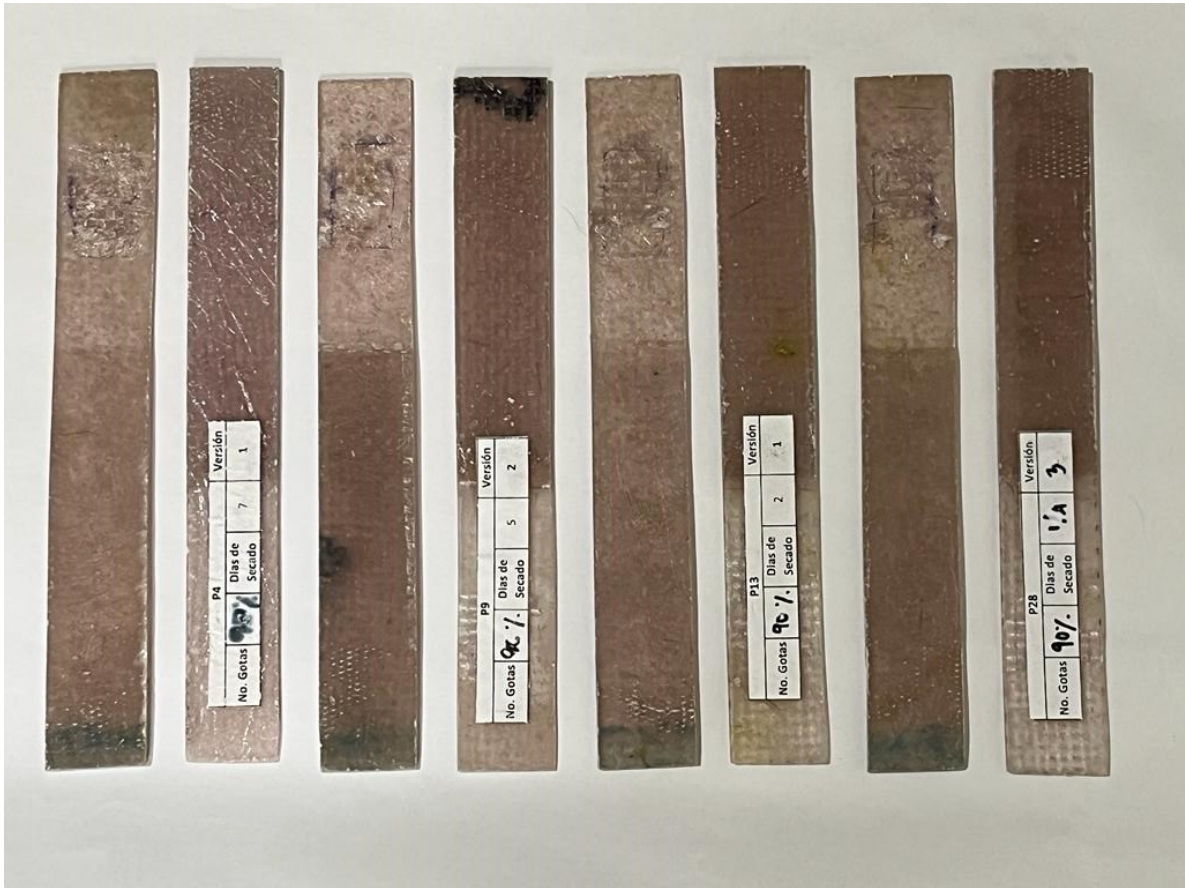


Figura F.3. Delaminación del espécimen para 82% HR.  
 a) 0.25 días curado; b) 2 días curador; c) 5 días curado; d) 7 días curado



a)

b)

c)

d)

Figura F.4. Delaminación del espécimen para 90% HR.

a) 0.25 días curado; b) 2 días curado; c) 5 días curado; d) 7 días curado

## **APÉNDICE G**

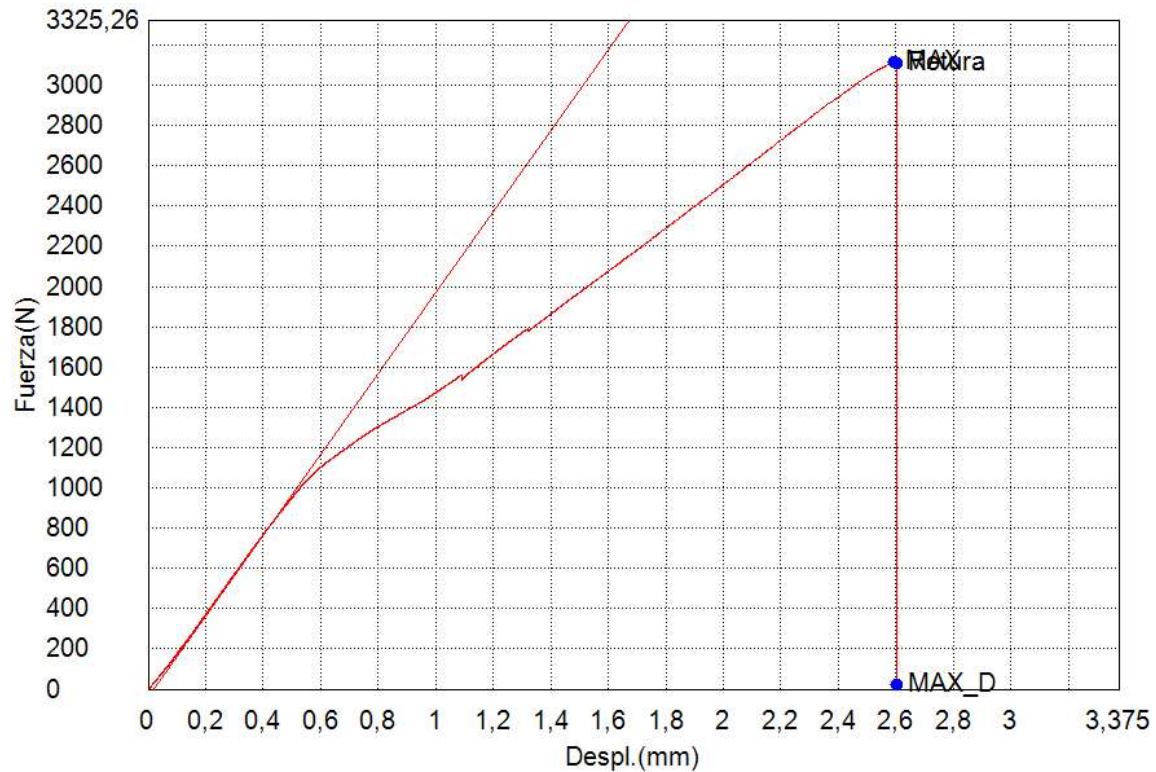
### **Informe de Ensayos de Tracción – Software Trapezium**

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor70%0.25-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max. Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M<70%-0.25-P1	575,818	--	19,5901	3113,70

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M<70%-0.25-P1	3107,62



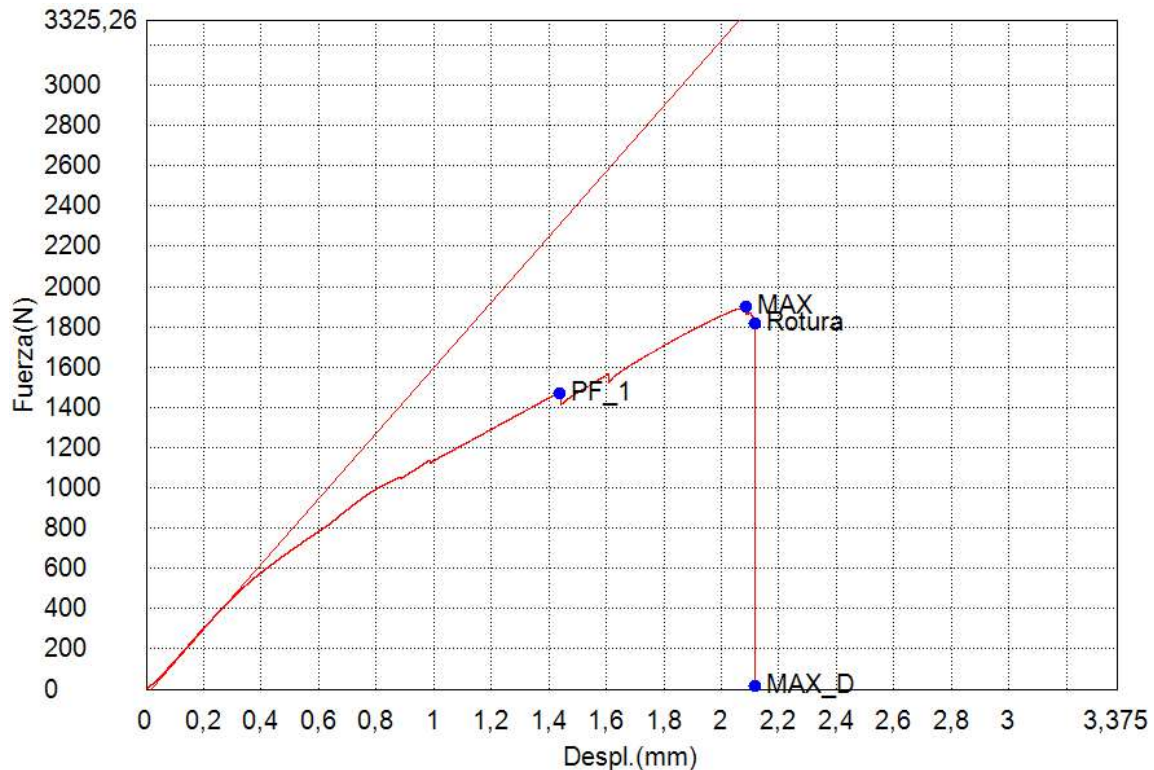
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M<70%-0.25-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor70%-0.25-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M<70%-0.25-P2	465,766	1468,07	17,6032	1898,92

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M<70%-0.25-P2	1818,66



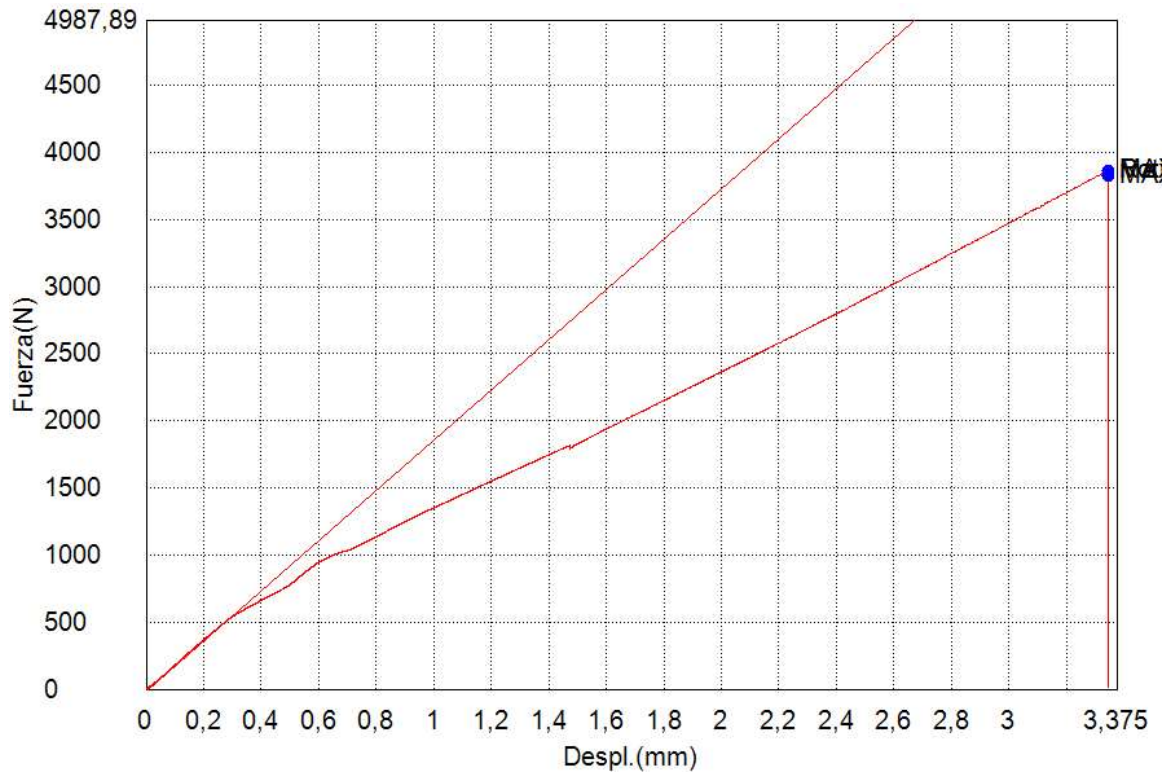
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M<70%-0.25-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor70%-0.25-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max. Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M<70%-0.25-P3	536,219	--	3829,08	3865,77

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M<70%-0.25-P3	3862,94



Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M<70%-0.25-P3	9,5000	27,3000	74,3000

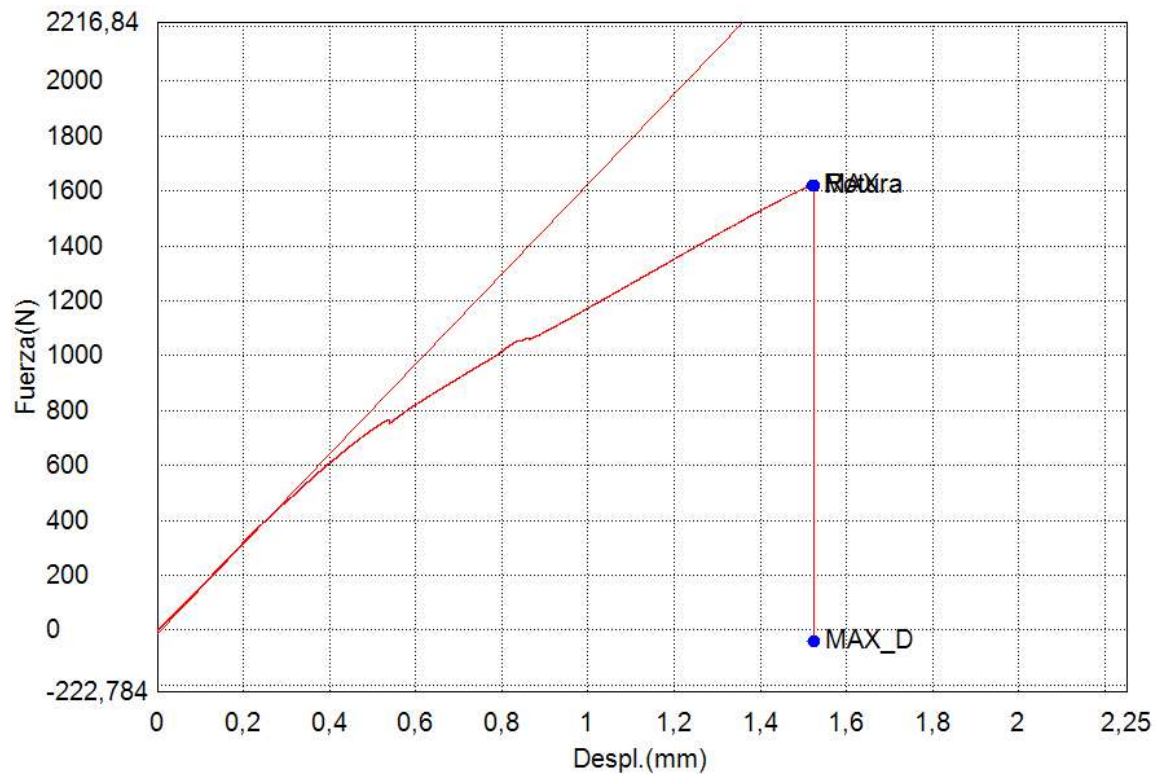


# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor70%-2-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Deived	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max. Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M<70%-2-P1	469,734	--	-40,33248	1621,63

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M<70%-2-P1	1621,03



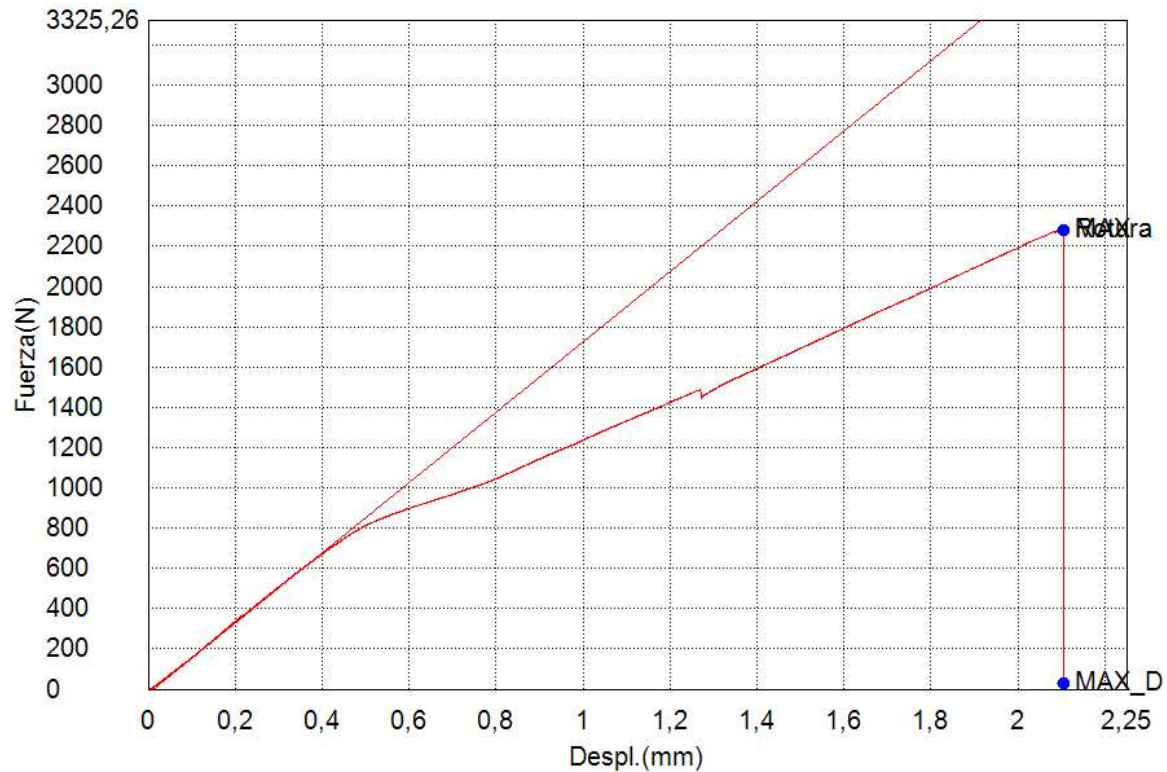
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M<70%-2-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor70%-2-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Deived	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max. Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M<70%-2-P2	500,357	--	27,8870	2282,60

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M<70%-2-P2	2282,53



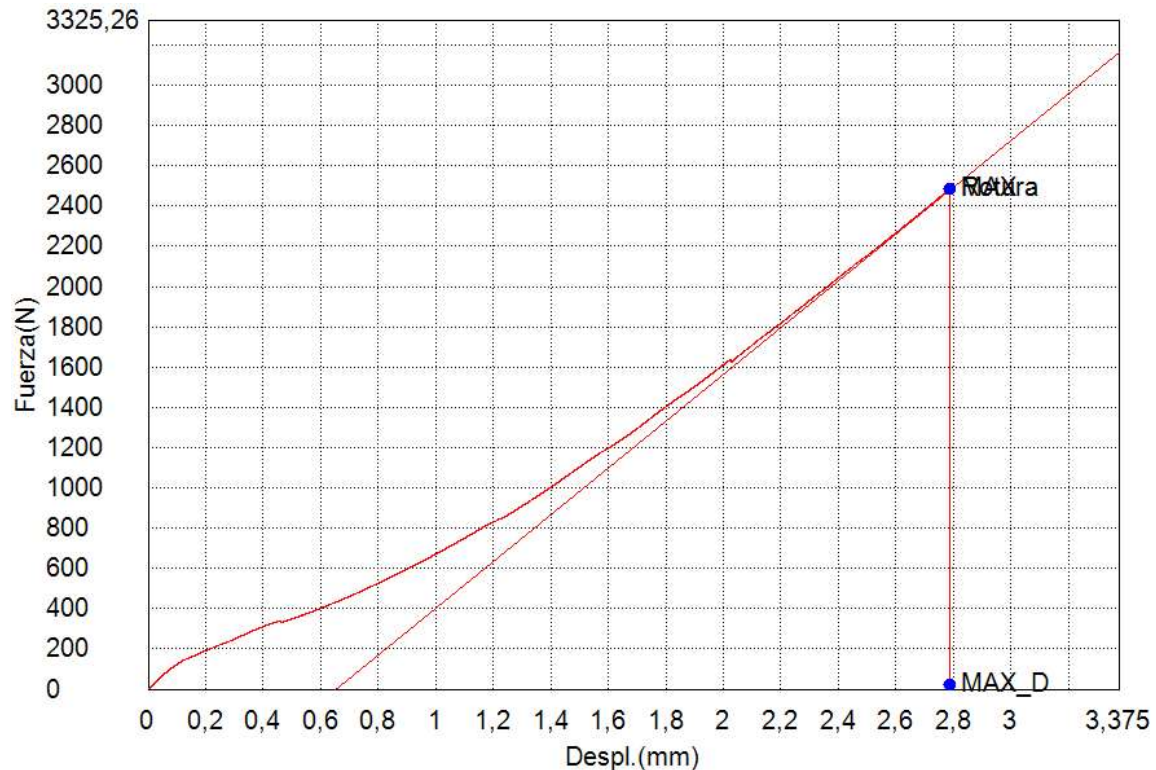
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M<70%-2-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor70%-2-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Deived	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max. Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M<70%-2-P3	332,888	--	23,1425	2482,96

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M<70%-2-P3	2482,96



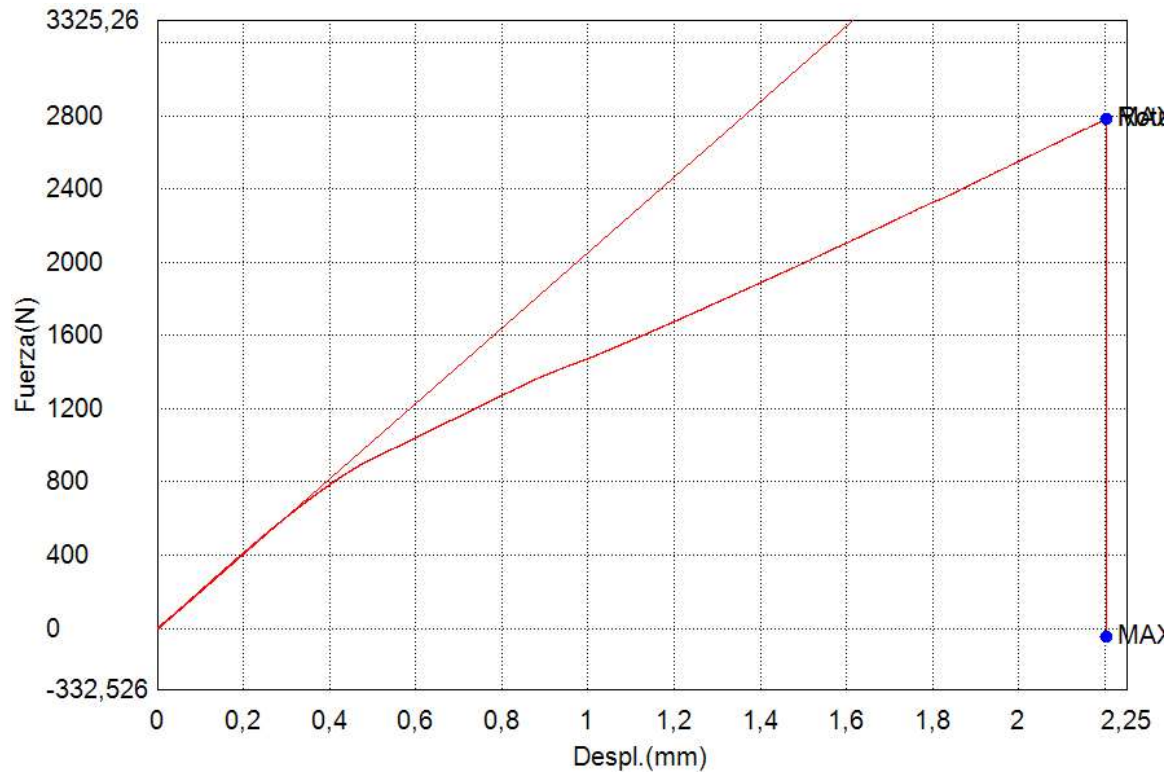
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M<70%-2-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor70%-5-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M<70%-5-P1	590,820	-.-	-44,17102	2783,14

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M<70%-5-P1	2782,27



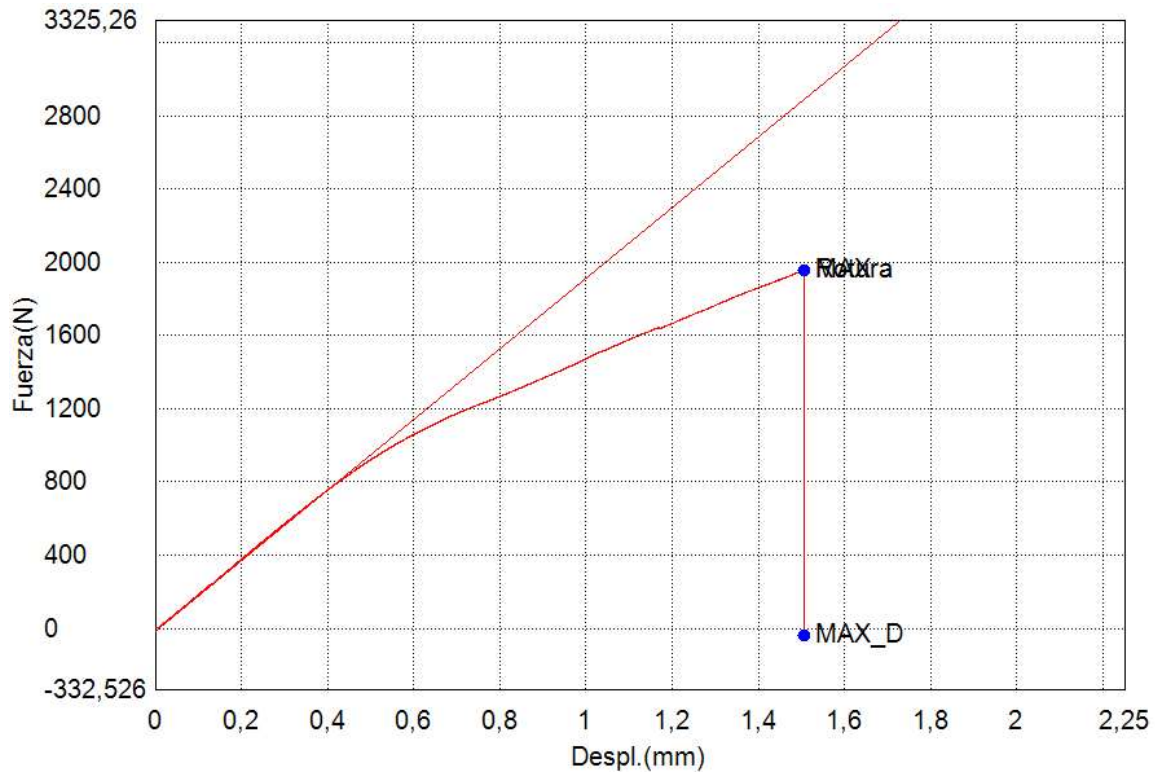
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M<70%-5-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor70%-5-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M<70%-5-P2	552,921	--	-42,34314	1956,81

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M<70%-5-P2	1956,81



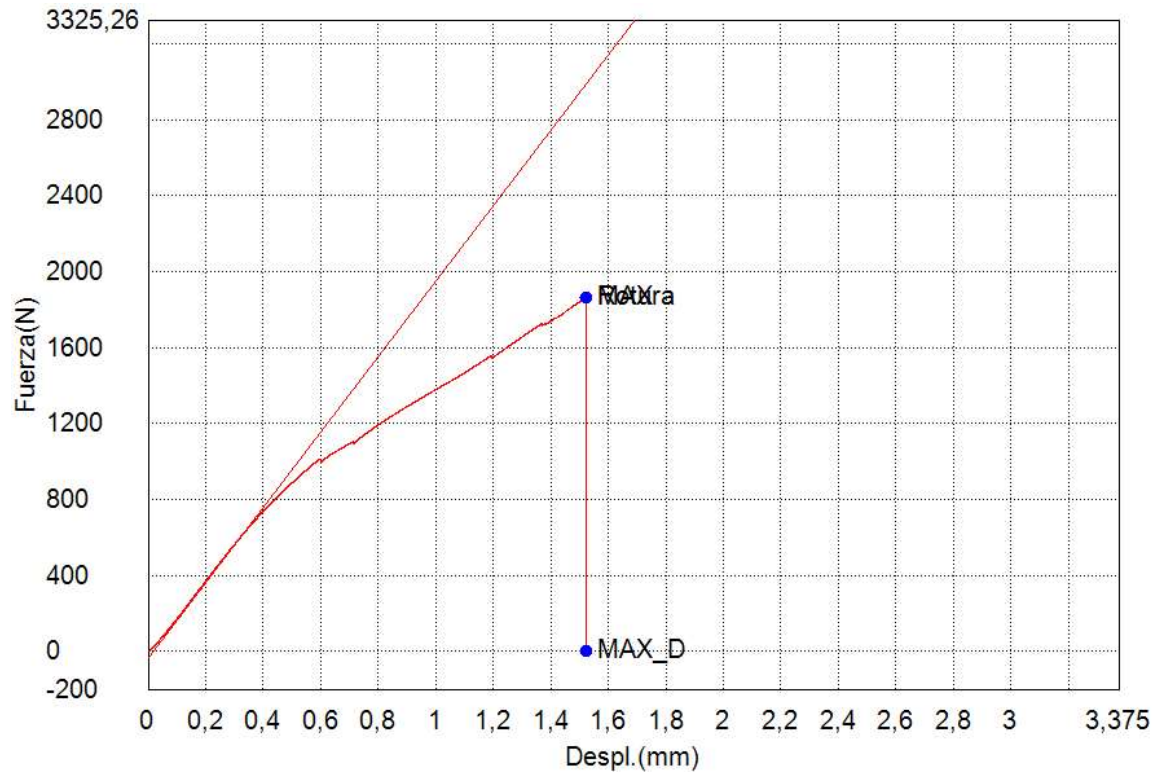
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M<70%-5-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-5-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-5-P3	569,030	--	0,81857	1862,87

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-5-P3	1862,87



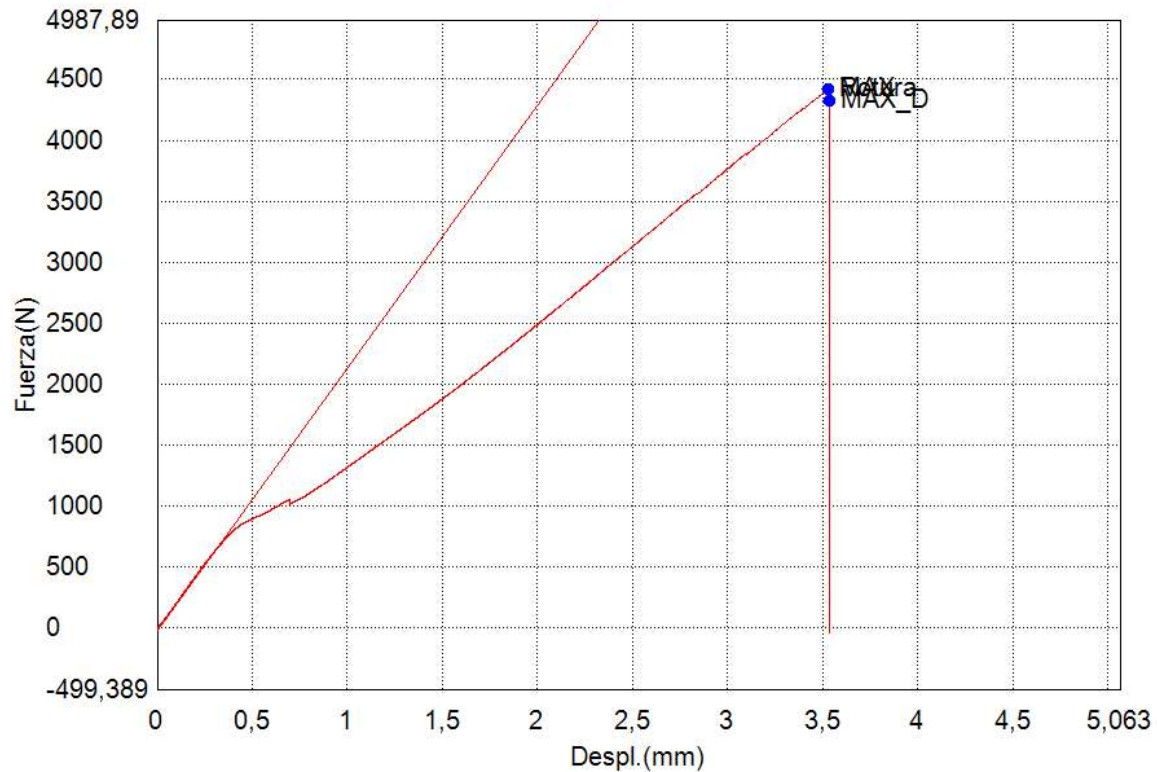
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-5-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor70%-7-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Deived	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M<70%-7-P1	617,572	--	4324,22	4421,90

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M<70%-7-P1	4421,90



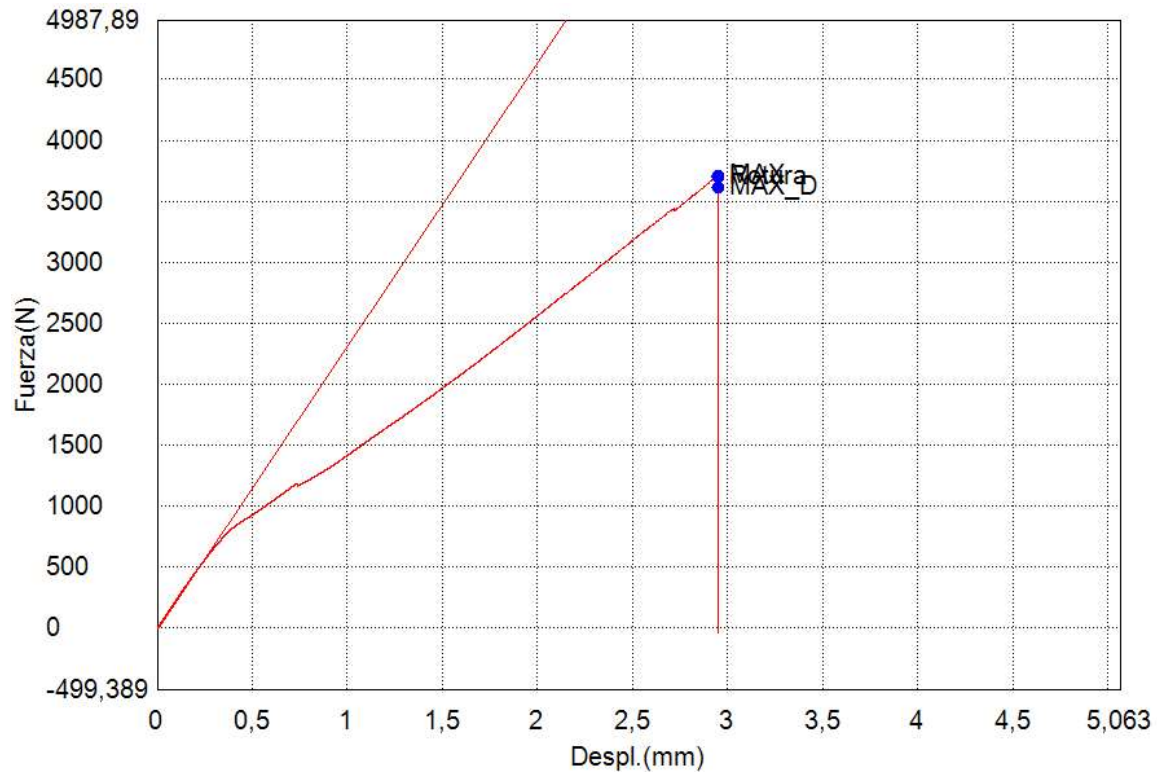
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M<70%-7-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor70%-7-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Deived	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M<70%-7-P2	666,179	--	3610,08	3708,64

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M<70%-7-P2	3701,31



Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M<70%-7-P2	9,5000	27,3000	74,3000

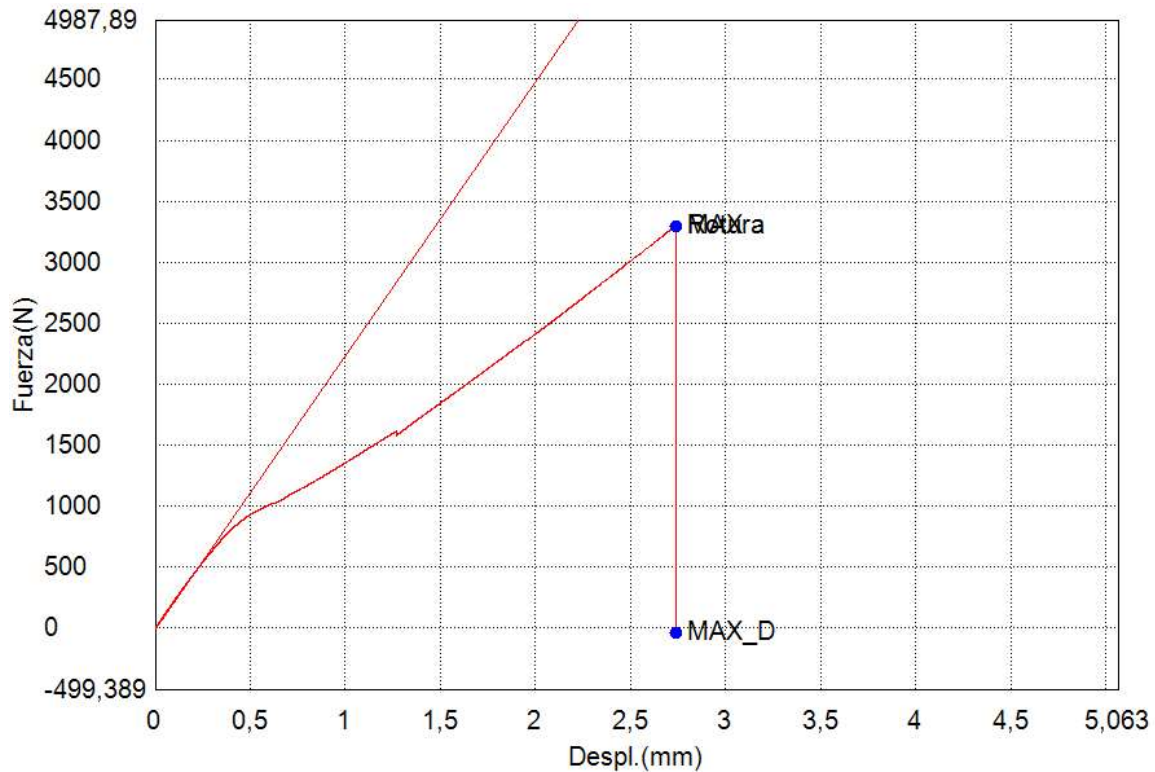


# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor70%-7-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Deived	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M<70%-7-P3	643,462	--	-42,52593	3297,97

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M<70%-7-P3	3296,35



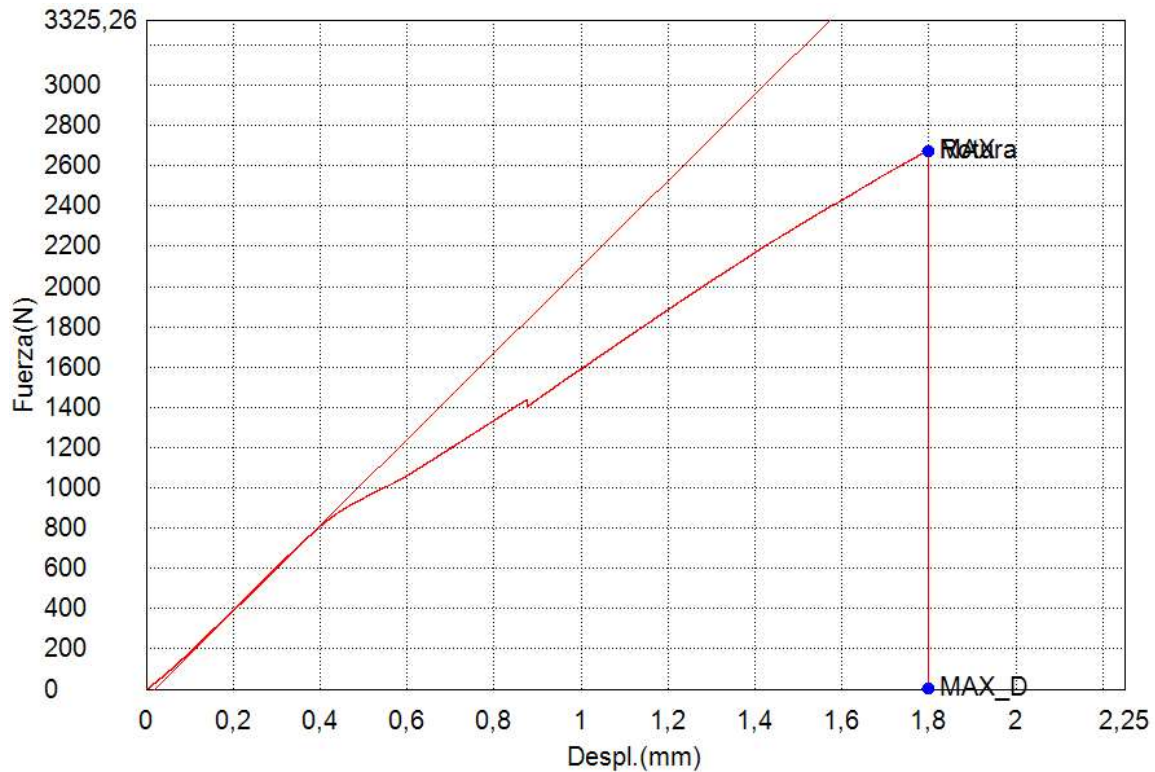
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M<70%-7-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M78%-0.25-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	23/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,75mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max. Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M78%-0.25-P1	613,329	--	2,16166	2673,39

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M78%-0.25-P1	2673,38



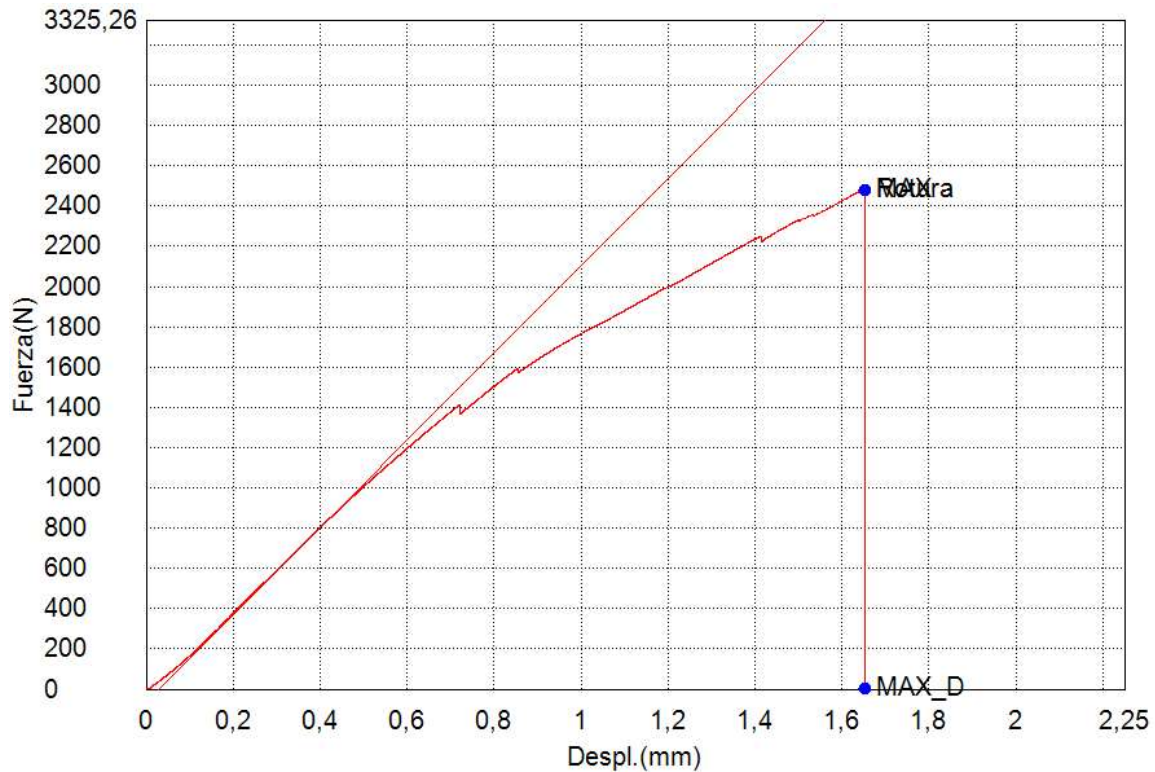
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M78%-0.25-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M78%-0.25-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	23/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,75mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max. Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M78%-0.25-P3	621,381	--	1,97093	2482,48

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M78%-0.25-P3	2482,48



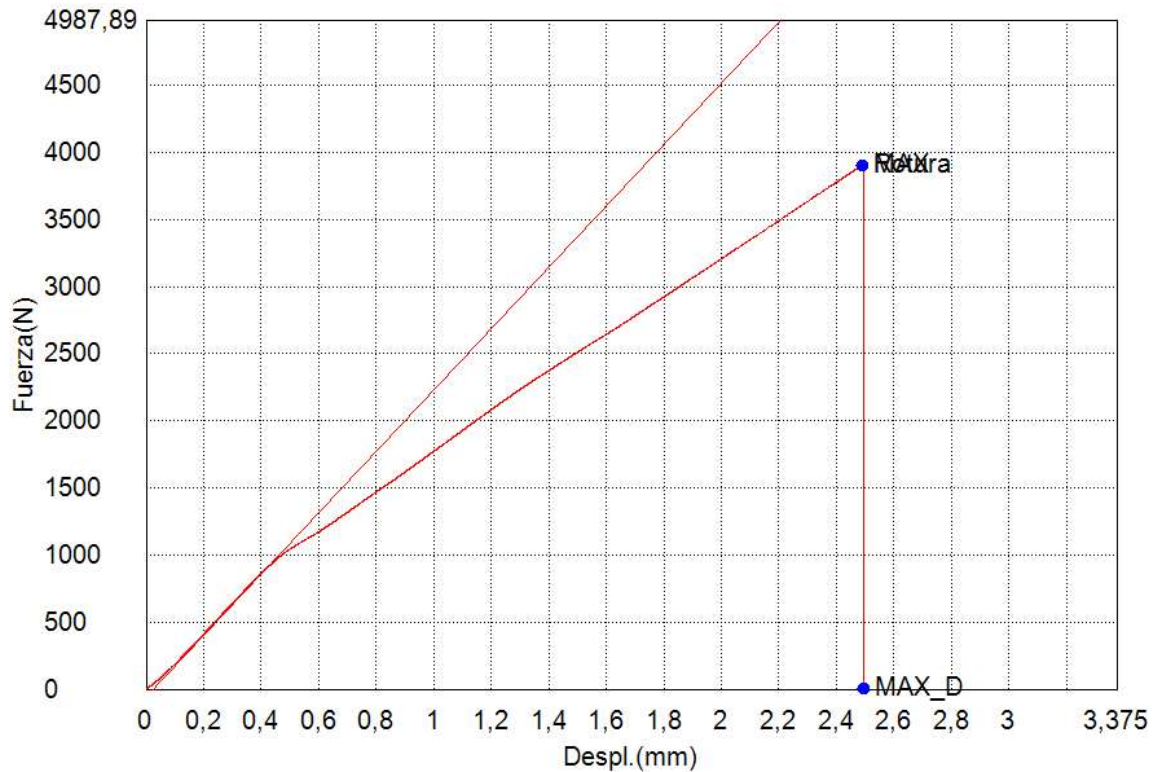
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M78%-0.25-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M78%-0.25-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	23/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,75mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M78%-0.25-P3	654,984	--	1,32720	3901,37

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M78%-0.25-P3	3901,19



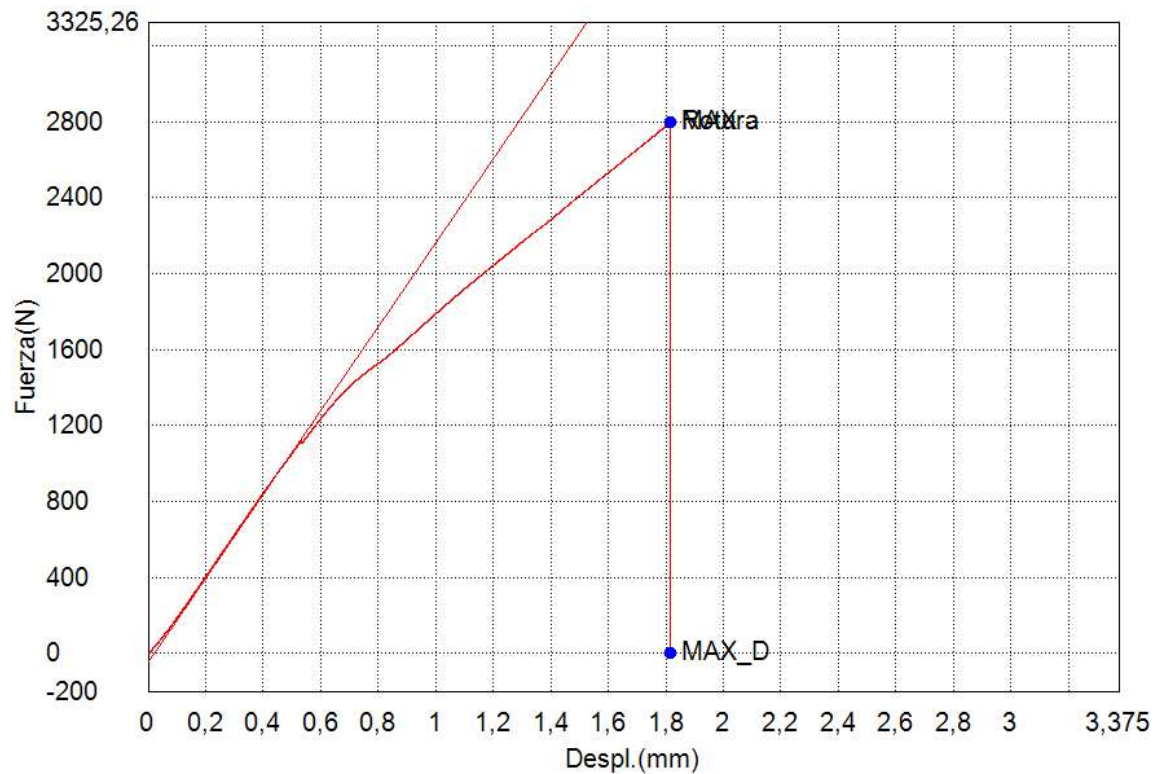
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M78%-0.25-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M78%-2-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	23/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,75mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M78%-2-P2	632,938	--	2,51929	2795,01

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M78%-2-P2	2795,01



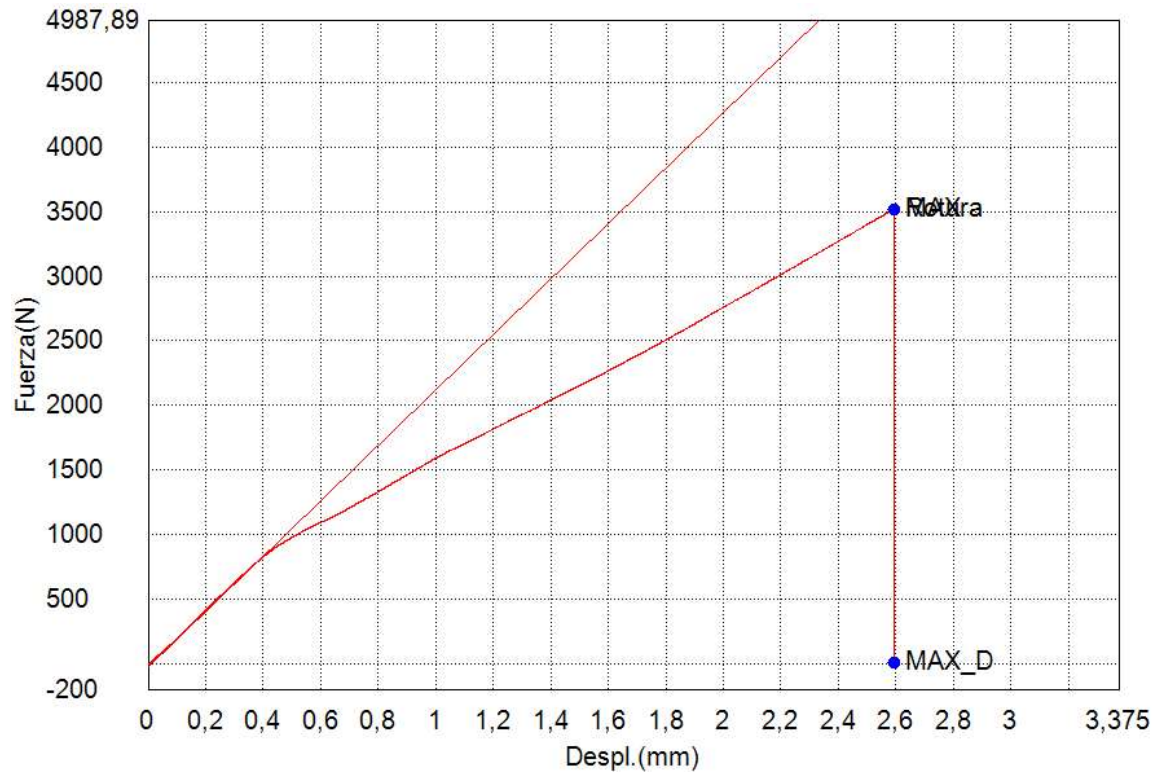
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M78%-2-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M78%-2-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	23/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,75mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M78%-2-P2	615,654	--	4,11669	3515,23

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M78%-2-P2	3514,97



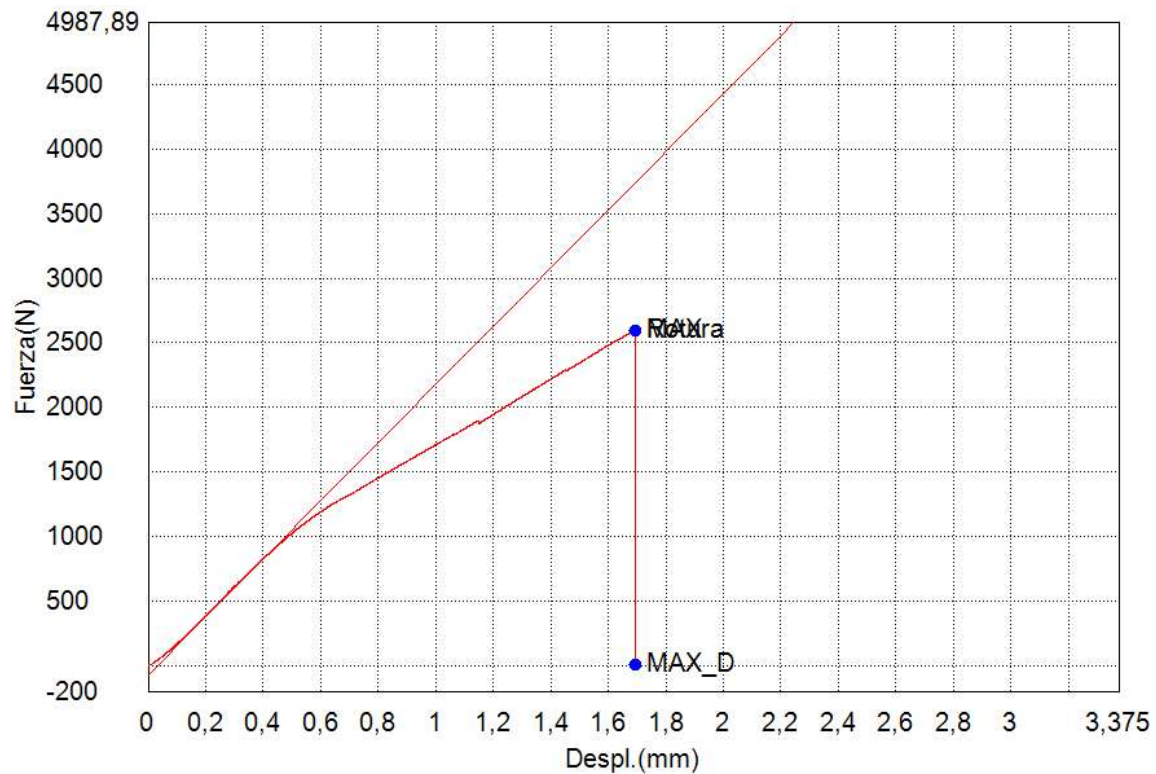
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M78%-2-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M78%-2-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	23/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,75mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M78%-2-P3	645,513	--	2,73387	2598,72

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M78%-2-P3	2598,72



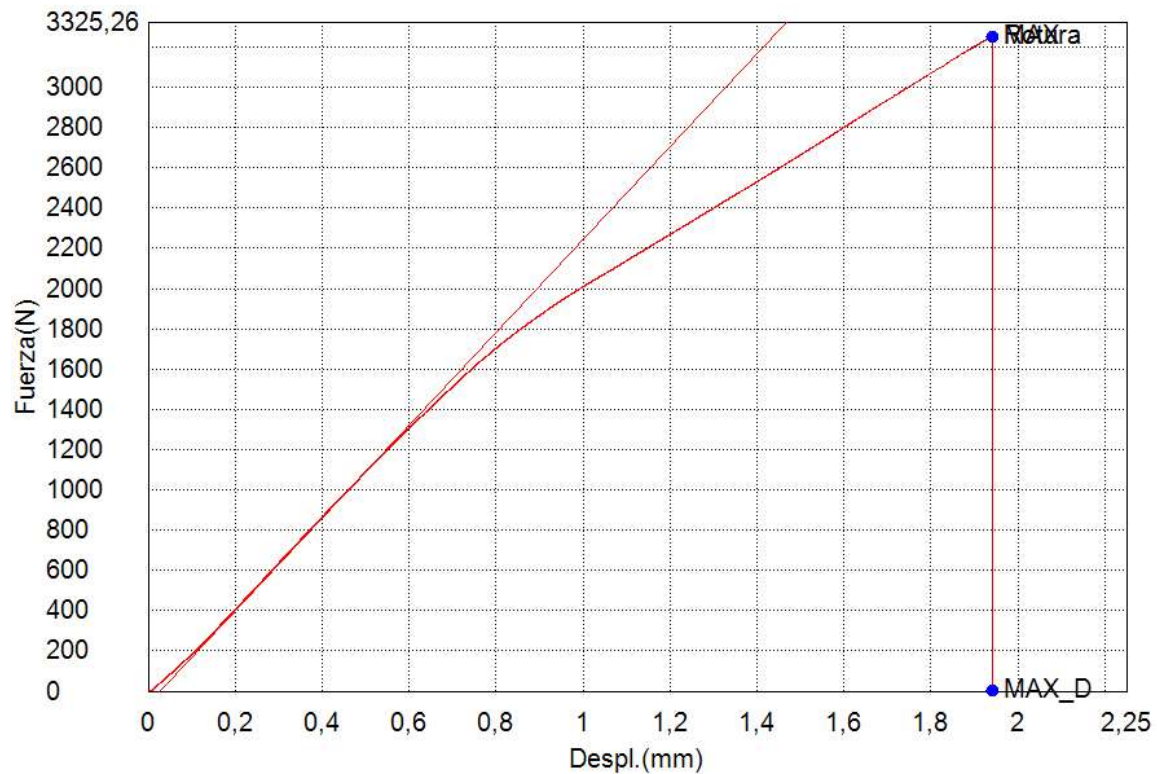
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M78%-2-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M78%-5-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	23/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,75mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Deived	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max. Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M78%-5-P1	660,908	--	1,12057	3253,79

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M78%-5-P1	3253,75



Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M78%-5-P1	9,5000	27,3000	74,3000

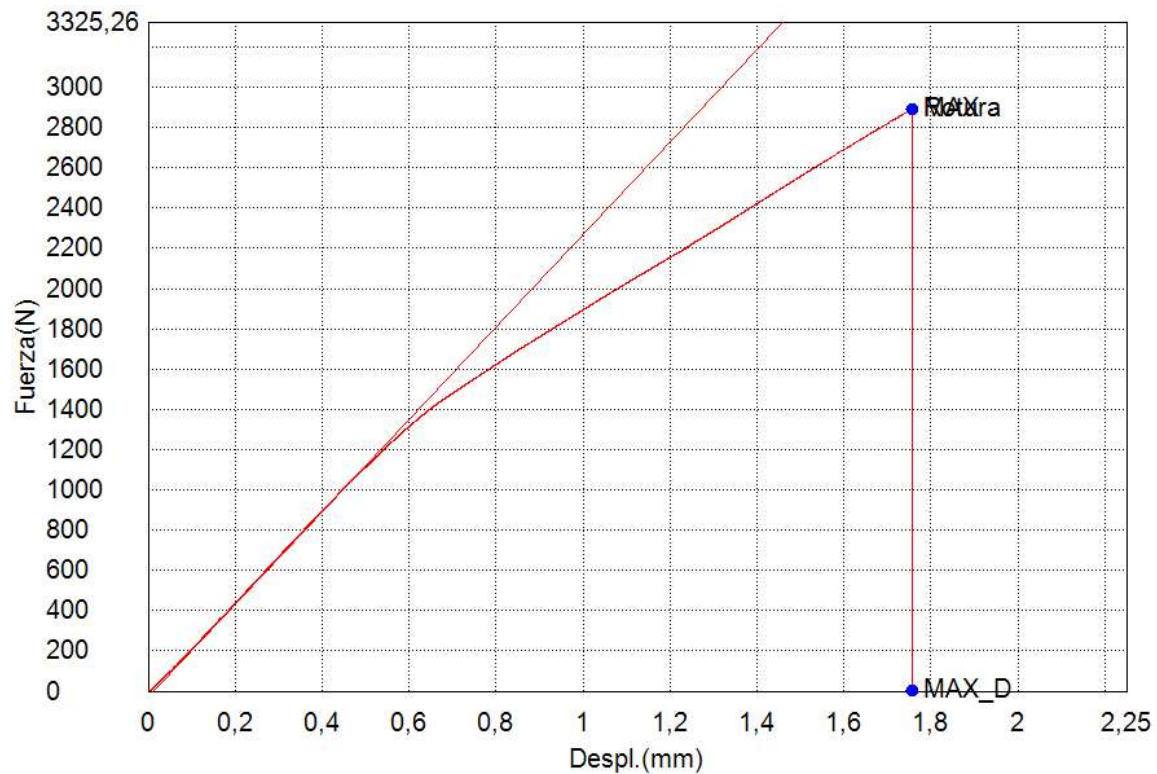


# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M78%-5-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	23/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,75mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M78%-5-P2	658,030	--	3,09944	2891,45

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M78%-5-P2	2891,45



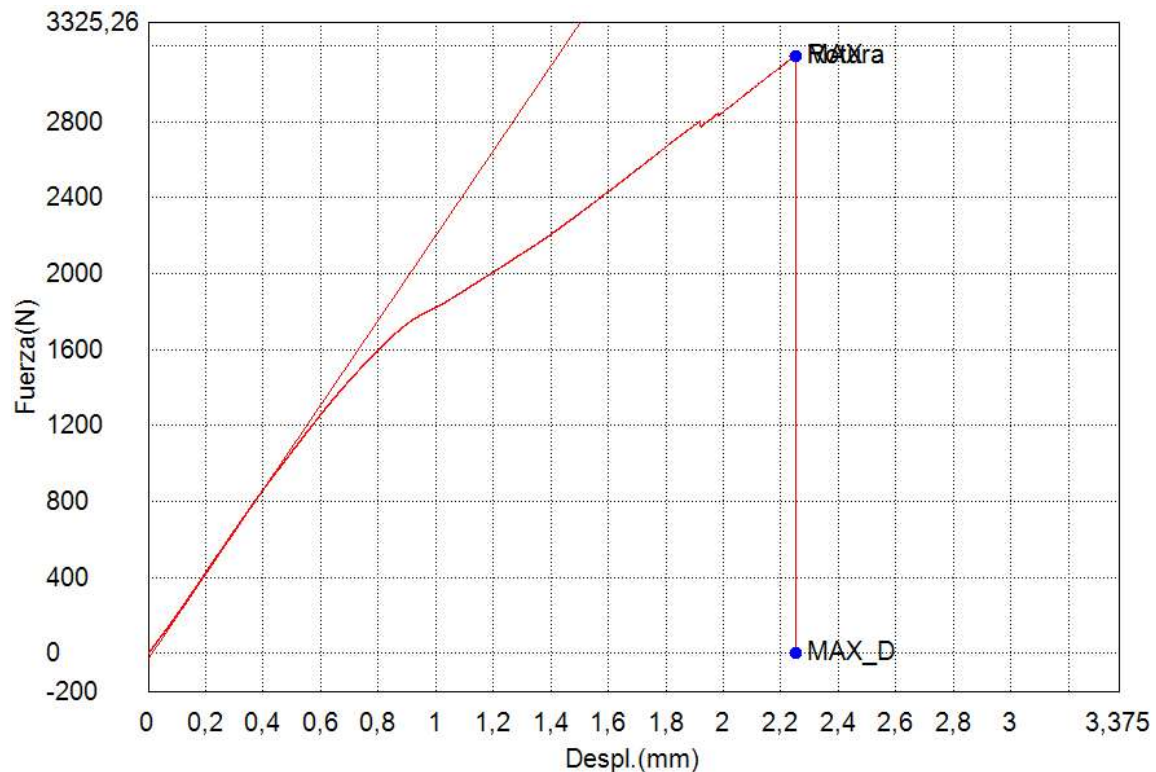
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M78%-5-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M78%-5-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	23/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,75mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M78%-2-P1	639,123	--	2,69413	3146,06

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M78%-2-P1	3146,06



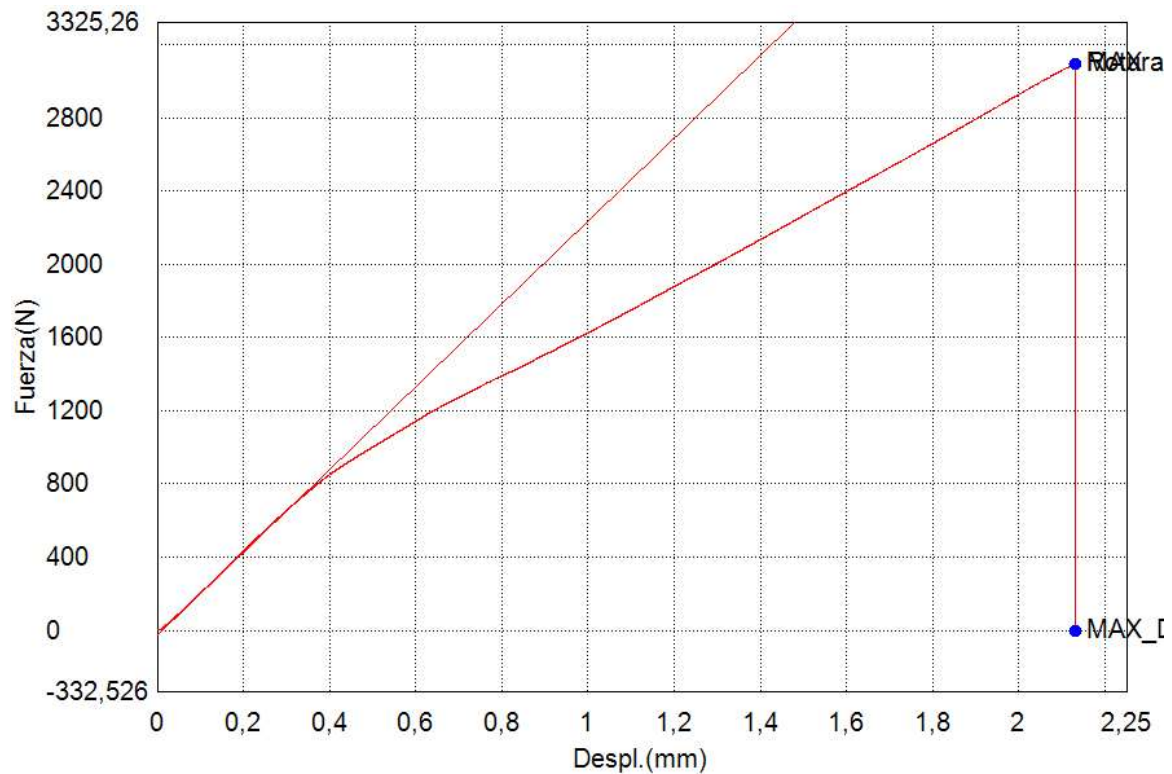
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M78%-2-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M78%-7-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	23/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,75mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M78%-7-P1	648,549	--	-2,06629	3091,98

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M78%-7-P1	3091,98



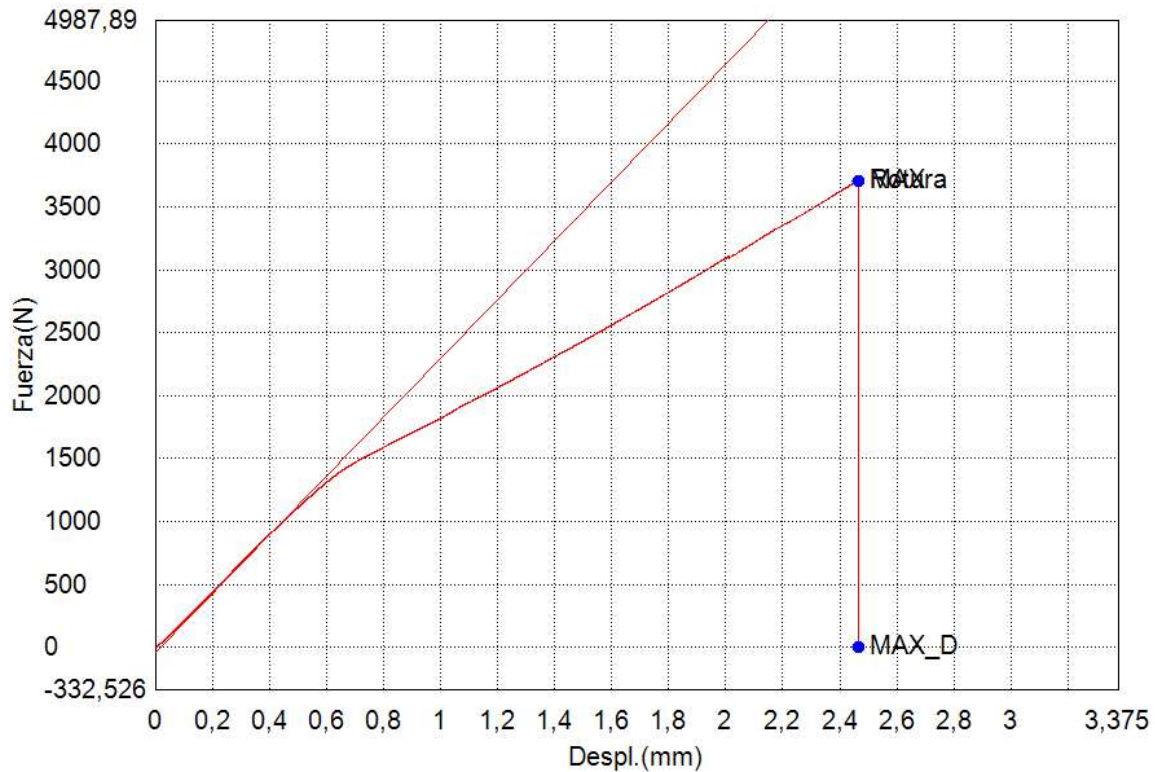
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M78%-7-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M78%-7-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	23/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,75mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M78%-7-P2	670,147	-.-	-0,63578	3710,29

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M78%-7-P2	3710,29



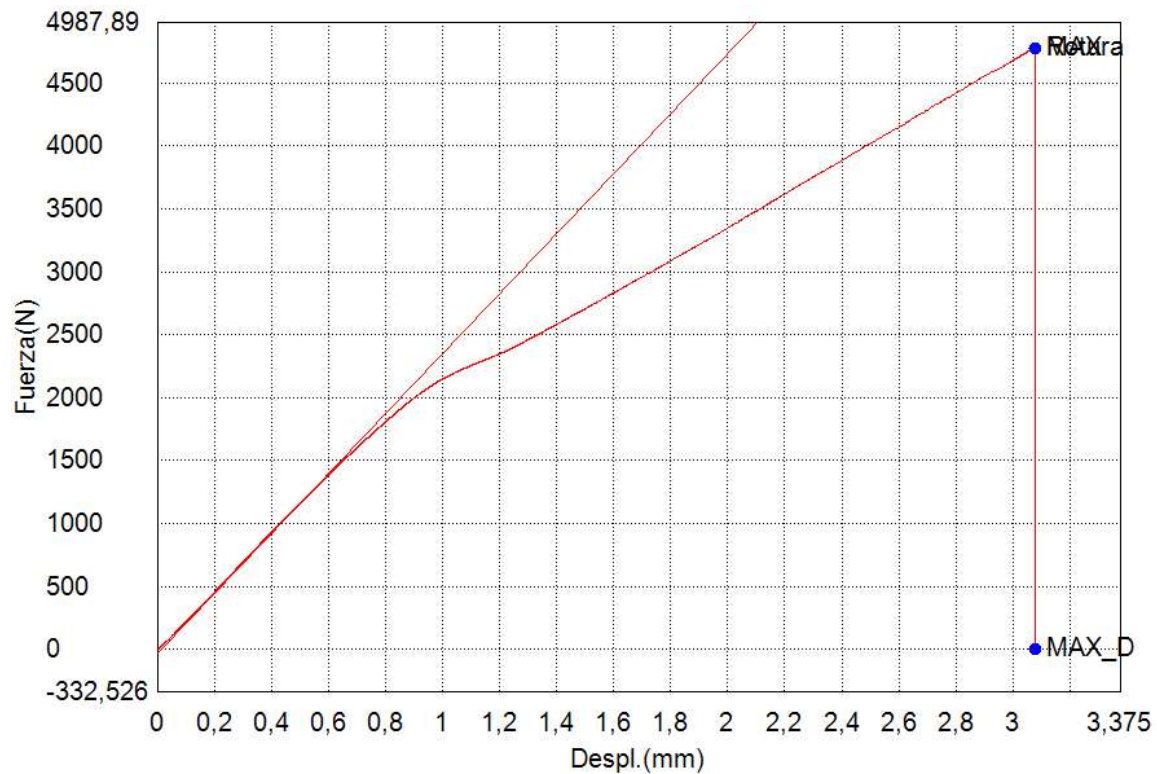
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M78%-7-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M78%-7-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	23/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,75mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M78%-7-P3	683,389	--	2,75771	4781,48

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M78%-7-P3	4781,48



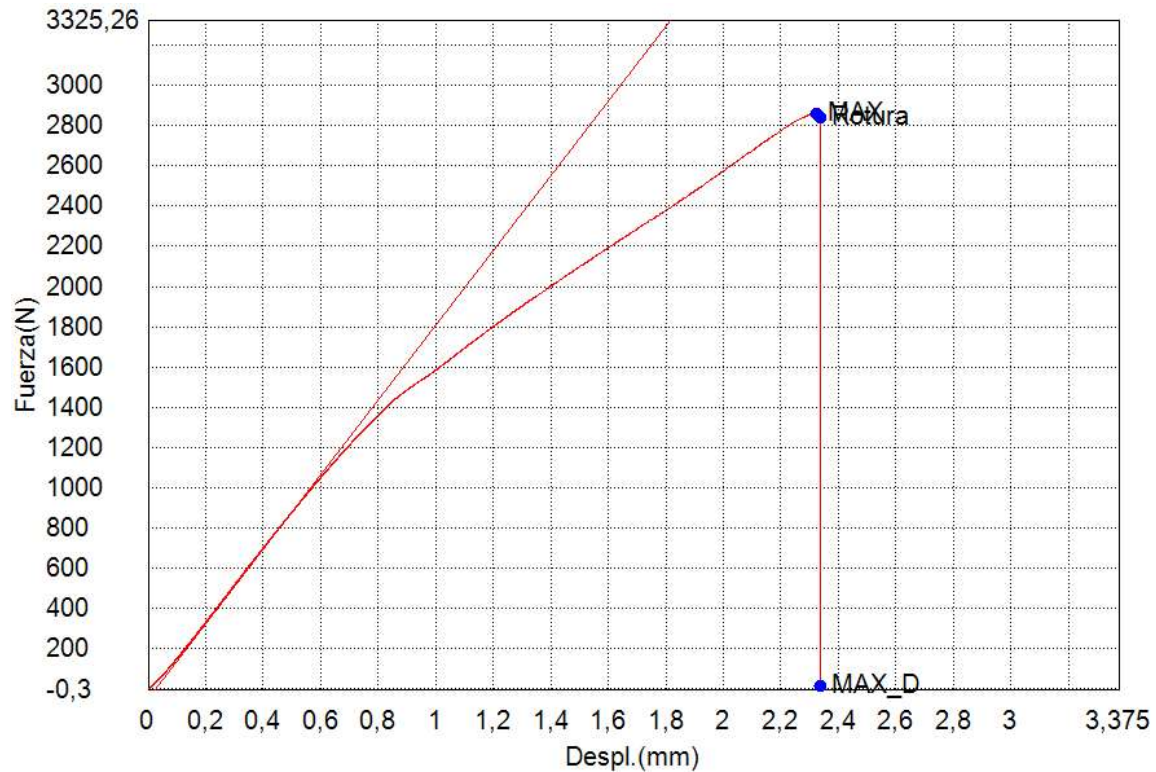
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M78%-7-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M82%-0.25-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M82%-0.25-P1	531,495	--	14,3528	2861,56

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M82%-0.25-P1	2836,49



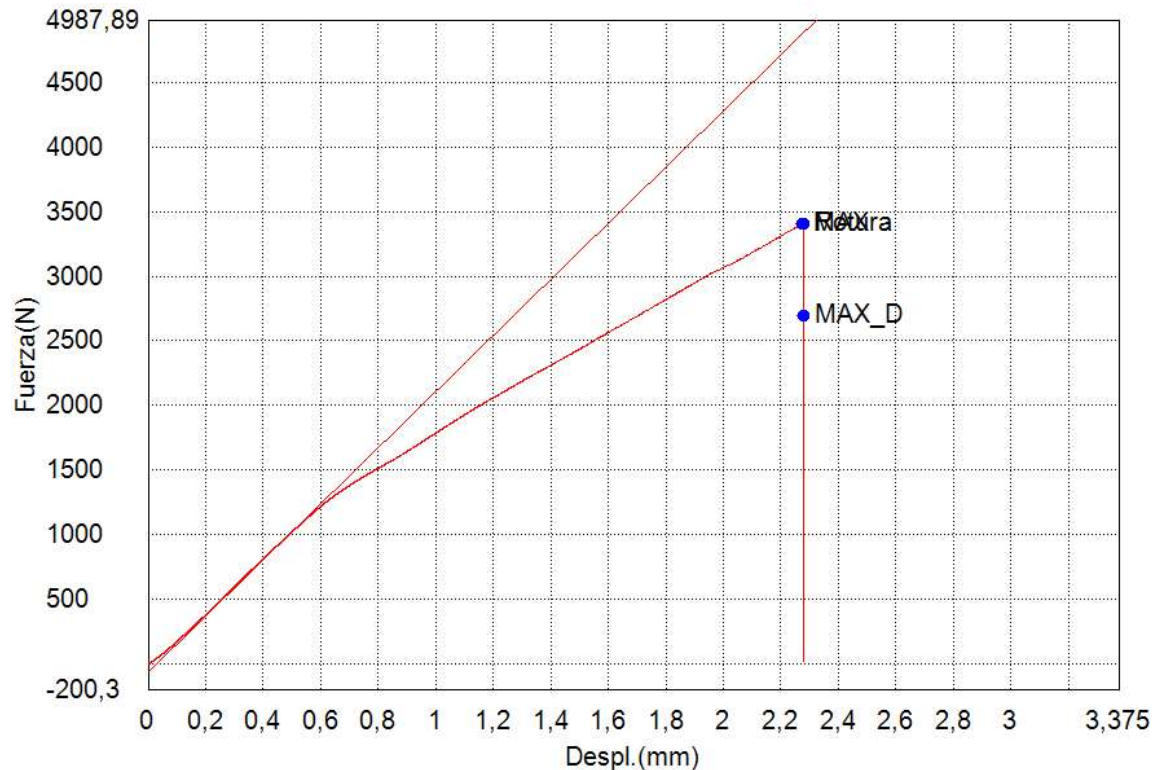
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M82%-0.25-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M82%-0.25-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M82%-0.25-P2	623,134	--	2694,07	3404,18

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M82%-0.25-P2	3403,27



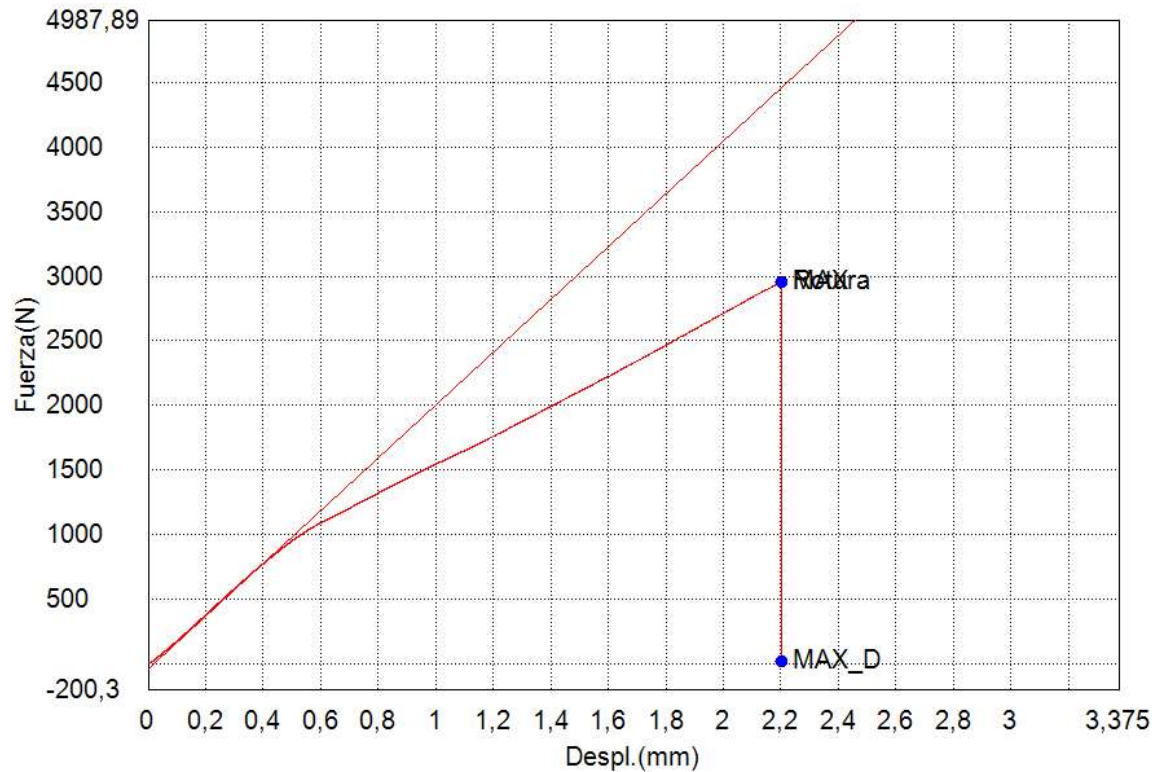
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M82%-0.25-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M82%-0.25-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M82%-0.25-P3	586,202	--	13,6852	2956,45

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M82%-0.25-P3	2956,45



Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M82%-0.25-P3	9,5000	27,3000	74,3000

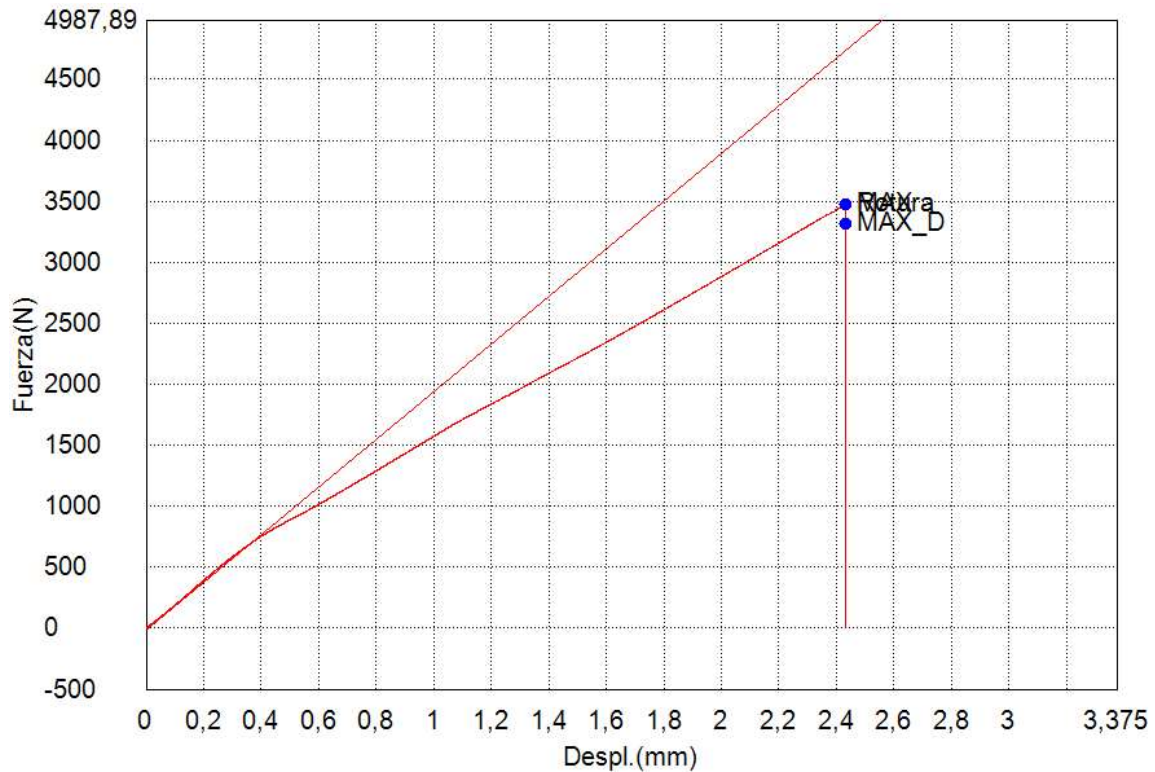


# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M82%-2-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M82%-2-P1	559,666	--	3320,38	3472,22

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M82%-2-P1	3472,20



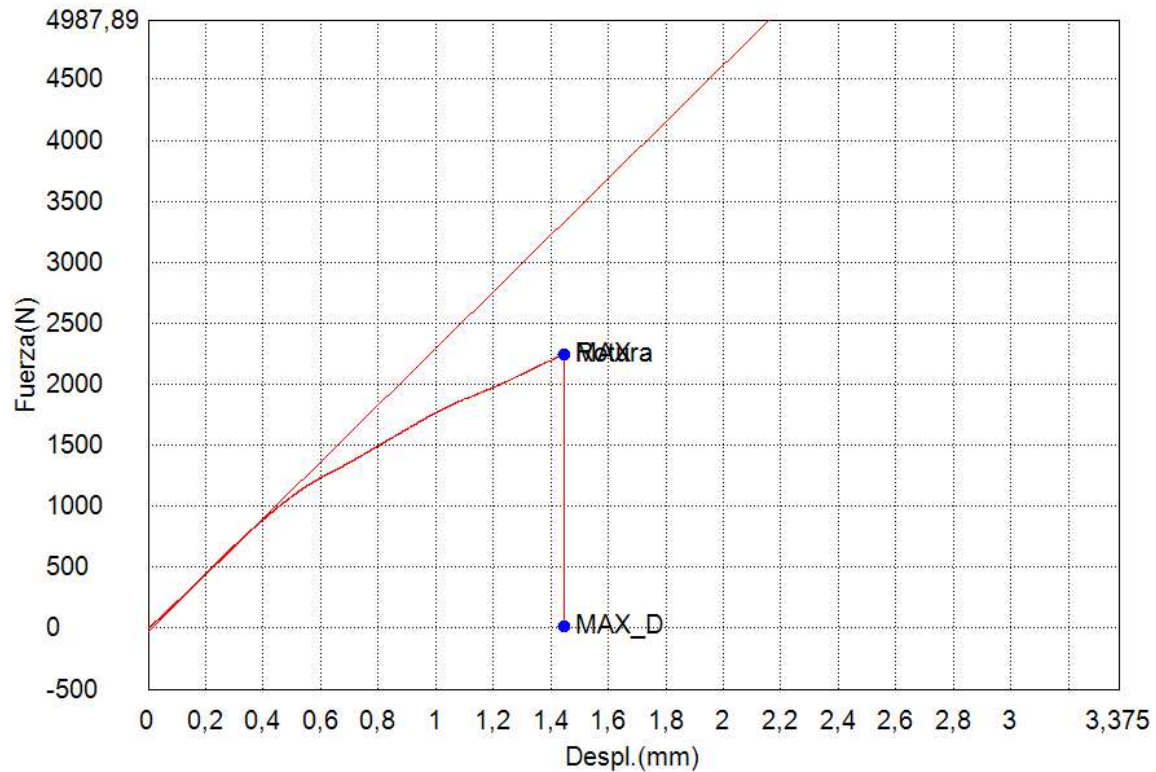
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M82%-2-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M82%-2-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M82%-2-P2	665,491	--	15,2032	2241,91

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M82%-2-P2	2241,57



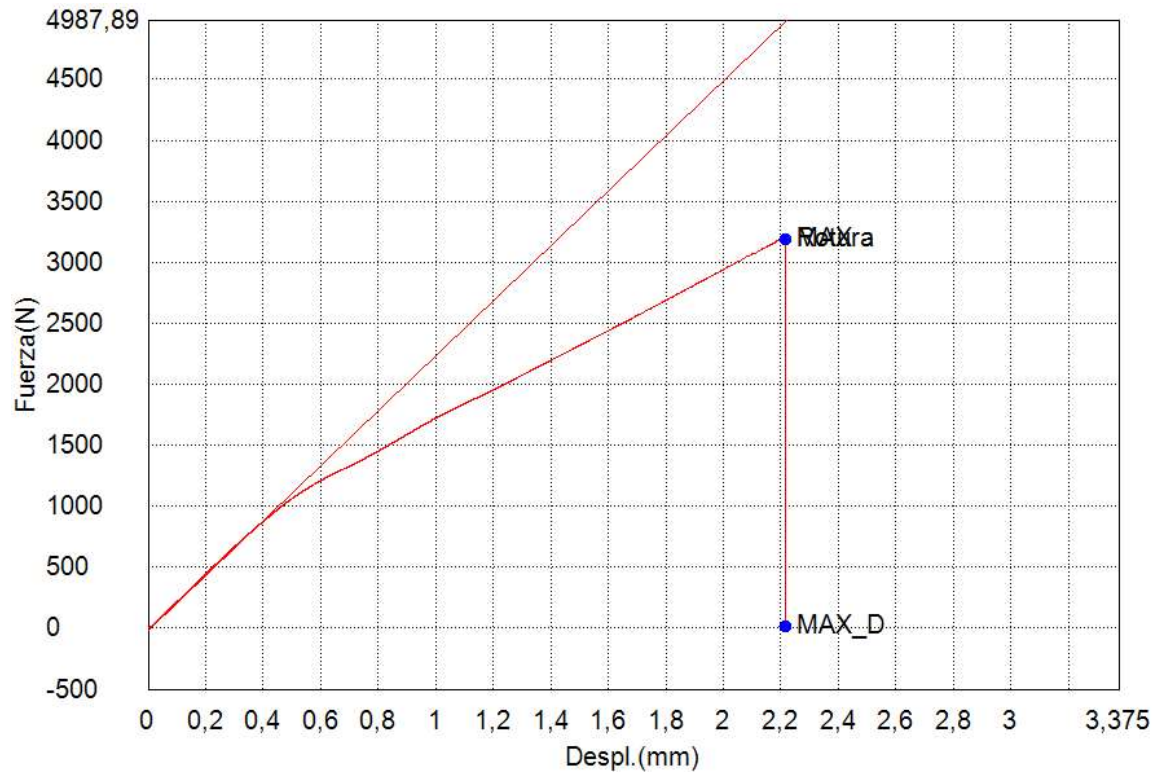
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M82%-2-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M82%-2-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M82%-2-P3	645,684	--	15,3224	3192,12

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M82%-2-P3	3192,08



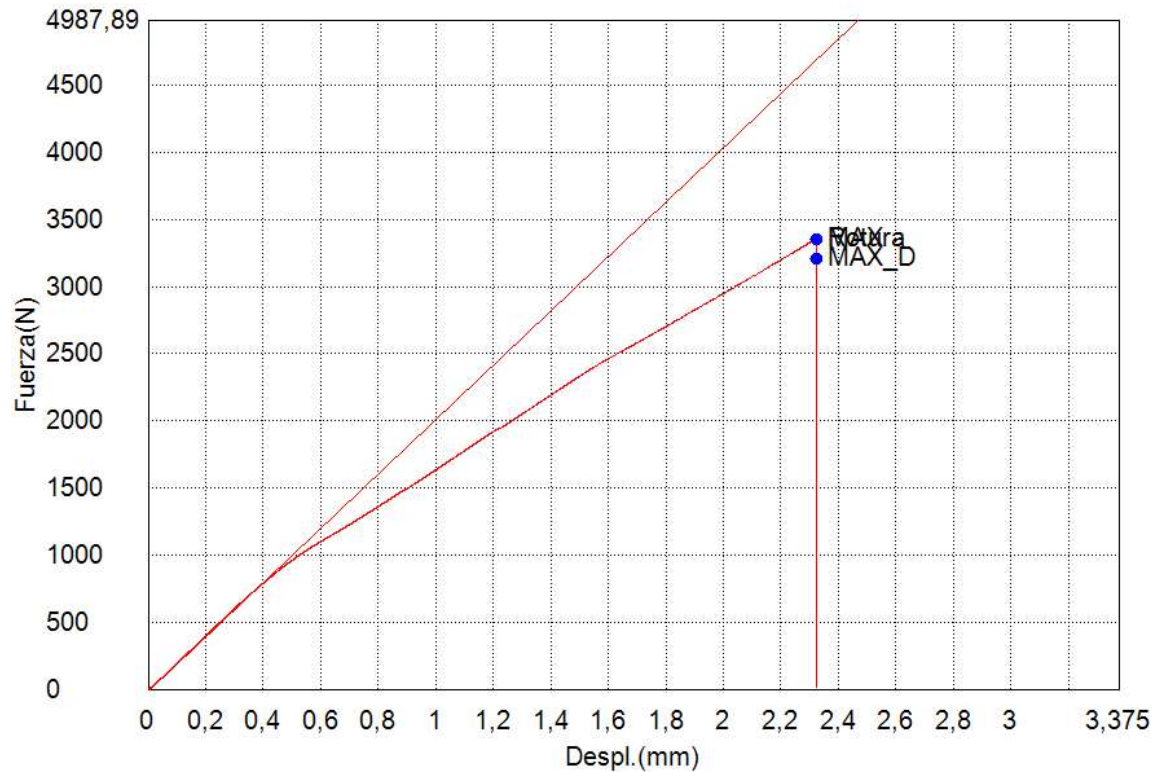
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M82%-2-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor82%-5-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M82%-5-P1	580,404	-.-	3209,18	3351,93

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M82%-5-P1	3351,93



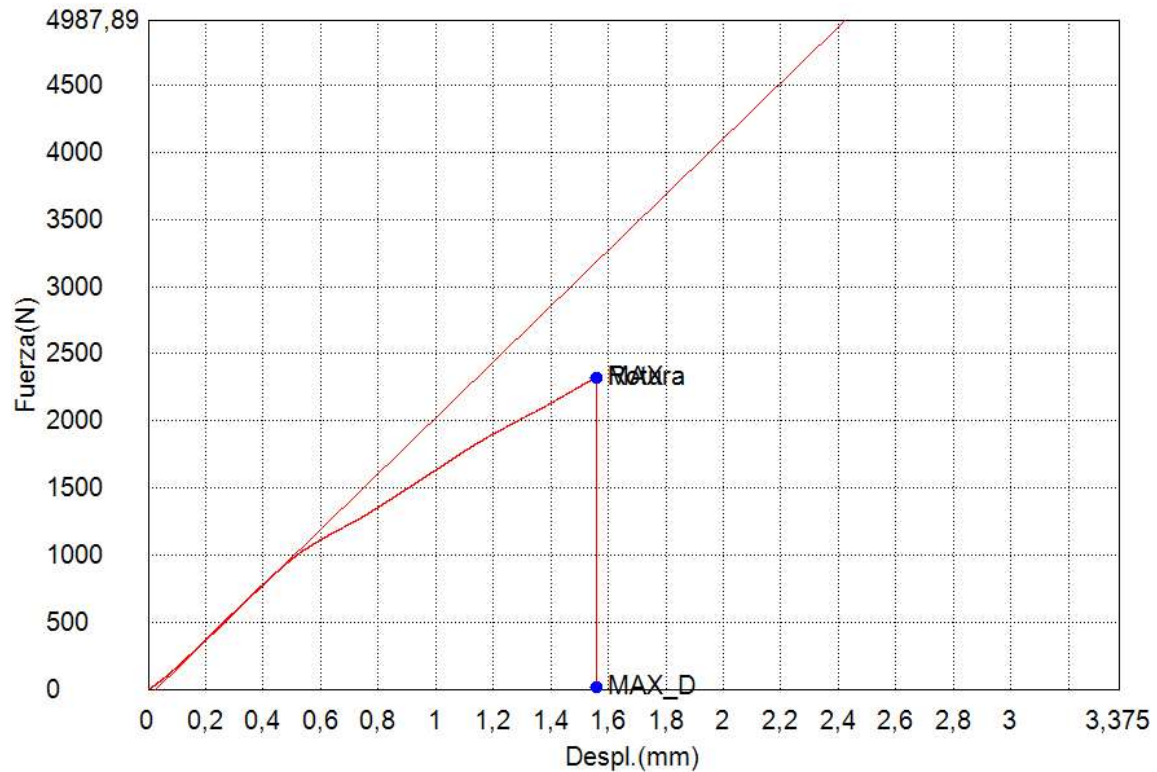
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M82%-5-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor82%-5-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M82%-5-P2	595,947	--	13,8680	2319,67

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M82%-5-P2	2319,67



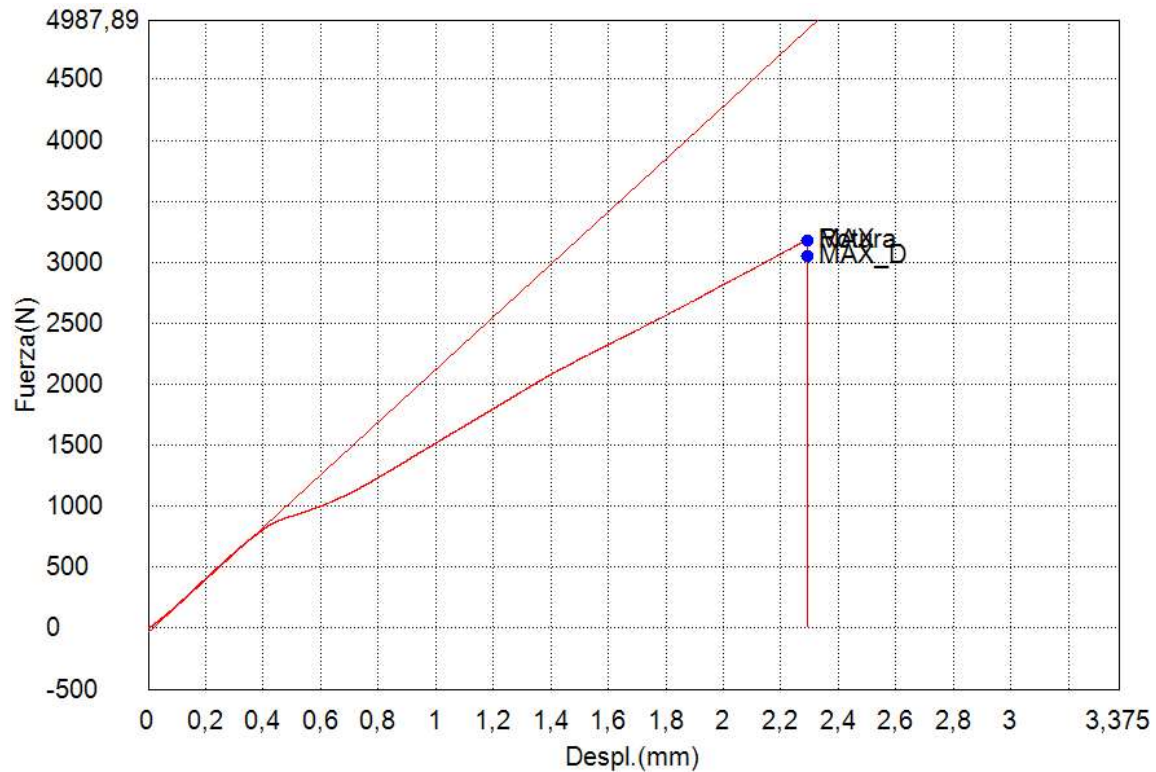
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M82%-5-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor82%-5-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M82%-5-P3	617,738	--	3055,64	3182,68

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M82%-5-P3	3182,68



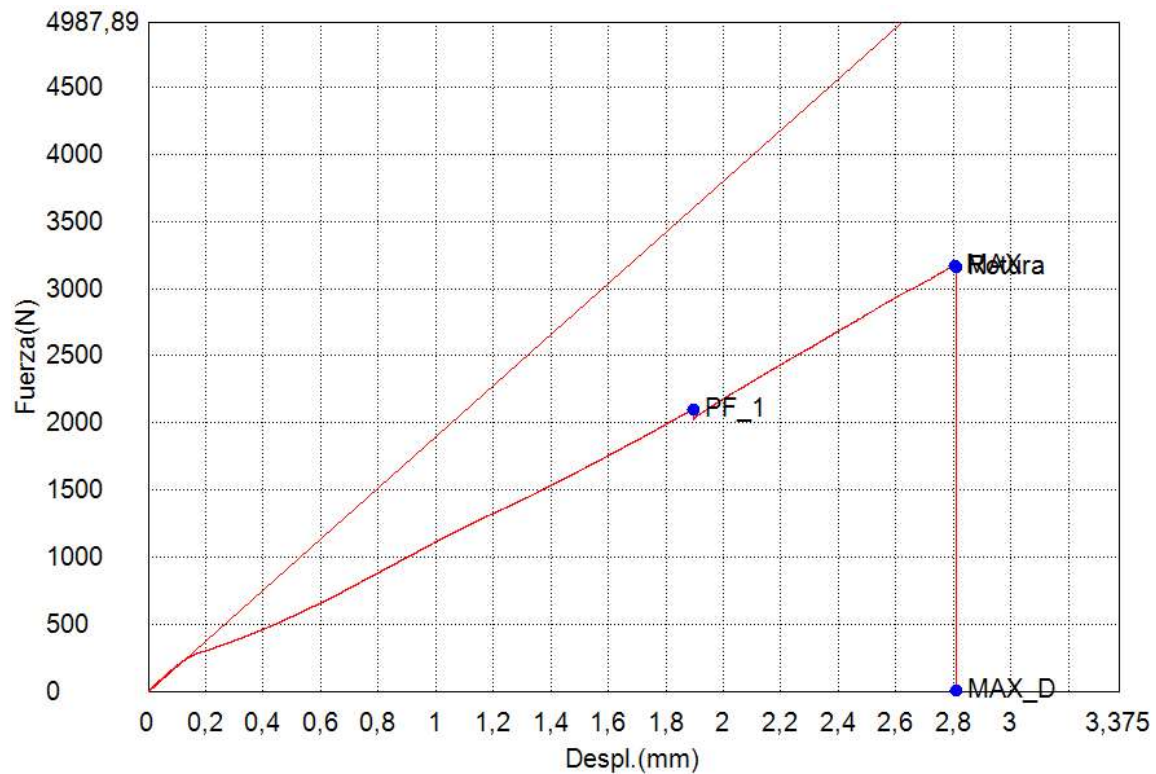
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M82%-5-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor82%-7-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M82%-7-P1	545,520	2101,20	7,30356	3167,16

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M82%-7-P1	3162,40



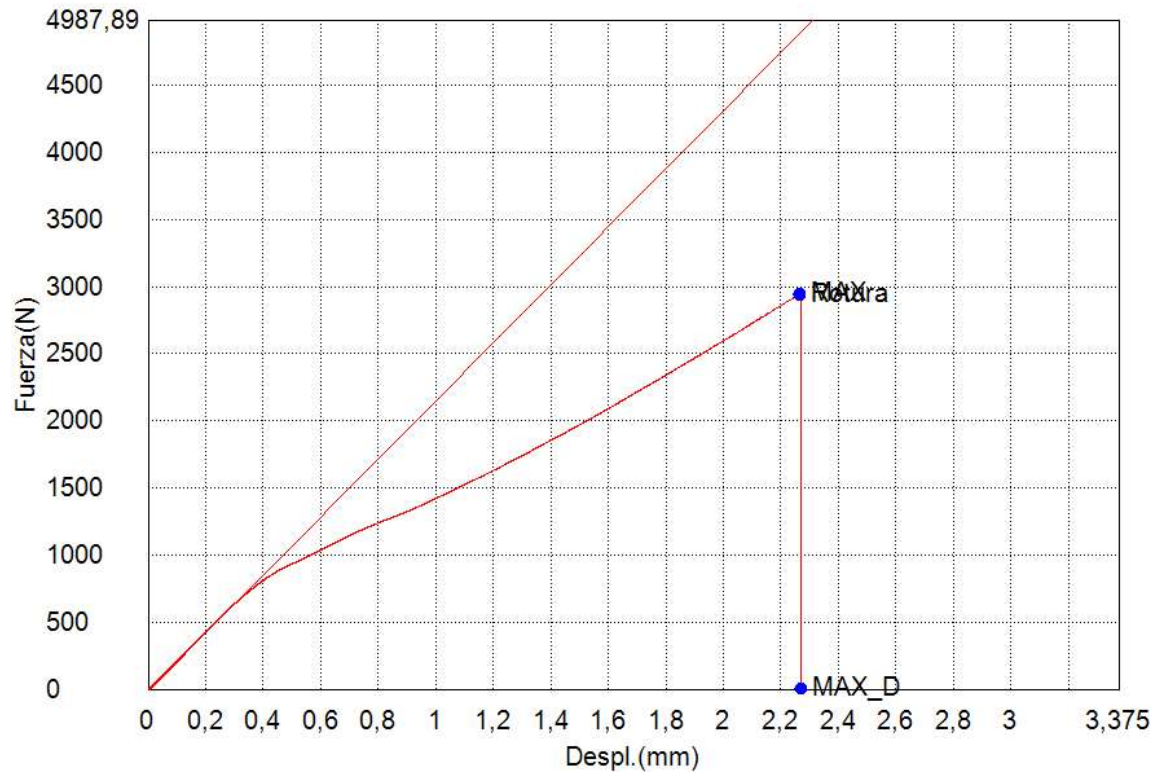
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M82%-7-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor82%-7-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M82%-7-P1	619,959	--	7,65324	2943,26

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M82%-7-P1	2937,03



Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M82%-7-P1	9,5000	27,3000	74,3000

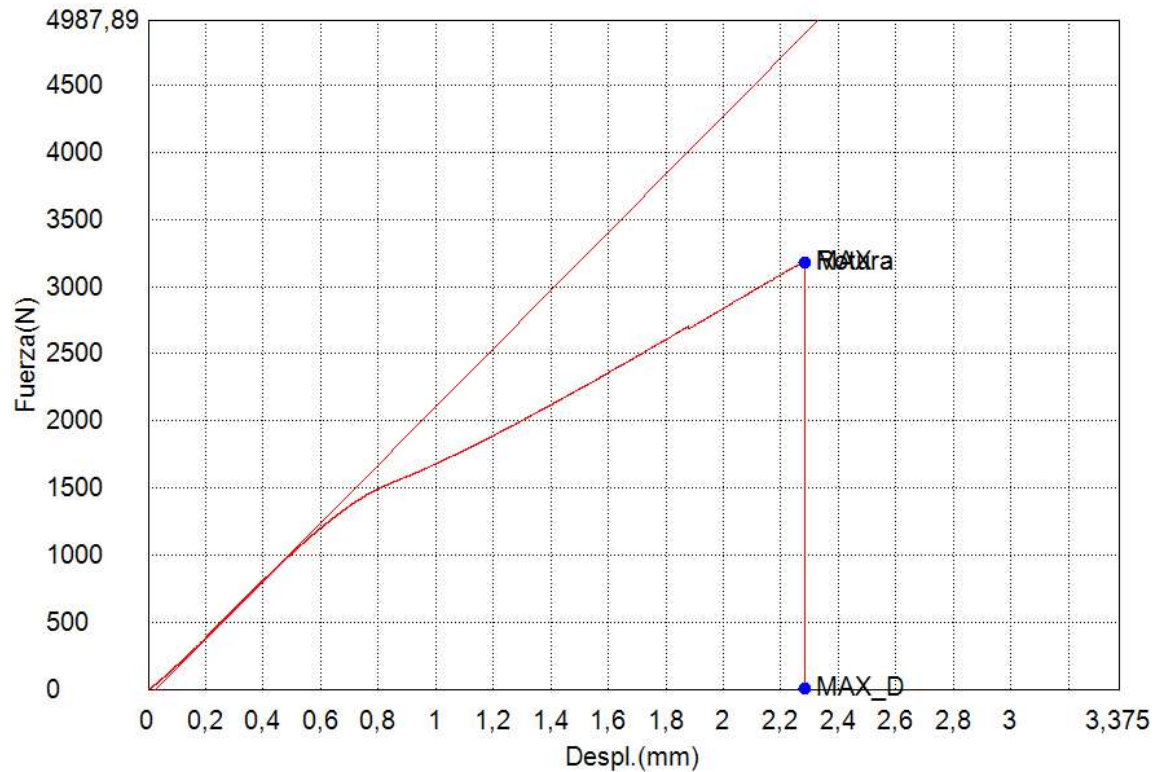


# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Mmenor82%-7-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M82%-7-P3	620,584	--	8,24928	3183,40

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M82%-7-P3	3183,40



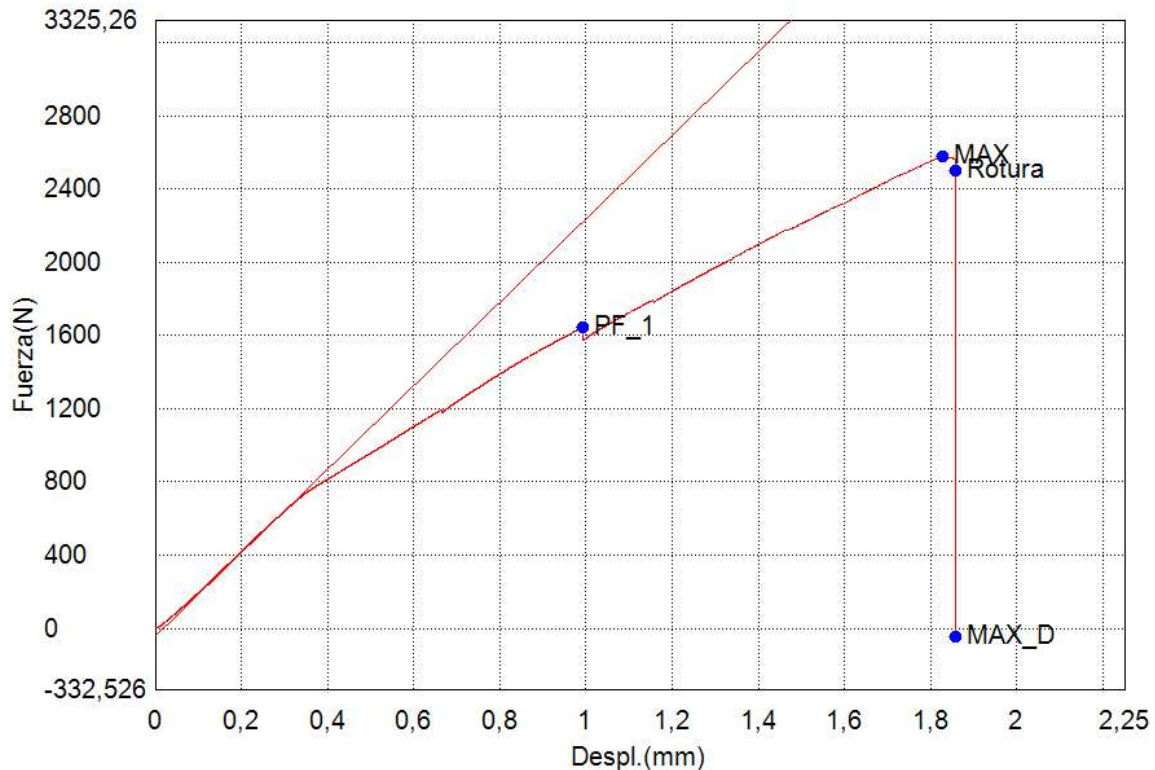
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M82%-7-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-0.25-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max. Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-0.25-P1	653,682	1645,10	-43,16171	2579,33

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-0.25-P1	2502,31



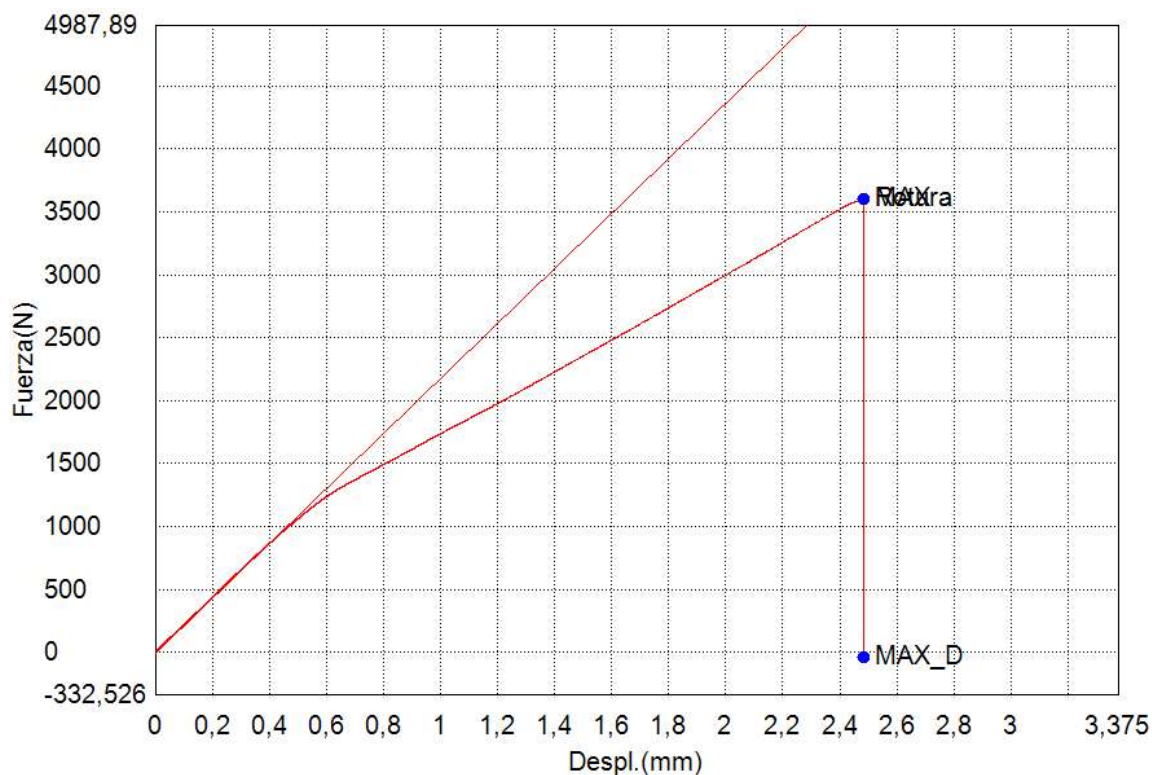
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-0.25-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-0.25-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-0.25-P2	626,644	-.-	-42,97097	3601,16

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-0.25-P2	3601,16



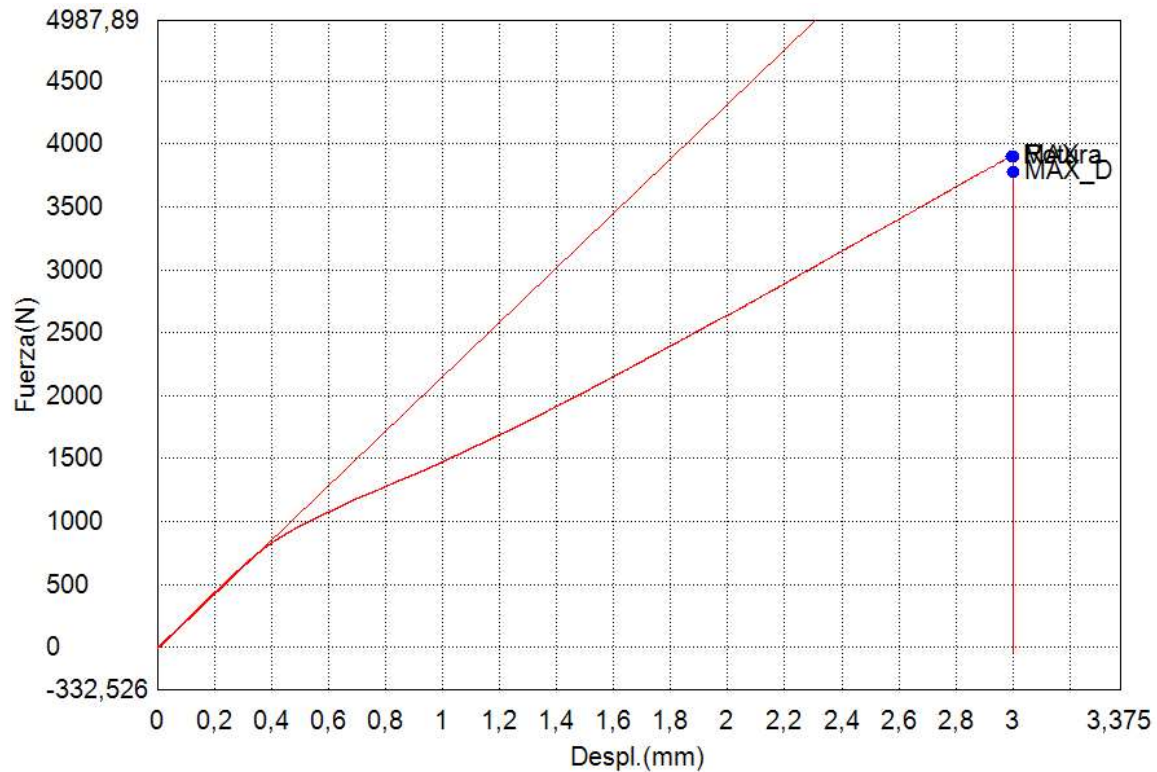
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-0.25-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-0.25-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max. Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-0.25-P3	620,932	--	3780,68	3906,52

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-0.25-P3	3904,79



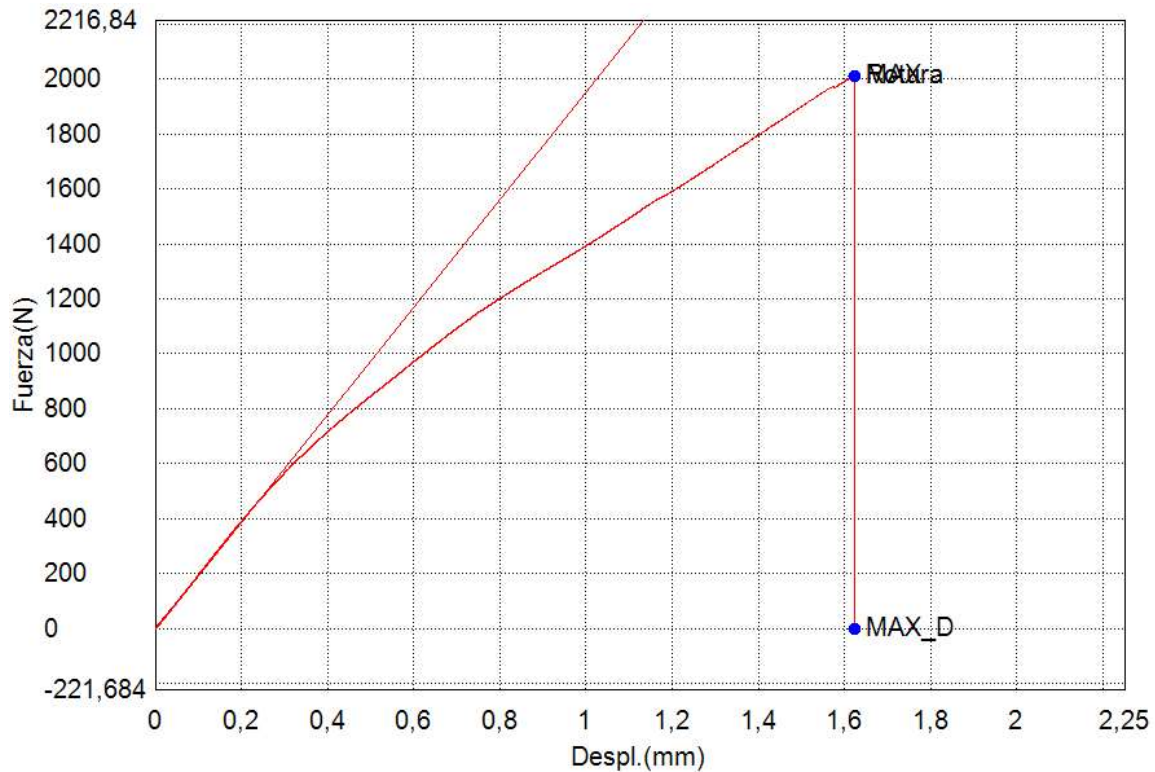
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-0.25-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-2-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max. Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-2-P1	561,551	-.-	-4,18027	2011,51

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-2-P1	2011,51



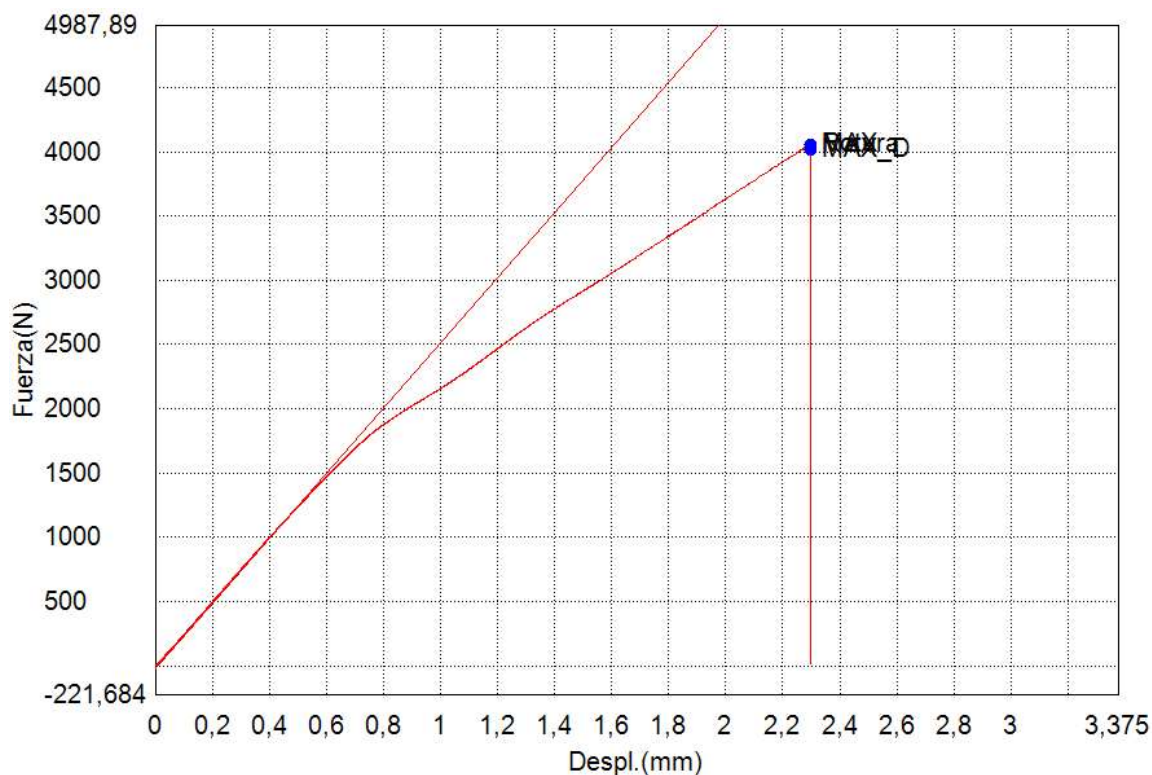
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-2-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-2-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-2-P1	726,959	--	4017,27	4060,50

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-2-P1	4060,50



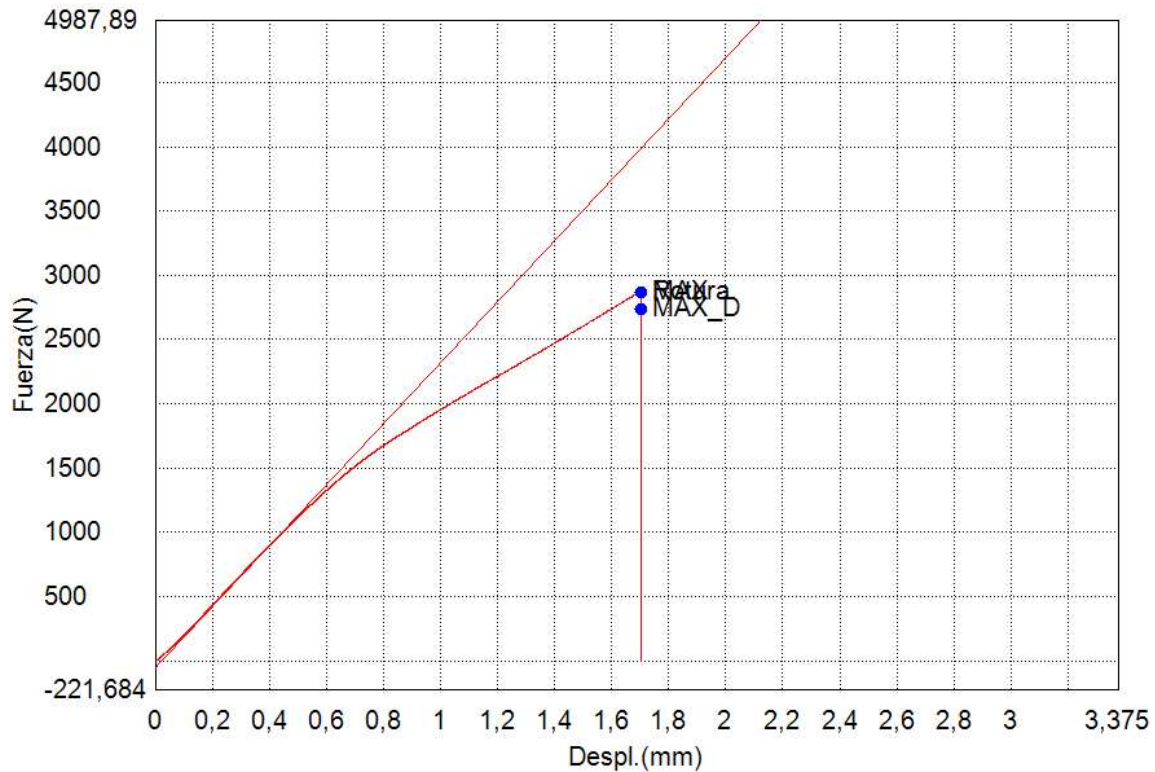
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-2-P1	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-2-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-2-P3	680,202	--	2736,99	2870,44

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-2-P3	2870,44



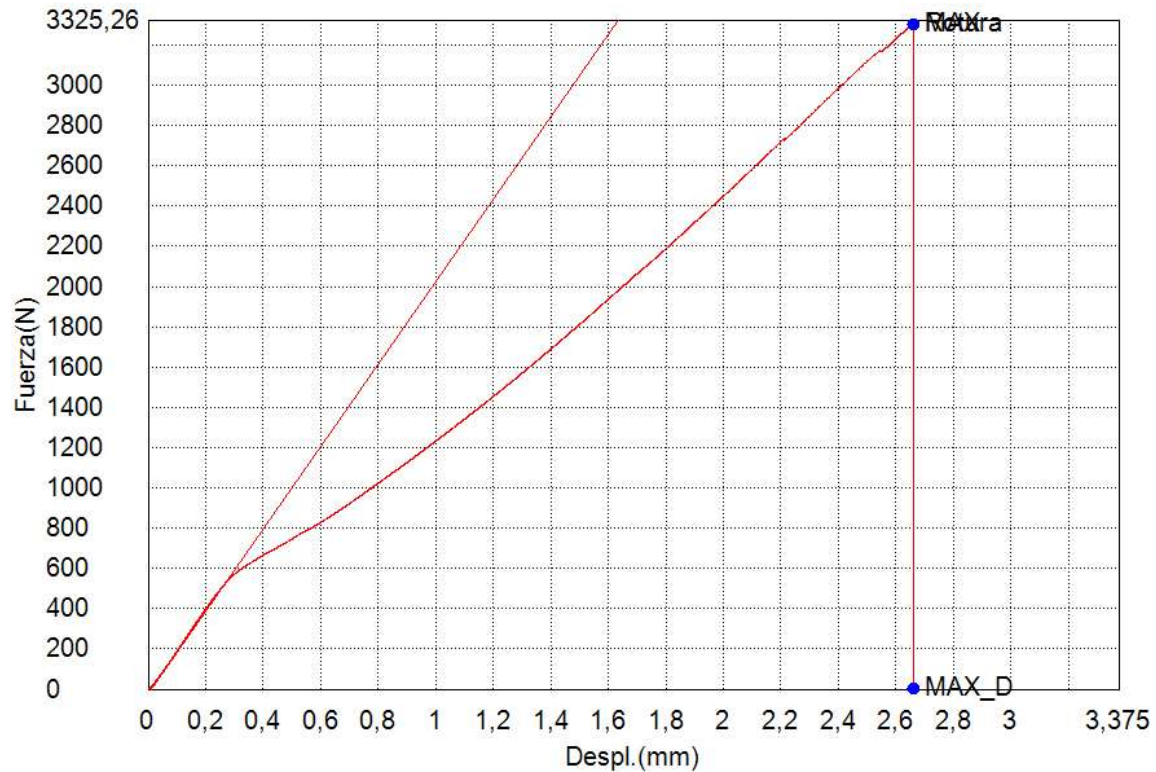
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-2-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-5-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-5-P1	586,571	--	0,67552	3304,84

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-5-P1	3304,84



Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-5-P1	9,5000	27,3000	74,3000

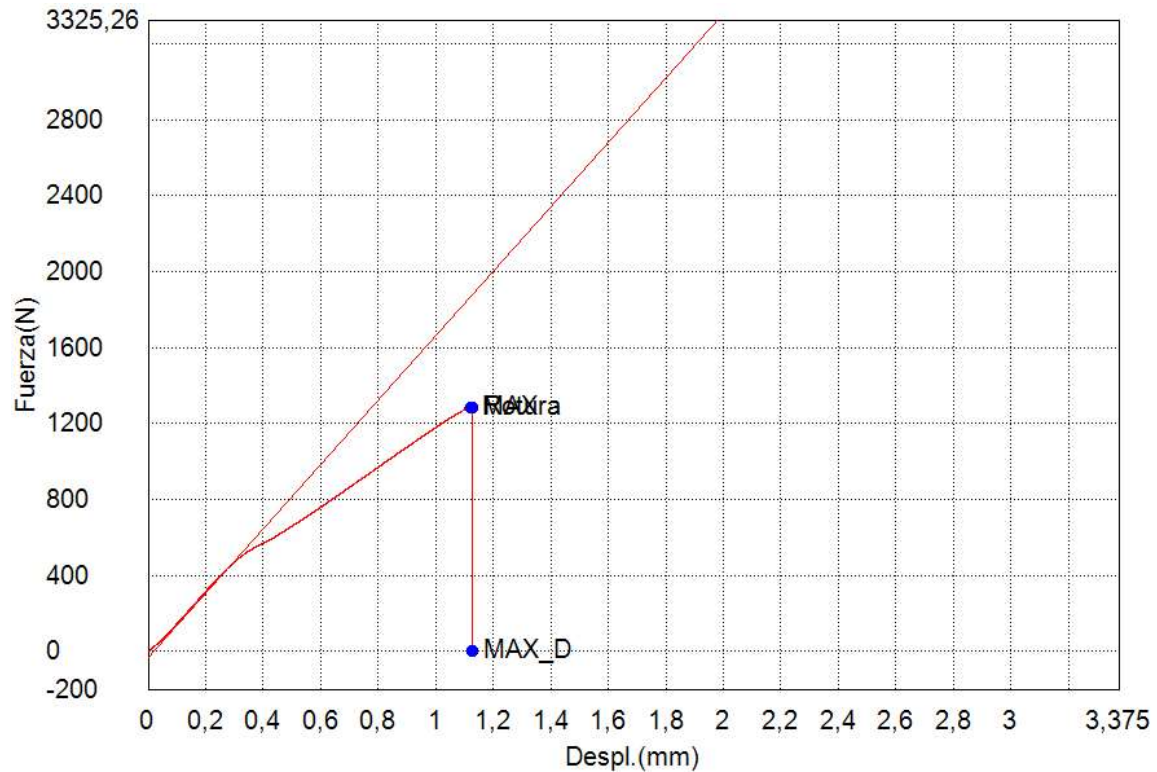


# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-5-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-5-P2	485,842	--	-0,59605	1283,57

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-5-P2	1282,78



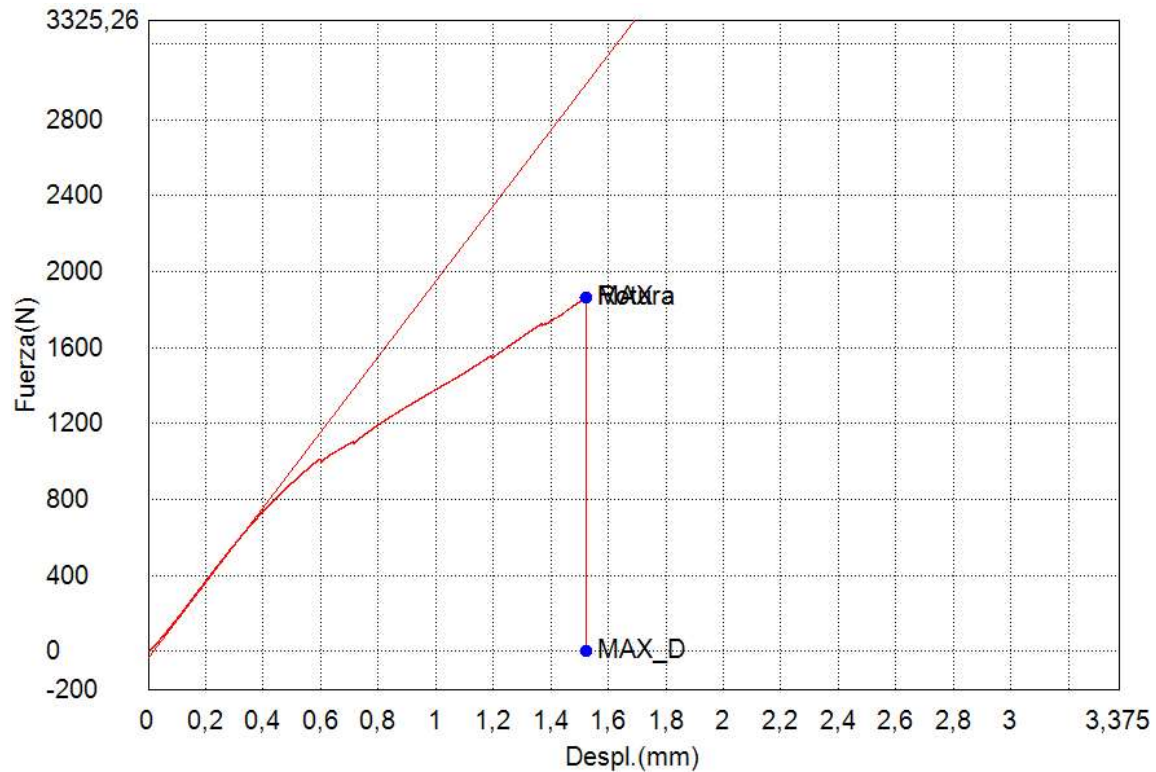
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-5-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-5-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-5-P3	569,030	--	0,81857	1862,87

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-5-P3	1862,87



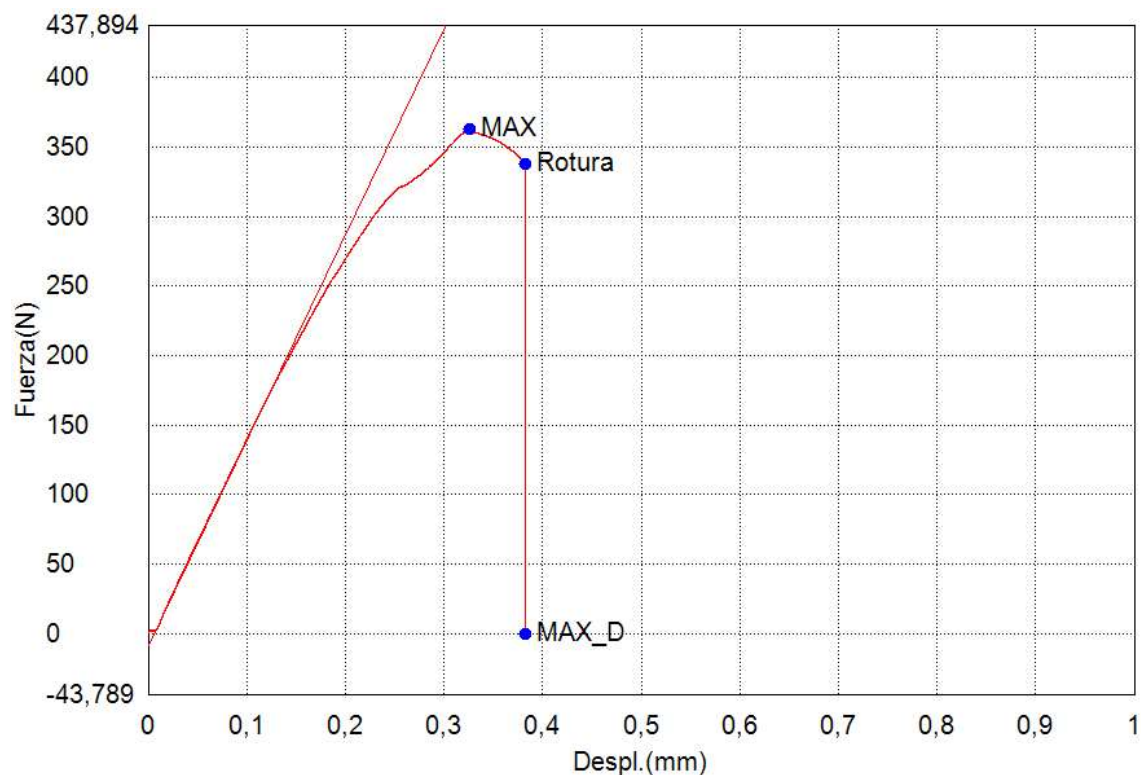
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-5-P3	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-7-P1.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-7	424,257	--	-0,75499	362,945

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-7	338,022



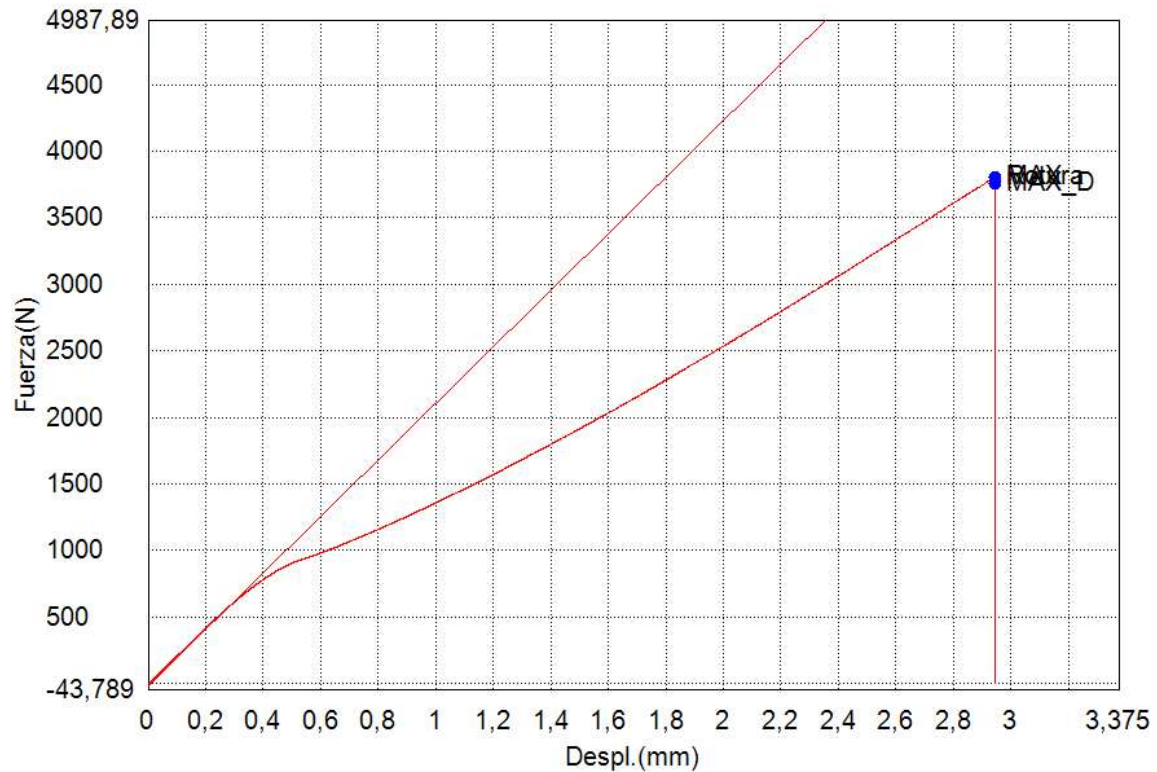
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-7	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-7-P2.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max. Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-7-P2	608,769	--	3758,93	3805,80

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-7-P2	3805,80



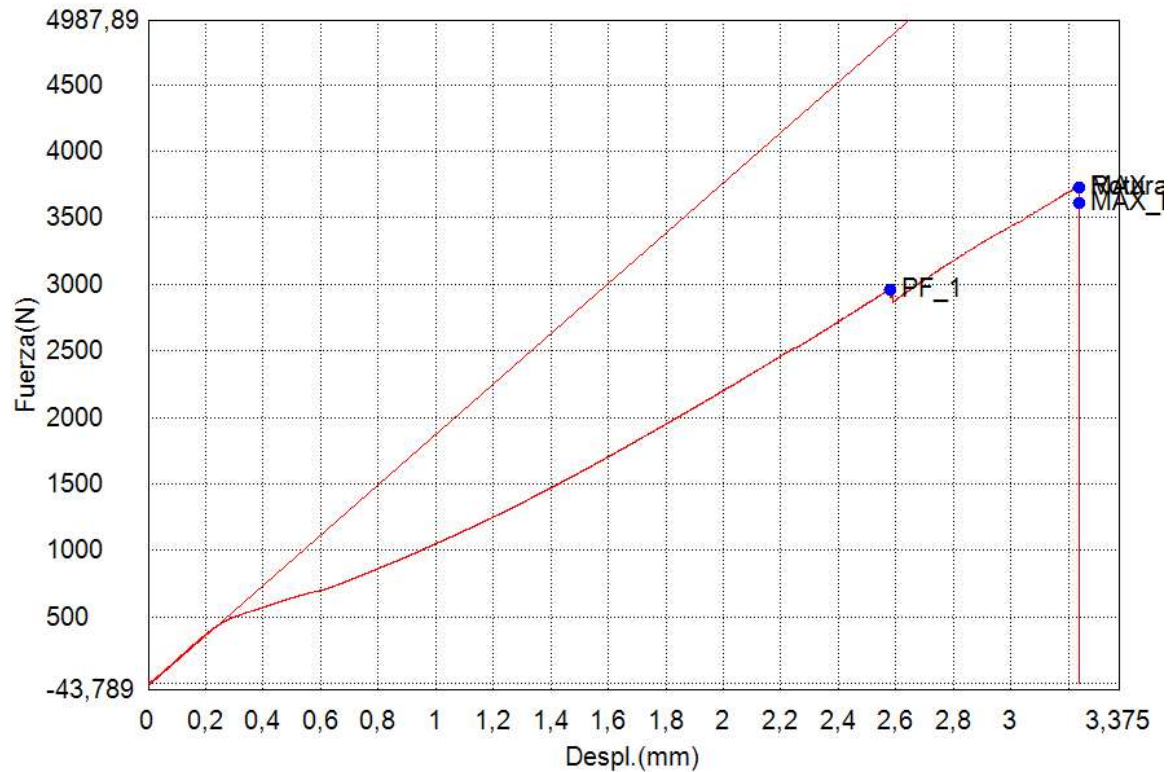
Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-7-P2	9,5000	27,3000	74,3000

# Ensayo Traccion – PFVR

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	M90%-7-P3.xtas	Nombre de metodo de ensayo	Metodo-PFVR.xmas
Fecha de informe	23/12/2022	Fecha de ensayo	22/12/2022
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Traccion
Velocidad	0,5mm/min	Forma	Plana
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre	Elastico_Devided	PF(%FS)_Fuerza	Max_Disp_Fuerza	Max_Fuerza
Parametros	10 Intervalos:	0,1 %		Calc. at Entire Areas
Unidad	N/mm2	N	N	N
M90%-7-P3	541,902	2960,90	3610,46	3729,05

Nombre	Rotura_Fuerza
Parametros	Sensibilidad 10
Unidad	N
M90%-7-P3	3728,72



Nombre de muestra	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidad	mm	mm	mm
M90%-7-P3	9,5000	27,3000	74,3000