



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE LA JUNTA TRASLAPADA SIMPLE,  
ENTRE EL ACERO ESTRUCTURAL, RESINA EPÓXICA Y FIBRA DE  
CARBONO UNIDIRECCIONAL, UTILIZADO PARA REFORZAMIENTO  
DE VIGAS DE ACERO.”**

---

**AUTORES:** Carlos Daniel Guerra Chiquito

Luis Giovanni Tigmasa Paredes

**TUTOR:** Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, MSc.

**AMBATO – ECUADOR**

**Septiembre - 2022**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor de Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE LA JUNTA TRASLAPADA SIMPLE, ENTRE EL ACERO ESTRUCTURAL, RESINA EPÓXICA Y FIBRA DE CARBONO UNIDIRECCIONAL, UTILIZADO PARA REFORZAMIENTO DE VIGAS DE ACERO.”**, elaborado por los señores Carlos Daniel Guerra Chiquito, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805447115, y Luis Giovanni Tigmasa Paredes, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805153242, estudiantes de la Carrera de Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el trabajo experimental es original de sus autores.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2022

.....  
**Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, MSc.**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros, Carlos Daniel Guerra Chiquito, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805447115 y Luis Giovanni Tigmaasa Paredes, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805153242, declaramos que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: **“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE LA JUNTA TRASLAPADA SIMPLE, ENTRE EL ACERO ESTRUCTURAL, RESINA EPÓXICA Y FIBRA DE CARBONO UNIDIRECCIONAL, UTILIZADO PARA REFORZAMIENTO DE VIGAS DE ACERO”**, así como también los gráficos, conclusiones y recomendaciones son de nuestra exclusiva responsabilidad como autores del proyecto, a excepción de las referencias citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2022



**Carlos Daniel Guerra Chiquito**  
**C.I. 1805447115**  
**AUTOR**



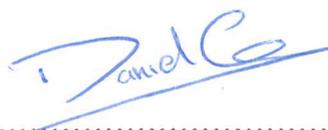
**Luis Giovanni Tigmaasa Paredes**  
**C.I. 1805153242**  
**AUTOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizamos a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedemos los Derechos en línea patrimoniales de nuestro Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además aprobamos la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando nuestros derechos de autor.

Ambato, septiembre 2022



.....  
**Carlos Daniel Guerra Chiquito**  
**C.I. 1805447115**  
**AUTOR**



.....  
**Luis Giovanni Tigmasa Paredes**  
**C.I. 1805153242**  
**AUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por los estudiantes Carlos Daniel Guerra Chiquito y Luis Giovanni Tigmasa Paredes de la Carrera de Mecánica bajo el tema: “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE LA JUNTA TRASLAPADA SIMPLE, ENTRE EL ACERO ESTRUCTURAL, RESINA EPÓXICA Y FIBRA DE CARBONO UNIDIRECCIONAL, UTILIZADO PARA REFORZAMIENTO DE VIGAS DE ACERO”.

Ambato, septiembre 2022

Para constancia firman:

Ing. Oscar Iván Analuiza Maiza, Mg.  
MIEMBRO CALIFICADOR

Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas, Mg.  
MIEMBRO CALIFICADOR

## DEDICATORIA

*A mis padres, Margarita y Carlos, por su sacrificio para brindarme su apoyo en todo momento y en cualquier situación.*

*A mis abuelos, Ubelia, Teresa, Tomás y Segundo, que sin saberlo han sido parte fundamental durante el desarrollo de mi vida.*

*A mi tutor de tesis, Ing. Francisco Peña MSc., por confiar en nosotros y aceptar guiarnos, brindar su tiempo y conocimiento para desarrollar este trabajo.*

*A todos los que nos han apoyado y han hecho que esta etapa de nuestras vidas culmine de manera satisfactoria.*

*Daniel Guerra*

*Simplemente quiero dedicar este trabajo experimental, que me ha costado mucho trabajo esfuerzo y dedicación a las personas que estuvieron en el proceso. Aunque muchas de esas personas ya no formen parte de mi vida actual el agradecimiento es sincero. Muchas gracias por todas las experiencias aportadas a mi vida, todas y cada una de ellas me ayudaron a ser la persona que soy hoy en día. Y por último pero no menos importante, esto va dedicado para mí, si se pudo.*

*Luis Tigmasa*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a mis amados padres, Margarita y Carlos, quienes han sido siempre el motor de impulso de mis sueños. A ellos que día a día me han brindado el apoyo para alcanzar mis metas, quienes estuvieron en los días y noches más difíciles de este camino brindándome esas palabras que desbordan sabiduría y cariño. A mis tíos, Mariana y José, a quienes considero mis segundos padres. Ahora que concluyo mis estudios universitarios, dedico a ustedes este paso en mi vida. Gracias por creer en mí.*

*A mi tutor de tesis, Ing. Francisco Peña Msc., su apoyo, paciencia y sabiduría han sido un pilar fundamental en este proceso de culminación de una etapa de mi vida.*

*A mis compañeros, ahora culminamos este viaje y no puedo esconder la felicidad de haberlo compartido a su lado. Gracias por su lealtad y apoyo.*

*A los docentes de la Carrera de Mecánica, a quienes debo mi conocimiento. Gracias por su tolerancia y dedicación al enseñar.*

*A la Universidad Técnica de Ambato que en su campus he vivido momentos los cuales atesoraré el resto de mi vida.*

*Daniel Guerra*

*Quiero Agradecer a Dios por darme la oportunidad de convertirme en un profesional, además de darme salud y vida, a mis padres Luis y Narciza que sin ellos nada de esto hubiese sido posible tampoco, gracias por todo. A mi tutor Ing. Francisco Peña y a mi compañero Daniel con el que desarrolle la presente investigación.*

*Luis Tigmasa*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	1
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvi
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
CAPÍTULO I	
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Justificación.....	2
1.1.2 Fundamentación Teórica.....	4
1.1.3 Reforzamiento Estructural .....	4
1.1.4 Materiales Compuestos .....	6
1.1.5 Características de los materiales compuestos .....	7
1.1.6 Clasificación de los materiales compuestos.....	7

1.1.7	Fibras.....	8
1.1.8	Tipos de fibras.....	8
1.1.9	Fibras de carbono .....	8
1.1.10	Fibra de carbono unidireccional.....	10
1.1.11	Constantes Elásticas .....	11
1.1.12	Matrices.....	13
1.1.13	Uniones .....	13
1.1.14	Uniones Mecánicas .....	13
1.1.15	Soldadura .....	14
1.1.16	Uniones Adhesivas.....	14
1.1.17	Uniones Mixtas .....	15
1.1.18	Adhesivos.....	15
1.1.19	Tipos de Adhesivos .....	16
1.1.20	Criterios de selección de adhesivos.....	16
1.1.21	Distribución de tensiones .....	17
1.1.22	Separación de uniones adhesivas. ....	17
1.1.23	Resina Epoxi .....	18
1.1.24	Preparación de las superficies .....	19
1.1.25	Limpieza manual.....	20
1.1.26	Limpieza por maquinas herramientas .....	20
1.1.27	Limpieza por chorro abrasivo (Sandblasting).....	21
1.1.28	Rugosidad Superficial .....	22
1.1.29	Rugosidad Media. ....	23
1.1.30	Grado de rugosidad Superficial.....	24
1.1.31	Medición de la Rugosidad.....	24

1.1.32	Rugosímetro .....	24
1.1.33	Método de elementos finitos (MEF) .....	26
1.1.34	Discretización.....	27
1.1.35	Tipo de Elementos.....	28
1.2	Objetivos .....	30
1.2.1	Objetivo General .....	30
1.2.2	Objetivos Específicos.....	30
1.3	Planteamiento de la hipótesis .....	31
1.3.1	Señalamiento de variables de la hipótesis.....	31
 CAPITULO II		
2.1	Materiales .....	32
2.1.1	Propiedades de los materiales .....	36
2.2	Métodos.....	37
2.2.1	Tipo de investigación .....	37
2.2.2	Población y muestra .....	38
2.2.3	Operacionalización de variables .....	38
2.2.4	Recolección de información.....	39
2.2.5	Proceso para el ensayo .....	41
2.2.6	Determinación de dimensiones de las probetas .....	42
2.2.7	Determinación de la presión.....	44
2.2.8	Identificación de las probetas.....	45
2.2.9	Preparación de las probetas.....	47
2.2.10	Proceso de corte de la Fibra de carbono.....	48
2.2.11	Preparación acero estructural ASTM A36 .....	49
2.2.12	Etiquetado de las probetas.....	50

2.2.13	Tratamiento superficial .....	51
2.2.13.1	Limpieza manual .....	51
2.2.13.2	Limpieza mecánica.....	53
2.2.13.3	Limpieza con chorro abrasivo (Sandblasting).....	55
2.2.14	Medición de la Rugosidad.....	57
2.2.15	Preparación de la Resina .....	58
2.2.16	Aplicación del adhesivo .....	60
2.2.17	Montaje .....	61
2.2.18	Aplicación del ensayo a tracción.....	62
2.2.19	Metodología de la simulación en elementos finitos.....	63
 CAPITULO III		
3.1	Análisis y discusión de los resultados.....	68
3.1.1	Recolección de resultados de la rugosidad de las probetas.....	68
3.1.2	Recolección de resultados del ensayo D1002 de las probetas .....	100
3.1.3	Resultados de elementos finitos.....	164
3.1.4	Interpretación de Resultados.....	166
3.2	Verificación de la hipótesis.....	171
 CAPITULO IV		
4.1	Conclusiones .....	172
4.2	Recomendaciones.....	173
BIBLIOGRAFÍA .....		174

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Reforzamiento a nivel de estructura.....	4
Figura 1.2	Tipos de reforzamientos a nivel estructural, a) muro cortante, b) contravientos de acero, c) cables postensados .....	5
Figura 1.3	Reforzamiento a nivel de elemento.....	5
Figura 1.4	Tipos de reforzamientos a nivel de elemento a) encamisado de concreto b) FRP.....	6
Figura 1.5	Esquema de los materiales compuestos .....	6
Figura 1.6	Materiales Compuestos .....	6
Figura 1.7	Fibra de carbono.....	9
Figura 1.8	Tejido de fibra de carbono .....	10
Figura 1.9	Fibra de carbono unidireccional tipo platina.....	11
Figura 1.10	Unión Mecánica .....	13
Figura 1.11	Unión soldada.....	14
Figura 1.12	Unión Adhesiva.....	14
Figura 1.13	Unión mixta (soldadura y adhesivo) .....	15
Figura 1.14	Esquema de unión de adhesivos.....	15
Figura 1.15	a) Distribución de tensiones en soldadura, b) Distribución de tensiones en uniones mecánicas, c) Distribución de tensiones en uniones adhesivas. ....	17
Figura 1.16	Tipos de separaciones.....	18
Figura 1.17	Resina epoxi envasada.....	19
Figura 1.18	Esquema de preparación superficial.....	19
Figura 1.19	Limpieza Manual.....	20
Figura 1.20	Limpieza por máquina herramienta.....	20
Figura 1.21	Limpieza por chorro abrasivo.....	21
Figura 1.22	Aspecto de la limpieza superficial SSPC-SP-5 .....	21
Figura 1.23	Rugosidad media .....	23

Figura 1.24	Rugosímetro .....	25
Figura 1.25	Detalle de la punta de un rugosímetro.....	25
Figura 1.26	Trayectoria del patín y aguja .....	26
Figura 1.27	Proceso de resolución de un problema .....	27
Figura 1.28	Esquema genérico de un problema físico.....	27
Figura 1.29	Barra articulada .....	28
Figura 1.30	Elementos bidimensionales .....	28
Figura 1.31	Elemento tipo Shell .....	29
Figura 1.32	Elementos tridimensionales.....	29
Figura 2.1	Diagrama de Recolección de información.....	40
Figura 2.2	Representación del fallo adhesivo.....	42
Figura 2.3	Representación del fallo cohesivo.....	42
Figura 2.4	Dimensiones generales de probetas Norma ASTM D1002 .....	43
Figura 2.5	Dimensiones finales de la probeta a ensayar según la norma ASTM D1002.....	44
Figura 2.6	Diagrama de Flujo de elaboración de probetas .....	47
Figura 3.1	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento c) Tipo de falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-01.....	101
Figura 3.2	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-02.....	103
Figura 3.3	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-03.....	105
Figura 3.4	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-04.....	107
Figura 3.5	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-05.....	109
Figura 3.6	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-06.....	111
Figura 3.7	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-07.....	113

Figura 3.8	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-08.....	115
Figura 3.9	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-01.....	117
Figura 3.10	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-02.....	119
Figura 3.11	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-03.....	121
Figura 3.12	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-04.....	123
Figura 3.13	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-05.....	125
Figura 3.14	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-06.....	127
Figura 3.15	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-07.....	129
Figura 3.16	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-08.....	131
Figura 3.17	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-01 .....	133
Figura 3.18	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-02 .....	135
Figura 3.19	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-03 .....	137
Figura 3.20	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-04 .....	139
Figura 3.21	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva/Cohesivo de la probeta A36-FCU-LDL-05.....	141
Figura 3.22	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-06 .....	143
Figura 3.23	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-07 .....	145

Figura 3.24	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-08 .....	147
Figura 3.25	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-SB-01 .....	149
Figura 3.26	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-SB-02 .....	151
Figura 3.27	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-SB-03 .....	153
Figura 3.28	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-SB-04 .....	155
Figura 3.29	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva/Cohesivo de la probeta A36-FCU-SB-05.....	157
Figura 3.30	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-SB-06 .....	159
Figura 3.31	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva/Cohesivo de la probeta A36-FCU-SB-07.....	161
Figura 3.32	a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-SB-08 .....	163
Figura 3.33	Gráfica de Esfuerzo vs Deformación, limpieza manual.....	164
Figura 3.34	Gráfica de Esfuerzo vs Deformación, limpieza disco de desbaste. ....	165
Figura 3.35	Gráfica de Esfuerzo vs Deformación, limpieza disco de lijas.....	165
Figura 3.36	Gráfica de Esfuerzo vs Deformación, Sandblasting.....	166
Figura 3.37	Falla Adhesiva simulada .....	166
Figura 3.38	Esfuerzo máximo de Corte vs Tipo de Limpieza. ....	170
Figura 3.39	Gráfica Rugosidad vs Esfuerzo Máximo de Corte.....	170

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Tipos de Fibra de Carbono.....	9
Tabla 1.2	Simetrías de las fibras .....	11
Tabla 1.3	Abrasivos no metálicos .....	22
Tabla 1.4	Grado de Rugosidad.....	24
Tabla 1.5	Fases y etapas del análisis por elemento finitos.....	30
Tabla 2.1	Equipos y herramientas.....	32
Tabla 2.2	Consumibles.....	36
Tabla 2.3	Propiedades mecánicas de la resina .....	37
Tabla 2.4	Propiedades de acero A36.....	37
Tabla 2.5	Propiedades mecánicas de la fibra de carbono.....	37
Tabla 2.6	Especificación de número de probetas.....	38
Tabla 2.7	Variable independiente.....	39
Tabla 2.8	Identificación de las probetas.....	46
Tabla 2.9	Proceso de corte de la Fibra de carbono.....	48
Tabla 2.10	Proceso para el corte del Acero.....	49
Tabla 2.11	Proceso de etiquetado de las probetas.....	51
Tabla 2.12	Proceso de la limpieza superficial manual .....	52
Tabla 2.13	Proceso de limpieza superficial con disco de desbaste .....	53
Tabla 2.14	Proceso de limpieza superficial con disco de Lijas.....	54
Tabla 2.15	Proceso de limpieza superficial Sandblasting.....	55
Tabla 2.16	Proceso medición de la rugosidad de las probetas .....	57
Tabla 2.17	Proceso de preparación de la Resina.....	59
Tabla 2.18	Proceso de Aplicación de la resina.....	60
Tabla 2.19	Proceso de montaje de las probetas.....	61
Tabla 2.20	Proceso para la Simulación .....	64

Tabla 3.1	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 1 .....	68
Tabla 3.2	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 2 .....	69
Tabla 3.3	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 3 .....	70
Tabla 3.4	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 4 .....	71
Tabla 3.5	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 5 .....	72
Tabla 3.6	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 6 .....	73
Tabla 3.7	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 7 .....	74
Tabla 3.8	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 8 .....	75
Tabla 3.9	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 1 .....	76
Tabla 3.10	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 2 .....	77
Tabla 3.11	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 3 .....	78
Tabla 3.12	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 4 .....	79
Tabla 3.13	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 5 .....	80
Tabla 3.14	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 6 .....	81
Tabla 3.15	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 7 .....	82
Tabla 3.16	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 8 .....	83
Tabla 3.17	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 1 .....	84
Tabla 3.18	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 2 .....	85
Tabla 3.19	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 3 .....	86
Tabla 3.20	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 4 .....	87
Tabla 3.21	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 5 .....	88
Tabla 3.22	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 6 .....	89
Tabla 3.23	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 7 .....	90
Tabla 3.24	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 8 .....	91
Tabla 3.25	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 1 .....	92
Tabla 3.26	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 2 .....	93

Tabla 3.27	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 3.....	94
Tabla 3.28	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 4.....	95
Tabla 3.29	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 5.....	96
Tabla 3.30	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 6.....	97
Tabla 3.31	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 7.....	98
Tabla 3.32	Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 8.....	99
Tabla 3.33	Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-01.....	100
Tabla 3.34	Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-02.....	102
Tabla 3.35	Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-03.....	104
Tabla 3.36	Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-04.....	106
Tabla 3.37	Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-05.....	108
Tabla 3.38	Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-06.....	110
Tabla 3.39	Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-07.....	112
Tabla 3.40	Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-08.....	114
Tabla 3.41	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-01.....	116
Tabla 3.42	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-02.....	117
Tabla 3.43	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-03.....	120
Tabla 3.44	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-04.....	122
Tabla 3.45	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-05.....	124
Tabla 3.46	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-06.....	126
Tabla 3.47	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-07.....	128
Tabla 3.48	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-08.....	130
Tabla 3.49	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-01.....	132
Tabla 3.50	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-02.....	134
Tabla 3.51	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-03.....	136
Tabla 3.52	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-04.....	138

Tabla 3.53	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-05 .....	140
Tabla 3.54	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-06 .....	142
Tabla 3.55	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-07 .....	144
Tabla 3.56	Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-08 .....	146
Tabla 3.57	Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-01 .....	148
Tabla 3.58	Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-02 .....	150
Tabla 3.59	Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-03 .....	152
Tabla 3.60	Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-04 .....	154
Tabla 3.61	Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-05 .....	156
Tabla 3.62	Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-06 .....	158
Tabla 3.63	Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-07 .....	160
Tabla 3.64	Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-08 .....	162
Tabla 3.65	Interpretación de los resultados obtenidos del ensayo a tracción. ....	168
Tabla 3.66	Promedio de los datos de las probetas.....	169
Tabla 3.67	Datos promedio organizados de menor a mayor de las probetas. ....	170

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Adherencia:** Es la unión que se produce entre un material adhesivo y una superficie.

**Ensayo:** Permite conocer las propiedades mecánicas de diferentes materiales a través de muestras de estos.

**Esfuerzo cortante:** Es el esfuerzo que soporta una estructura en el sentido perpendicular a su eje principal.

**M.E.F:** Es un método computarizado que permite simular diferentes reacciones de una pieza a interacciones físicas.

**Reforzamiento:** Mejorar las propiedades de un material u objeto para su uso.

**Resistencia:** Es la capacidad de los cuerpos a resistir fuerzas aplicadas sin romperse.

**Rugosidad:** Se trata de las imperfecciones presentes en una superficie.

**Sandblasting:** Método utilizado para remover cualquier tipo de cobertura de superficies y prepararla para un recubrimiento.

**Tracción:** Se trata de tirar una parte de un cuerpo con el objetivo de desplazarlo o fracturarlo.

**Unión adhesiva:** Uniones entre materiales usando rellenos no metálicos.

## RESUMEN

La fibra de carbono es un material que aporta excelentes propiedades en diferentes situaciones, una de estas es el reforzamiento estructural, debido a que incrementa la resistencia y la rigidez de la estructura sin adicionar cargas muertas. Una manera de unir la fibra de carbono con el acero es mediante resina epóxica la cual creará una unión adhesiva, sin embargo, pueden producirse desprendimientos.

Según investigaciones previas, el desprendimiento se produce por la resistencia al corte del adhesivo. Por ello, se procedió a mejorar la resistencia al corte de la unión adhesiva aplicando cuatro tratamientos superficiales a la capa de acero, estos fueron limpieza manual, con disco de desbaste, con disco de lijas y Sandblasting.

Comparando los resultados obtenidos se demostró, a través de ensayos reales, que la rugosidad que presenta el acero es directamente proporcional a la resistencia al corte de la unión, debido a esto, el tratamiento de Sandblasting fue el que mejor resultados presentó por su alto grado de rugosidad con un valor promedio de 10.79  $\mu\text{m}$  y un esfuerzo máximo de corte de 10.72 MPa.

**Palabras Claves:** Fibra de carbono, Unión adhesiva, Tratamientos superficiales, Rugosidad, Resistencia al corte.

## ABSTRACT

Carbon fiber is a material that provides excellent properties in different situations, one of these is structural reinforcement, due to the fact that it increases the resistance and stiffness of the structure without adding dead loads. One way to bond carbon fiber to steel is by means of epoxy resin which will create an adhesive bond; however, detachment can occur.

According to previous research, spalling occurs because of the shear strength of the adhesive. Therefore, we proceeded to improve the shear strength of the adhesive bond by applying four surface treatments to the steel layer, these were manual cleaning, grinding disc, sanding disc and sandblasting.

Comparing the results obtained, it was demonstrated, through real tests, that the roughness of the steel is directly proportional to the shear strength of the bond. Due to this, the Sandblasting treatment was the one with the best results due to its high degree of roughness with an average value of 10.79  $\mu\text{m}$  and a maximum shear stress of 10.72 MPa.

**Keywords:** Carbon fiber, Adhesive bonding, Surface treatments, Roughness, Shear strength.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1 TEMA

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE LA JUNTA TRASLAPADA SIMPLE, ENTRE EL ACERO ESTRUCTURAL, RESINA EPÓXICA Y FIBRA DE CARBONO UNIDIRECCIONAL, UTILIZADO PARA REFORZAMIENTO DE VIGAS DE ACERO.

##### 1.1 Antecedentes Investigativos

La readecuación de las estructuras es un componente esencial para que los fallos producidos por corrosión, diseño inadecuado, paso del tiempo o materiales defectuosos sean mitigados. En este proceso de readecuación es clave tener en cuenta las conexiones entre el elemento antiguo o defectuoso y el material nuevo o de refuerzo debido a que según el método de refuerzo que se elija los resultados pueden ser diferentes, con base en esto un estudio en un software especializado ayudaría a determinar de mejor manera los resultados de las readecuaciones que podrían realizar y para sostener este resultado un estudio empírico del mismo reforzaría y sustentarían los resultados [1].

Mahmoud Ashraf Mohamed en su estudio realizado con el tema “**FINITE ELEMENT MODELING OF STEEL CONCRETE BEAM CONSIDERING DOUBLE COMPOSITE ACTION**” menciona que el uso del software especializado para el modelado tridimensional no lineal de un modelo de elementos finitos es fundamental para investigar el comportamiento de la fractura de las vigas y sus refuerzos de matriz compuesta. Resalta que, al realizar el estudio en software, se pueden obtener varios estudios con distintas condiciones de fuerzas aplicadas o restricciones. En su investigación, obtuvo resultados como la carga última, las deflexiones máximas en cada uno de los casos, los desplazamientos y la tensión.

Concluyó, que la propuesta de un modelo basado en la teoría de los elementos finitos se puede usar para analizar el comportamiento geométrico y mecánico de una viga reforzada por una matriz compuesta, ofreciendo resultados aceptables en cuanto a un modelo a escala completa se refiere. De acuerdo con la investigación, se encuentra un aumento medio del 29% entre los valores de capacidad de resistencia propuestos en los modelos y los datos experimentales de los que dispone [2].

Francisco Peña y José Luis Yunapanta, en su trabajo “**PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE VIGAS DE ALMA LLENA DE PUENTES METÁLICOS CON FIBRA DE CARBONO Y RESINA EPÓXICA**”, concluye que al utilizar fibra de carbono como material de refuerzo en vigas de acero favorece a la disminución de esfuerzos y deflexiones, sin embargo el trabajo se realizó sin controlar factores como la rugosidad que es un factor altamente influyente en la adherencia que existe entre el acero y la fibra de carbono a través de la capa de resina epóxica, es por esto que sugiere, en estudios posteriores, se determine la rugosidad que de mejores resultados en la unión adhesiva entre el acero y la resina [3].

### **1.1.1 Justificación**

El reforzamiento es el incremento parcial o total de la resistencia mecánica de una estructura [4]. Este se puede producir por una mejora técnica, por deficiencias de diseño, deterioro de los materiales, rotaciones o agrietamientos [5]. Un material excelente de refuerzo es la fibra de carbono porque incrementa la resistencia y la rigidez de la estructura sin adicionar cargas muertas, a diferencia del método convencional por placas de acero [6]. Una manera de unir la fibra de carbono es mediante una resina epóxica la cual creara una unión adhesiva [7].

En la actualidad las uniones adhesivas son las más utilizadas para el reforzamiento estructural, debido a permiten la unión de materiales diferentes como metales y materiales compuestos [8]. Además, las uniones adhesivas presentan una reducción de concentración de tensiones, prevención ante la corrosión, una superficie de unión uniforme y una inversión relativamente baja [9].

La sustitución de los metales tradicionales por compuestos de matriz metálica reforzados con fibra de carbono tiene gran potencial dentro de la industria [10]. Además, las uniones adhesivas en conjunto con estas matrices reforzadas presentan ventajas por encima de otro tipo de uniones [11]. El análisis del comportamiento de la fluencia de las uniones entre placas de acero al carbono reforzadas tanto con fibra de carbono como con resina epoxi, representa un gran avance en la aplicación de estos refuerzos dentro de la industria [9].

Las propiedades de un material compuesto reforzado con fibra de carbono y las de su matriz polimérica de resina epóxica presentan micro cavidades que varían en función del curado del material [12]. A esto, se suma la dificultad de control curado de la resina epóxica, que puede provocar que el material falle antes de llegar a la zona elástica [13]. Además, de acuerdo con estudios previos, se sabe que el modo de fallo de las vigas reforzadas varía en función de la longitud de la placa de refuerzo [14].

Otra desventaja que presentan este tipo de uniones metálicas, adhesivas y fibra de carbono es el desprendimiento [15]. El desprendimiento se produce por la resistencia al esfuerzo cortante del adhesivo [14]. Para dar solución a este fallo, existen los tratamientos superficiales que se da a la capa de acero, debido a que mientras más baja sea la rugosidad, la carga ultima de desprendimiento disminuye produciéndose el fallo, no obstante, son limitados los estudios que relacionan la adhesión de acero, resina epóxica y fibra de carbono [16]. Estudios a través de modelación numérica es una alternativa, debido a que se puede simular la unión adhesiva sin importar la complejidad de la falla que puede presentarse [17], así como también modelar las características geométricas y mecánicas del elemento estructural [18].

Para este tipo de problemáticas, se puede utilizar software especializado, en este caso ANSYS, en el que se realizará el análisis por el método de elementos finitos con la ayuda de elementos tridimensionales que simulen las condiciones reales a las que se someterán a las probetas [19]. Así, para asegurar un correcto manejo del software, las propiedades de los materiales usados durante el modelado 3D deben ser ingresadas cuidadosamente [17]. Además, se puede realizar el análisis de carga-deflexión, patrones formados, tensiones y modos de fallos de los elementos ensayados [20].

Debido a esto se pretende analizar el desprendimiento en la interfaz, que representa uno de los fallos más comunes en estructuras de acero reforzadas con fibra de carbono [16].

En base a lo expuesto con el presente trabajo se propone ensayar juntas simples entre el acero y fibra de carbono unidas mediante adhesivo epóxico y determinar las condiciones superficiales adecuadas para lograr un mayor grado de adherencia.

### 1.1.2 Fundamentación Teórica

### 1.1.3 Reforzamiento Estructural

El reforzamiento estructural incrementa la capacidad de desempeño y nace debido a la falta de resistencia de una estructura, esta falta de resistencia se puede producir debido a fallas de diseño, el paso del tiempo o errores constructivos [21].

Según [22] en la actualidad hay diferentes tipos de procedimientos que se utilizan para el refuerzo de estructuras, la selección de estos procedimientos estará en dependencia del diagnóstico estructural que se realice, los tipos de reforzamiento pueden ser:

- **Reforzamiento a nivel de estructura**

Este tipo de reforzamiento requiere de cambios en todo el sistema estructural (ver Figura 1.1), estos reforzamientos usualmente son: muros (patín, cortante o relleno), contravientos de acero, aisladores de base y cables postensados como se muestra en la Figura 1.2.

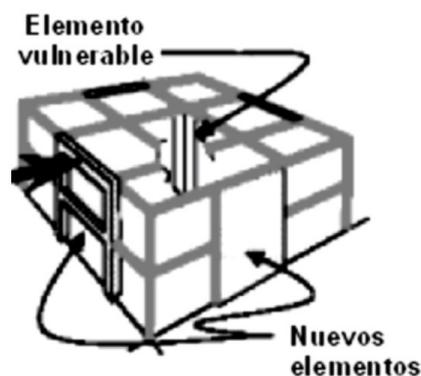
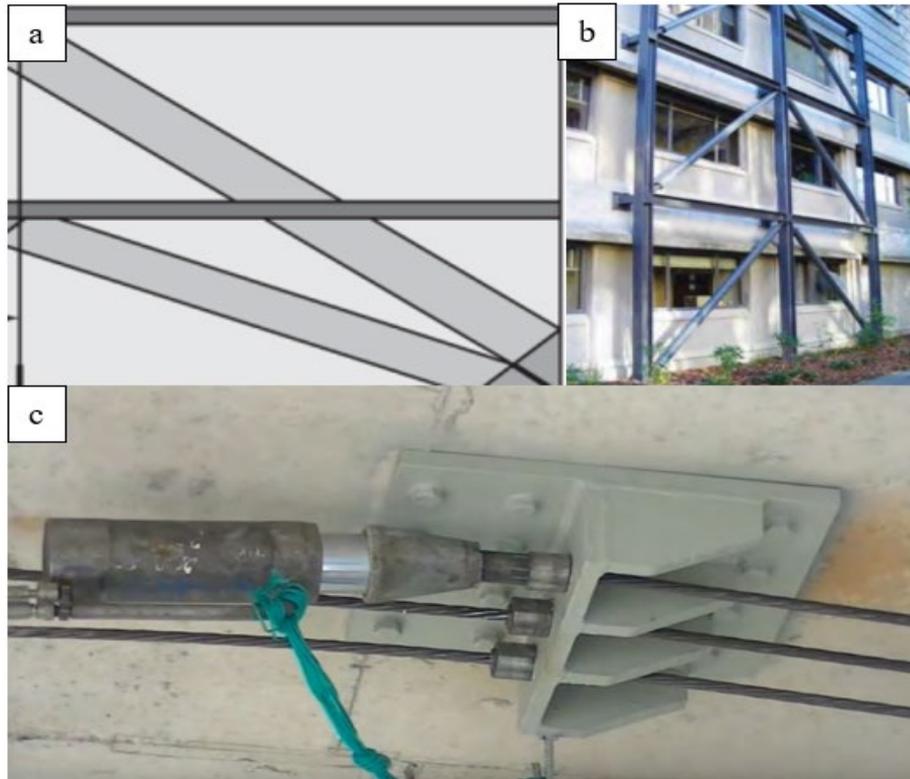


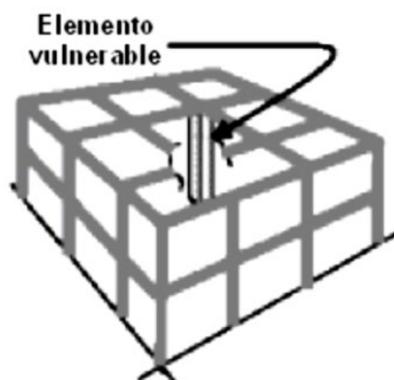
Figura 1.1 Reforzamiento a nivel de estructura [22].



**Figura 1.2** Tipos de reforzamientos a nivel estructural, a) muro cortante, b) contravientos de acero, c) cables postensados [23], [24].

- **Reforzamiento a nivel de Elemento**

Este tipo de reforzamientos se realizan como su nombre lo indica por elemento (ver Figura 1.3), para este tipo de reforzamiento existen métodos tales como: encamisados de concreto, acero o de láminas sintéticas reforzadas con fibras (ver Figura 1.4), este último método también es conocido por sus siglas en inglés como FRP [22].



**Figura 1.3** Reforzamiento a nivel de elemento [22].



**Figura 1.4** Tipos de reforzamientos a nivel de elemento a) encamisado de concreto b) FRP [22], [24].

### 1.1.4 Materiales Compuestos

Un material compuesto es conocido por la unión dos o más elementos para producir un material completamente nuevo con características mejoradas [25]. En la Figura 1.5 se muestra un esquema muy simple de los componentes de los materiales y en la Figura 1.6 se muestran algunos materiales compuestos en su forma útil.



**Figura 1.5** Esquema de los materiales compuestos [25].



**Figura 1.6** Materiales Compuestos [26]

Según la referencia [27], los materiales compuestos de uso estructural deben cumplir con dos puntos que los definen como tal, así:

- Debe tener al menos dos materiales, estos son físicamente diferentes y separables mecánicamente.
- Para alcanzar las propiedades óptimas de esta mezcla, esta deberá asegurar que la dispersión de un material sea controlada en el otro.

### **1.1.5 Características de los materiales compuestos**

Los materiales compuestos cuentan con varias características que los hacen estar por encima de los materiales de forma individual, estas son [28]:

- Alta resistencia
- Baja densidad
- Flexibilidad de formas
- Alta resistencia dieléctrica
- Gran capacidad de consolidación de partes
- Resistencia a la corrosión
- Buen comportamiento a la fatiga
- Reducción de costes de mantenimiento

### **1.1.6 Clasificación de los materiales compuestos**

Las fases de gran resistencia se combinan con las fases dúctiles y tenaces, así se logran que las aleaciones metálicas y plásticos ingenieriles tengan buenas resistencias y durezas [27].

Los materiales compuestos también pueden clasificarse de otra forma, esta envuelve su constitución, así, pueden dividirse por su tipo de matriz y refuerzo [28], [29].

- a) Por su tipo de matriz:
  - Matriz metálica
  - Matriz cerámica

- Matriz polimérica
- b) Por su tipo de refuerzo:
- Reforzado con partículas
  - Reforzado con fibras
  - Estructurales

### **1.1.7 Fibras**

La fibra es el material de refuerzo en un material compuesto, este aporta con rigidez, resistencia mecánica y cabe recalcar que la fibra es la que influye para la obtención de las propiedades mecánicas finales tales como la resistencia a la tracción y su modulo específico en un material compuesto [30].

### **1.1.8 Tipos de fibras**

Según la bibliografía [30] las fibras se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Fibras de origen mineral: En esta categoría se encuentran las Fibras cerámicas (Carburo de silicio, Aramida), Fibras metálicas y las fibras de origen inorgánico (Carbono, Vidrio, Boro).
- Fibras de origen orgánico: En esta categoría se encuentran la Aramida y el Polietileno.

Las fibras más comúnmente utilizadas para un refuerzo son las fibras de vidrio, carbono, aramidas o el boro [31].

### **1.1.9 Fibras de carbono**

La fibra de carbono (ver Figura 1.7) es también conocida como polímero reforzado con fibras de carbono o por sus siglas en inglés CFRP pueden ser de alta resistencia y de un alto módulo, poseen cristalitas de grafito, que no son sino una forma alotrópica de presentación del carbono [32]. Existen diferentes tipos de fibras de carbono, en la Tabla 1.1 se muestran los tipos de fibras de carbono, así como también sus características.



Figura 1.7 Fibra de carbono[24].

Tabla 1.1 Tipos de Fibra de Carbono [30].

Designación	Alta resistencia (HR)	Alto módulo (HM)	III
Descripción	Se carboniza a la misma temperatura que presenta su mayor resistencia tensil, es considerada la más fuerte.	Tiene la mayor temperatura de calentamiento y también posee la rigidez más alta.	Tiene el precio más económico, aunque su rigidez es la más baja de los tres tipos su asistencia es buena.
Diámetro de hilo ( $\mu\text{m}$ )	8	7	7-8
Densidad ( $\text{Kg/m}^3$ )	1740-1760	1810-1870	1820
Módulo de elasticidad (GPA)	230	390	290
Resistencia a tracción (GPA)	2,6-5	2,1-2,7	3,1
Elongación a la rotura (%)	2	0,7	1,1
Módulo específico	130	210	160
Coefficiente expansión térmica ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	2,56	2,56	2,56

La fibra de carbono se obtiene más comúnmente a partir del precursor poliacrilonitrilo también conocido como PAN, el alquitrán y rayón. El rayón es un derivado de la celulosa y no es usado en la actualidad debido a que en su proceso de fabricación se pierde un 75% de la masa de fibra y además es un proceso sumamente costoso. Los precursores del alquitrán son obtenidos a través de la destilación destructiva del carbón y están basados en MPP brea o también en PVC conocido más comúnmente como el cloruro de polivinilo. El PAN es una fibra sintética, que es la base de la mayoría de las fibras de carbono comerciales hoy en día. Al final del proceso de transformación se obtiene una fibra de carbono que tiene un rango de 50 y 55 % [30].

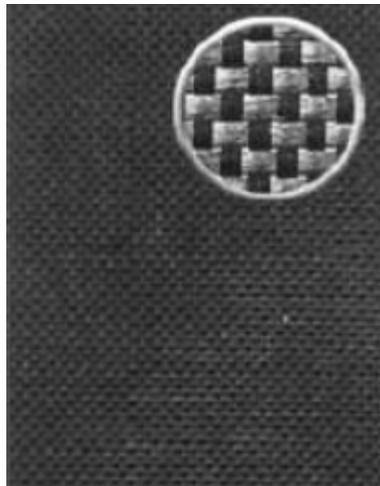
### 1.1.10 Fibra de carbono unidireccional

La fibra de carbono posee beneficios tales como la rigidez, resistencia, facilidad de corte y además recepción de la fuerza de manera bidimensional, ahora bien la fibra de carbono unidireccional posee las mismas características con la diferencia que la recepción de la fuerza será en una sola dirección [33].

- **Tejidos de fibra de carbono**

Los tejidos de fibra de carbono (ver Figura 1.8) son textiles trenzados que no poseen matriz de resina, estos tejidos poseen un rango de 95 a 98 % de las fibras en dirección longitudinal que sería el tramo principal y el restante en dirección transversal (tramo secundario) [26].

Debido a que están tejidas se pueden utilizar en elementos con irregularidades, esta es una opción para considerar si se desea reemplazar un tejido reforzado con fibra de vidrio [34].



**Figura 1.8** Tejido de fibra de carbono [3]

- **Láminas o platinas de fibra de carbono**

Según la referencia [34] las láminas de fibra de carbono son conformadas por una matriz de resina epóxica junto con fibra de carbono esta presentación permite la transferencia de cargas y protege las fibras del medio ambiente. En este tipo de

presentación se debe tener en cuenta la dirección de la fibra debido a que en la posición en la que se encuentre la fibra con respecto de la platina dependerá su resistencia y rigidez. Comercialmente esta presentación viene como se muestra en la Figura 1.9.

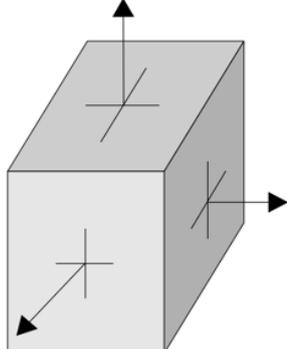


**Figura 1.9** Fibra de carbono unidireccional tipo platina [3]

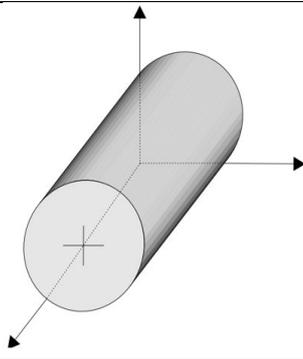
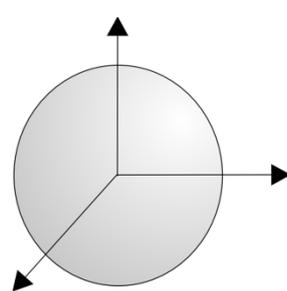
### 1.1.11 Constantes Elásticas

Las propiedades mecánicas de las fibras están en función de la simetría de las fibras, según la referencia [3] estas simetrías vienen detalladas en 3 casos que se muestran en la Tabla 1.2.

**Tabla 1.2** Simetrías de las fibras [3].

Simetrías de las fibras	
Simetría ortótropa	 <p>Módulo de elasticidad: <math>E_x, E_y, E_z</math>            Coeficiente de Poisson: <math>\nu_x, \nu_y, \nu_z</math>            Módulo cortante: <math>G_x, G_y, G_z</math></p>

**Tabla 1.2.** Simetrías de las fibras (continuación)

Simetrías de las fibras	
Simetría transversalmente isótropa	 <p>Módulo de elasticidad: <math>E_x, E_y = E_z</math>                  Coeficiente de Poisson: <math>\nu_x, \nu_y = \nu_z</math>                  Módulo cortante: <math>G_x, G_y = G_z</math></p>
Simetría isótropa	 <p>Módulo de elasticidad: <math>E_x = E_y = E_z</math>                  Coeficiente de Poisson: <math>\nu_x = \nu_y = \nu_z</math>                  Módulo cortante: <math>G_x = G_y = G_z</math></p>

Para poder efectuar los cálculos respectivos de las simetrías mencionadas se utilizan las siguientes formulas, tomadas de la referencia [3]:

$$E_1 = V_f E_f + (1 - V_f) E_m \quad (1)$$

$$E_2 = \frac{\frac{E_m}{(1 - \nu_m^2)(1 + 0.85\nu_f^2)}}{\frac{E_m V_f}{(1 - V_f)^{1.25}} + \frac{E_f}{1 - \nu_m^2}} \quad (2)$$

$$G_{12} = \frac{G_m(1 + 0.6V_f^{0.5})}{(1 - V_f)^{1.25} + \frac{V_f}{1 - \nu_m^2}} \quad (3)$$

$$\nu_{12} = V_f \nu_f + (1 - V_f) \nu_m \quad (4)$$

$$\nu_{21} = \nu_{12} \frac{E_2}{E_1} \quad (5)$$

$$G_{21} = \frac{E_2}{2(1 + \nu_{21})} \quad (6)$$

### 1.1.12 Matrices

La matriz polimérica, se trata de un material compuesto en el que se incorpora un polímero en la fase de refuerzo del material principal, estos pueden ser reforzados con fibras o partículas [35].

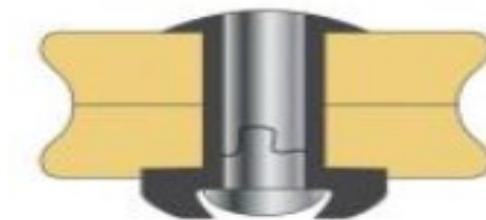
### 1.1.13 Uniones

Según la bibliografía [36], para la unión de dos piezas independientes en una sola existen varios tipos de uniones, como las que se muestran a continuación:

- Mecánicas
- Soldadura
- Adhesivas
- Mixtas

### 1.1.14 Uniones Mecánicas

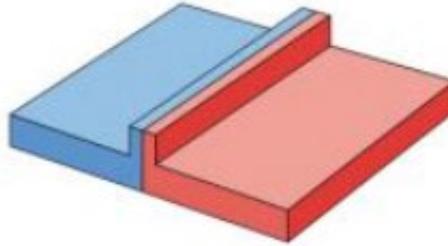
Este tipo de uniones son las más antiguas que se conocen, consisten en unir mediante un clavo dos partes independientes, a lo largo de la historia los clavos o también conocidos como puntas han sido fabricados de diferentes materiales, hasta hoy en día que son de acero. Además de los clavos el otro tipo de uniones mecánicas son los remaches. Los remaches funcionan introduciéndolo entre las dos piezas perforadas que se van a enlazar, al aplicar presión se forma una doble cabeza uniendo las partes como se muestra en la Figura 1.10 [36].



**Figura 1.10** Unión Mecánica [37].

### 1.1.15 Soldadura

La soldadura es por concepto la unión de dos piezas de igual o diferente naturaleza mediante la aplicación de calor en la mayoría de los casos además de que se puede o no contar con la aportación de material y puede o no tener aplicación de presión (ver Figura 1.11) [36].



**Figura 1.11** Unión soldada [37].

### 1.1.16 Uniones Adhesivas

Las uniones adhesivas lograron un avance significativo en conjunto con la química orgánica, al basarse en la aplicación de polímeros a la unión química de elementos que actuaran como uno solo, su resistencia de unión es tal que es posible la utilizarlas para reforzamiento estructural, en este tipo de uniones intervienen la rugosidad y los poros que son los que permiten la fijación del conjunto [36]. Como se muestra en la Figura 1.12



**Figura 1.12** Unión Adhesiva [37].

### 1.1.17 Uniones Mixtas

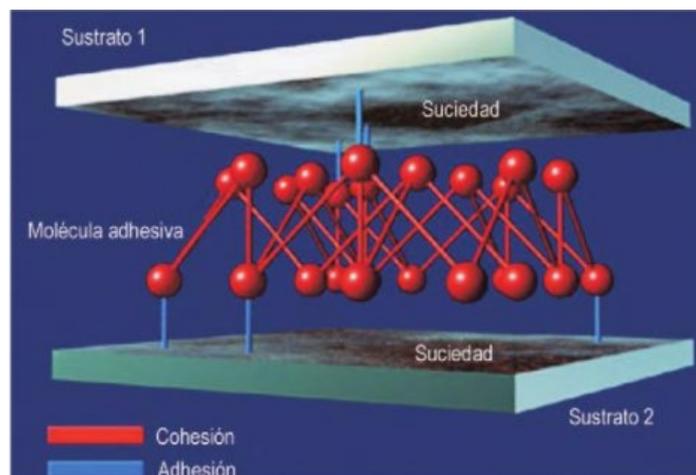
Este tipo de uniones también conocidas como uniones híbridas son las que tienen dos o más tipos de uniones en una misma estructura, con el fin de transmitir el esfuerzo entre piezas distintas como se muestra en la Figura 1.13 [36].



**Figura 1.13** Unión mixta (soldadura y adhesivo) [37]

### 1.1.18 Adhesivos

Los adhesivos son sustancias líquidas que tienen una consistencia pastosa que al ser aplicadas en las superficies de las piezas o también denominados sustratos como se muestra en la Figura 1.14, crean una unión resistente [38].



**Figura 1.14** Esquema de unión de adhesivos [38].

La unión adhesiva está en dependencia de la fuerza de unión del adhesivo o también conocido como Adhesión y de la fuerza interna del adhesivo o también denominado Cohesión [38].

La adhesión es la fuerza de unión en la zona de separación que se da entre el adhesivo y el sustrato, las fuerzas como la fuerza de atracción y la fuerza de absorción influyen directamente en la unión, debido a que el adhesivo debe inundar por completo en la rugosidad de la superficie a aplicar [38].

La cohesión es la fuerza que evita que las moléculas de un cuerpo se separen, esto dependerá del tipo de adhesivo que se esté empleando, dependiendo del tipo de aplicación que se desee un adhesivo será más efectivo que otro por sus propiedades mecánicas y químicas diferentes [38].

### 1.1.19 Tipos de Adhesivos

Según la referencia [39], los adhesivos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Colas tradicionales:** Usadas principalmente para uniones en interiores.
- **Resinas sintéticas:** Esta es una gama amplia en donde se pueden encontrar resinas fenólicas, de urea, de melanina, de formaldehído y las epoxi.
- **Poliésteres:** Utilizados en cerámicos
- **Poliuretanos:** Utilizados para la unión metal – madera
- **Gomas:** Utilizados para acabados de suelo
- **Compuestos de asfalto:** Utilizados para uniones de tejados, sellantes entre otros
- **Otros:** adhesivos como el butilo, polisulfuro se utilizan como masilla para su aplicación en juntas

### 1.1.20 Criterios de selección de adhesivos

De acuerdo con la bibliografía [40], estos adhesivos tienen distintas aplicaciones en función a distintos aspectos por lo que sus criterios de selección varían. Estos son por su química, por su forma, por su tipo y por su capacidad de soporte de carga. Así, algunos ejemplos de estos son:

**Adhesivos estructurales:** estos son, comúnmente, los epóxicos y acrílicos.

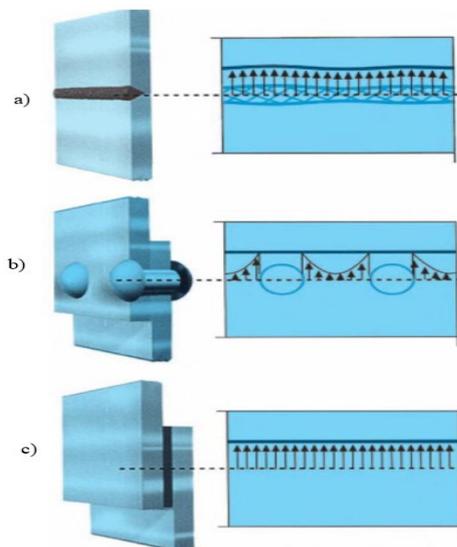
**Adhesivos semiestructurales y no estructurales:** son de gran interés debido a que tienen costos medios y se usan en el ensamble de productos terminados.

**Adhesivos sensibles a la presión:** en cambio, son de módulo bajo, estos son fáciles de deformar y por esto su uso se da para humedecer superficies. Estos son de aplicaciones no estructurales.

**Adhesivos anaeróbicos:** son usados en ingeniería mecánica para la fijación de pernos o cojinetes, ya que por sus propiedades estos se curan dentro de espacios que no cuentan con un ingreso de oxígeno y en su lugar se usa la luz ultravioleta, haces de electrones o catalizadores como el agua.

### 1.1.21 Distribución de tensiones

Cuando se habla de uniones adhesivas estas son las que mejor distribución de tensiones presentan frente a otro tipo de uniones como las mecánicas o soldadura, como se muestra en la Figura 1.15.

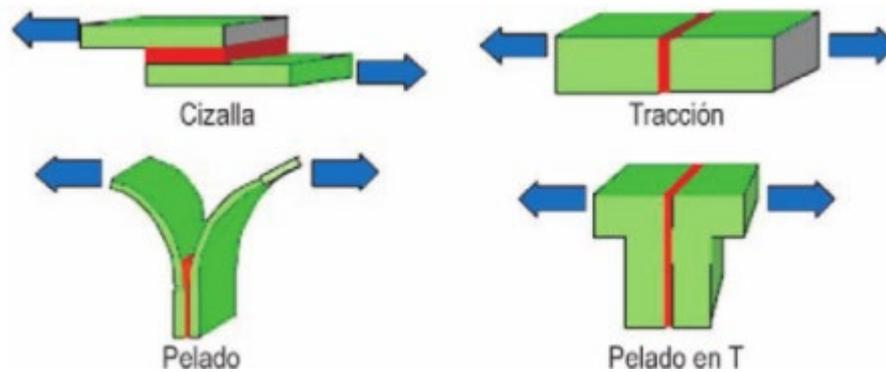


**Figura 1.15** a) Distribución de tensiones en soldadura, b) Distribución de tensiones en uniones mecánicas, c) Distribución de tensiones en uniones adhesivas [38].

### 1.1.22 Separación de uniones adhesivas.

Los esfuerzos que actúan sobre las piezas unidas producen tensiones, estos esfuerzos pueden ser esfuerzos a tracción, compresión torsión cizalladura o corte y flexión, sin

embargo, las tensiones no son solo producto de la transmisión de fuerzas, en muchos casos aparecen fenómenos por el cambio de temperatura. En la Figura 1.16 aparecen los tipos de separaciones que se pueden producir [38].



**Figura 1.16** Tipos de separaciones [38].

Al momento de realizar un diseño, se requiere que las uniones adhesivas para que el adhesivo utilizado soporte la carga cortante, en lugar que la de tensión. Es por esto por lo que las uniones traslapadas constituyen un tipo de uniones recomendada, debido a que, por su disposición a lo largo de la capa de unión, son más resistentes [40].

Al realizar el análisis de las uniones traslapadas se determina que la carga que se aplica sobre estas se distribuye de manera uniforme sobre la unión. Así, el fallo que se presenta de manera constante, de acuerdo con la norma ASTM D1002, en las uniones traslapadas simples es el de la resistencia cortante aparente, que se refiere a la “carga de ruptura dividida en el área de unión” [40].

### 1.1.23 Resina Epoxi

Las resinas epoxi son bicomponentes pues tienen la resina epoxi como base y un agente de endurecimiento o también conocido como curado. Para el proceso de curado se suele utilizar calor sin embargo hay resinas que se pueden endurecer a temperatura ambiente [39].

La ventaja de usar resina epoxi es que esta no produce reacciones al momento de realizar un curado y las contracciones de esta son mínimas. Su adherencia a otros materiales es elevada junto con su elevada resistencia química, propiedades mecánicas

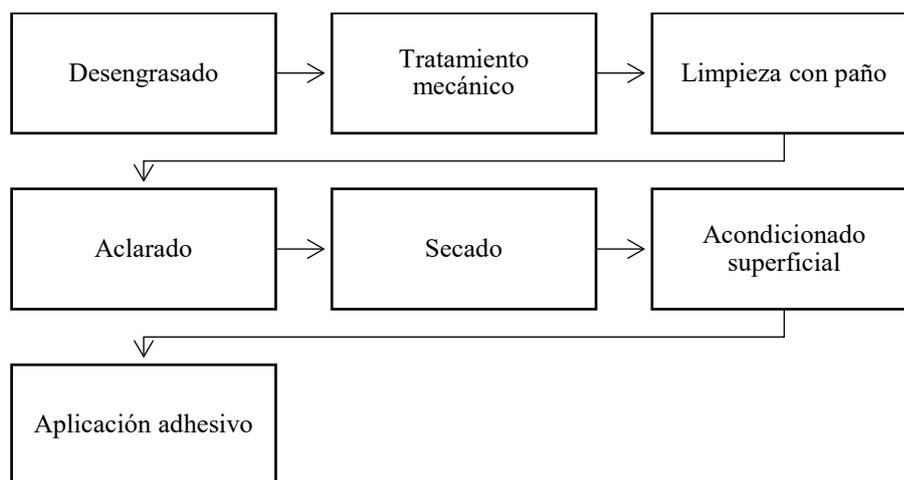
y excelente comportamiento eléctrico [35]. En la Figura 1.17, se muestra un ejemplo de resina epóxica envasada



**Figura 1.17** Resina epoxi envasada [28].

### 1.1.24 Preparación de las superficies

Este paso es sin duda el más importante cuando se realiza una unión adhesiva debido a que si la superficie no está preparada adecuadamente, la unión fallara inevitablemente. Para esto diferentes tipos de preparaciones superficiales. Los métodos que se utilicen en la preparación de superficies deben garantizar la eliminación de aceite, grasa u otras impurezas, para esto un esquema practico sería el mostrado en la Figura 1.18.



**Figura 1.18** Esquema de preparación superficial [41].

Los tratamientos superficiales que se tomaran en consideración en el presente trabajo son los siguientes:

### 1.1.25 Limpieza manual

La norma SSPC-SP-2 describe el proceso de limpieza manual, el cual es el raspado de la superficie con un cepillo o lija (ver Figura 1.19) para la remoción de capas de laminación, oxido y otro tipo de partículas extrañas, posterior a esto la superficie debe ser limpiada con una aspiradora de polvo de aire comprimido seco o trapos. Este método es más utilizado cuando la limpieza por chorro abrasivo no está permitida o es una limpieza puntual [42], [43].



**Figura 1.19** Limpieza Manual [42], [43].

### 1.1.26 Limpieza por maquinas herramientas

La norma SSPC-SP-3 describe el proceso mediante limpieza con máquinas eléctricas o neumáticas (ver Figura 1.20) el cual consiste en la eliminación de impurezas como residuos de soldadura, oxido y otros agentes contaminantes mediante herramientas mecánicas el proceso se deberá ejecutar con sumo cuidado debido a que se podría causar una abrasión profunda. Entre las principales maquinas herramientas que se utilizan para este proceso se encuentran las amoladoras que realizan la limpieza con disco de desbaste [42], [43].



**Figura 1.20** Limpieza por máquina herramienta [42], [43].

### 1.1.27 Limpieza por chorro abrasivo (Sandblasting)

La norma SSPC-SP-5 (NACE 1) describe que en este tipo de tratamiento superficial se emplean los abrasivos a presión para la limpieza superficial (ver Figura 1.21) consiguiendo la eliminación de óxido, pintura, escamas delaminación y cualquier otro tipo de material incrustado en la superficie. Una superficie que es tratada con este método tiene un aspecto uniforme y presenta una tonalidad gris clara como se muestra en la Figura 1.22



**Figura 1.21** Limpieza por chorro abrasivo [43].



**Figura 1.22** Aspecto de la limpieza superficial SSPC-SP-5 [44].

- **Abrasivo**

Un factor que tiene una incidencia directa en el proceso de Sandblasting es la elección del abrasivo que se dispara a presión, existen dos tipos de abrasivos, metálicos y no metálicos [45] .

Existe una gran variedad de abrasivos no metálicos como se muestra en la Tabla 1.3, sin embargo, el más usado de estos es la arena, la sílice más específicamente, por su gran disponibilidad en el mercado y bajo costo. Un problema al utilizar este tipo de abrasivo es su falta de reusabilidad y además que al ser un elemento que se encuentra en ríos y/o canteras debe someterse a un proceso de descontaminación primero [44], [45].

Los abrasivos metálicos que se utilizan en la actualidad son las granallas (forma con aristas) y los perdigones (forma esférica). Este tipo de formas presentan una ventaja sobre los abrasivos no metálicos puesto que las granallas y los perdigones mejoran la calidad del impacto ayudando a tener una mejor remoción de partículas primero [44], [45].

**Tabla 1.3** Abrasivos no metálicos [44]

<b>Abrasivos</b>	<b>Forma</b>	<b>Color</b>	<b>Grado de empolvamiento</b>	<b>Reutilización</b>
<b>Arenas</b>	<b>Abrasivos de ocurrencia natural</b>			
Sílice	Redonda	Blanco	Alto	Pobre
Mineral	Redonda	Variable	Medio	Buena
Cuarzo	Angular	Gris	Medio	Buena
Granate	Angular	Rosado	Medio	Buena
Zirconio	Cúbico	Blanco	Bajo	Buena
Novaculita	Angular	Blanco	Bajo	Buena
<b>Escorias</b>	<b>Abrasivos de subproductos</b>			
De Caldera	Angular	Negro	Alto	Buena
De Cobre	Angular	Negro	Bajo	Buena
De Níquel	Angular	Verde	Alto	Pobre
Cáscara de nueces	Cúbicas	Pardo	Bajo	Pobre
Conchas de durazno	Cúbicas	Pardo	Bajo	Pobre
Mozarcas	Angulares	Curtido	Bajo	Buena
	<b>Abrasivos de manufacturados</b>			
Carburo de silicio	Angular	Negro	Bajo	Buena
Óxido de aluminio	En bloque	Pardo	Bajo	Buena
Cuentas de vidrio	Esféricos	Claro	Bajo	Buena

### 1.1.28 Rugosidad Superficial

La rugosidad son las desviaciones pequeñas que existen con respecto a la superficie nominal que están separadas finamente y son características del material y de los procesos que intervinieron en la superficie. La rugosidad superficial es una característica medible que está basada en la desviación de la rugosidad, misma que se puede definir como la media de las desviaciones verticales con respecto a su superficie nominal, sobre una superficie de longitud determinada [46].

### 1.1.29 Rugosidad Media.

El método más utilizado para la medición de la rugosidad de una superficie es la rugosidad media también conocida como Ra, esta rugosidad media se define como el valor medio aritmético de las distancias de los puntos del perfil real en relación con la línea media de longitud básica [47].

Según la referencia [46], para calcular la rugosidad media se utiliza la siguiente formula:

$$R_a = \int_0^{L_m} \frac{|y|}{L_m} dx \quad (7)$$

Donde

$R_a$  = valor de la media aritmetica de rugosidad en pulgadas

$y$  = Desviación vertical con respecto a la superficie nominal en pulgadas

$L_m$  = Distancia especificada

En la Figura 1.23 se aprecian los términos de la ecuación antes mencionada

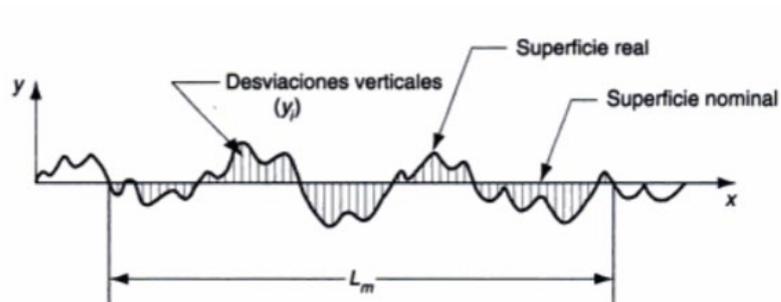


Figura 1.23 Rugosidad media [46].

### 1.1.30 Grado de rugosidad Superficial

Según la referencia [48] la norma DIN 4769 divide en grados los distintos valores de Ra en micrómetros para mayor facilidad de especificación y control, esto se muestra en la Tabla 1.4

**Tabla 1.4** Grado de Rugosidad [48]

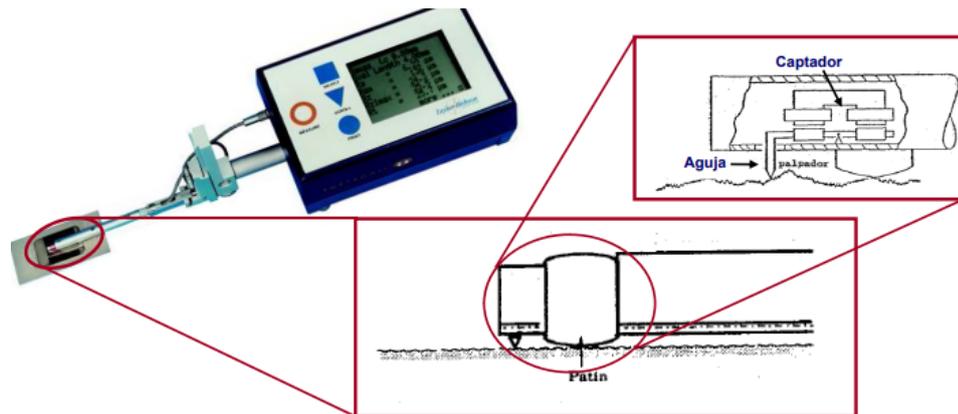
<b>Ra [<math>\mu m</math>]</b>	<b>N° de Grado de Rugosidad</b>
50	N12
25	N11
12.5	N10
6.3	N9
3.2	N8
1.6	N7
0.8	N6
0.4	N5
0.2	N4
0.1	N3
0.05	N2
0.025	N1

### 1.1.31 Medición de la Rugosidad.

Para medir la rugosidad se utiliza un aparato llamado rugosímetro el cual recorre la superficie con un palpador y este produce una señal eléctrica que es proporcional a las irregularidades que existen en la superficie [49].

### 1.1.32 Rugosímetro

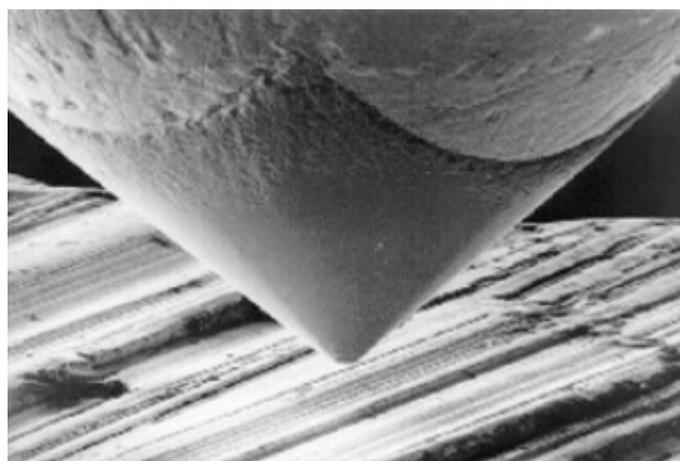
Existen diferentes tipos de rugosímetros, sin embargo la mayoría se compone de las mismas partes esenciales para realizar la medición de la rugosidad. En la Figura 1.24 se muestra un rugosímetro con sus partes esenciales.



**Figura 1.24** Rugosímetro [50].

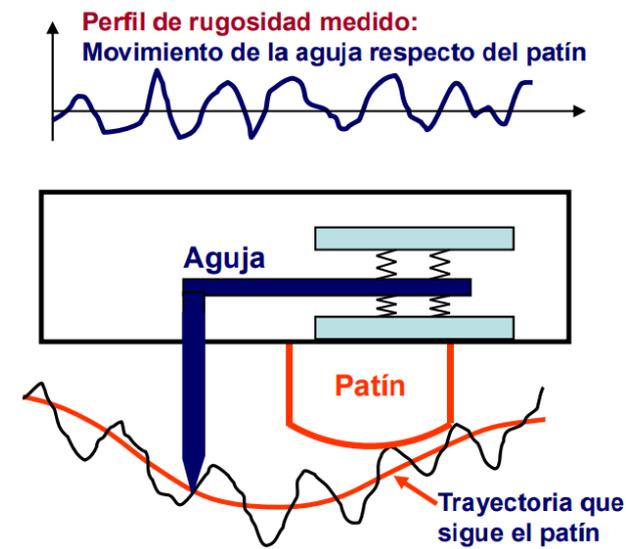
Según la referencia [50] las partes que componen a un rugosímetro son las siguientes:

- **Aguja:** Es la parte que se introduce entre los picos y valles está hecha de diamante y se puede apreciar en la Figura 1.25
- **Captador:** Registra los movimientos verticales de la aguja y se puede observar en la Figura 1.26
- **Patín:** Es aquel que se apoya en la superficie examinada y sirve de filtro mecánico, se puede apreciar en la Figura 1.26
- **Motor:** Es aquel que empuja el agua sobre la superficie
- **Electrónica:** Se encarga de registrar los datos captados a su vez los procesa y arroja los resultados de la medición.



**Figura 1.25** Detalle de la punta de un rugosímetro. [50].

La aguja y patín realizan un trabajo en conjunto, el cual es que da los datos de la rugosidad media, esto se puede apreciar de mejor manera en la Figura 1.26



**Figura 1.26** Trayectoria del patín y aguja. [50].

### 1.1.33 Método de elementos finitos (MEF)

A través del tiempo, se han presentado nuevas demandas por parte de la industria. Parte de estas son la exigencia de ensayos en metales o compuestos, los cuales se requieren en el menor tiempo posible y minimizando costos de operación. Para satisfacer estas necesidades se han desarrollado softwares de gran potencia capaces de replicar condiciones del mundo real en sus interfaces. Cada vez es más accesible para las empresas, instituciones educativas, entre otros, el uso de estos para de esta manera obtener resultados de alto grado de fiabilidad y con tiempos de operación reducidos, el método utilizado se denomina Método de los Elementos Finitos [51].

Le método de los elementos finitos, ofrece una solución numérica a la mecánica de sólidos. Se debe tener en consideración que este no es exacto, sino que se considera como una aproximación realista de los problemas que se presente, siendo en muchos casos esta aproximación suficiente para considerarlo como solución de un problema [52].

Para realizar de manera correcta el método computarizado deben seguirse ciertos pasos que se presentan en la Figura 1.27.

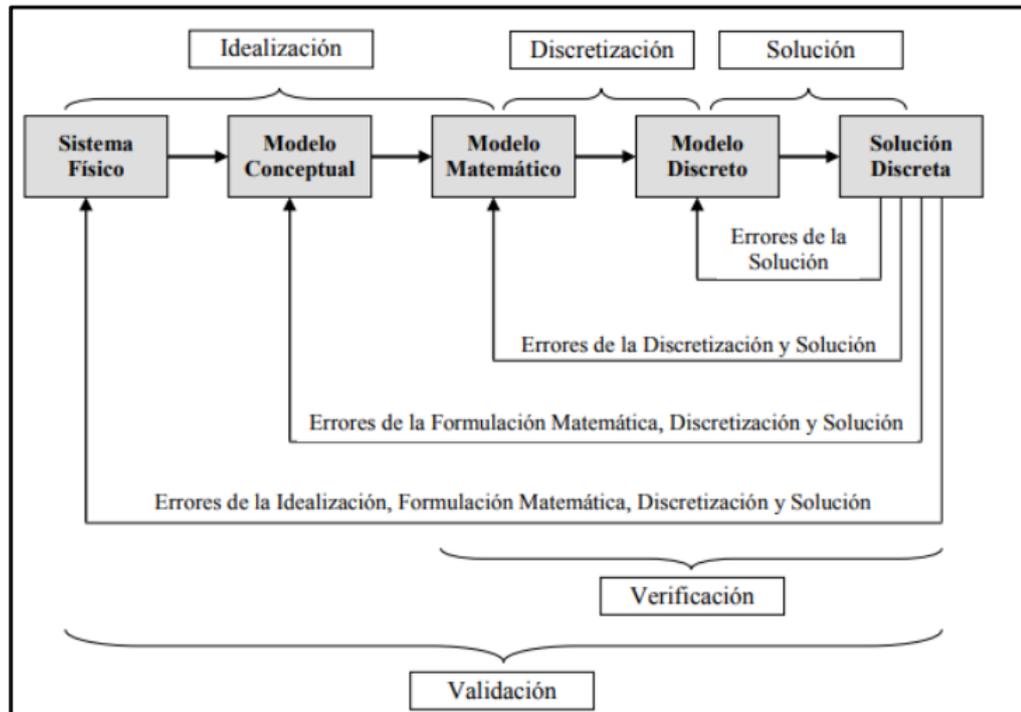


Figura 1.27 Proceso de resolución de un problema [53].

### 1.1.34 Discretización

Para aplicarlo el problema de estudio se deberá dividir en partes pequeñas del mismo que deberán estar interconectados entre sí a través de nodos, de esta forma el desplazamiento interno de los elementos se podrá representar en función del desplazamiento de los nodos formados. De esta forma, se logra pasar de un sistema continuo con infinitos grados de libertad a uno finito, que usando ecuaciones simulará su comportamiento. Estas ecuaciones pueden o no ser lineales [52]. El esquema genérico de un problema físico se representa en la Figura 1.28.

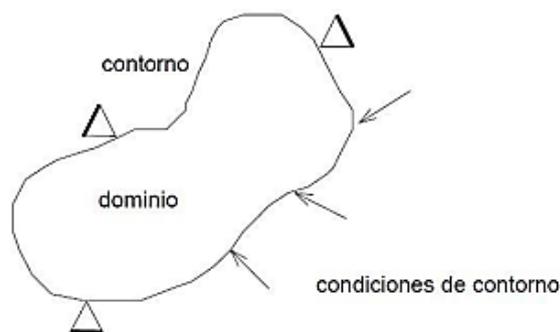


Figura 1.28 Esquema genérico de un problema físico [52].

En el que el dominio hace referencia al objeto de estudio y las condiciones de contorno son las variables que limitan a nuestro objeto. Este conjunto arrojará como resultado las respuestas de las incógnitas que se buscaban resolver [52].

### 1.1.35 Tipo de Elementos

- Elemento finito lineal (Barra biarticulada)

Este elemento se forma tras unir dos nodos, estos se los llama comúnmente línea y se usan para representar vigas [54]. En la Figura 1.30 se muestra un ejemplo.

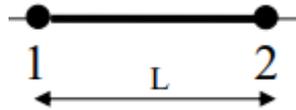


Figura 1.29 Barra articulada [54].

- Elementos bidimensionales

Se tratan elementos como triángulos o cuadriláteros que cuentan con 3 o 4 nodos en sus vértices, pero de ser necesario pueden ubicarse nodos en las aristas, como se observa en la Figura 1.31 [54].

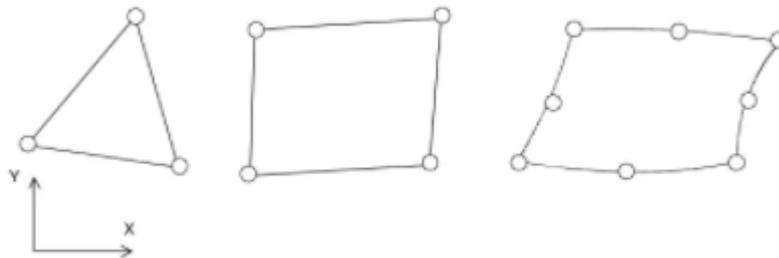
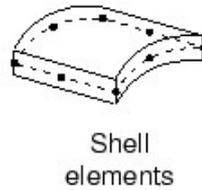


Figura 1.30 Elementos bidimensionales [53].

- Elemento tipo Shell

Estos son utilizados para modelos en los que la dimensión del espesor es pequeño y las tensiones en dirección de este son insignificantes. Este tipo de elementos tienen 6 grados de libertad que son 3 traslacionales y 3 rotacionales como se muestra en la

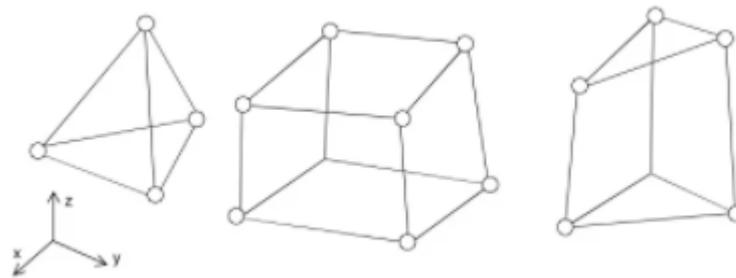
Figura 1.31. Este elemento debe tener una propiedad referida a la sección que define su espesor y las propiedades mecánicas del mismo [53].



**Figura 1.31** Elemento tipo Shell [53].

- Elementos tridimensionales.

También llamados sólidos, son elementos que cuentan con nodos que los confirman en los tres ejes del plano, como se muestra en la Figura 1.32 [53].



**Figura 1.32** Elementos tridimensionales [54].

El tipo de análisis recomendado a utilizar es el estático no lineal, debido a que este se utiliza para obtener resultados a problemas aplicados a la resistencia de materiales o la teoría de la elasticidad que se pueden usar para calcular esfuerzos y deformaciones en elementos simples [55].

El análisis no lineal de estructuras es el que analiza el comportamiento tenso-deformacional de los materiales que intervienen en el estudio [55]. Por esta razón, es necesario que se definan las características no lineales tanto del acero como de los contactos de los materiales [3].

Tras generar modelos computacionales de los elementos a analizar se deben revisar los contactos que tienen sus superficies, esto con el objetivo de garantizar un correcto comportamiento durante la ejecución de la solución. Estas son las que simularán

condiciones del modelo real en el computarizado, siendo algunas de estas la presión al realizar el ensayo a tracción de los elementos, así como la fricción que puede existir entre ellos [18]. Para poder realizar este método de la manera más eficiente, se han determinado fases, éstas son las que definen los pasos a seguir para utilizar el método de elementos finitos. La Tabla 1.5, muestra estas fases con sus etapas.

**Tabla 1.5** Fases y etapas del análisis por elemento finitos [3].

Fase I	Pre-Tratamiento	Etapa 1	Discretización espacial del dominio físico.
		Etapa 2	Definición de los materiales (Módulo de Young, Poisson).
		Etapa 3	Definición de condiciones.
		Etapa 4	Definición de propiedades de la sección.
Fase II	Tratamiento	Etapa 5	Cálculo elemental, ensamble de ecuaciones y resolución.
Fase III	Post-Tratamiento	Etapa 6	Cálculo de las variables derivadas (deformaciones, reacciones, esfuerzos).
		Etapa 7	Análisis y visualización de resultados.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

Analizar la resistencia de la junta traslapada simple, entre el acero estructural A36, resina epóxica y fibra de carbono unidireccional, utilizado para reforzamiento de vigas de acero.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Preparar la superficie de las probetas en el área donde se aplicará resina epóxica como adherente entre el acero y fibra de carbono unidireccional.
- Medir la rugosidad de la superficie en el área de la junta.

- Realizar el ensayo de tracción de la junta traslapada adherida con resina epóxica.
- Establecer un modelo tridimensional mediante elementos finitos para simular el ensayo.

### **1.3 Planteamiento de la hipótesis**

La resistencia al esfuerzo cortante entre los materiales depende de la rugosidad de la superficie de contacto del acero.

#### **1.3.1 Señalamiento de variables de la hipótesis**

##### **Variable Independiente**

La rugosidad del material según el tipo de tratamiento superficial que se le dé al acero

##### **Variable dependiente**

Resistencia al cortante

## CAPITULO II

### 2 METODOLOGÍA

#### 2.1 Materiales

A continuación, en la Tabla 2.1 se muestra una descripción breve sobre los equipos y herramientas a utilizar durante el presente trabajo y en la Tabla 2.2 se muestran los consumibles.

**Tabla 2.1** Equipos y herramientas.

<b>Equipos y herramientas</b>		
<b>Equipos y herramientas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
Computador	Es el equipo que más se utilizará durante el desarrollo del proyecto.	
Instrumentos de medición	Herramientas utilizadas para medir longitudes.	
Tijeras	Se utilizará para el corte de la fibra de carbono.	
Amoladora	Equipo que se utilizará para realizar las probetas de acuerdo con lo establecido en la norma.	

**Tabla 2.1** Equipos y herramientas (continuación)

<b>Equipos y herramientas</b>		
<b>Equipos y herramientas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
Recipiente plástico	Se utilizarán para depositar y mezclar las resinas.	
Estilete	Herramienta que se usará para cortar los materiales de manera rápida y precisa.	
Balanza digital	Esta se usará para mezclar las cantidades exactas de componentes de la resina.	
Acero A36	Las propiedades de este acero se muestran en la Tabla 2.4	
Lima de metal	Se usará para limpiar los excedentes al momento de cortar las placas de acero.	
Fibra de carbono	La fibra de carbono unidireccional que se utilizará contiene 70% de fibra de carbono y 30% de resina. Las propiedades mecánicas de la fibra de carbono se muestran en la Tabla 2.5.	

**Tabla 2.1** Equipos y herramientas (continuación)

<b>Equipos y herramientas</b>		
<b>Equipos y herramientas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
Rugosímetro	Se usará para determinar de manera ágil la rugosidad en las superficies de las platinas de acero.	
Prensa en C	Estas se utilizarán para que las probetas realicen el proceso de secado a una presión constante.	
Dado	Su función será el permitir usar el torquímetro de aguja sobre las prensas en C.	
Torquímetro de aguja	Esta herramienta será la que permita el ejercer la presión calculada sobre las probetas.	
Disco de corte	Este se utilizará para cortar la fibra de carbono. Este será un disco de 1mm de espesor.	

**Tabla 2.1** Equipos y herramientas (continuación)

<b>Equipos y herramientas</b>		
<b>Equipos y herramientas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
Tappers	Estos recipientes se usarán para almacenar las placas de metal, una vez su superficie a sido preparada, en un ambiente cerrado y evitar su contaminación.	
Herramienta para retirar el exceso	Esta se usará para controlar que al aplicar resina esta tenga el espesor que recomienda el fabricante.	
Lijas de disco	Se usarán para la limpieza con disco de lijas de las placas de metal.	
Cepillo de metal	Se usará para la limpieza manual de las placas de metal.	
Equipo para Sandblasting	Herramientas que se usarán para el Sandblasting de las placas de metal.	
Herramienta para aplicar resina	Se trata de una placa plana que se usará para repartir la resina en la superficie especificada.	

**Tabla 2.2** Consumibles.

<b>Consumibles</b>		
<b>Equipos y herramientas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
Cintas adhesivas	Material que se usará para realizar anotaciones en las probetas preservando su integridad.	
Guaípe	Se usará para limpiar el excedente de resina aplicada.	
Resina	La resina epóxica que se utilizara es una combinación de dos componentes, tixotrópicos, con bases en resina epóxica y filler especial que serán representados por las letras A y B estos tienen una tonalidad blanca y negra respectivamente.	
Thinner	Líquido usado para limpiar la superficie de las probetas.	
Paños	Se usarán para limpiar las platinas de acero y fibra de carbono.	

### 2.1.1 Propiedades de los materiales

En la Tabla 2.3 se muestran las propiedades de la resina con la que se va a trabajar en la presente investigación.

**Tabla 2.3 Propiedades mecánicas de la resina [56]**

<b>Propiedades Mecánicas de la Resina</b>	
Tensión (DIN 43455):	280 kg/cm <sup>2</sup>
Corte:	150 kg/cm <sup>2</sup>
Contracción:	0.04%

**Tabla 2.4 Propiedades de acero A36 [3].**

<b>Material</b>	<b>Módulo de Elasticidad</b> [GPa]	<b>Relación de Poisson</b>	<b>Límite de Fluencia</b> [MPa]	<b>Resistencia máxima a la tracción</b> [MPa]	<b>Falla ante la deformación plástica</b>
<b>Acero A36</b>	200	0.3	250	400	0.23

**Tabla 2.5 Propiedades mecánicas de la fibra de carbono [3].**

<b>Material</b>	<b>Módulo de elasticidad</b> [GPa]	<b>Relación de Poisson</b>	<b>Módulo de corte</b> [GPa]
<b>Fibra de carbono unidireccional</b>	230	0.23	9

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Tipo de investigación

#### ➤ Experimental

El proyecto presentado se encuentra dentro del tipo experimental debido a que en este se analizará la influencia que tienen las variables independientes sobre dependientes, y como estas alteran los resultados obtenidos a través de pruebas realizadas sobre estas y, además, se podrán usar estos resultados para compararlos con los obtenidos a través de uso del método de elementos finitos.

#### ➤ Descriptivo

En este trabajo experimental se utilizará un método descriptivo debido a que los detalles que se presentan en el proceso investigativo tienen un alto nivel de importancia para establecer los resultados, por lo cual estos serán expuestos conforme a la realidad del caso.

### ➤ Cuantitativo

El nivel cuantitativo será un soporte vital para el presente trabajo ya que los datos que se obtendrán de los ensayos son numéricos, los cuales deberán ser analizados cuidadosamente.

### 2.2.2 Población y muestra

#### Muestras

Para analizar la influencia que tiene el tipo de tratamiento superficial sobre la resistencia al esfuerzo cortante se usó el método experimental. Así, de acuerdo con la norma ASTM D1002, el número de probetas por cada tipo de tratamiento superficial será de ocho. Además, también menciona que el número de probetas mínimas que deberán ser analizadas es de 30, en el caso de este estudio se analizarán un total de 40 probetas como se muestra en la Tabla 2.6, en esta tabla se definen los tratamientos superficiales y el tipo de curado de unión adhesiva que tendrá.

**Tabla 2.6** Especificación de número de probetas.

#	Combinación			Número de probetas
	Materiales	Tratamiento Superficial	Tipo de curado de unión adhesiva	ASTM D1002
1	Acero A36 y Fibra de Carbono	Limpieza manual	A presión	8
2	Acero A36 y Fibra de Carbono	Limpieza con disco de desbaste	A presión	8
3	Acero A36 y Fibra de Carbono	Sandblasting	A presión	8
4	Acero A36 y Fibra de Carbono	Limpieza con disco de lijas	A presión	8
			TOTAL	32

### 2.2.3 Operacionalización de variables

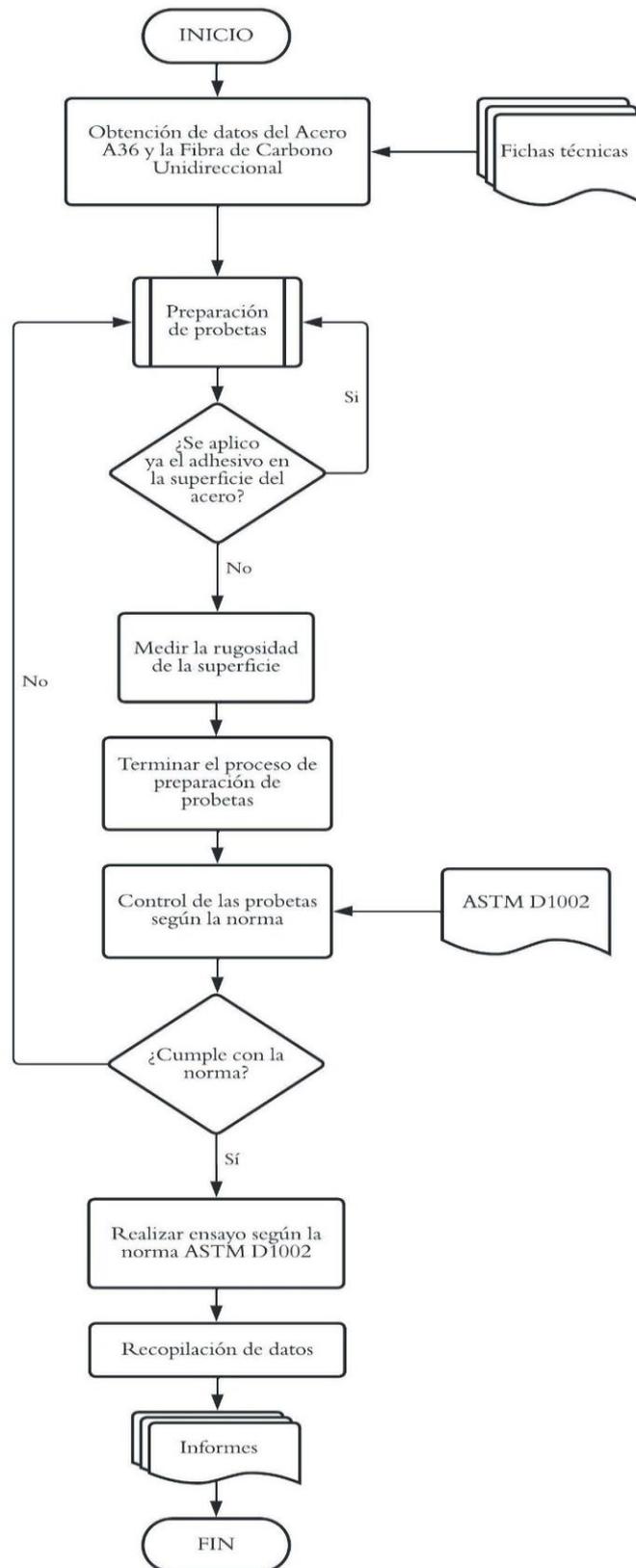
#### Variable independiente

**Tabla 2.7** Variable independiente.

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Índice	Técnicas e instrumentación
Referido a las desviaciones que presenta la superficie de un material debido a el mismo y al proceso que se le dio a la superficie. Con la ayuda rugosímetro se verificará la rugosidad de la superficie.	Calidad de superficie	Tipo tratamiento de superficie	Limpieza manual Limpieza con disco de desbaste Sandblasting Limpieza con disco de lijas	Bibliografía Rugosímetro ASTM D1002 Fichas técnicas

#### 2.2.4 Recolección de información

El diagrama de recolección de información se muestra en la Figura 2.1



**Figura 2.1** Diagrama de Recolección de información

### 2.2.5 Proceso para el ensayo

El ensayo ASTM D1002 se trata de una análisis que describe la resistencia al cortante, por esta razón este es de gran ayuda para conocer la resistencia que presentan distintos materiales unidos de forma adhesiva, debido a que se conoce que las uniones deben ser aplicadas de manera que el adhesivo este soportando la carga en cortante, ya que estas uniones son más fuertes de esta forma. Este se trata de tirar los extremos de las probetas, con el adhesivo aplicado, en tensión hasta llegar al fallo. Esta fuerza de tracción se traduce en esfuerzo cortante aplicado sobre la zona adherida. En el caso de esta investigación, una placa será de acero A36 y la otra de fibra de carbono unidireccional, debido a que se desea obtener resultados acerca de refuerzo estructural. Se compararán los resultados para diferentes lotes con el mismo adhesivo, sin embargo, estos tendrán diferente tratamiento superficial.[57].

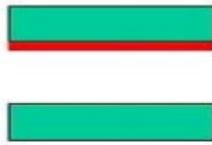
Para el ensayo de las probetas las placas estarán unidas a través de la resina epóxica aplicada a una superficie de solapamiento, esta superficie se determina usando la Ecuación 8. Una vez unidas, los extremos de la probeta deberán ubicarse en la mordaza superior en inferior de la máquina de ensayo universal y se debe tirar de ellas a una velocidad de 1.3 mm/min hasta alcanzar la rotura. Debe recalcarse que las mordazas de la máquina deberán estar alineadas de tal forma que la fuerza que se realice se dé por la línea central de la probeta [57].

De acuerdo con la referencia [57], el fabricante del adhesivo debe entregar información específica para garantizar la fiabilidad del ensayo, como:

- Instrucciones para la mezcla del adhesivo.
- Condiciones para aplicar el adhesivo.
- Condiciones de montaje.
- Condiciones de curado.

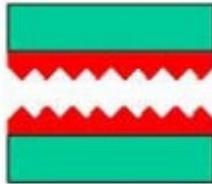
Hay dos tipos de fallo que se pueden presentar al realizar este ensayo, estos son:

- **Fallo adhesivo:** Se refiere a la separación del adhesivo de una de las placas como se muestra en la Figura 2.2.



**Figura 2.2** Representación del fallo adhesivo [58].

- **Fallo cohesivo:** El adhesivo se rompe dentro de sí mismo, así como se ve en la Figura 2.3.



**Figura 2.3** Representación del fallo cohesivo [58].

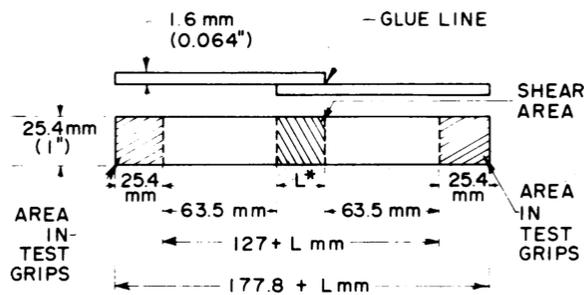
Por la naturaleza del ensayo, el fallo debe ocurrir en el adhesivo, no en el sustrato. Así, el adhesivo debe aplicarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante [57].

Según la referencia [57], los datos que se obtendrán tras realizar este ensayo son:

- Carga al fallo (N o lbf)
- Resistencia al corte en el momento del fallo (MPa o psi)
- Tipo de fallo (cohesivo o adhesivo)

### **2.2.6 Determinación de dimensiones de las probetas**

Para la elaboración de las probetas se utilizará la norma ASTM D1002 en la cual se muestran las sus dimensiones referenciales, mismas que se muestran en la Figura 2.4. Esta norma es utilizada para la determinación de la resistencia de la adhesión a cortante de adhesivos en la unión de metales, siempre y cuando estos se encuentre con una junta traslapada simple [57].



**Figura 2.4** Dimensiones generales de probetas Norma ASTM D1002 [57]

Según la referencia [57], para determinar la longitud de la probeta a ensayar se debe aplicar la siguiente formula:

$$L = Fty * t/\tau \quad (8)$$

Donde:

$L$  = Longitud del solapamiento (in)

$t$  = Espesor del metal (in)

$Fty$  = Punto de fluencia del metal (psi)

$\tau$  = Resistencia media al cizallamiento estimada en la union adhesiva (psi)

Datos:

Acero A36

$Fty = 250$  [MPa] (Acero A36)

$t = 3$  mm

$\tau = 150\%$  de la fuerza cortante de la unión adhesiva. (Ver Figura 2.1)

$$\tau = 1.5 * \frac{\left\{ 150 \frac{kg}{cm^2} \left[ \left( \frac{100cm}{1m^2} \right)^2 \right] * 9.8 \frac{m}{s^2} \right\}}{10 \times 10^5}$$

$$\tau = 22.05 MPa$$

$$L = 250MPa * \frac{3mm}{22.05MPa}$$

$$L = 34.01mm$$

Una vez obtenida la longitud y en base a las medidas referenciales que se muestran en la Figura 2.4, se obtienen las medidas finales de la probeta (ver Figura 2.5).

### Longitud final de la probeta

$$L_T = 25.4mm + 63.5mm + 34.01mm$$

$$L_T = 122.9mm = 12.29cm$$

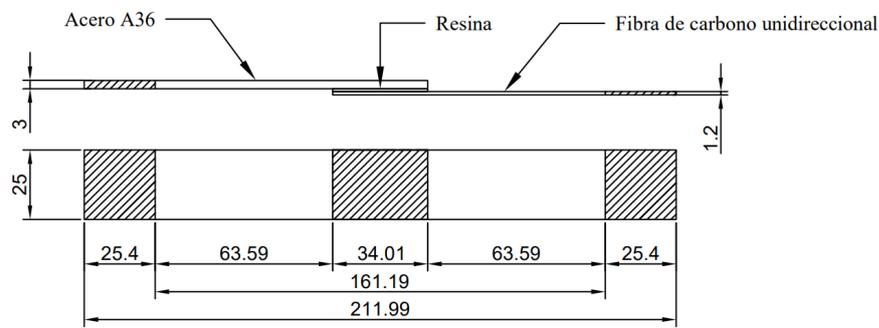


Figura 2.5 Dimensiones finales de la probeta a ensayar según la norma ASTM D1002.

### 2.2.7 Determinación de la presión

Para aplicar la presión correcta se utilizó un torquímetro de aguja, que tiene una longitud de 40 cm y según la Figura 2.1, la presión que debe ser ejercida en esta longitud es de 15 kg, así:

$$P = \frac{25 \text{ kgf}}{40 \text{ cm}^2}$$

$$P = 0.374 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Además, con el área en el que se aplicó la resina y, por ende, donde se ejerció presión es de 8.5 cm<sup>2</sup>, así para obtener el dato de la fuerza:

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

$$0.375 \frac{kgf}{cm^2} = \frac{F}{8.5 cm^2}$$

$$F = 3.188 kgf * 9.8$$

$$F = 31.24 N$$

Con esta fuerza, podemos obtener el torque que debe aplicarse para obtener la presión requerida para el proceso de curado ya que se debe aumentar el dato del brazo del torquímetro, así

$$T = 31.24 N * 0.4 m$$

$$T = 12.49 N.m$$

### 2.2.8 Identificación de las probetas

Para poder realizar un correcto análisis de los resultados se necesita que todas las probetas a ser ensayadas tengan una codificación específica para su fácil identificación, la codificación que se utilizara en el presente proyecto se explica a continuación:

WWW\_YYY\_XXX\_ZZ

**WWW:** Identificación del acero usado en la probeta, así para el Acero A36 se usa “A36”.

**YYY:** Identificación de la fibra usada en la probeta, así para la fibra de carbono unidireccional se usa “FCU”

**XXX:** Identificación del tipo de tratamiento superficial que se le dio al acero en el área donde se aplicará el adherente, así para la limpieza manual se usa “LM”, limpieza con disco de desbaste “LDD”, limpieza con disco de lijas “LDL” y para el Sandblasting “SB”.

**ZZ:** Identificación del número de probeta que será ensayada.

En la Tabla 2.8. Se muestra el desglose de las probetas identificadas.

**Tabla 2.8** Identificación de las probetas.

<b>Nombre del grupo</b>	<b>Probeta</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo de ensayo</b>
Limpieza manual	A36_FCU_LM_01	Probetas formadas por acero A36, su superficie está preparada por el proceso de limpieza manual, y fibra de carbono unidireccional, unidos con resina epóxica,	Ensayo experimental según la Norma ASTM D1002
	A36_FCU_LM_02		
	A36_FCU_LM_03		
	A36_FCU_LM_04		
	A36_FCU_LM_05		
	A36_FCU_LM_06		
	A36_FCU_LM_07		
	A36_FCU_LM_08		
Limpieza con disco de desbaste	A36_FCU_LDD_01	Probetas formadas por acero A36, su superficie está preparada por el proceso de limpieza de disco de desbaste, y fibra de carbono unidireccional, unidos con resina epóxica,	Ensayo experimental según la Norma ASTM D1002
	A36_FCU_LDD_02		
	A36_FCU_LDD_03		
	A36_FCU_LDD_04		
	A36_FCU_LDD_05		
	A36_FCU_LDD_06		
	A36_FCU_LDD_07		
	A36_FCU_LDD_08		
Limpieza con disco de lijas	A36_FCU_LDL_01	Probetas formadas por acero A36, su superficie está preparada por el proceso de limpieza con disco de lijas, y fibra de carbono unidireccional, unidos con resina epóxica,	Ensayo experimental según la Norma ASTM D1002
	A36_FCU_LDL_02		
	A36_FCU_LDL_03		
	A36_FCU_LDL_04		
	A36_FCU_LDL_05		
	A36_FCU_LDL_06		
	A36_FCU_LDL_07		
	A36_FCU_LDL_08		
Sandblasting	A36_FCU_SB_01	Probetas formadas por acero A36, su superficie está preparada por el proceso de Sandblasting, y fibra de carbono unidireccional, unidos con resina epóxica,	Ensayo experimental según la Norma ASTM D1002
	A36_FCU_SB_02		
	A36_FCU_SB_03		
	A36_FCU_SB_04		
	A36_FCU_SB_05		
	A36_FCU_SB_06		
	A36_FCU_SB_07		
	A36_FCU_SB_08		

## 2.2.9 Preparación de las probetas

En la Figura 2.6 se muestra el diagrama de preparación de las probetas. Diagrama de flujo de elaboración de las probetas.

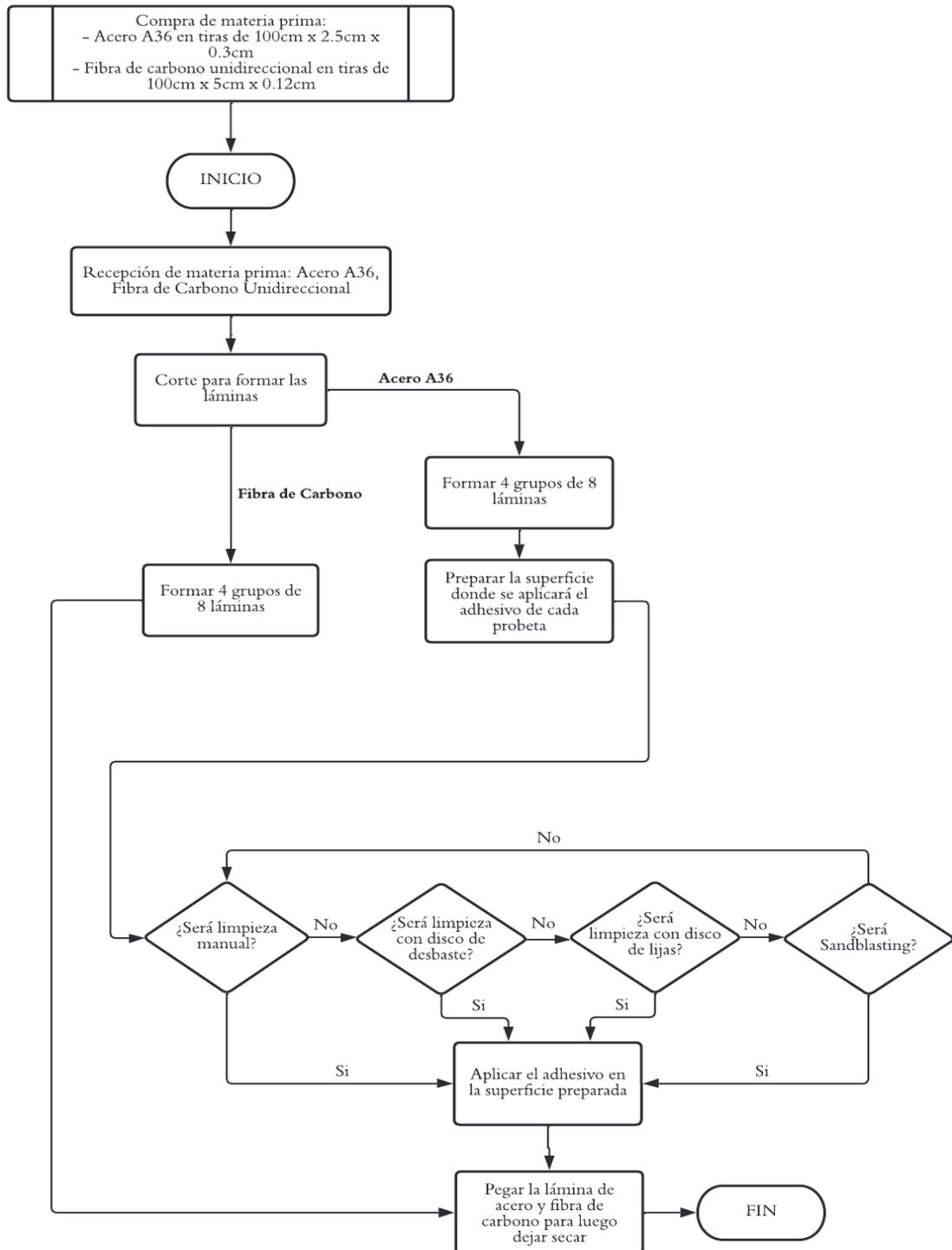


Figura 2.6 Diagrama de Flujo de elaboración de probetas

### 2.2.10 Proceso de corte de la Fibra de carbono

Según la referencia [59] ,el proceso para el corte de la fibra de carbono es el que se muestra en la Tabla 2.9

**Tabla 2.9** Proceso de corte de la Fibra de carbono

Paso
1. Fijación de la fibra a una mesa de trabajo apropiada para realizar el corte

2. Delimitar la zona de corte con cinta para guía del cortado

3. Colocarse implementos de seguridad previo al corte


**Tabla 2.9** Proceso de corte de la fibra de carbono (continuación)

Paso
4. Cortar utilizando una amoladora. Realizar movimientos hacia adelante y hacia atrás para cortar la fibra gradualmente

5. Eliminación de posibles excesos y eliminación de filos mediante una lima de metal


### 2.2.11 Preparación acero estructural ASTM A36

El Proceso para cortar el acero estructural ASTM A36 es el que se muestra en la Tabla 2.10

**Tabla 2.10** Proceso para el corte del Acero

Paso
1. Ponerse el equipo de protección


**Tabla 2.10** Proceso para el corte del Acero (continuación)

Paso
2. Fijar la lámina de acero A36 a una mesa de trabajo 
3. Medir la longitud necesaria para su posterior marcación 
4. Cortar el material 

### 2.2.12 Etiquetado de las probetas

El proceso de etiquetado de las probetas es el que se describe en la Tabla 2.11

**Tabla 2.11 Proceso de etiquetado de las probetas.**

Paso
1. Poner cinta adhesiva en todas las probetas

2. Escribir la codificación en cada probeta

3. Etiquetado del contenedor del que albergara los grupos de probetas listas


Una vez listos los 4 grupos de probetas que se van a utilizar durante el presente proyecto, se procede con la fase de la limpieza superficial.

### **2.2.13 Tratamiento superficial**

Una vez que las platinas sean obtenidas se procederá con el tratamiento superficial, que para nuestro caso serán 4:

#### **2.2.13.1 Limpieza manual**

En la Tabla 2.11 se indica el procedimiento para la limpieza manual

**Tabla 2.12** Proceso de la limpieza superficial manual

Paso
1. Marcar el área que se va a limpiar

2. Cepillar de la probeta durante 5 minutos continuos a un ritmo constante

3. Limpiar los excesos producidos con el cepillo con un paño limpio y seco

4. Guardar las probetas listas en sus respectivos contenedores


### 2.2.13.2 Limpieza mecánica

En nuestro proyecto se utilizarán dos máquinas, la amoladora con disco de desbaste, su proceso se muestra en la Tabla 2.13 y una máquina con disco de lijas, su proceso se muestra en la Tabla 2.14

**Tabla 2.13** Proceso de limpieza superficial con disco de desbaste

Paso
1. Marcar el área que se va a limpiar 
2. Pasar la amoladora sobre el área marcada, el paso debe ser breve de preferencia de 3 a 4 pasadas sin hacer presión, puesto disminuiría el espesor de la probeta 
3. Guardar las probetas listas en sus respectivos contenedores. 

**Tabla 2.14** Proceso de limpieza superficial con disco de Lijas

Paso

1. Poner las probetas en una mesa de trabajo.



2. Marcar el área que se va a limpiar.



3. Pasar el disco de lijas sobre el área marcada, este paso se debe de realizar hasta limpiar toda el área marcada, de preferencia se recomienda no ejercer mucha presión puesto que podría acabar brevemente con la lija.



**Tabla 2.14** Proceso de limpieza superficial con disco de Lijas (continuación)

Paso
4. Guardar las probetas listas en sus respectivos contenedores.



### 2.2.13.3 Limpieza con chorro abrasivo (Sandblasting)

La limpieza por Sandblasting se realizó en una empresa privada ubicada en Latacunga y su proceso se muestra en la Tabla 2.15

**Tabla 2.15** Proceso de limpieza superficial Sandblasting

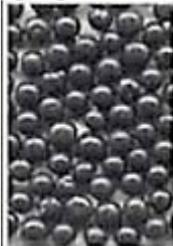
1. Poner la Presión adecuada en el compresor (120 psi en nuestro caso)
--



2. Introducir el abrasivo en el recipiente.
---



En nuestro caso el abrasivo que se utilizó fue la granalla metálica S780, se muestra un ejemplo referencial del abrasivo [44]



**Tabla 2.15** Proceso de limpieza superficial Sandblasting (continuación)

Paso
<p>3. Delimitar la zona que va a ser limpiada y colocarla en el lugar apropiado para su posterior limpieza.</p> 
<p>4. Equiparse con el equipo de seguridad apropiado para realizar el proceso (Figura referencial) [44]</p> 
<p>5. Asegurarse que la boquilla y la superficie de la probeta mantengan una distancia mínima de 10 cm y que no exceda una distancia de 30 cm y aplicar el abrasivo a presión sobre la superficie de manera perpendicular (Figura referencial) [45]</p> 
<p>6. Guardar las probetas listas en sus respectivos contenedores.</p> 

## 2.2.14 Medición de la Rugosidad

Para la medición de la rugosidad de la superficie de las probetas se recurrió al laboratorio de la Facultad de Civil y Mecánica que es propio de la Universidad Técnica de Ambato. El proceso que se siguió se muestra en la Tabla 2.16.

**Tabla 2.16** Proceso medición de la rugosidad de las probetas

Paso
1. Preparación del rugosímetro y conexión mediante cable USB al computador. 
2. Calibrar el Rugosímetro. 
3. Limpiar la superficie de las probetas con thinner para eliminar cualquier posible contaminante 

**Tabla 2.16.** Proceso de medición de la rugosidad de las probetas (continuación)

Paso
<p>4. Colocar las probetas en una mesa sólida, para evitar vibraciones y toma de datos erróneas, seguidamente colocar el rugosímetro sobre la probeta. <i>Nota: Se colocaron las probetas en 5 posiciones diferentes cada una para la toma de datos.</i></p> 
<p>5. Exportar los datos obtenidos de la rugosidad a una hoja digital a través de la computadora.</p> 

### 2.2.15 Preparación de la Resina

Según la referencia [56] para la preparación de la resina se deben seguir los pasos que se muestran en la Tabla 2.17.

**Tabla 2.17** Proceso de preparación de la Resina

Paso
1. Agitar los componentes por separado 
2. Pesar los componentes A y B para preparar la proporción 3:1 de la mezcla de la resina 
3. Verter el componente B sobre el componente A 

**Tabla 2.16** Preparación de la Resina (continuación)

Paso
4. Mezclar con un taladro de bajas revoluciones durante al menos 3 minutos para evitar inclusión de aire en medida de lo posible.

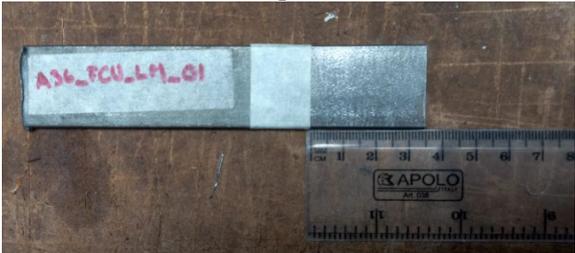
Una vez preparada la mezcla el tiempo de vida útil de la resina empieza a correr.

### 2.2.16 Aplicación del adhesivo

El proceso de aplicación del adhesivo se muestra en la Tabla 2.18.

**Tabla 2.18** Proceso de Aplicación de la resina

Paso
1. Limpiar las superficies, tanto del metal como de la fibra de carbono unidireccional con thinner.

2. Delimitación de la zona a ser cubierta por la resina


**Tabla 2.18** Proceso de Aplicación de la resina (continuación)

Paso
3. Tomar la resina con aplicador para su colocación.

4. Quitar el excedente de resina


### 2.2.17 Montaje

El proceso de montaje de las probetas se muestra en la Tabla 2.19

**Tabla 2.19** Proceso de montaje de las probetas

Paso
1. Colocar la fibra de carbono sobre la superficie de acero cubierta con la resina

2. Colocar la probeta en la prensa manual adaptada


**Tabla 2.19** Proceso de montaje de las probetas ( continuación)

Paso
<p>3. Aplicar la presión previamente calculada con la ayuda del torquímetro de aguja y asegurarse al mismo tiempo que las probetas se mantengan rectas. <i>Nota: Se pusieron 4 probetas por prensa, se utilizó papel como separador como medida de precaución</i></p> 
<p>4. Limpiar los excedentes de resina que son expulsados por los costados al momento de aplicar presión y dejar las reposar las probetas durante el tiempo de curado que especifica el fabricante (72 horas)</p> 

### 2.2.18 Aplicación del ensayo a tracción

El ensayo a tracción se realizará bajo la norma ASTM D1002 y se realizó en el Centro de Fomento Metalmeccánico de la ciudad de Ambato.

El procedimiento para llevar a cabo para el estudio de las probetas, tras haber preparado las mismas como se especifica anteriormente y con el uso de una máquina de ensayos universal, es el siguiente:

- Ubicar la probeta en las mordazas de la máquina de ensayo de tal forma que los 25 mm de los extremos de la probeta sean los que estén en contacto con la mordaza.
- La probeta deberá estar ubicada tal que el eje largo de esta coincida con la dirección de tracción aplicada por las mordazas.
- La carga para aplicar será a razón de 80 a 100 kg/cm<sup>2</sup> del área de cizallamiento por minuto. Se deberá aplicar hasta el fallo.
- La carga deberá aplicarse a un ritmo de 1,3mm/min.

Tras haber realizado el ensayo, la norma aclara que se debe registrar la carga al momento del fallo y de que tipo es (cohesivo o adhesivo), de cada una de las probetas. Además, el reporte de estas deberá tener:

- Identificación completa del adhesivo.
- Identificación completa del metal usado (espesor, método de limpieza superficial antes de aplicar el adhesivo).
- Condiciones de aplicación y adhesión al preparar las probetas.
- Espesor de la capa de adhesivo tras unir los materiales.
- Longitud de solapamiento usado.
- Acondicionamiento de las probetas antes del ensayo.
- Número de probetas ensayadas.
- Número de juntas representadas.
- Valores máximos, mínimos y medios de la carga de rotura.
- Naturaleza del fallo (cohesivo o adhesivo), incluyendo porcentajes medios de fallo.

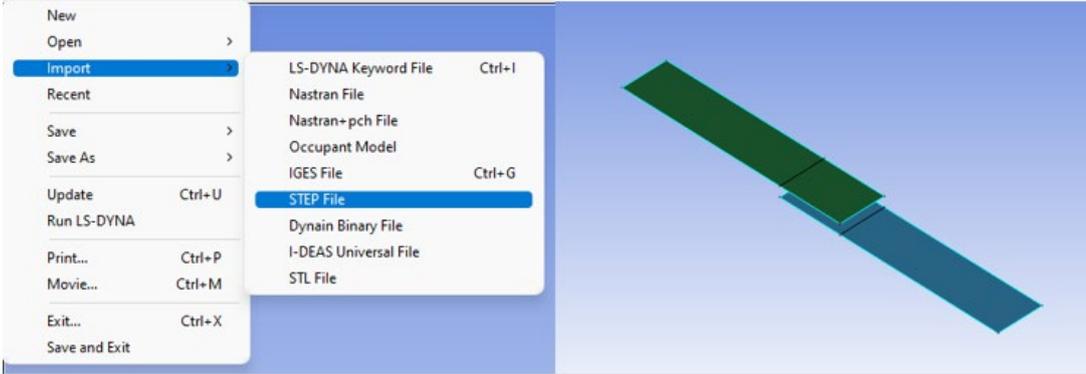
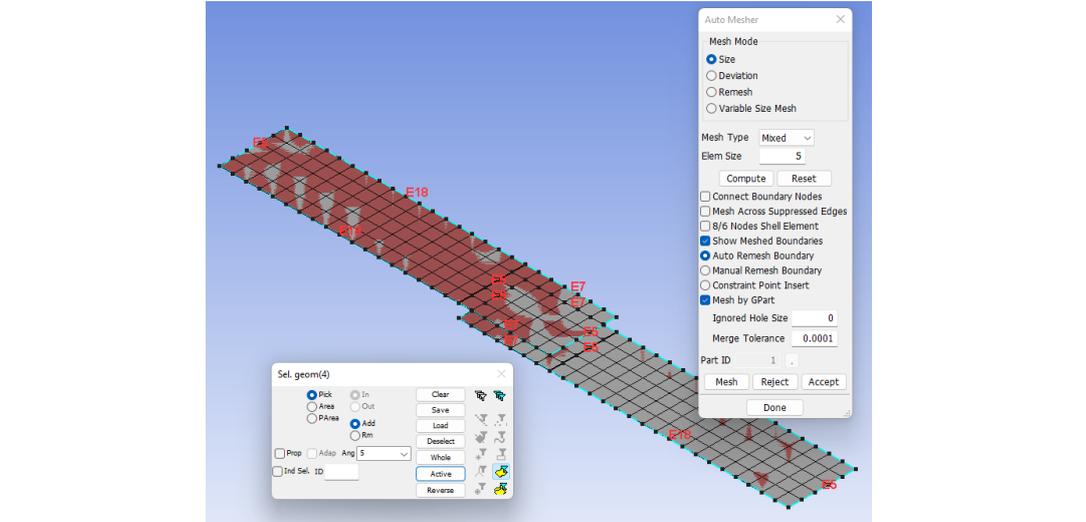
### **2.2.19 Metodología de la simulación en elementos finitos.**

Se obtiene un modelo de elementos finitos que simule los resultados durante el ensayo real, para este caso el análisis es uno explícito no lineal. Debido a que se cuenta con los datos pertenecientes a los ensayos experimentales realizados en el Centro de Fomento Productivo de Tungurahua, estos pueden utilizarse para agregar las propiedades necesarias para su simulación. Así, como se observa durante el ensayo el comportamiento a analizar es el de la resina ya que esta es la que falla en todos los casos, ya que las placas, tanto del acero y de la fibra de carbono, no presentan

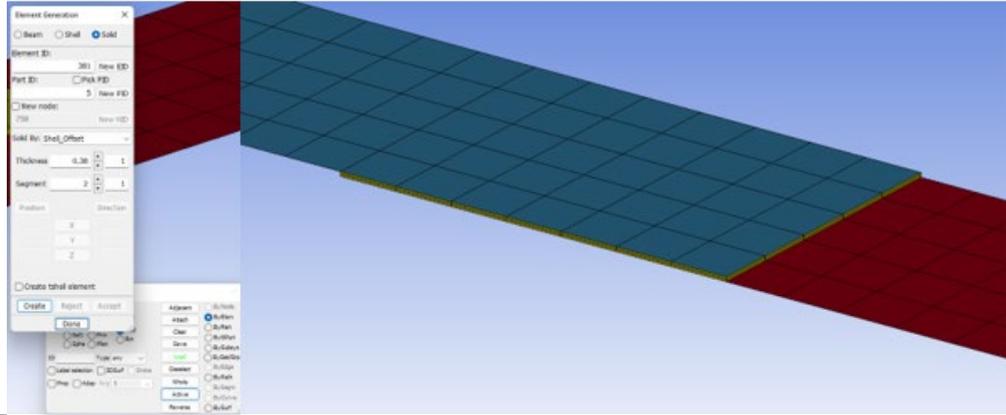
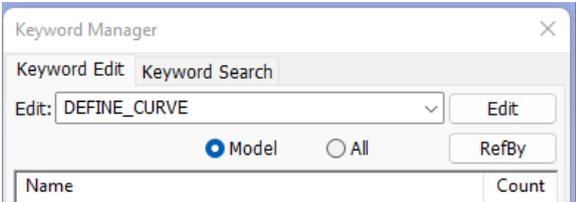
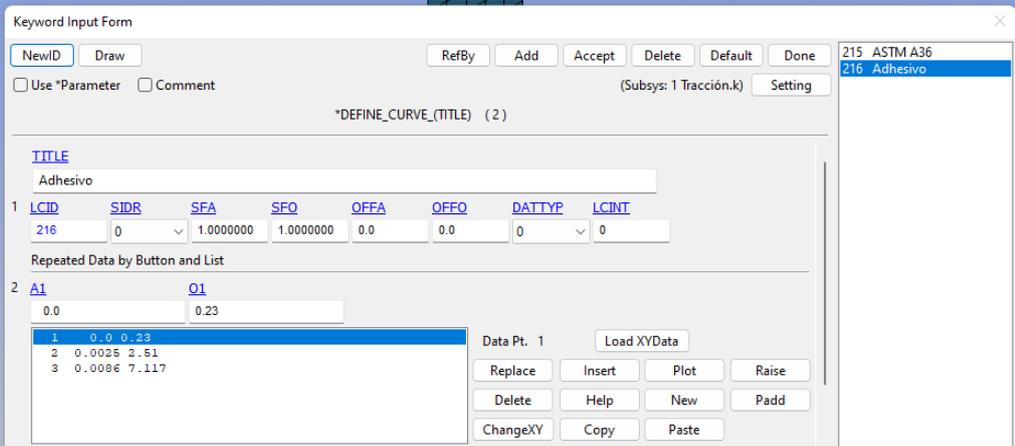
deformaciones permanentes o fallas de rotura, así el objeto de estudio será el comportamiento de la resina. Al ser un análisis del comportamiento de la resina, se puede limitar el ensayo a el momento específico de la falla de esta, simplificando aún más este proceso. Cabe recalcar que este modelo por elementos finitos es sola y únicamente demostrativo, no es de utilidad para comparaciones con los ensayos reales.

El software utilizado trabaja en unidades definidas como toneladas para masa, segundos para tiempo, milímetros para longitudes y en base a estas se deben calcular las demás unidades a ingresar al programa. El proceso para la creación de la simulación se muestra en la Tabla 2.20

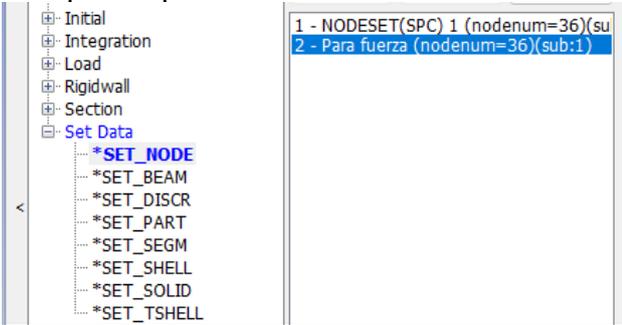
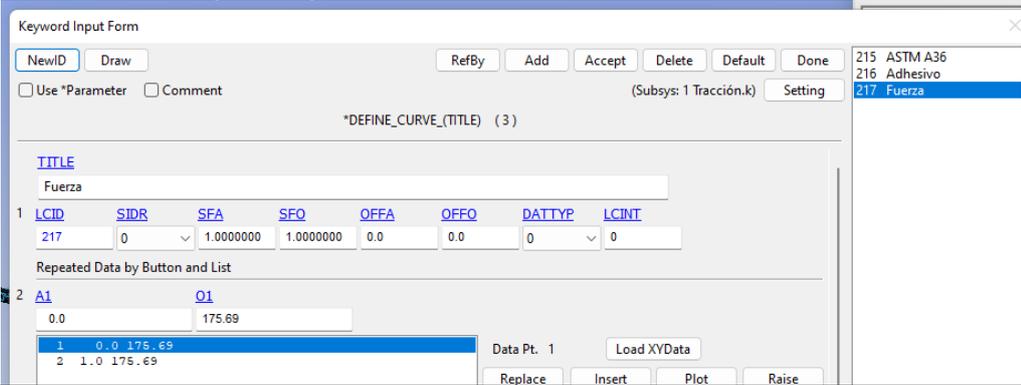
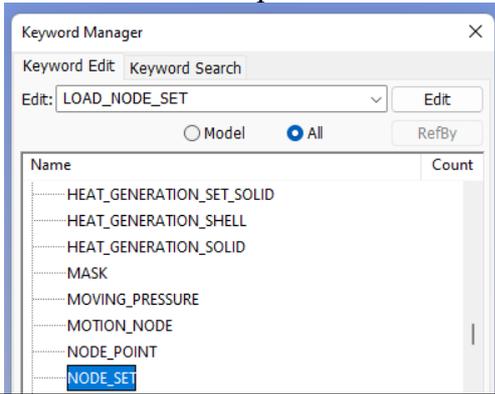
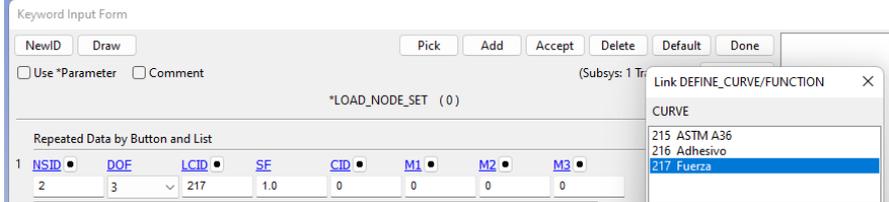
**Tabla 2.20** Proceso para la Simulación

Paso	
1.	Se modelan las placas en un software CAD como superficies, con las medidas establecidas en la Figura 2.5 y se lo importa en formato STEP.
	
2.	Mallar el modelo importado
	

**Tabla 2.20** Proceso para la Simulación (continuación)

Paso																													
<p>3. Añadir la capa de adhesivo al modelo con su respectivo espesor y juntamos las partes, dentro del mismo software de Elementos Finitos. <i>Nota: Las placas se las considera como elementos en 2D tipo Shell, ya que estos son los recomendados para este tipo de análisis y la resina es un elemento es 3D de tipo sólido.</i></p> 																													
<p>4. Modificar las cartas de control (Keyword Manager) del software. En estas se modificarán los parámetros de la simulación del ensayo, tanto las partes que serán fijas de la probeta y también donde se aplicará la fuerza de tracción, tiempos de simulación, entre otros. Con las curvas obtenidas de los ensayos experimentales se pueden ingresar los datos pertenecientes a la resina, como la deformación máxima unitaria y el esfuerzo máximo.</p>  <table border="1" data-bbox="563 1272 1139 1301"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Count</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Name	Count																											
Name	Count																												
<p>5. Asignar los materiales correspondientes a cada una de las partes a través de códigos, ya que es la manera más sencilla para definirlos, estos deben describir las curvas de ingeniería de cada uno de los materiales, por lo que se debe acceder a estos a través de bibliotecas o investigación. Sin embargo, para la resina se utilizan los datos obtenidos de los ensayos experimentales, es decir, los datos de las curvas obtenidas y estos se ingresan a través de la interfaz del programa.</p>																													
 <table border="1" data-bbox="379 1720 1018 1771"> <thead> <tr> <th>LCID</th> <th>SIDR</th> <th>SFA</th> <th>SFO</th> <th>OFFA</th> <th>OFFO</th> <th>DATTYP</th> <th>LCINT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>216</td> <td>0</td> <td>1.0000000</td> <td>1.0000000</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="379 1800 687 1852"> <thead> <tr> <th>A1</th> <th>O1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0</td> <td>0.23</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="379 1852 687 1904"> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.0</td> <td>0.23</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.0025</td> <td>2.51</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.008E</td> <td>7.117</td> </tr> </tbody> </table>	LCID	SIDR	SFA	SFO	OFFA	OFFO	DATTYP	LCINT	216	0	1.0000000	1.0000000	0.0	0.0	0	0	A1	O1	0.0	0.23	1	0.0	0.23	2	0.0025	2.51	3	0.008E	7.117
LCID	SIDR	SFA	SFO	OFFA	OFFO	DATTYP	LCINT																						
216	0	1.0000000	1.0000000	0.0	0.0	0	0																						
A1	O1																												
0.0	0.23																												
1	0.0	0.23																											
2	0.0025	2.51																											
3	0.008E	7.117																											

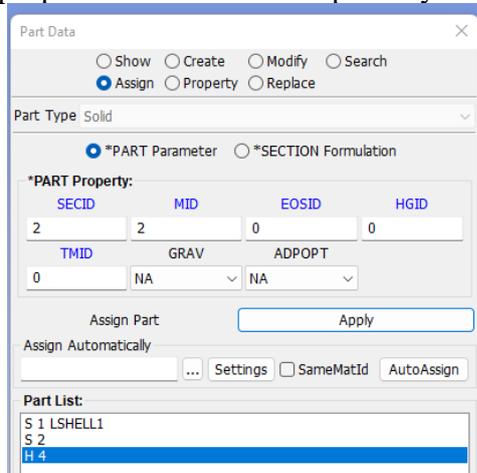
**Tabla 2.20** Proceso para la Simulación (continuación)

Paso
<p>6. Definir las condiciones de frontera del modelo. Tanto para fijar el modelo como para los nodos en los que se aplicará la fuerza.</p> 
<p>7. Asignación de la fuerza que será aplicada como una curva en las cartas de control, esta se deberá repartir en todos los nodos en los que esta será aplicada controlando la dirección en la que se aplicará</p> 
<p>8. Agregar las cargas, es decir una carta de control para poder aplicar la fuerza que se obtuvo en cada uno de los nodos correspondientes</p> 
<p>9. Agregar el set de nodos y la fuerza que se aplica, además de definir la dirección en la que será actuará y con un factor de escala de esta de uno.</p> 

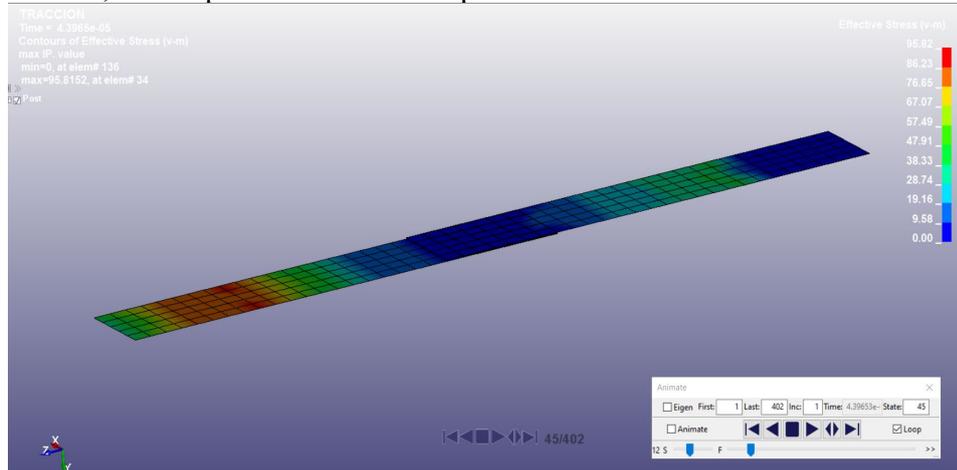
**Tabla 2.20** Proceso para la Simulación (continuación)

**Paso**

10. Asignación de las propiedades creadas a las placas y a la resina.



11. Simular, esto especificando un tiempo de análisis en el software



## CAPITULO III

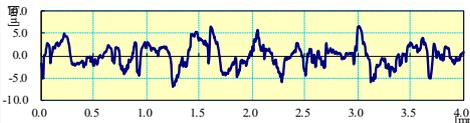
### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis y discusión de los resultados

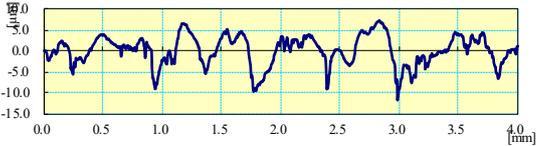
##### 3.1.1 Recolección de resultados de la rugosidad de las probetas

A continuación, se muestran las fichas de recolección de información de la rugosidad en el área de solapamiento de las platinas de acero tras darles un tratamiento superficial.

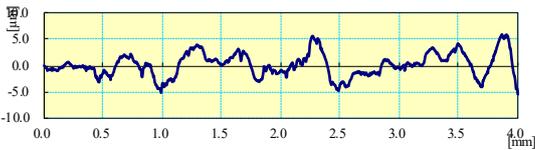
**Tabla 3.1** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	01		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LM_01				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD ( $\mu\text{m}$ )					
Med. 1	Med. 2	Med. 3	Med. 4	Med. 5	Promedio
2.286	2.956	2.316	1.988	2.322	2.374
RESULTADOS					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza Manual		

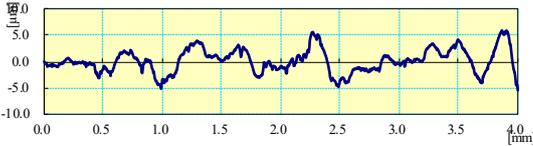
**Tabla 3.2** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 2

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL</p> </div>  </div>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	02		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LM_02				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
1.926	2.799	2.076	2.059	2.037	2.1794
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza Manual		

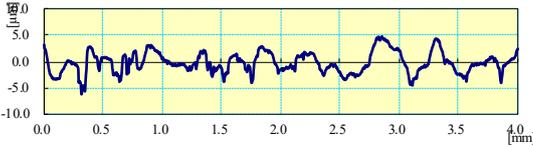
**Tabla 3.3** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 3

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE MECÁNICA</p> <p>REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL</p> </div>  </div>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	03		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigma				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LM_03				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
1.605	2.044	1.849	1.712	1.778	1.7976
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza Manual		

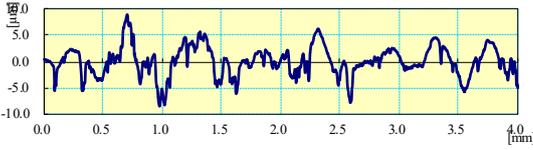
**Tabla 3.4** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>				
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	04			
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022					
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato					
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación					
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa					
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>						
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36					
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LM_04					
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm					
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>						
<b>Máquina:</b>	Rugómetro Mitutoyo SJ-210					
<b>Norma:</b>	ISO 1997					
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$					
<b>Mediciones:</b>	5					
<b>Número de pasadas:</b>	5					
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s					
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>						
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>	
1.935	1.562	2.305	1.600	1.572	1.7948	
<b>RESULTADOS</b>						
			<b>Clase de rugosidad:</b>			
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$			
			<b>Proceso:</b>			
			Limpieza Manual			

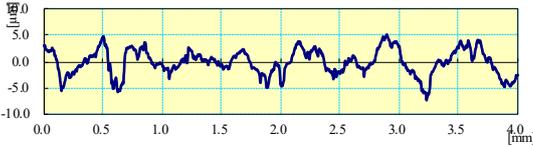
**Tabla 3.5** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	05		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LM_05				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
Med. 1	Med. 2	Med. 3	Med. 4	Med. 5	Promedio
1.994	2.301	2.784	1.910	2.502	2.2982
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza Manual		

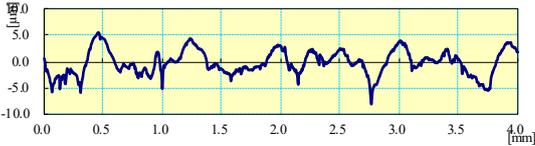
**Tabla 3.6** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>				
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	06			
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022					
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato					
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación					
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa					
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>						
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36					
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LM_06					
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm					
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>						
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
<b>Norma:</b>	ISO 1997					
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$					
<b>Mediciones:</b>	5					
<b>Número de pasadas:</b>	5					
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s					
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>						
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>	
1.817	2.931	2.362	1.913	2.152	2.235	
<b>RESULTADOS</b>						
			<b>Clase de rugosidad:</b>			
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$			
			<b>Proceso:</b>			
			Limpieza Manual			

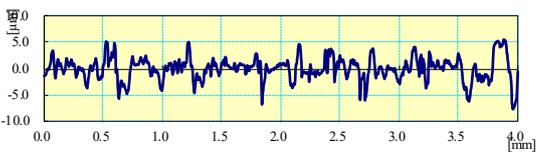
**Tabla 3.7** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 7

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE MECÁNICA</p> <p>REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL</p> </div>  </div>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	07		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LM_07				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
1.698	2.134	1.968	2.257	1.897	1.9908
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza Manual		

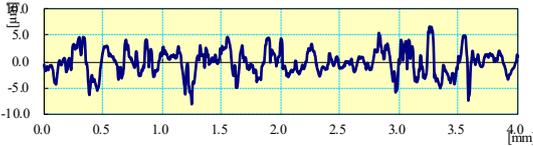
**Tabla 3.8** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Manual 8

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL</p> </div>  </div>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	08		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LM_08				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugómetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
1.512	2.753	2.173	1.468	1.914	1.964
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza Manual		

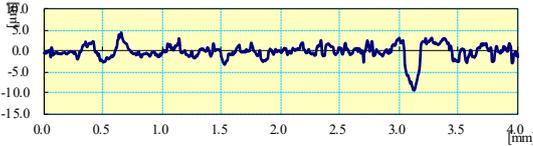
**Tabla 3.9** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 1

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL</p> </div>  </div>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	09		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDD_01				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
1.877	2.803	1.646	1.296	1.026	1.7296
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de desbaste		

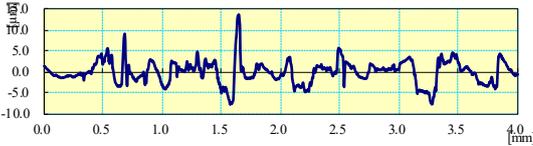
**Tabla 3.10** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	10		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDD_02				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
1.153	1.674	2.076	1.903	2.289	1.819
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de desbaste		

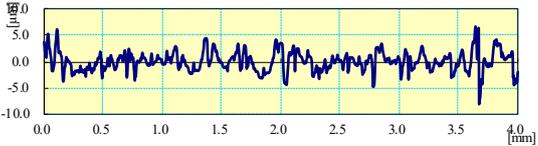
**Tabla 3.11** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	11		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDD_03				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
1.222	1.174	1.007	1.115	1.270	1.158
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N6 - N7 (0.8 - 1.6) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de desbaste		

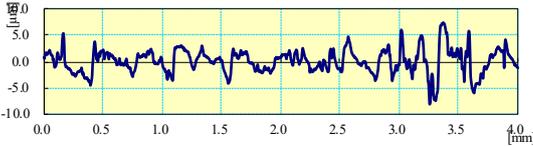
**Tabla 3.12** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	12		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDD_04				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
3.199	2.180	1.572	1.272	2.078	2.0602
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de desbaste		

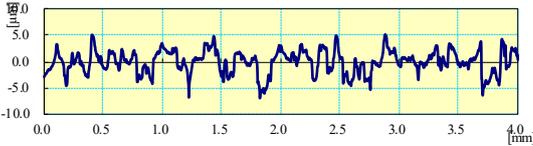
**Tabla 3.13** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	13		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDD_05				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
2.420	1.411	1.241	1.078	1.137	1.4574
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N6 - N7 (0.8 - 1.6) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de desbaste		

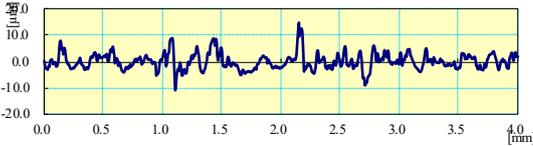
**Tabla 3.14** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>				
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	14			
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022					
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato					
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación					
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa					
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>						
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36					
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDD_06					
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm					
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>						
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
<b>Norma:</b>	ISO 1997					
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$					
<b>Mediciones:</b>	5					
<b>Número de pasadas:</b>	5					
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s					
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>						
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>	
1.852	1.255	1.227	2.029	1.777	1.628	
<b>RESULTADOS</b>						
			<b>Clase de rugosidad:</b>			
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$			
			<b>Proceso:</b>			
			Limpieza con disco de desbaste			

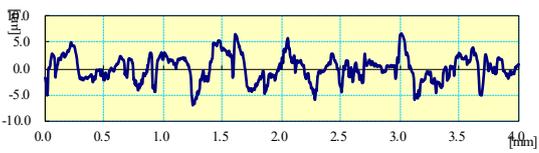
**Tabla 3.15** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	15		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDD_07				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugómetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
2.105	1.747	1.629	2.636	1.366	1.8966
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de desbaste		

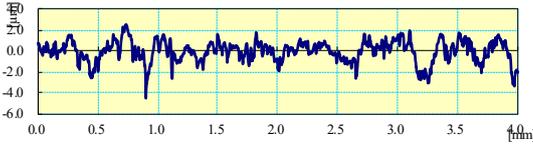
**Tabla 3.16** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Desbaste 8

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	16		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDD_08				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugómetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
2.348	1.883	2.605	2.141	3.196	2.4346
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N7 - N8 (1.6 - 3.2) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de desbaste		

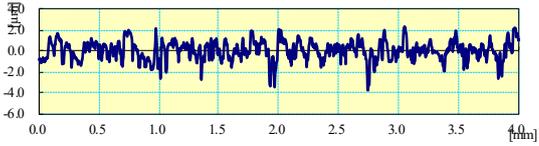
**Tabla 3.17** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 1

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE MECÁNICA</p> <p>REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL</p> </div>  </div>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	17		
<b>Fecha de ejecución:</b>	09/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDL_01				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugómetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
1.107	0.725	0.811	0.953	0.872	0.894
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N6 - N7 (0.8 - 1.6) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de lijas		

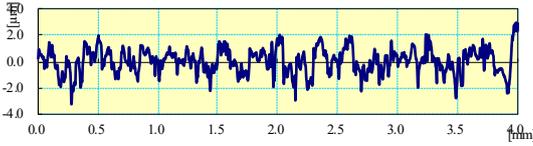
**Tabla 3.18** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 2

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE MECÁNICA</p> <p>REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL</p> </div>  </div>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	18		
<b>Fecha de ejecución:</b>	09/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDL_02				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
0.968	0.764	0.797	1.172	0.689	0.878
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N6 - N7 (0.8 - 1.6) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de lijas		

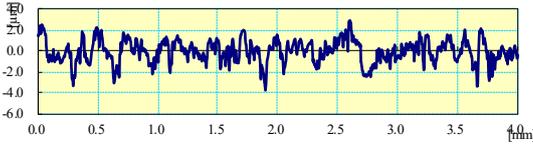
**Tabla 3.19** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 3

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL</p> </div>  </div>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	19		
<b>Fecha de ejecución:</b>	09/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDL_03				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
0.723	0.704	0.598	0.767	0.710	0.700
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N5 - N6 (0.4 - 0.8) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de lijas		

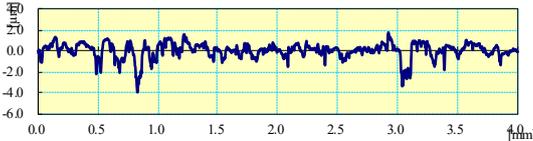
**Tabla 3.20** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL 					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	20		
<b>Fecha de ejecución:</b>	09/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDL_04				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
0.818	0.753	0.608	0.783	0.798	0.752
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N5 - N6 (0.4 - 0.8) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de lijas		

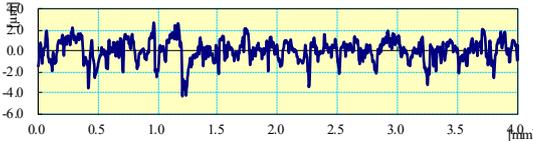
**Tabla 3.21** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 5

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL</p> </div>  </div>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	21		
<b>Fecha de ejecución:</b>	09/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDL_05				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
1.024	0.855	0.768	0.735	1.058	0.888
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N6 - N7 (0.8 - 1.6) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de lijas		

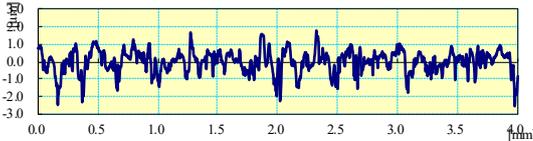
**Tabla 3.22** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	22		
<b>Fecha de ejecución:</b>	09/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDL_06				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
0.681	0.530	0.536	0.453	0.620	0.564
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N5 - N6 (0.4 - 0.8) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de lijas		

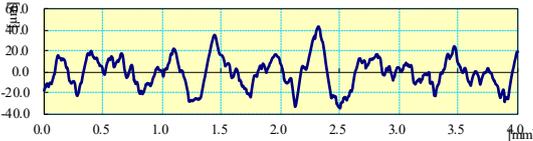
**Tabla 3.23** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 7

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE MECÁNICA</p> <p>REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL</p> </div>  </div>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	23		
<b>Fecha de ejecución:</b>	09/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDL_07				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
0.978	0.577	0.451	1.073	0.789	0.774
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N5 - N6 (0.4 - 0.8) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de lijas		

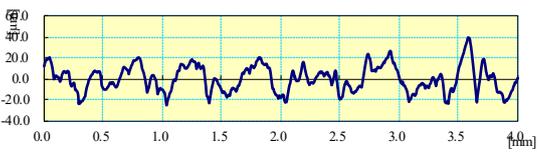
**Tabla 3.24** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Disco de Lijas 8

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	24		
<b>Fecha de ejecución:</b>	09/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_LDL_08				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
0.714	0.481	0.498	0.526	0.635	0.571
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N5 - N6 (0.4 - 0.8) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Limpieza con disco de lijas		

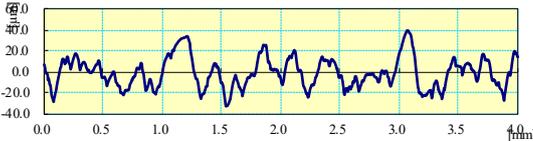
**Tabla 3.25** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	25		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_SB_01				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
11.557	12.306	9.883	9.967	12.279	11.198
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N9 - N10 (6.3 - 12.5) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Sandblasting		

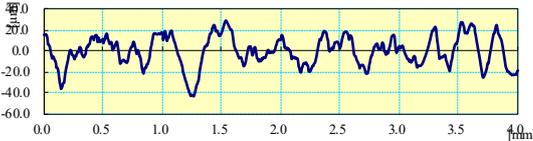
**Tabla 3.26** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 2

 					
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental				
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigma				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_SB_02				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
11.164	9.807	10.833	10.196	9.135	10.227
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N9 - N10 (6.3 - 12.5) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Sandblasting		

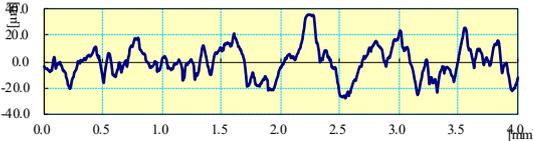
**Tabla 3.27** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>				
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	27			
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022					
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato					
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación					
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa					
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>						
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36					
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_SB_03					
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm					
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>						
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
<b>Norma:</b>	ISO 1997					
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$					
<b>Mediciones:</b>	5					
<b>Número de pasadas:</b>	5					
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s					
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>						
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>	
11.615	11.677	11.075	15.745	14.149	12.852	
<b>RESULTADOS</b>						
			<b>Clase de rugosidad:</b>			
			N10 - N11 (12.5 - 25) $\mu\text{m}$			
			<b>Proceso:</b>			
			Sandblasting			

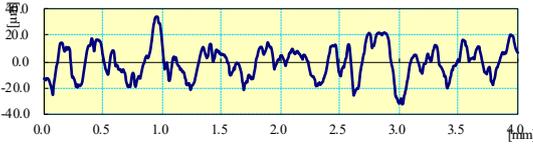
**Tabla 3.28** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 4

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE MECÁNICA</p> <p>REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL</p> </div>  </div>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	28		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_SB_04				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
11.784	10.760	12.195	9.735	12.185	11.332
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N9 - N10 (6.3 - 12.5) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Sandblasting		

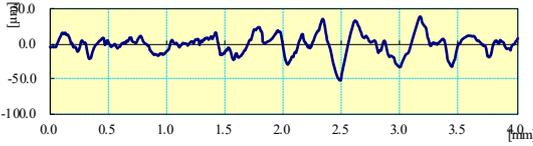
**Tabla 3.29** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	29		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_SB_05				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugómetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
8.952	12.309	7.576	9.432	8.870	9.428
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N9 - N10 (6.3 - 12.5) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Sandblasting		

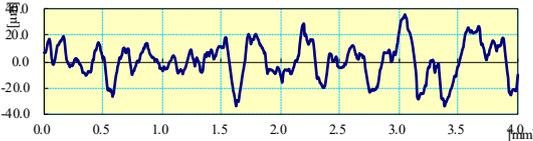
**Tabla 3.30** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 6

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE MECÁNICA</p> <p>REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL</p> </div>  </div>					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	30		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_SB_06				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
10.107	8.823	11.945	10.406	9.197	10.096
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N9 - N10 (6.3 - 12.5) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Sandblasting		

**Tabla 3.31** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	31		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigma				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_SB_07				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
10.969	10.363	10.409	10.068	11.799	10.722
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N9 - N10 (6.3 - 12.5) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Sandblasting		

**Tabla 3.32** Reporte de Rugosidad Superficial Limpieza Sandblasting 8

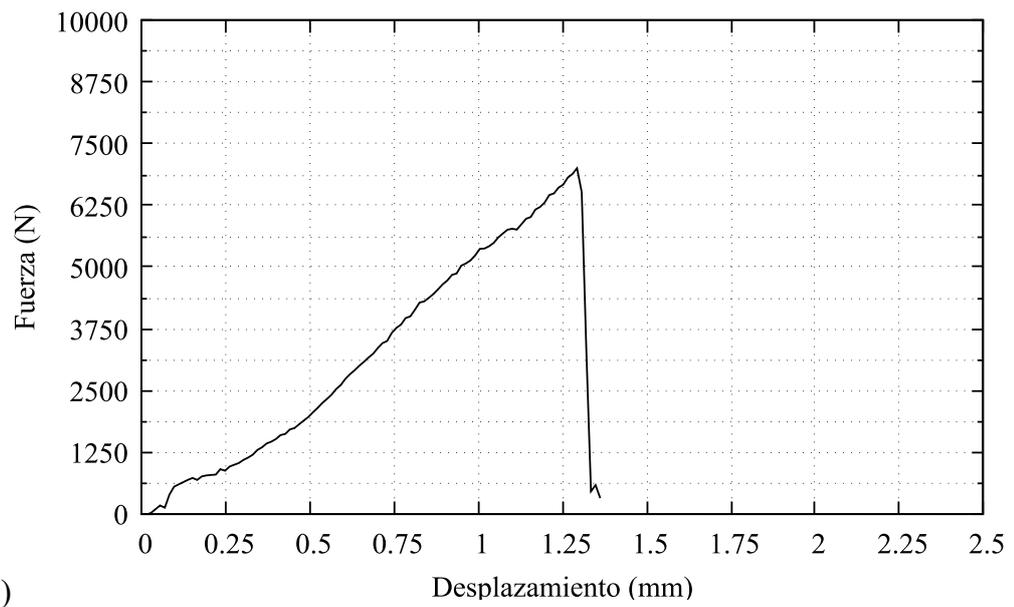
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	Experimental	<b>N °</b>	32		
<b>Fecha de ejecución:</b>	08/06/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Universidad Técnica de Ambato				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Daniel Guerra - Luis Tigmasa				
<b>EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS</b>					
<b>Material:</b>	Acero ASTM A36				
<b>Codificación:</b>	A36_FCU_SB_08				
<b>Dimensiones:</b>	123x25x3 mm				
<b>PARÁMETRO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b>					
<b>Máquina:</b>	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210				
<b>Norma:</b>	ISO 1997				
<b>Rango:</b>	0.2-1.6 $\mu\text{m}$				
<b>Mediciones:</b>	5				
<b>Número de pasadas:</b>	5				
<b>Velocidad de avance:</b>	0.5mm/s				
<b>REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD (<math>\mu\text{m}</math>)</b>					
<b>Med. 1</b>	<b>Med. 2</b>	<b>Med. 3</b>	<b>Med. 4</b>	<b>Med. 5</b>	<b>Promedio</b>
9.261	10.776	9.919	12.309	9.919	10.437
<b>RESULTADOS</b>					
			<b>Clase de rugosidad:</b>		
			N9 - N10 (6.3 - 12.5) $\mu\text{m}$		
			<b>Proceso:</b>		
			Sandblasting		

### 3.1.2 Recolección de resultados del ensayo D1002 de las probetas

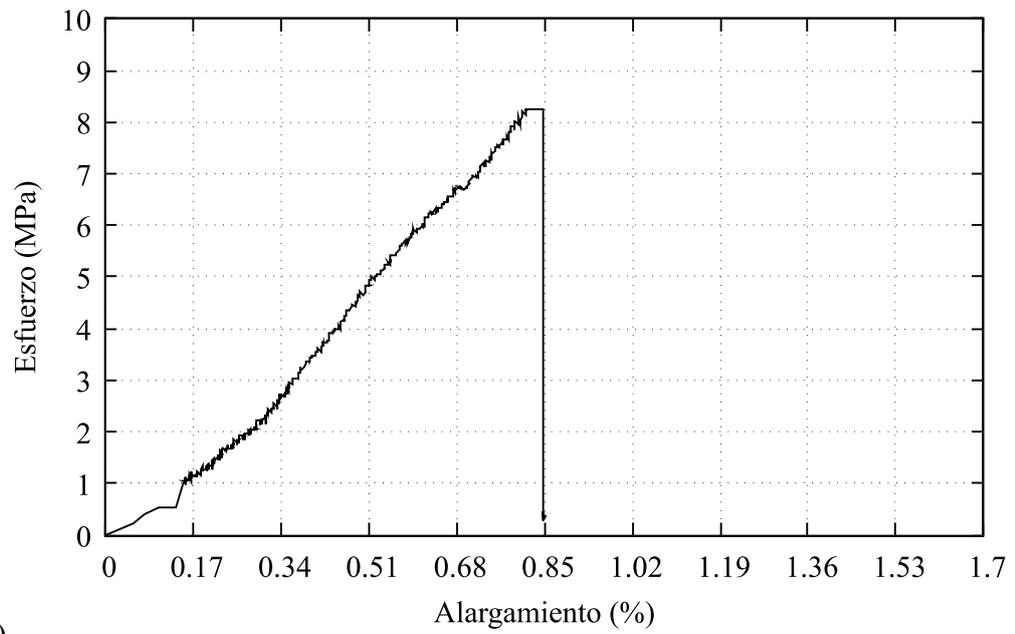
**Tabla 3.33** Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-01

 	
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002	
DATOS INFORMATIVOS	
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo N ° 1
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.
MATERIAL	
<b>Acero:</b>	ASTM A36
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional
CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA	
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS
CARATERÍTICAS DEL ENSAYO	
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza Manual
<b>Número de probeta:</b>	1
DIMENSIONES (mm)	
<b>Ancho:</b>	26.77
<b>Espesor metal:</b>	3.09
<b>Espesor fibra:</b>	1.33
<b>Longitud superpuesta:</b>	32.09
<b>Espesor total:</b>	4.66
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.24
RESULTADOS DEL ENSAYO	
<b>Fuerza máxima (N):</b>	7100
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	8.26
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.1

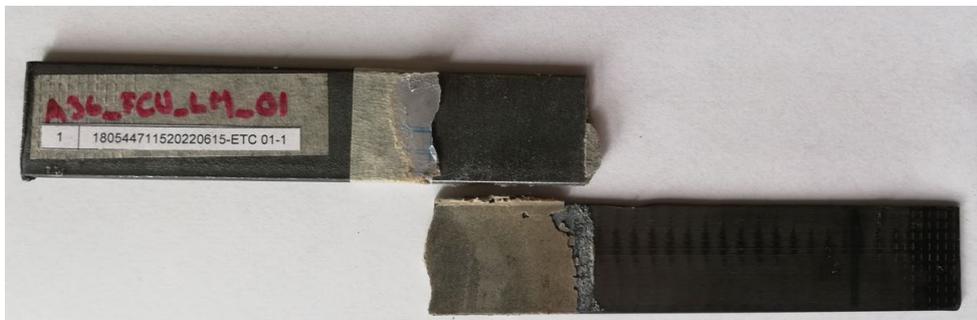
a)



b)



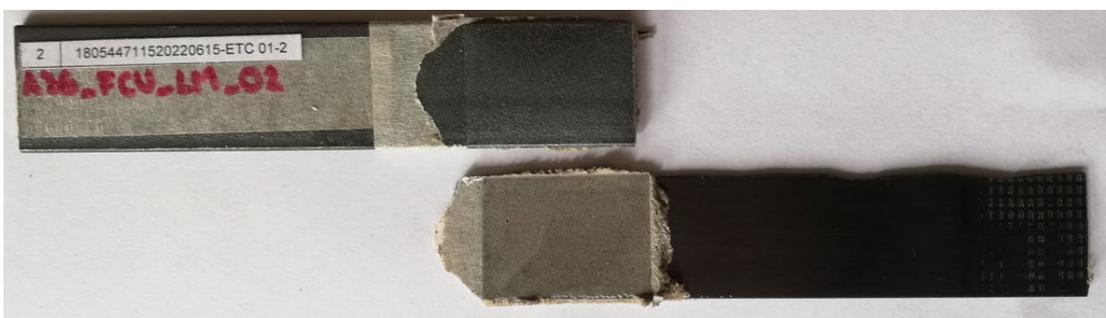
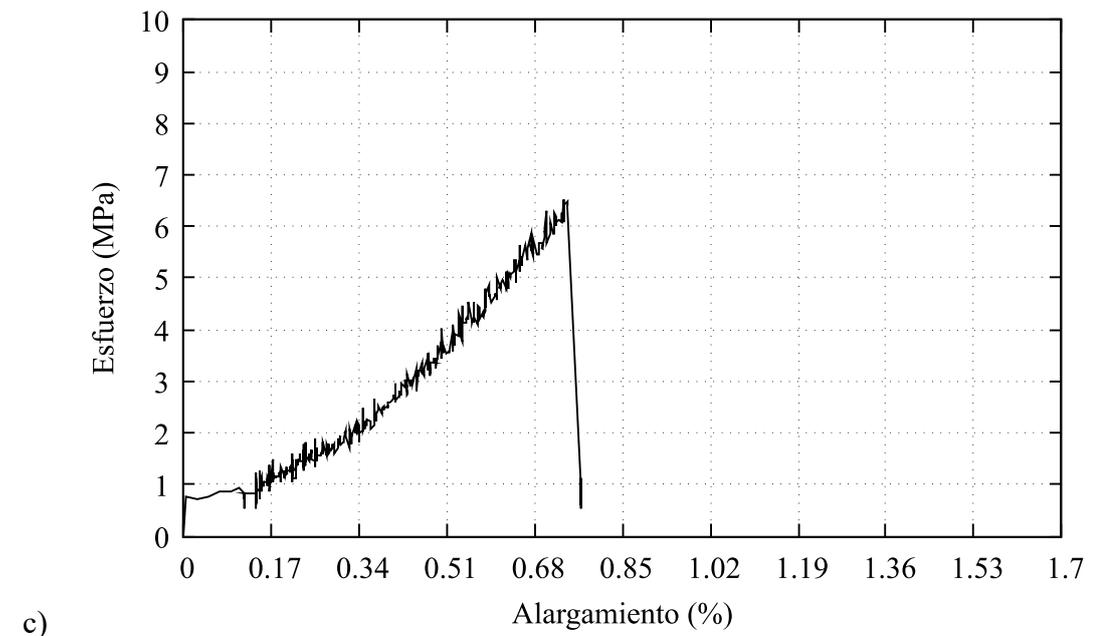
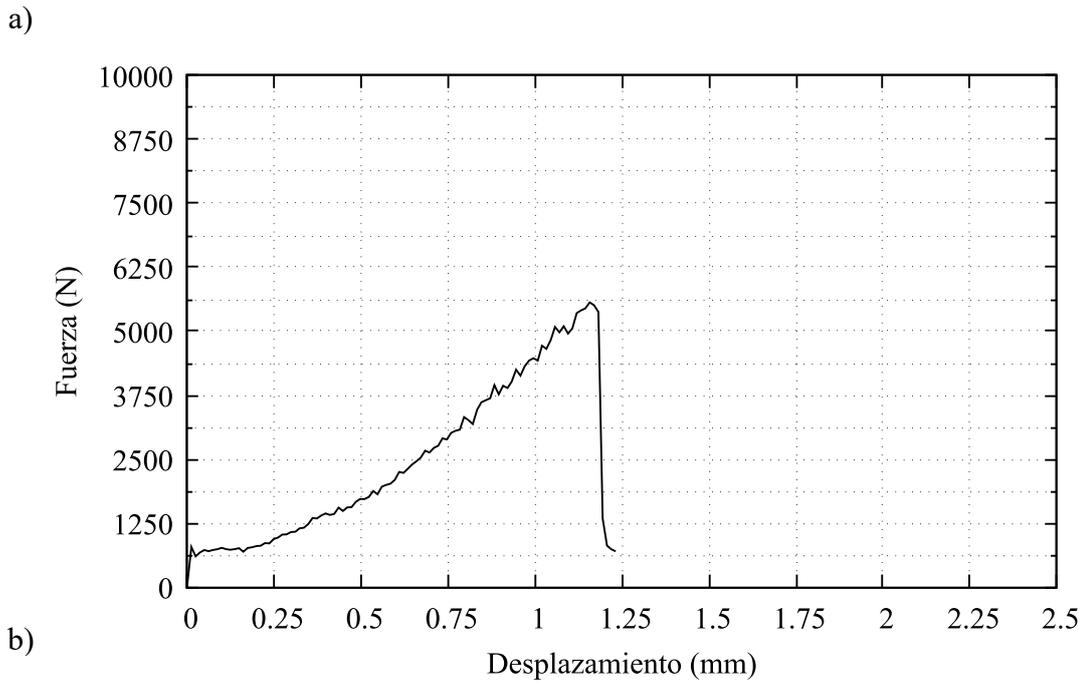
c)



**Figura 3.1** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento c) Tipo de falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-01

Tabla 3.34 Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-02

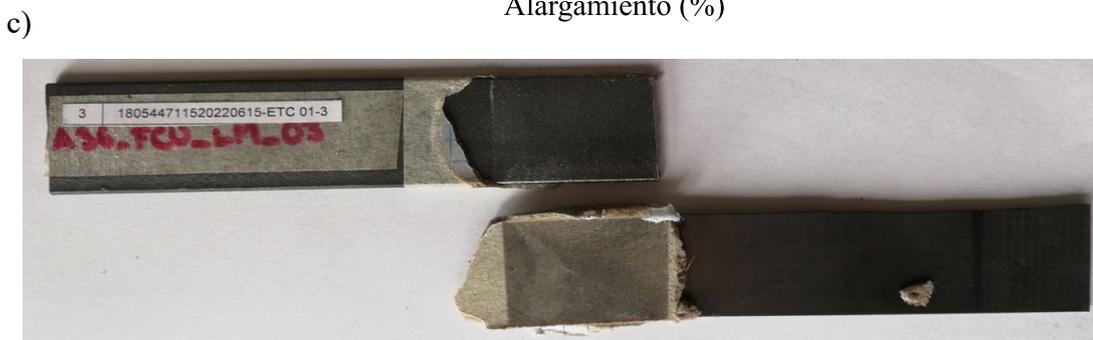
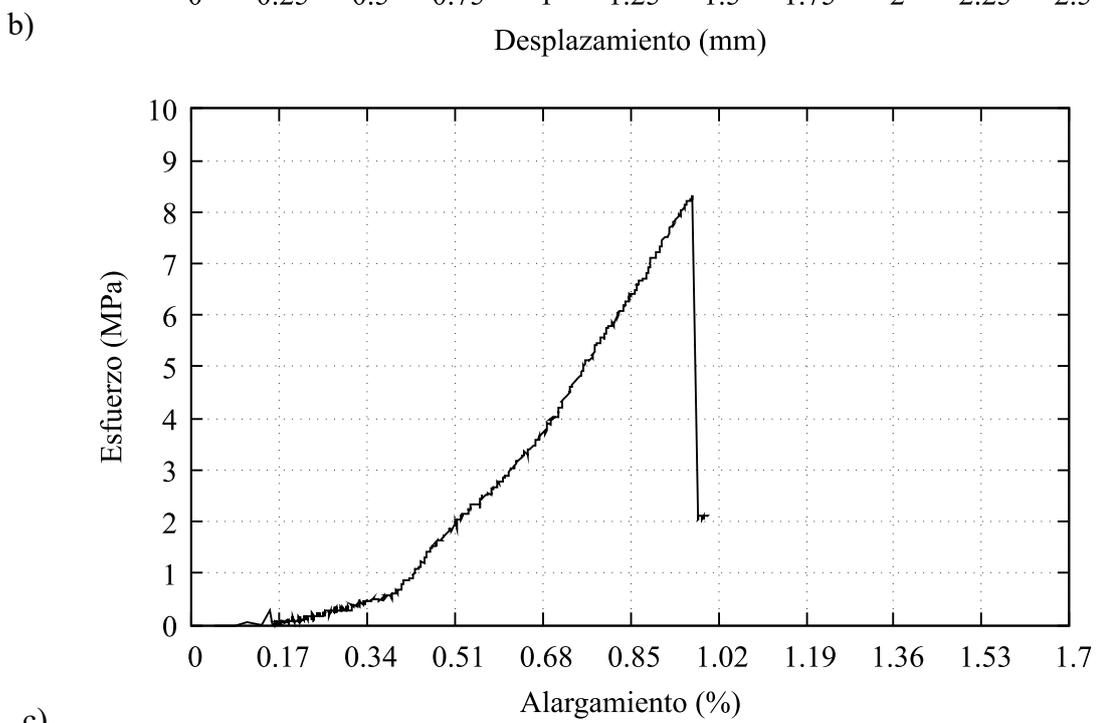
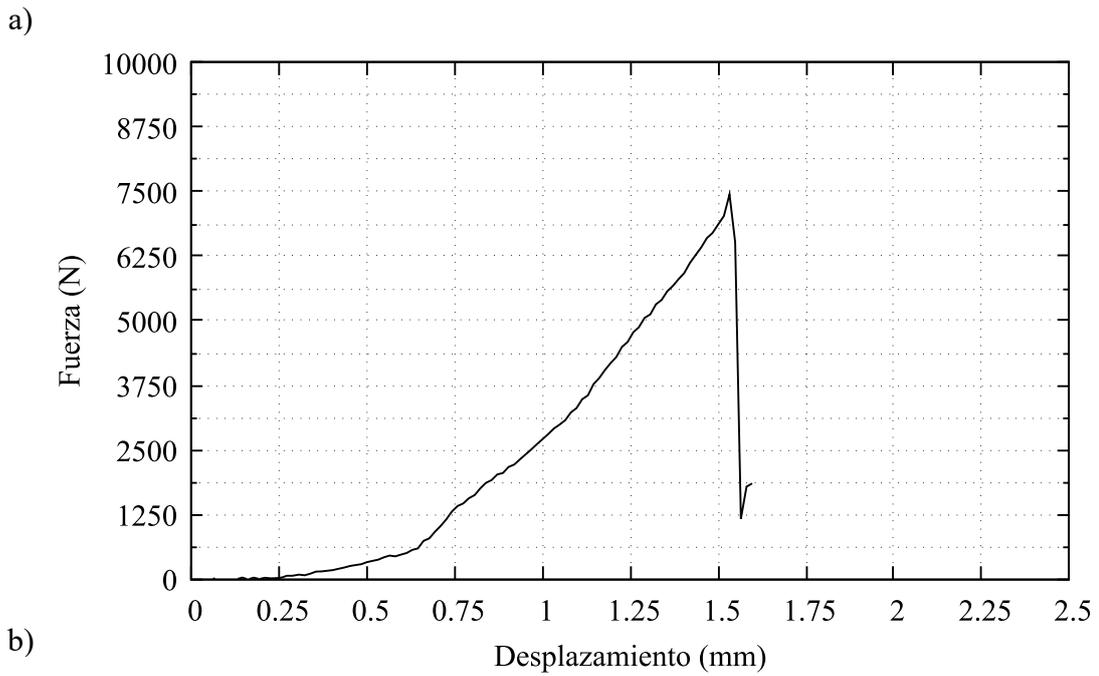
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002 			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	N°	2
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		
<b>MATERIAL</b>			
<b>Acero:</b>	ASTM A36		
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica		
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec		
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS		
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10		
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN		
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min		
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza Manual		
<b>Número de probeta:</b>	2		
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
<b>Ancho:</b>	26.79		
<b>Espesor metal:</b>	3.08		
<b>Espesor fibra:</b>	1.28		
<b>Longitud superpuesta:</b>	33.77		
<b>Espesor total:</b>	4.71		
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.35		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
<b>Fuerza máxima (N):</b>	5900		
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	6.52		
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.		
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.2		



**Figura 3.2** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-02

**Tabla 3.35** Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-03

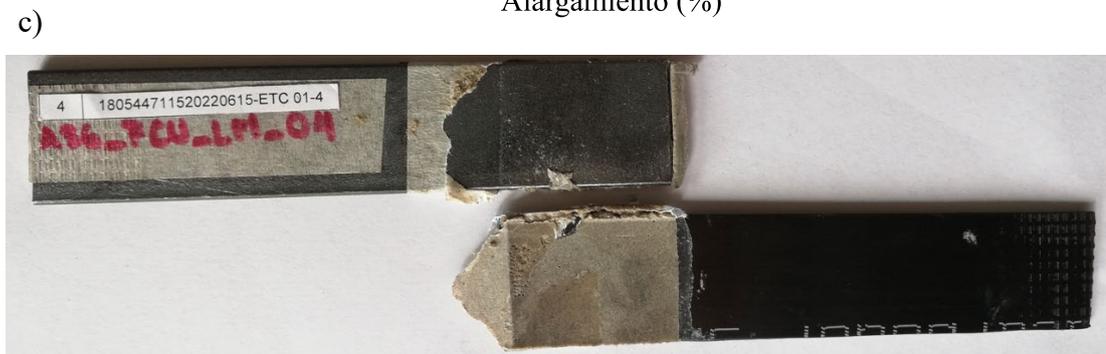
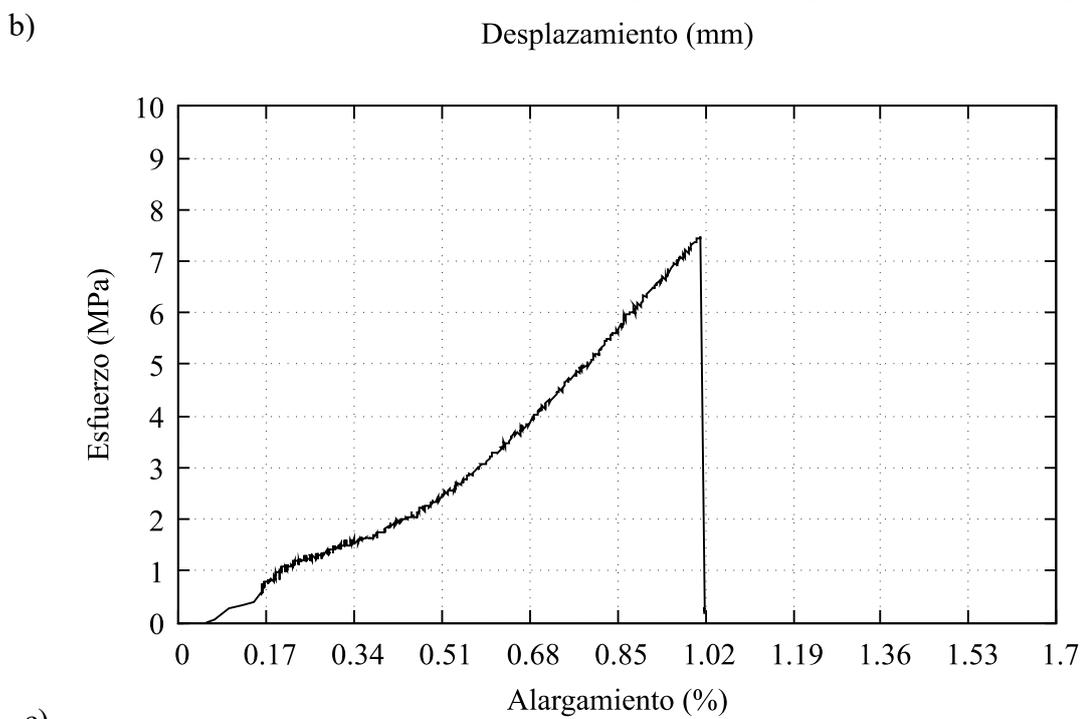
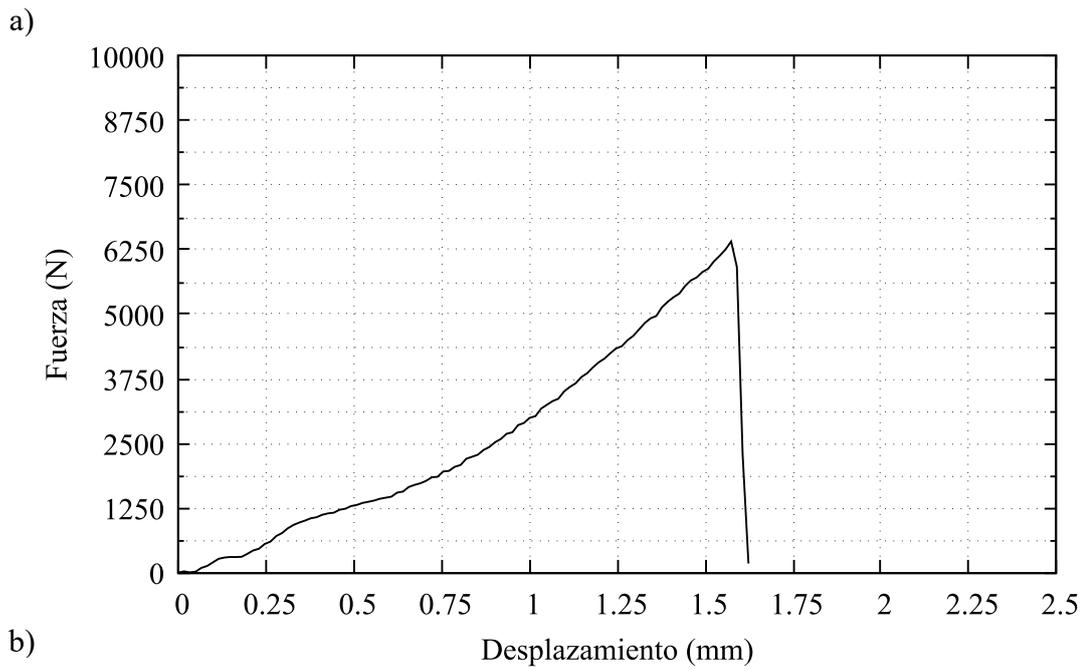
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	3
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		
<b>MATERIAL</b>			
<b>Acero:</b>	ASTM A36		
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica		
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec		
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS		
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10		
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN		
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min		
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza Manual		
<b>Número de probeta:</b>	3		
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
<b>Ancho:</b>	26.36		
<b>Espesor metal:</b>	3.12		
<b>Espesor fibra:</b>	1.26		
<b>Longitud superpuesta:</b>	33.31		
<b>Espesor total:</b>	4.72		
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.34		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
<b>Fuerza máxima (N):</b>	7300		
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	8.31		
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.		
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.3		



**Figura 3.3** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-03

**Tabla 3.36** Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-04

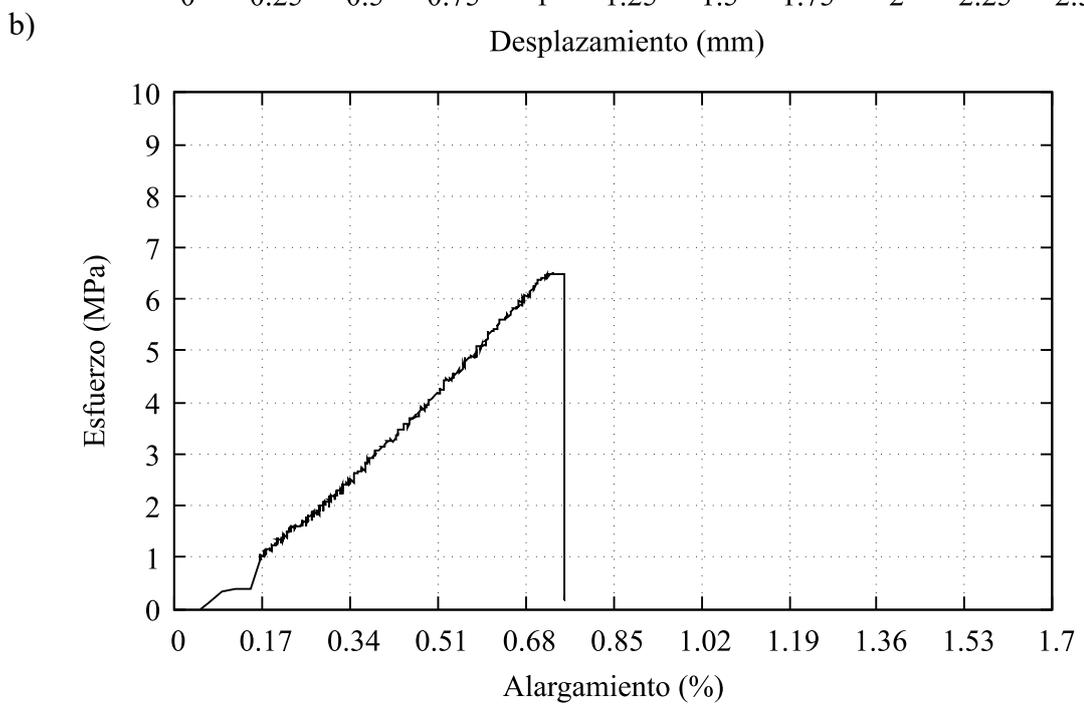
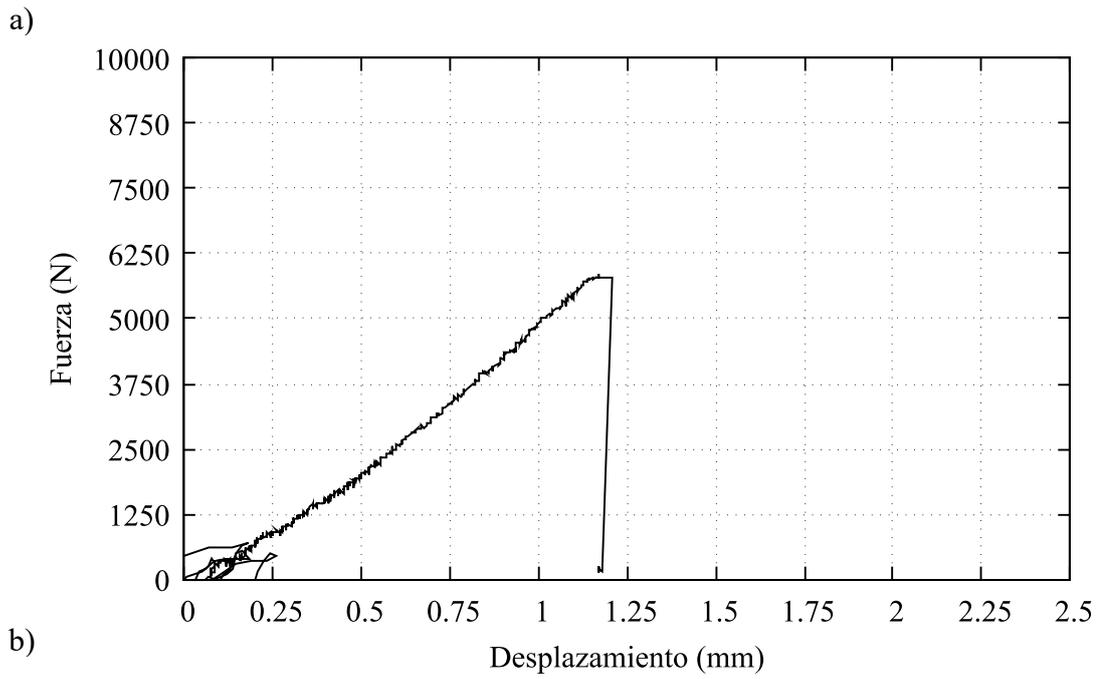
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	4		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza Manual				
<b>Número de probeta:</b>	4				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	26.23				
<b>Espesor metal:</b>	3.16				
<b>Espesor fibra:</b>	1.28				
<b>Longitud superpuesta:</b>	33.58				
<b>Espesor total:</b>	4.86				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.42				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	6600				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	7.49				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.4				



**Figura 3.4** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-04

Tabla 3.37 Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-05

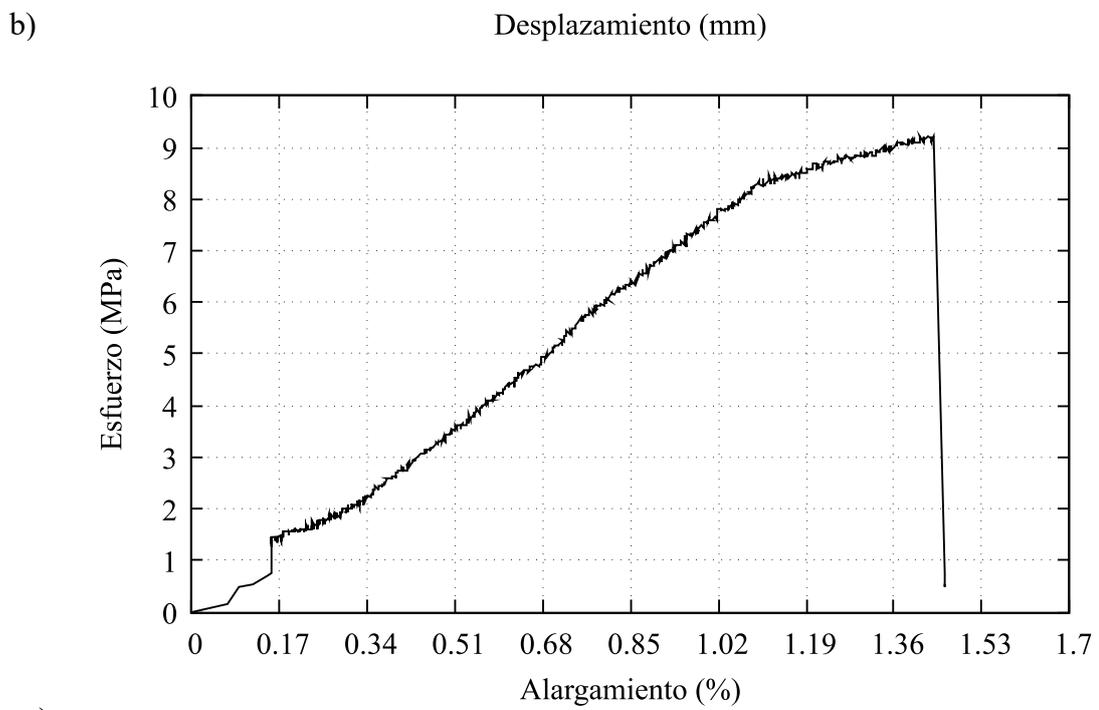
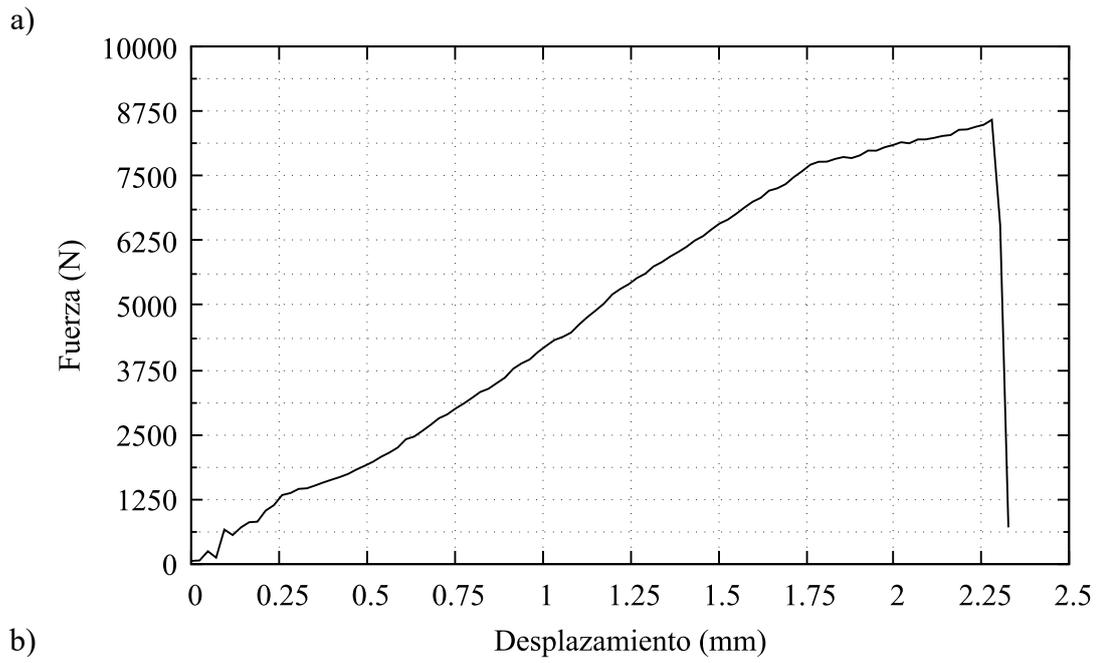
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002 			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	N°	5
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		
<b>MATERIAL</b>			
<b>Acero:</b>	ASTM A36		
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica		
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec		
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS		
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10		
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN		
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min		
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza Manual		
<b>Número de probeta:</b>	5		
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
<b>Ancho:</b>	26.74		
<b>Espesor metal:</b>	3.06		
<b>Espesor fibra:</b>	1.28		
<b>Longitud superpuesta:</b>	33.44		
<b>Espesor total:</b>	4.76		
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.42		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
<b>Fuerza máxima (N):</b>	5850		
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	6.54		
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.		
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.5		



**Figura 3.5** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-05

Tabla 3.38 Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-06

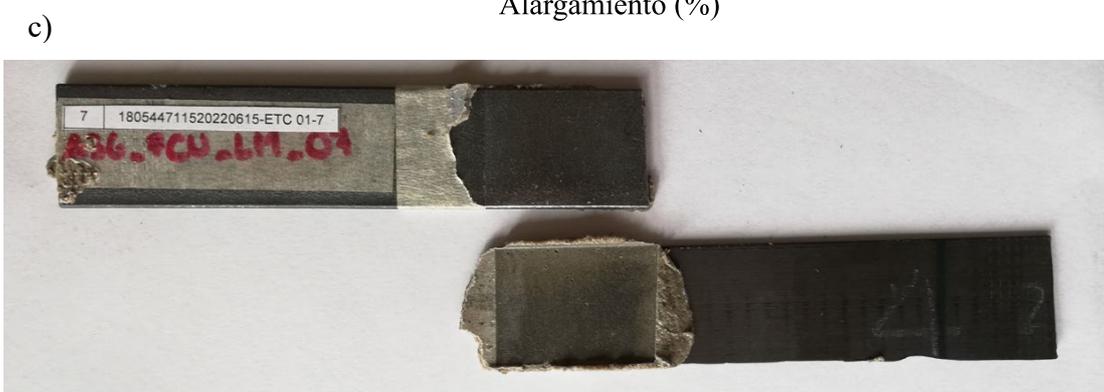
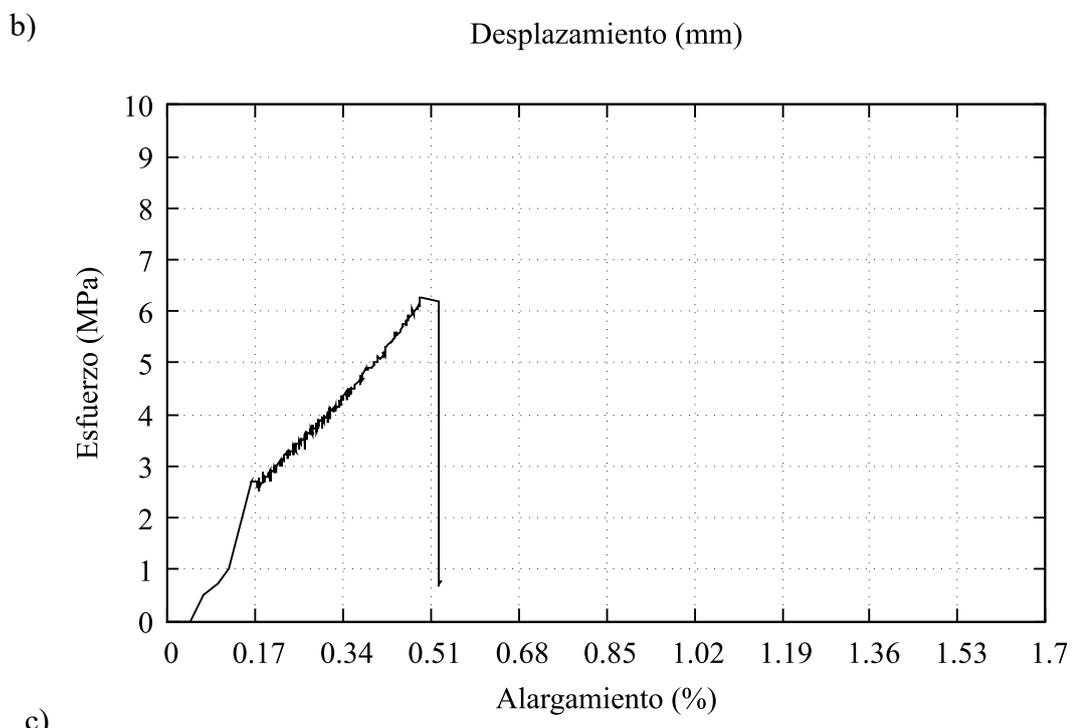
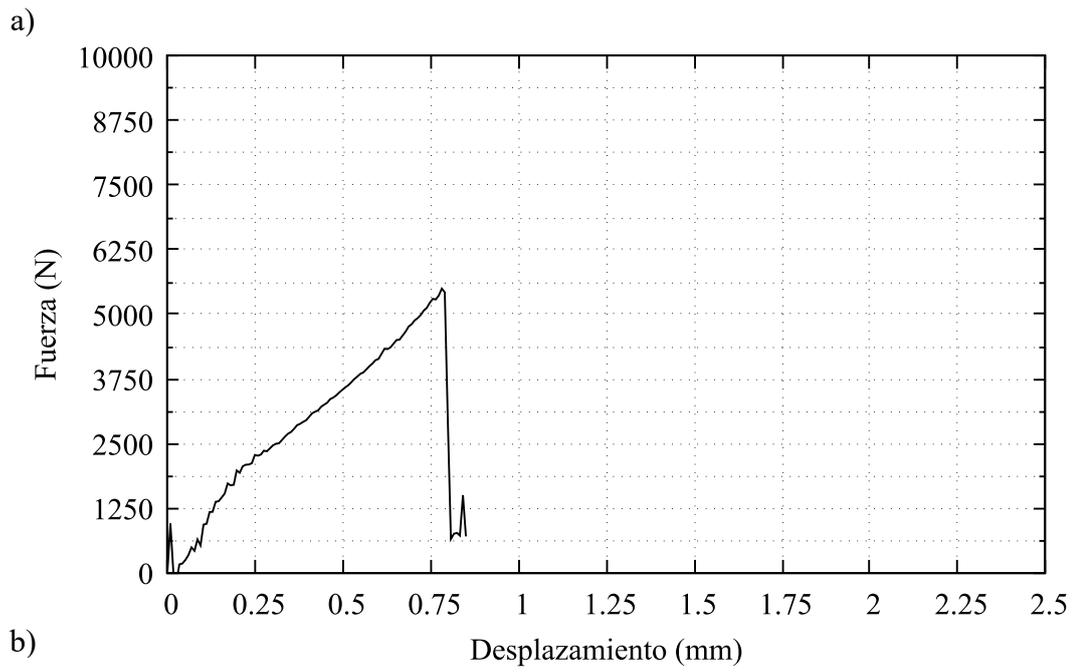
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	6		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza Manual				
<b>Número de probeta:</b>	6				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	26.79				
<b>Espesor metal:</b>	3.06				
<b>Espesor fibra:</b>	1.27				
<b>Longitud superpuesta:</b>	34.62				
<b>Espesor total:</b>	4.79				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.46				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	8550				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	9.22				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.6				



**Figura 3.6** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-06

Tabla 3.39 Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-07

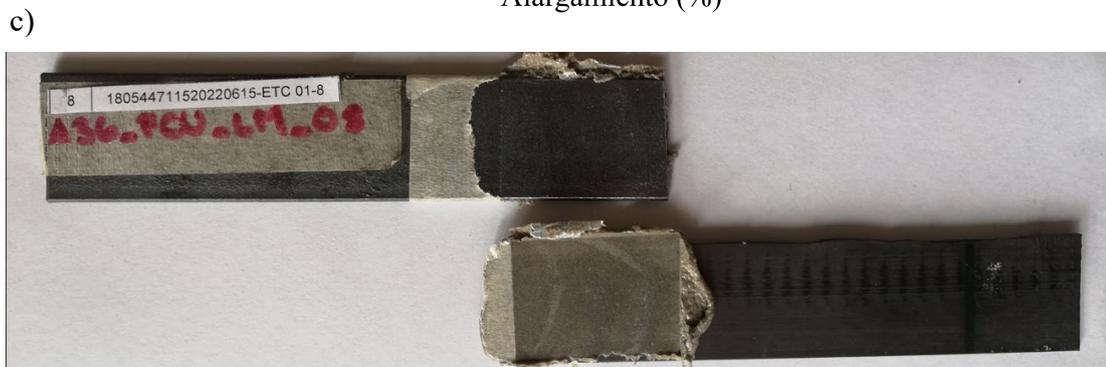
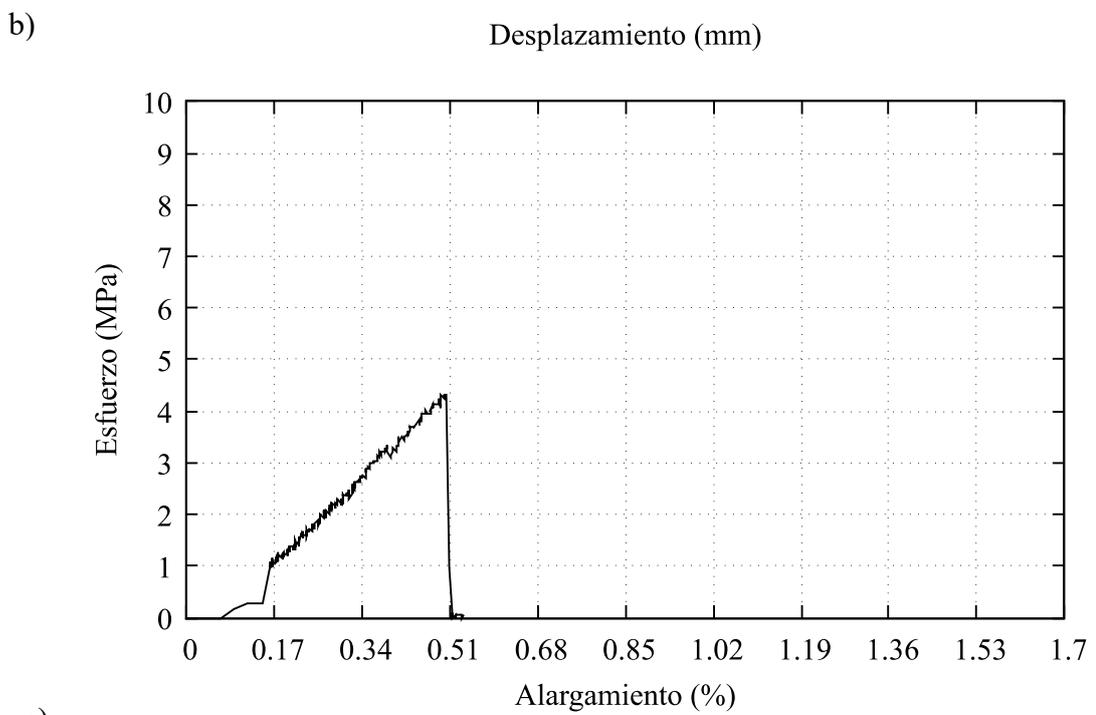
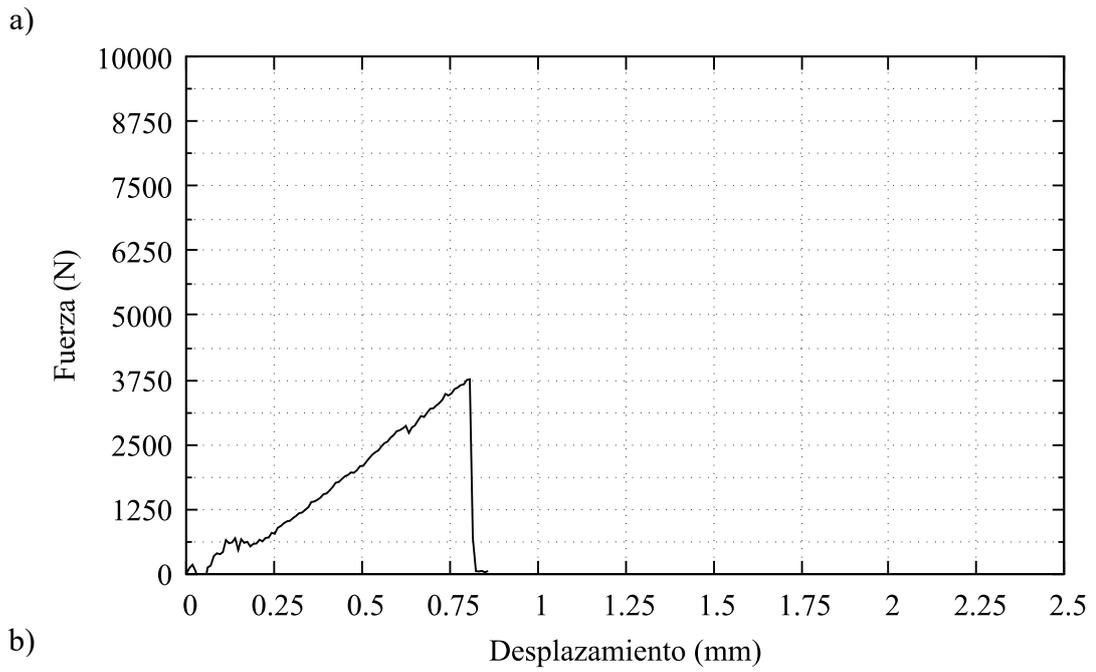
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002 			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	N°	7
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		
<b>MATERIAL</b>			
<b>Acero:</b>	ASTM A36		
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica		
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec		
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS		
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10		
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN		
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min		
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza Manual		
<b>Número de probeta:</b>	7		
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
<b>Ancho:</b>	26.41		
<b>Espesor metal:</b>	3.12		
<b>Espesor fibra:</b>	1.27		
<b>Longitud superpuesta:</b>	33.52		
<b>Espesor total:</b>	4.82		
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.43		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
<b>Fuerza máxima (N):</b>	5550		
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	6.27		
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.		
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.7		



**Figura 3.7** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-07

Tabla 3.40 Reporte de Ensayo A36-FCU-LM-08

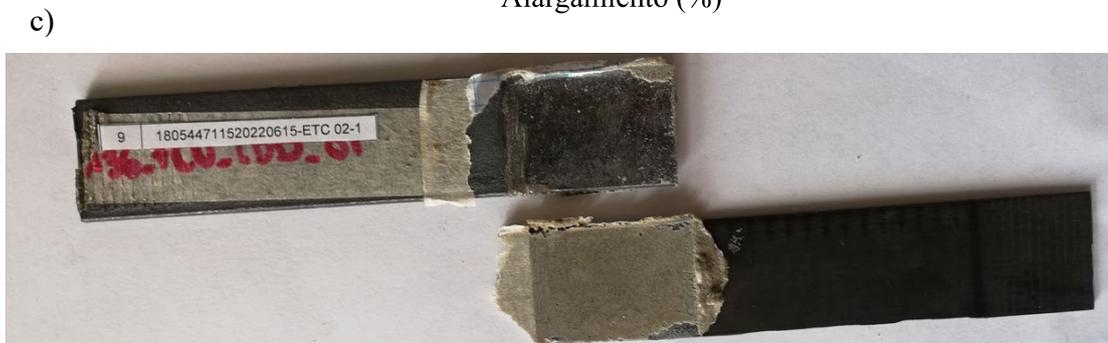
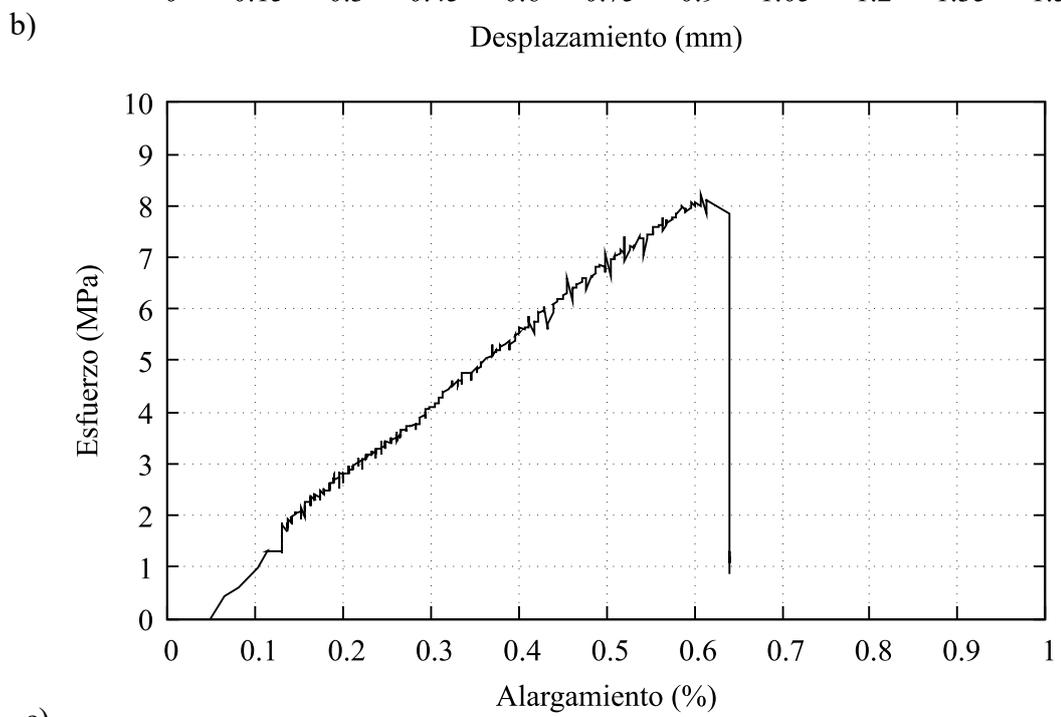
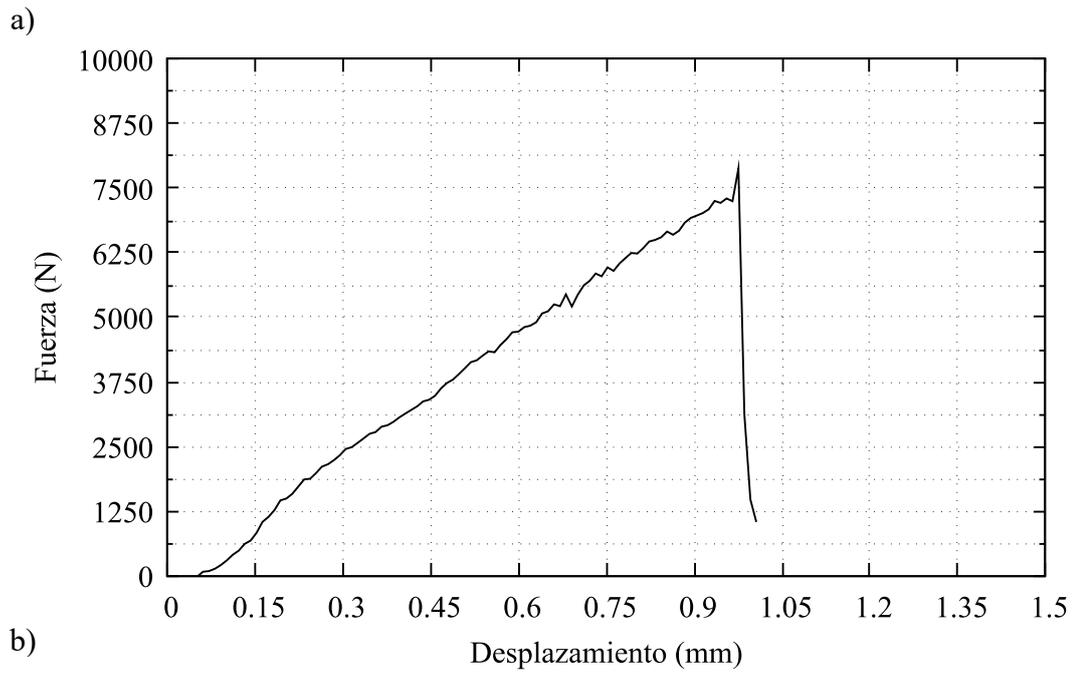
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002 			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	N°	8
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		
<b>MATERIAL</b>			
<b>Acero:</b>	ASTM A36		
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica		
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec		
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS		
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10		
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN		
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min		
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza Manual		
<b>Número de probeta:</b>	8		
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
<b>Ancho:</b>	26.02		
<b>Espesor metal:</b>	3.14		
<b>Espesor fibra:</b>	1.29		
<b>Longitud superpuesta:</b>	33.44		
<b>Espesor total:</b>	4.77		
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.34		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
<b>Fuerza máxima (N):</b>	3750		
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	4.31		
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.		
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.8		



**Figura 3.8** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LM-08

Tabla 3.41 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-01

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	9		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de desbaste				
<b>Número de probeta:</b>	1				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	26.31				
<b>Espesor metal:</b>	3.16				
<b>Espesor fibra:</b>	1.26				
<b>Longitud superpuesta:</b>	34.63				
<b>Espesor total:</b>	4.79				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.37				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	7500				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	8.23				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.9				



**Figura 3.9** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-01

**Tabla 3.42** Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-02



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE MECÁNICA  
REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002



**DATOS INFORMATIVOS**

<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	10
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		

**MATERIAL**

<b>Acero:</b>	ASTM A36
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional

**CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA**

<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS

**CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO**

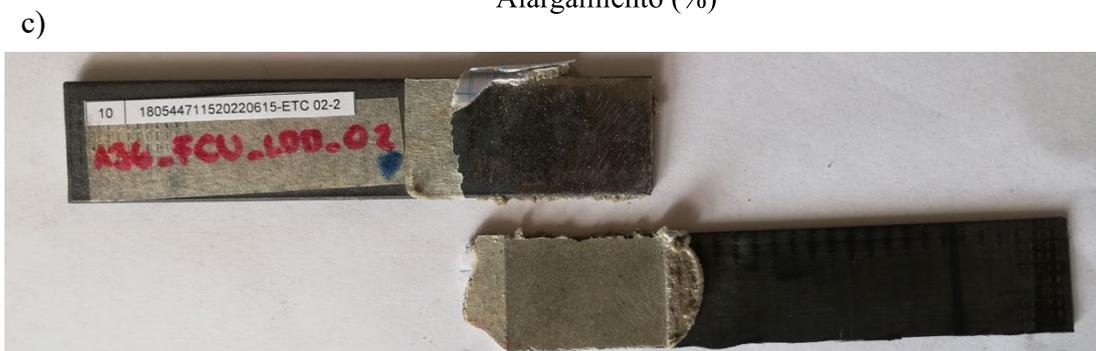
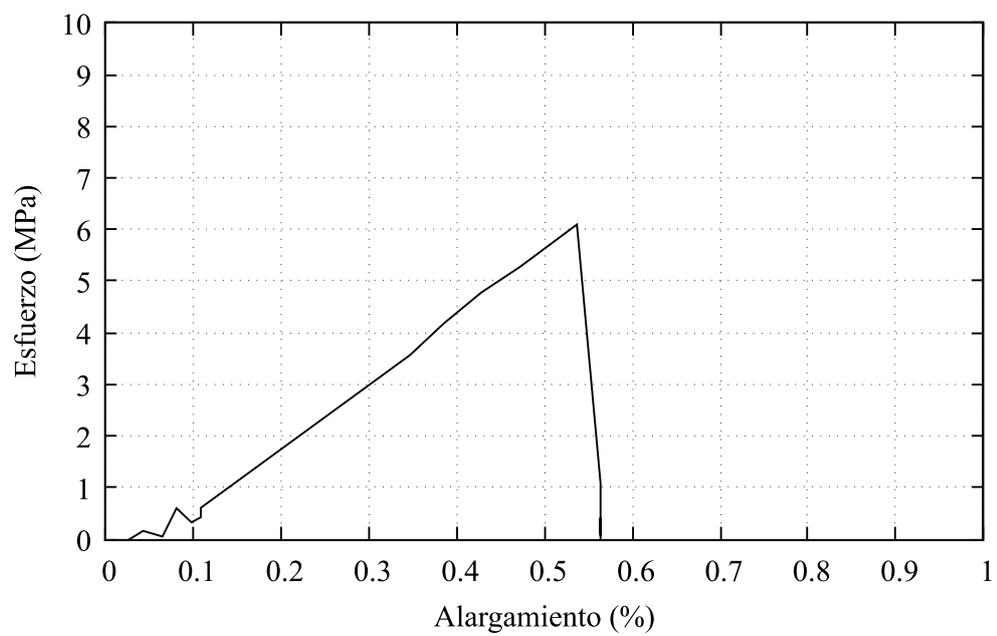
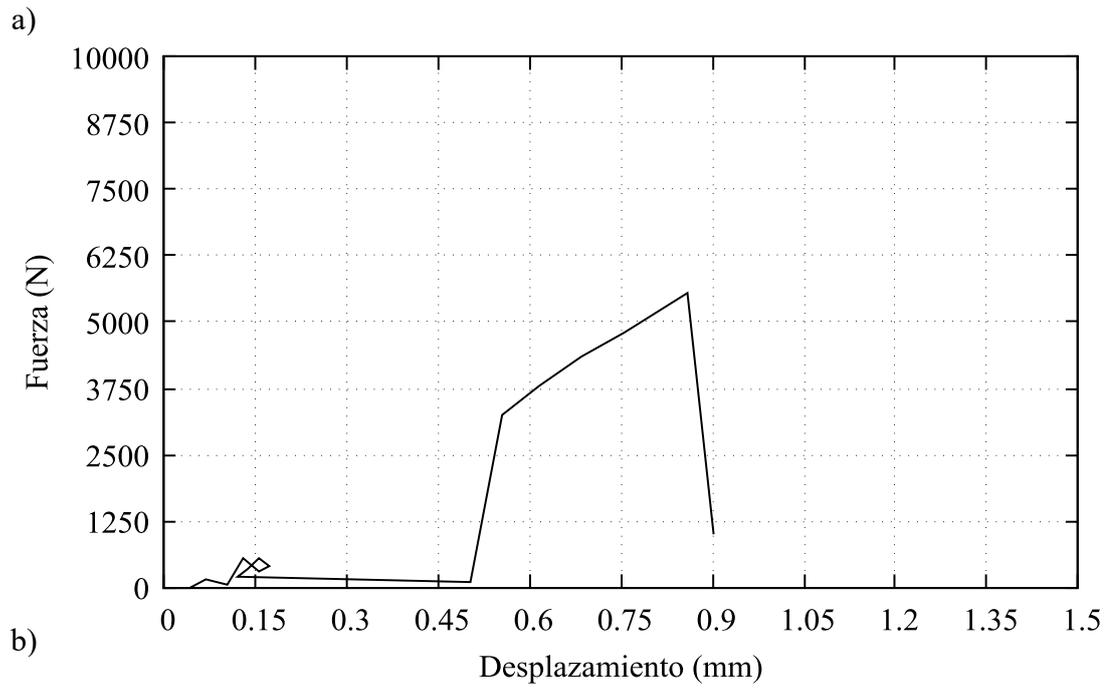
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de desbaste
<b>Número de probeta:</b>	2

**DIMENSIONES (mm)**

<b>Ancho:</b>	26.73
<b>Espesor metal:</b>	3.18
<b>Espesor fibra:</b>	1.26
<b>Longitud superpuesta:</b>	34.03
<b>Espesor total:</b>	4.77
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.33

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

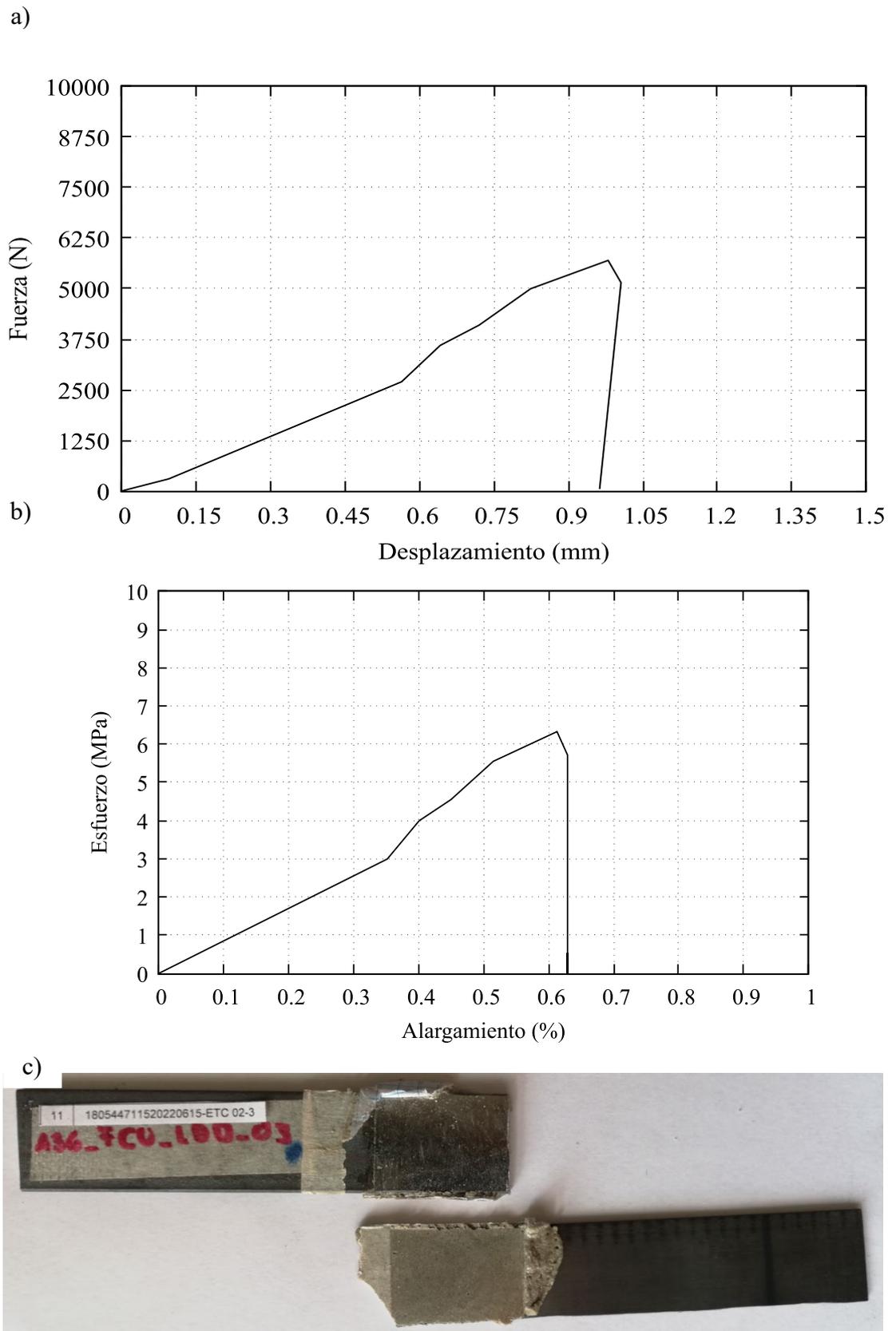
<b>Fuerza máxima (N):</b>	5550
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	6.1
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.10



**Figura 3.10** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-02

Tabla 3.43 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-03

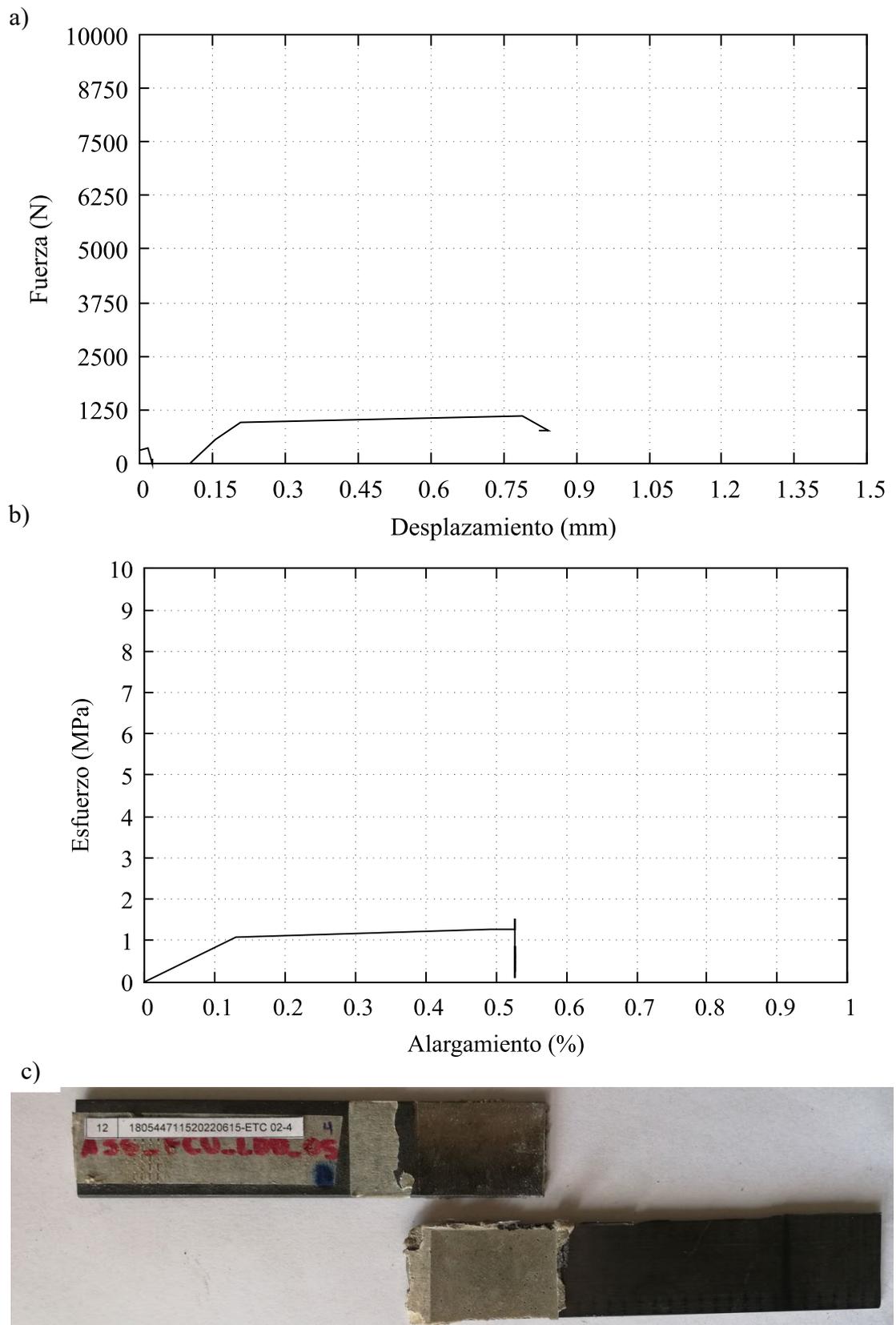
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE MECÁNICA				
REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002				
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>				
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	11	
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022			
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico			
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación			
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.			
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.			
<b>MATERIAL</b>				
<b>Acero:</b>	ASTM A36			
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica			
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional			
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>				
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec			
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS			
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>				
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10			
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN			
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min			
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de desbaste			
<b>Número de probeta:</b>	3			
<b>DIMENSIONES (mm)</b>				
<b>Ancho:</b>	26.58			
<b>Espesor metal:</b>	3.16			
<b>Espesor fibra:</b>	1.27			
<b>Longitud superpuesta:</b>	33.87			
<b>Espesor total:</b>	4.87			
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.44			
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
<b>Fuerza máxima (N):</b>	5700			
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	6.33			
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.			
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.11			



**Figura 3.11** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-03

Tabla 3.44 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-04

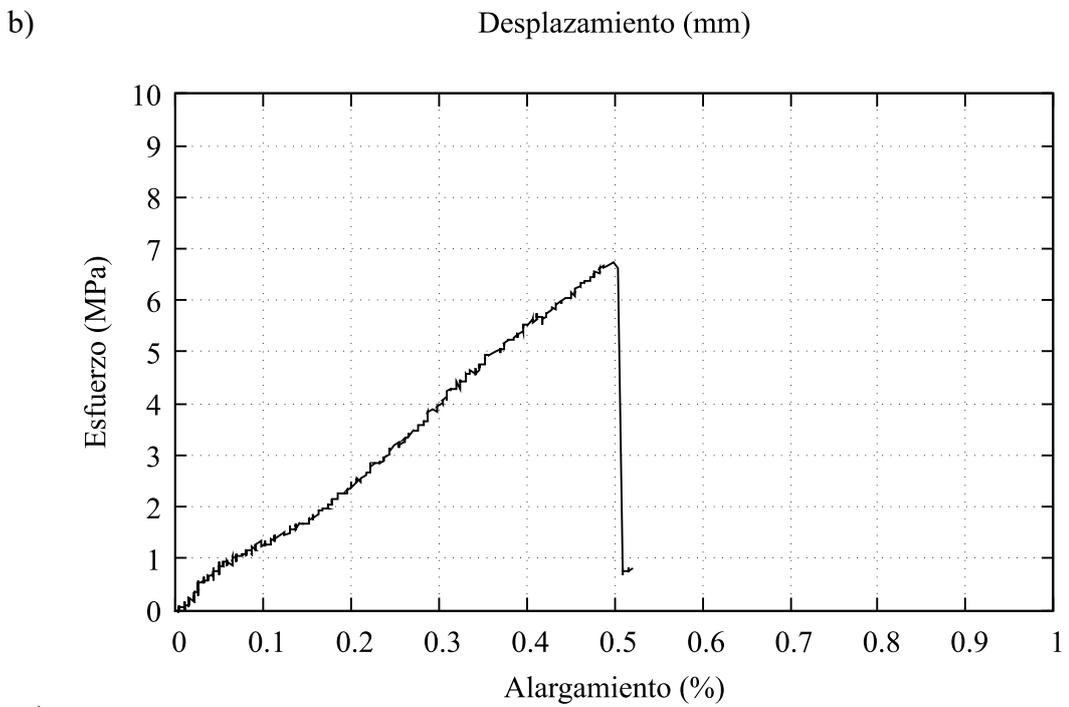
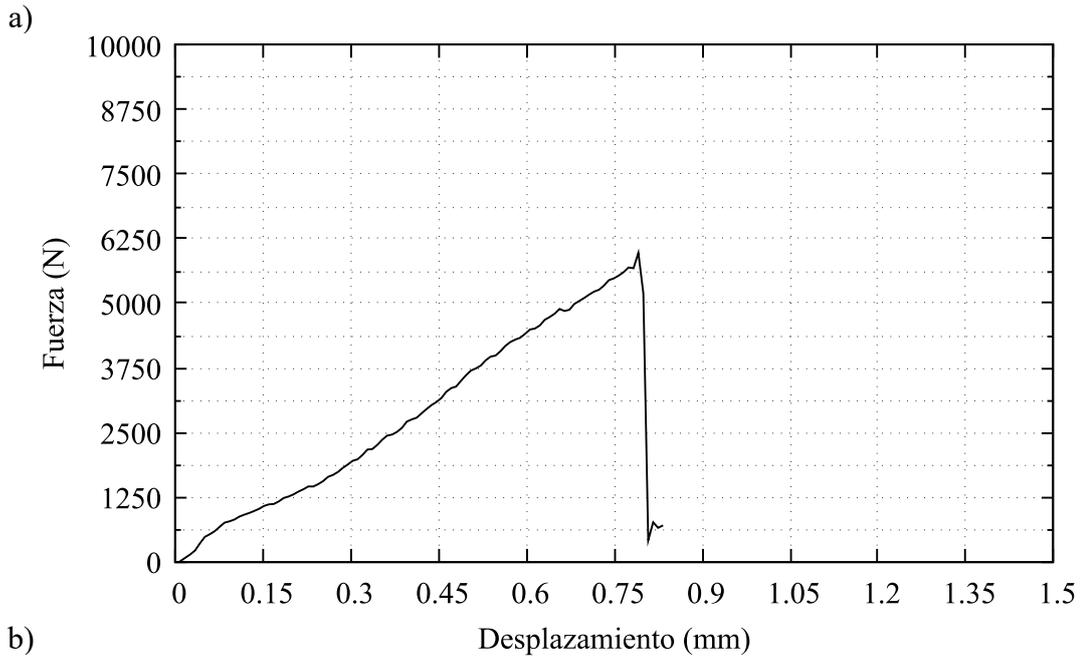
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	12		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de desbaste				
<b>Número de probeta:</b>	4				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	26.51				
<b>Espesor metal:</b>	3.12				
<b>Espesor fibra:</b>	1.26				
<b>Longitud superpuesta:</b>	33.14				
<b>Espesor total:</b>	4.71				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.33				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	1350				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	1.54				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.12				



**Figura 3.12** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-04

Tabla 3.45 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-05

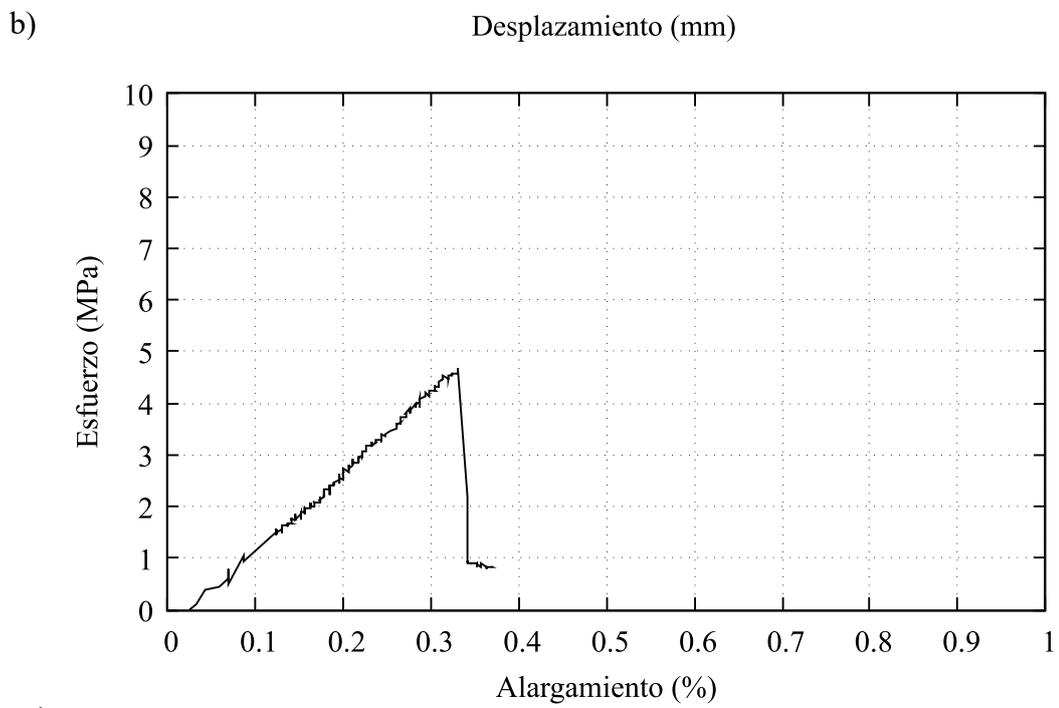
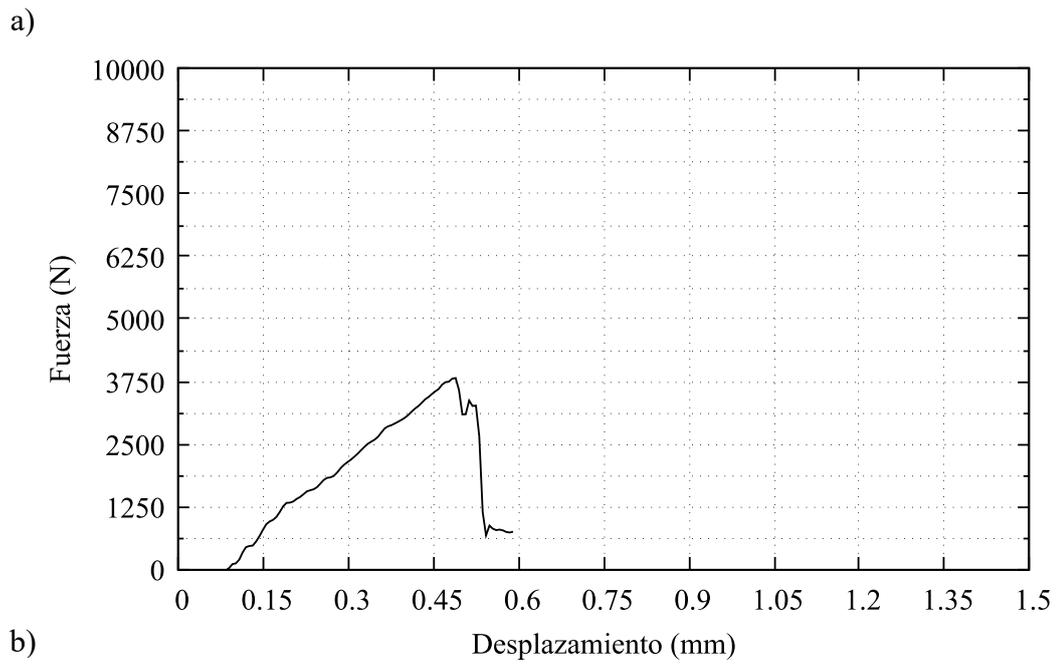
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	13		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de desbaste				
<b>Número de probeta:</b>	5				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	26.31				
<b>Espesor metal:</b>	3.02				
<b>Espesor fibra:</b>	1.27				
<b>Longitud superpuesta:</b>	32.71				
<b>Espesor total:</b>	4.59				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.3				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	5850				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	6.74				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.13				



**Figura 3.13** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-05

Tabla 3.46 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-06

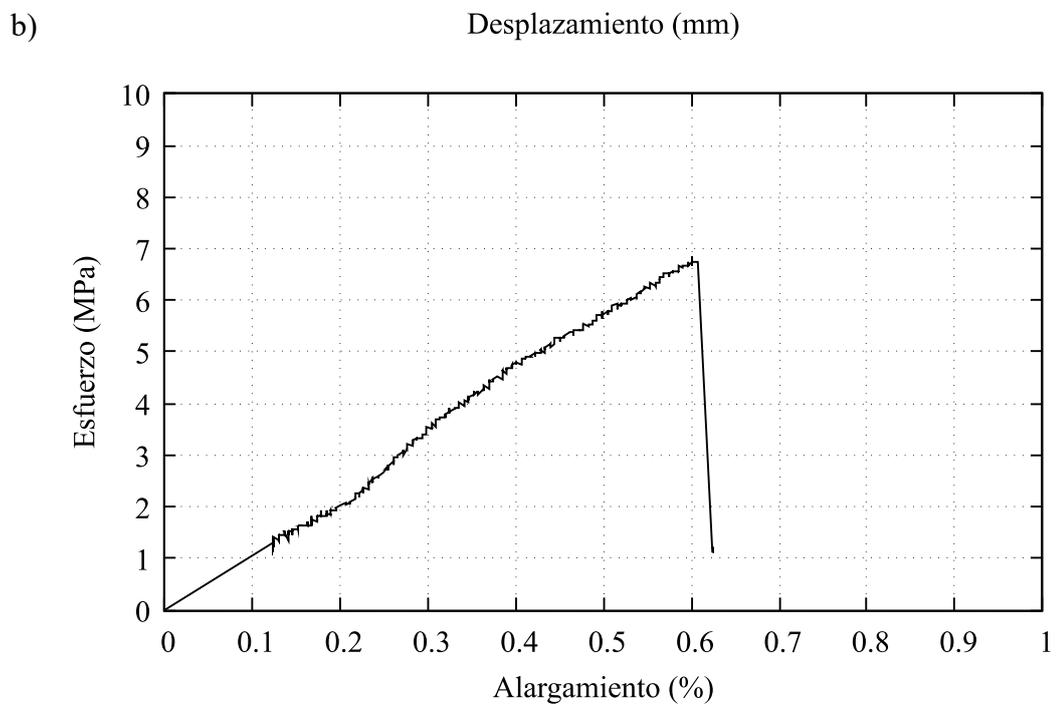
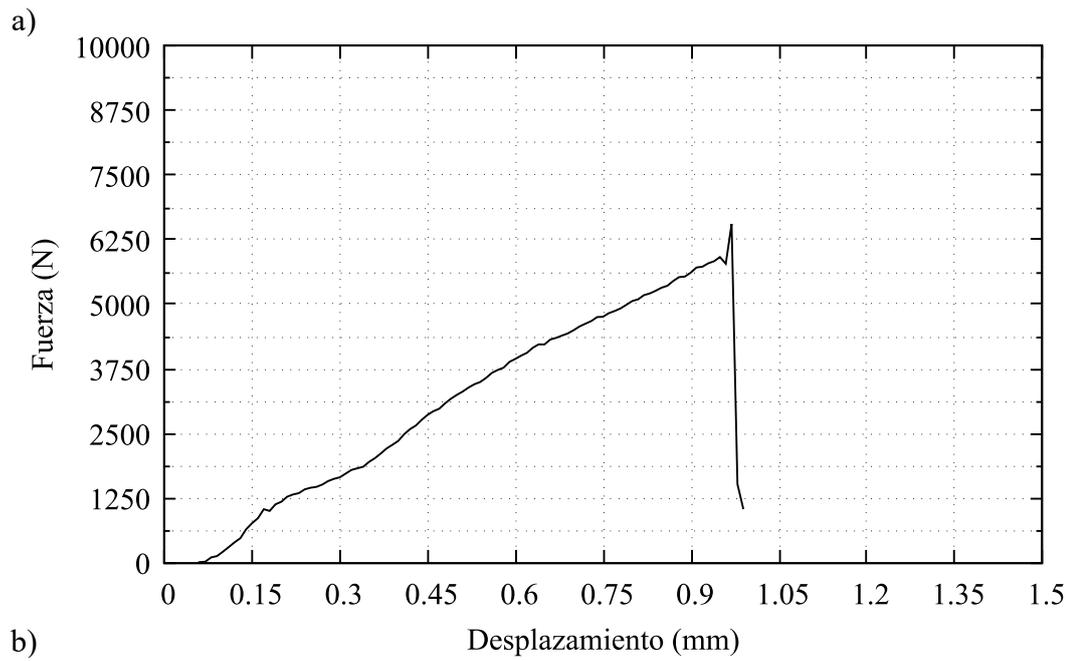
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	14
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		
<b>MATERIAL</b>			
<b>Acero:</b>	ASTM A36		
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica		
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec		
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS		
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10		
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN		
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min		
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de desbaste		
<b>Número de probeta:</b>	6		
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
<b>Ancho:</b>	26.42		
<b>Espesor metal:</b>	3.12		
<b>Espesor fibra:</b>	1.26		
<b>Longitud superpuesta:</b>	33.82		
<b>Espesor total:</b>	4.82		
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.44		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
<b>Fuerza máxima (N):</b>	4200		
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	4.7		
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.		
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.14		



**Figura 3.14** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-06

Tabla 3.47 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-07

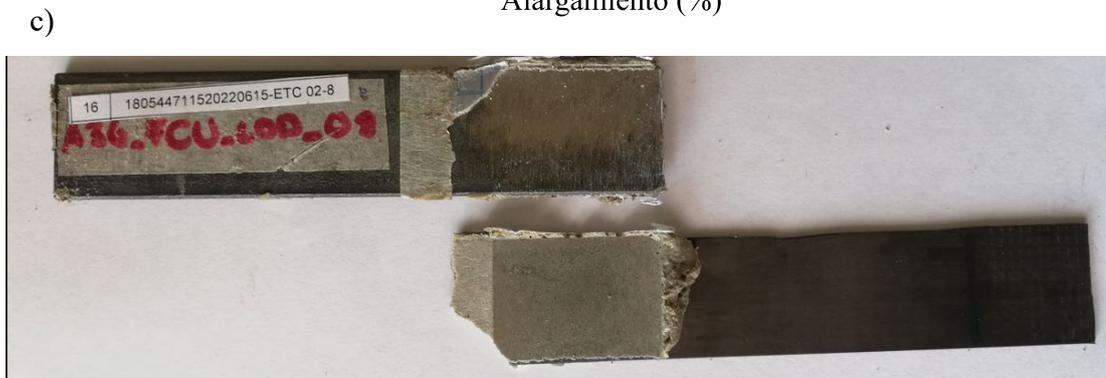
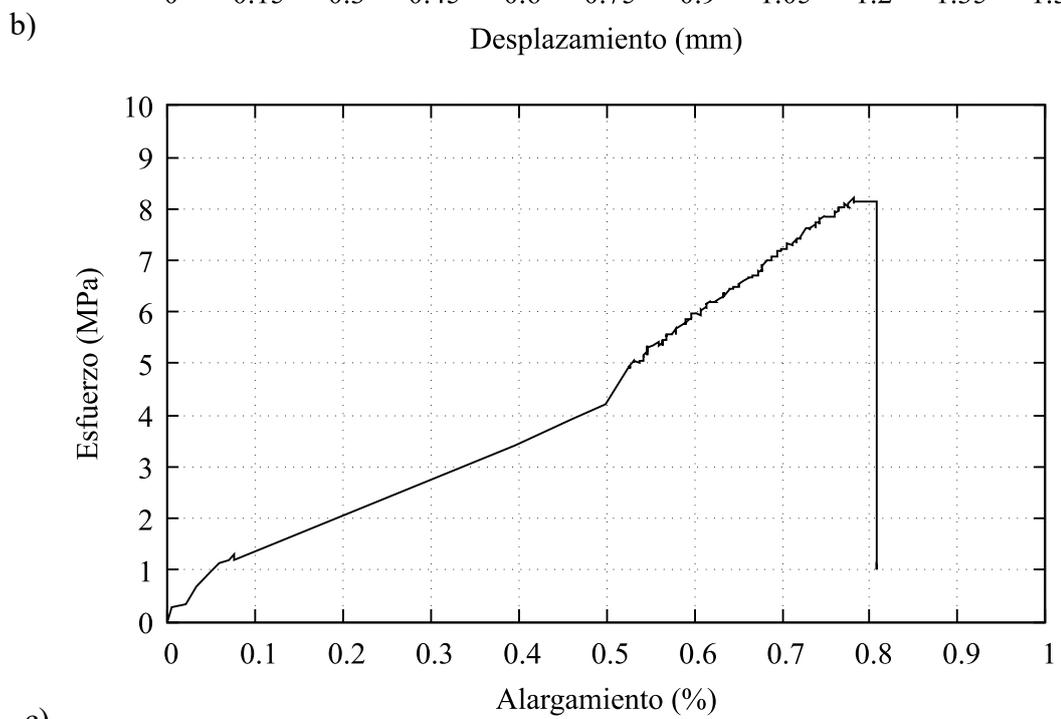
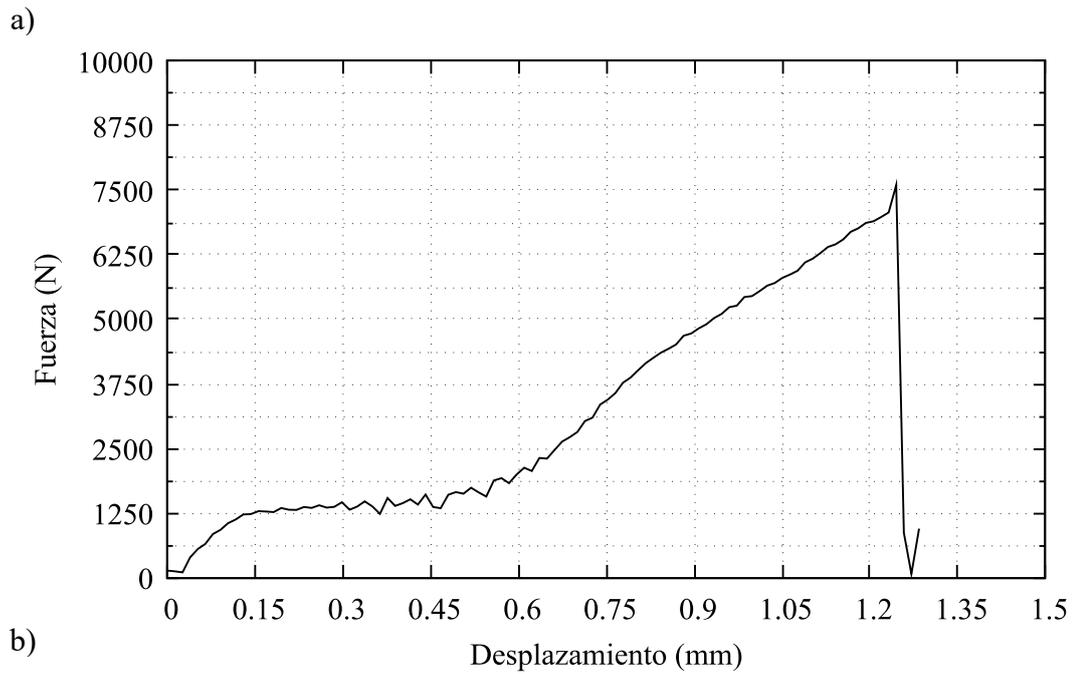
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	15		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de desbaste				
<b>Número de probeta:</b>	7				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	25.82				
<b>Espesor metal:</b>	3.16				
<b>Espesor fibra:</b>	1.26				
<b>Longitud superpuesta:</b>	34.21				
<b>Espesor total:</b>	4.87				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.45				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	6050				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	6.85				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.15				



**Figura 3.15** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-07

Tabla 3.48 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDD-08

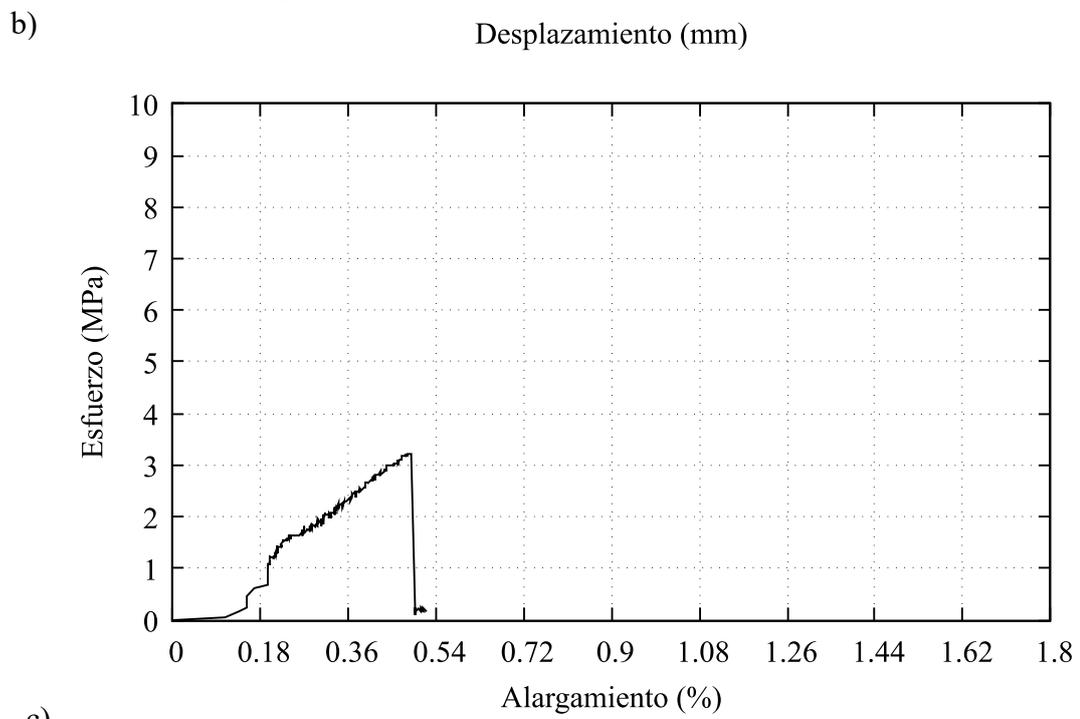
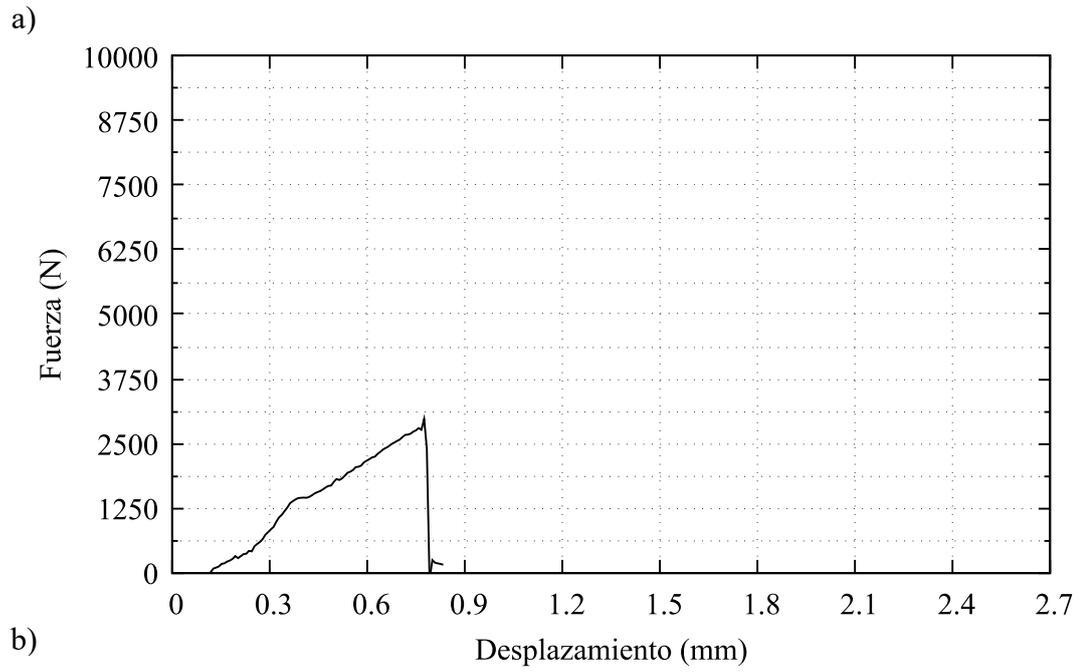
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	16		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de desbaste				
<b>Número de probeta:</b>	8				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	25.88				
<b>Espesor metal:</b>	3.11				
<b>Espesor fibra:</b>	1.26				
<b>Longitud superpuesta:</b>	33.93				
<b>Espesor total:</b>	4.71				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.34				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	7200				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	8.2				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.16				



**Figura 3.16** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDD-08

**Tabla 3.49** Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-01

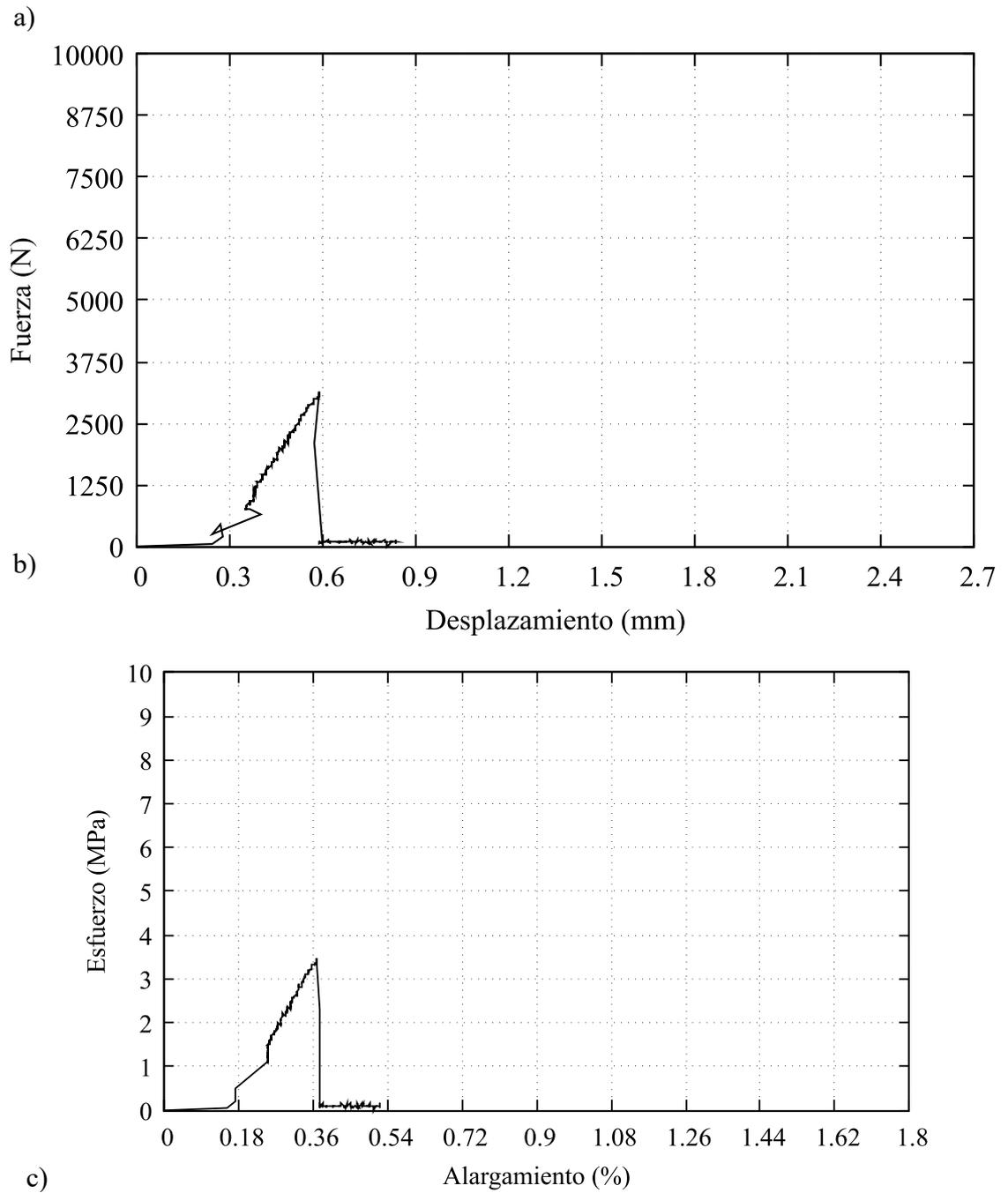
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	17		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de lijas				
<b>Número de probeta:</b>	1				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	25.71				
<b>Espesor metal:</b>	3.15				
<b>Espesor fibra:</b>	1.25				
<b>Longitud superpuesta:</b>	34.42				
<b>Espesor total:</b>	4.67				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.27				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	2850				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	3.22				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.17				



**Figura 3.17** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-01

Tabla 3.50 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-02

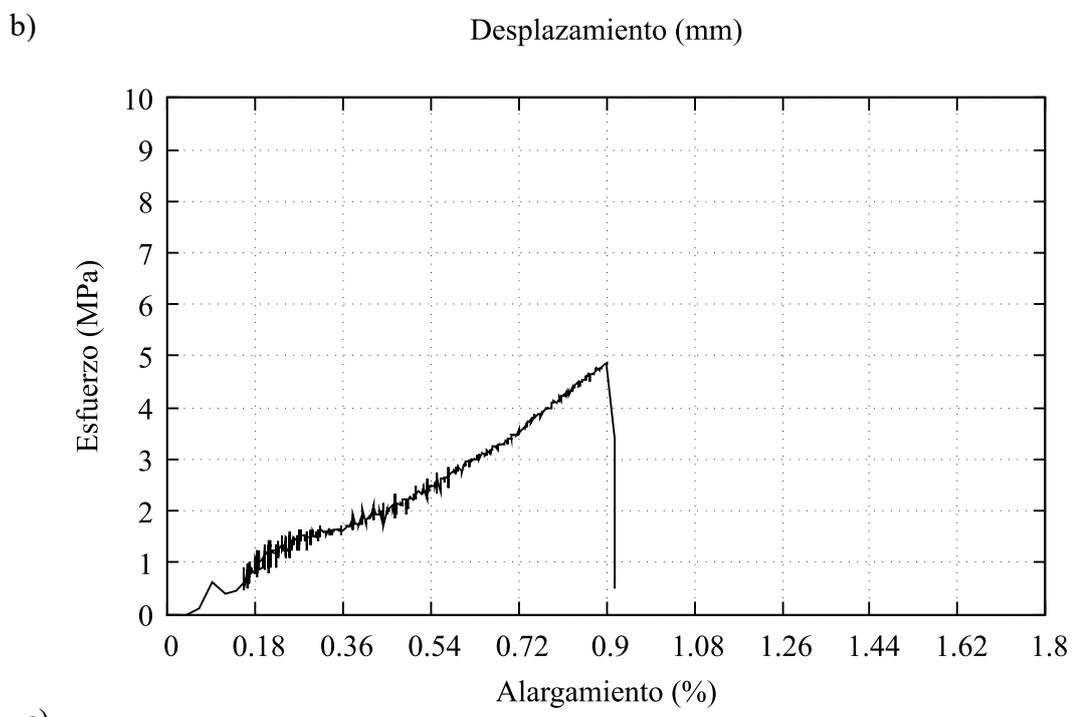
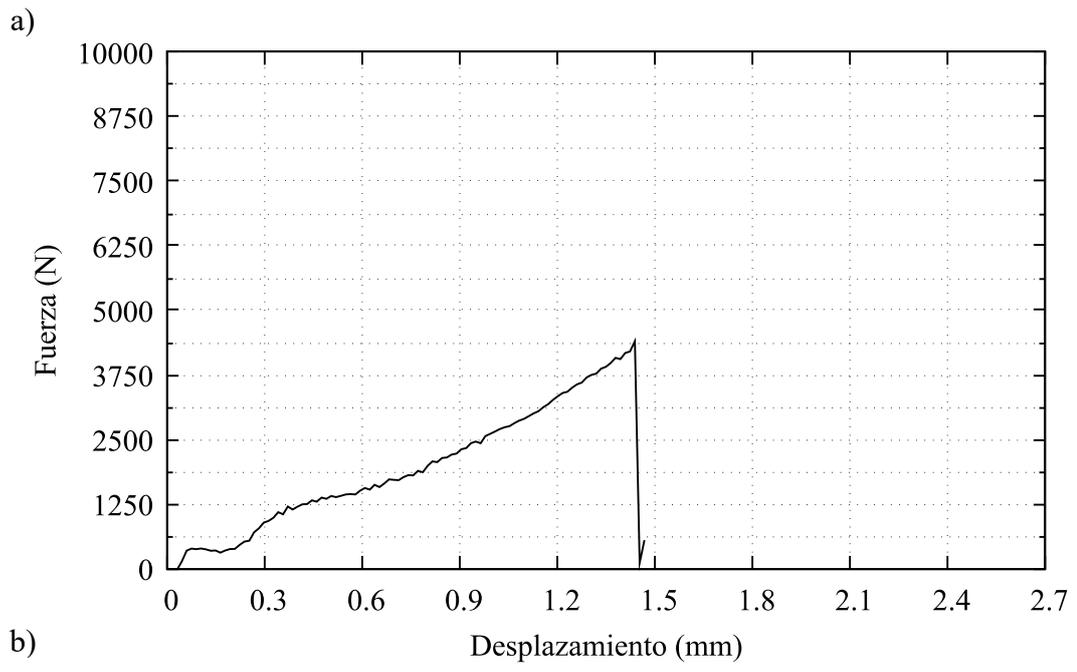
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002 			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	18
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		
<b>MATERIAL</b>			
<b>Acero:</b>	ASTM A36		
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica		
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec		
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS		
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10		
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN		
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min		
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de lijas		
<b>Número de probeta:</b>	2		
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
<b>Ancho:</b>	25.72		
<b>Espesor metal:</b>	3.15		
<b>Espesor fibra:</b>	1.26		
<b>Longitud superpuesta:</b>	35.22		
<b>Espesor total:</b>	4.72		
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.31		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
<b>Fuerza máxima (N):</b>	3150		
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	3.48		
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.		
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.18		



**Figura 3.18** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-02

Tabla 3.51 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-03

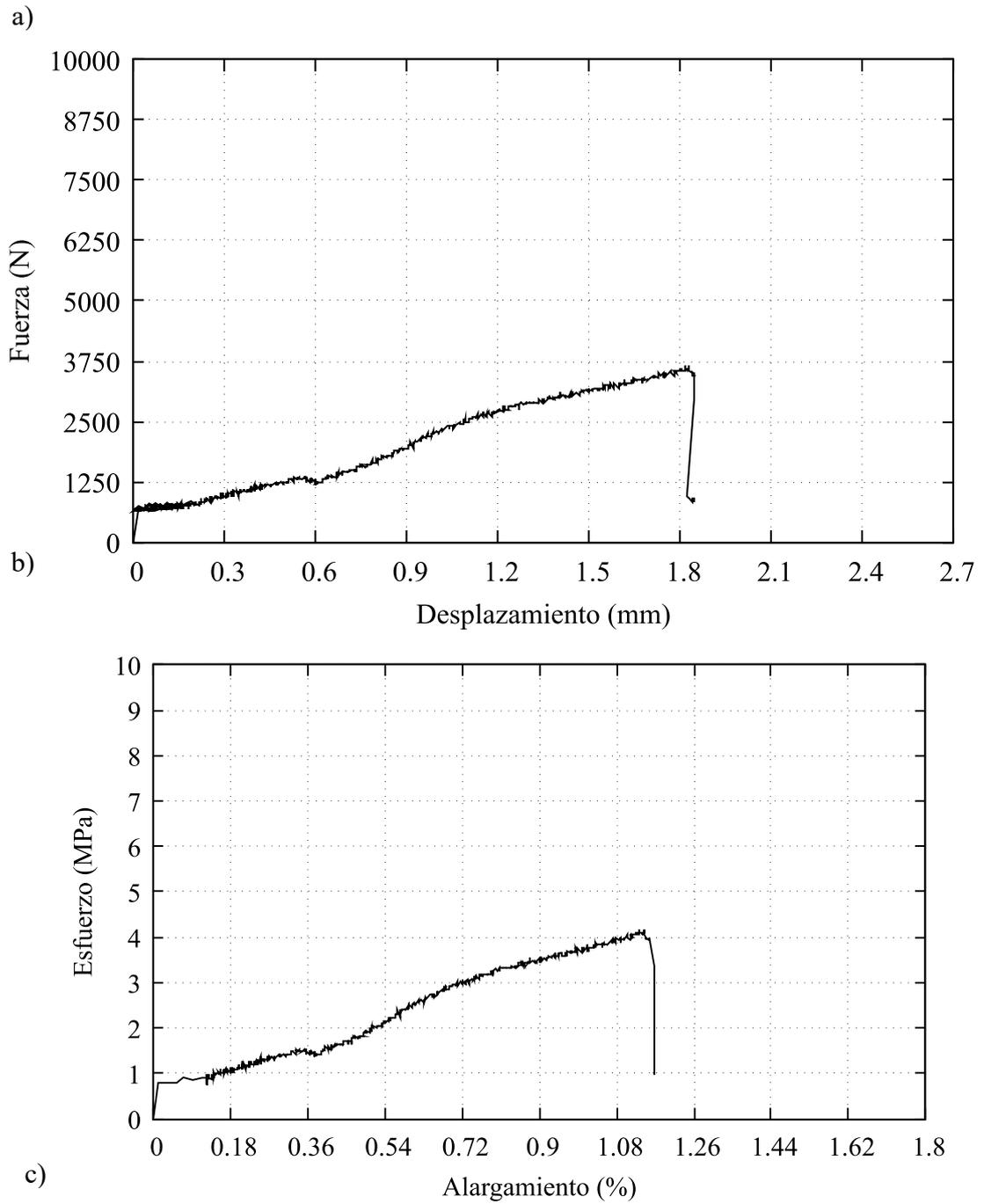
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002 			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	19
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		
<b>MATERIAL</b>			
<b>Acero:</b>	ASTM A36		
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica		
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec		
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS		
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10		
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN		
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min		
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de lijas		
<b>Número de probeta:</b>	3		
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
<b>Ancho:</b>	25.48		
<b>Espesor metal:</b>	3.17		
<b>Espesor fibra:</b>	1.25		
<b>Longitud superpuesta:</b>	34.52		
<b>Espesor total:</b>	4.69		
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.27		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
<b>Fuerza máxima (N):</b>	4300		
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	4.89		
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.		
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.19		



**Figura 3.19** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-03

Tabla 3.52 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-04

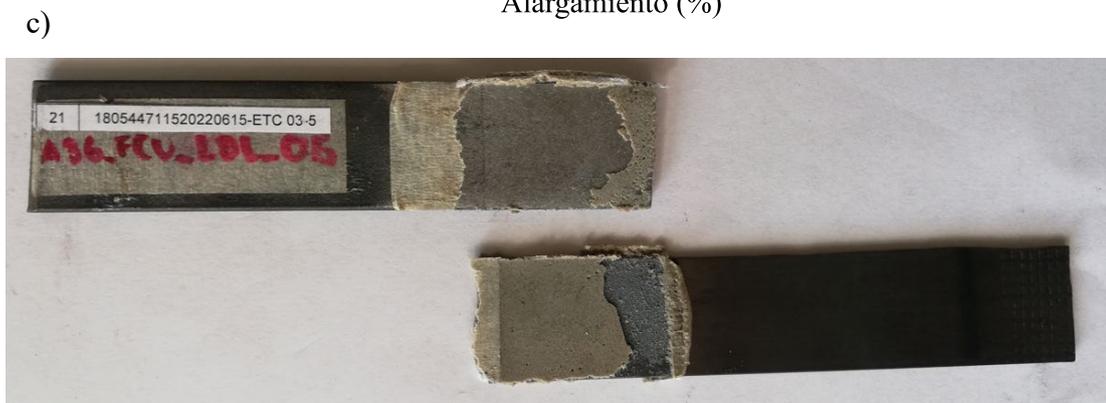
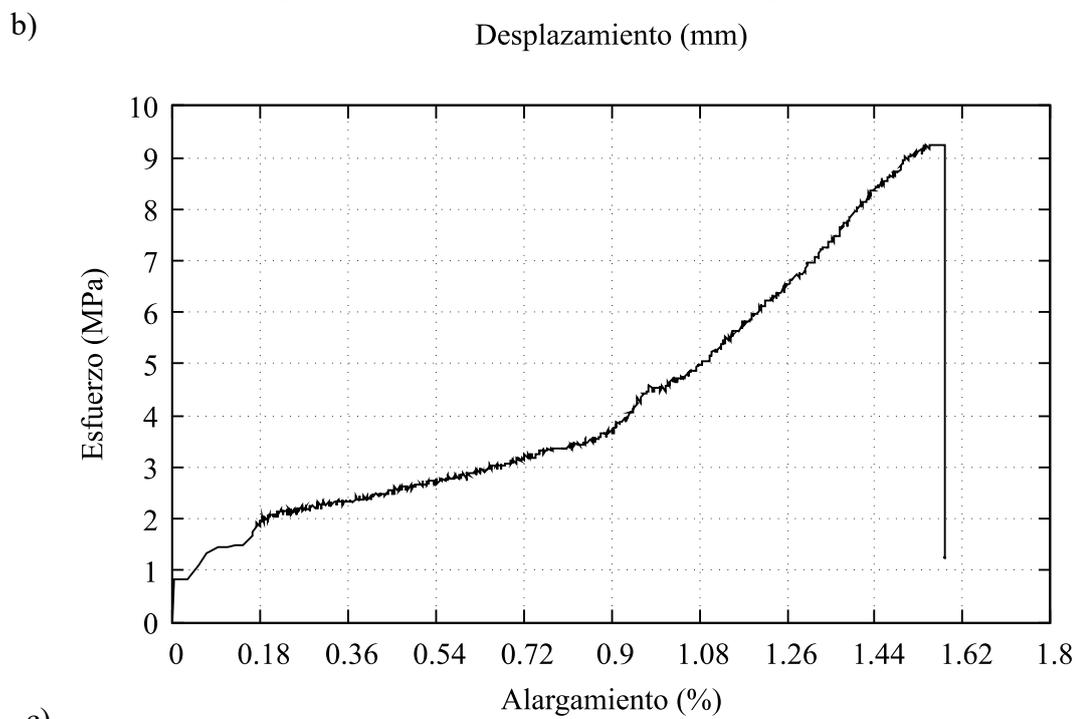
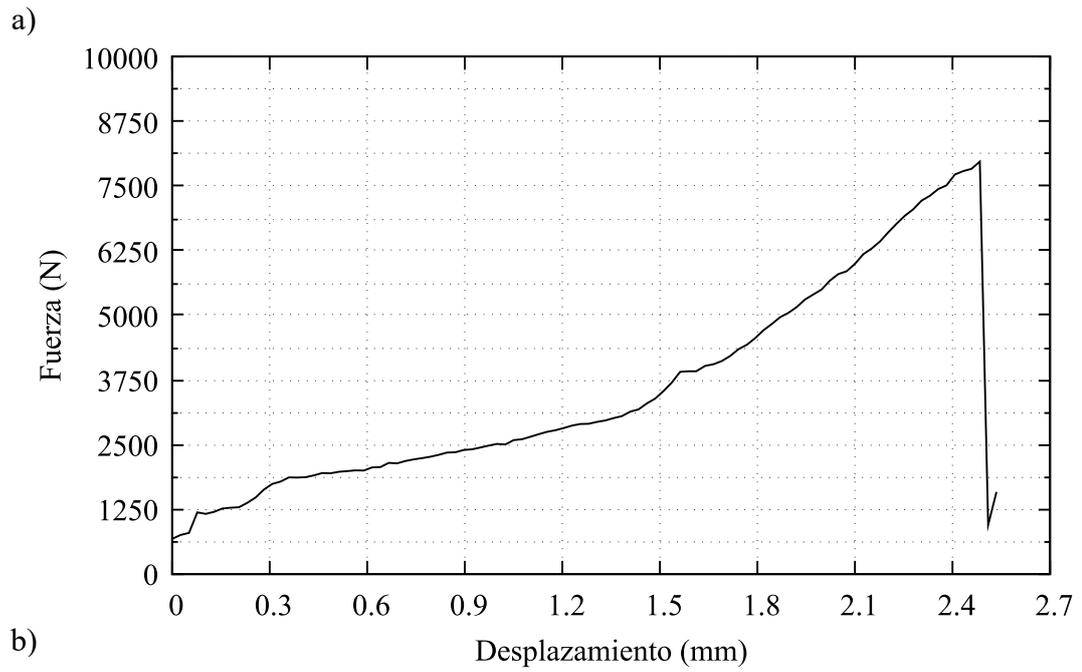
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002				
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>				
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	20	
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022			
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico			
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación			
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.			
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.			
<b>MATERIAL</b>				
<b>Acero:</b>	ASTM A36			
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica			
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional			
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>				
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec			
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS			
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>				
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10			
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN			
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min			
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de lijas			
<b>Número de probeta:</b>	4			
<b>DIMENSIONES (mm)</b>				
<b>Ancho:</b>	25.49			
<b>Espesor metal:</b>	3.14			
<b>Espesor fibra:</b>	1.27			
<b>Longitud superpuesta:</b>	34.36			
<b>Espesor total:</b>	4.72			
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.31			
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>				
<b>Fuerza máxima (N):</b>	3650			
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	4.17			
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.			
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.20			



**Figura 3.20** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-04

Tabla 3.53 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-05

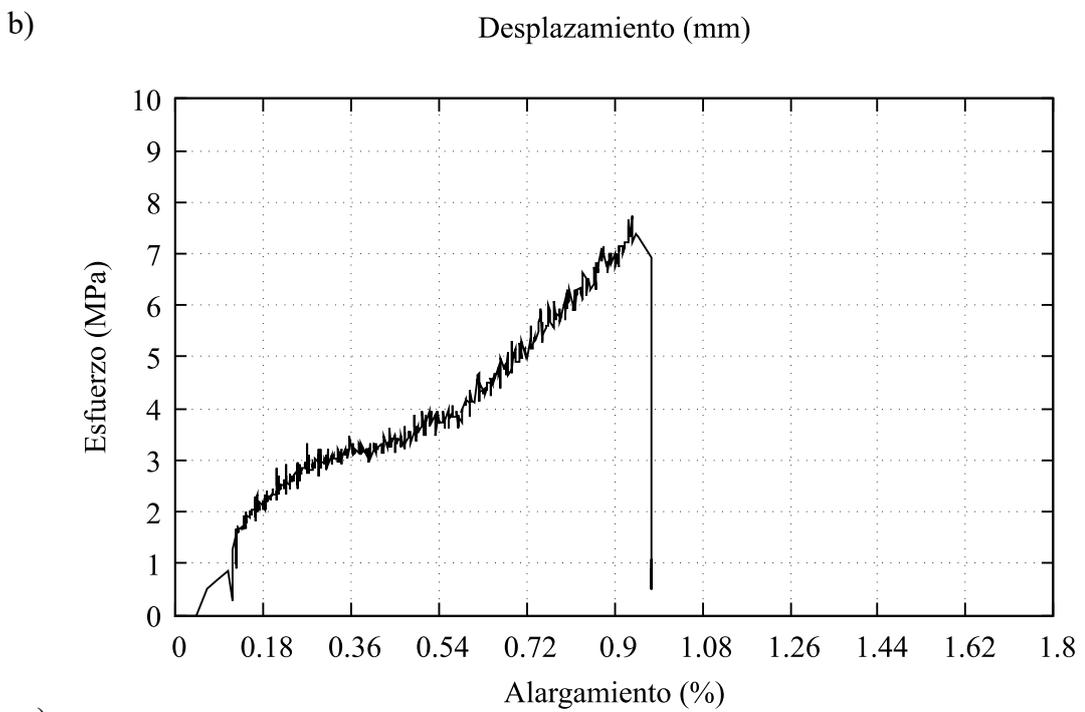
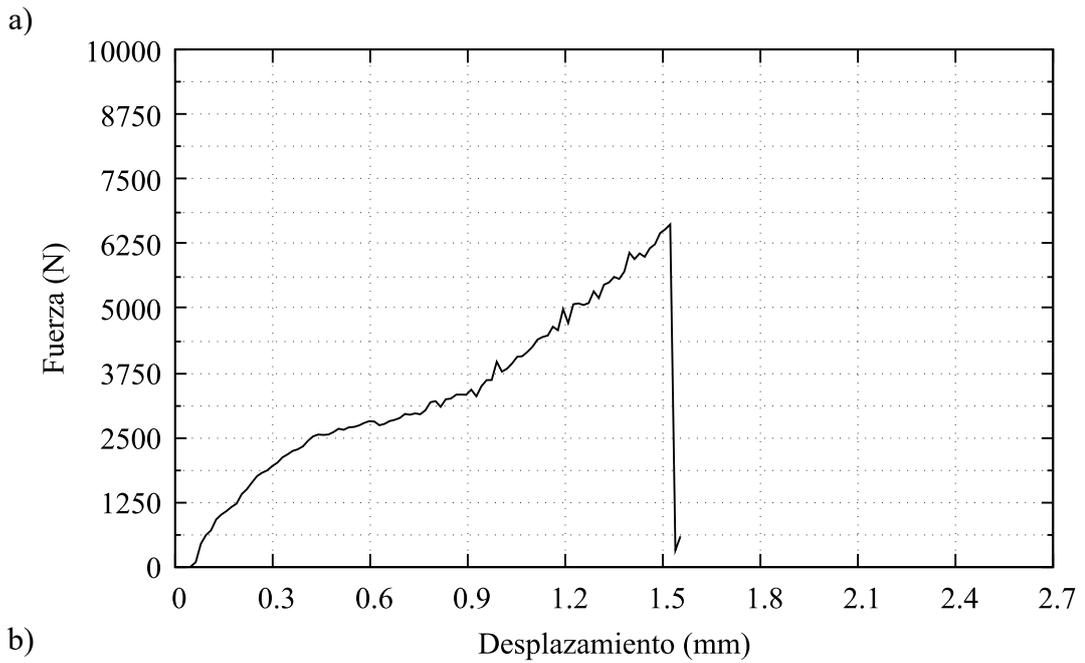
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	21		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de lijas				
<b>Número de probeta:</b>	5				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	25.49				
<b>Espesor metal:</b>	3.15				
<b>Espesor fibra:</b>	1.25				
<b>Longitud superpuesta:</b>	33.76				
<b>Espesor total:</b>	4.67				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.27				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	7950				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	9.24				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva/Cohesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.21				



**Figura 3.21** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva/Cohesivo de la probeta A36-FCU-LDL-05

Tabla 3.54 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-06

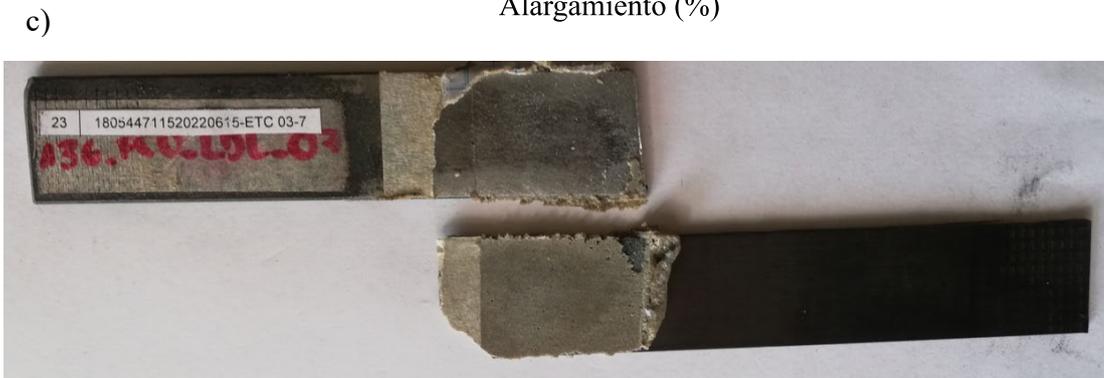
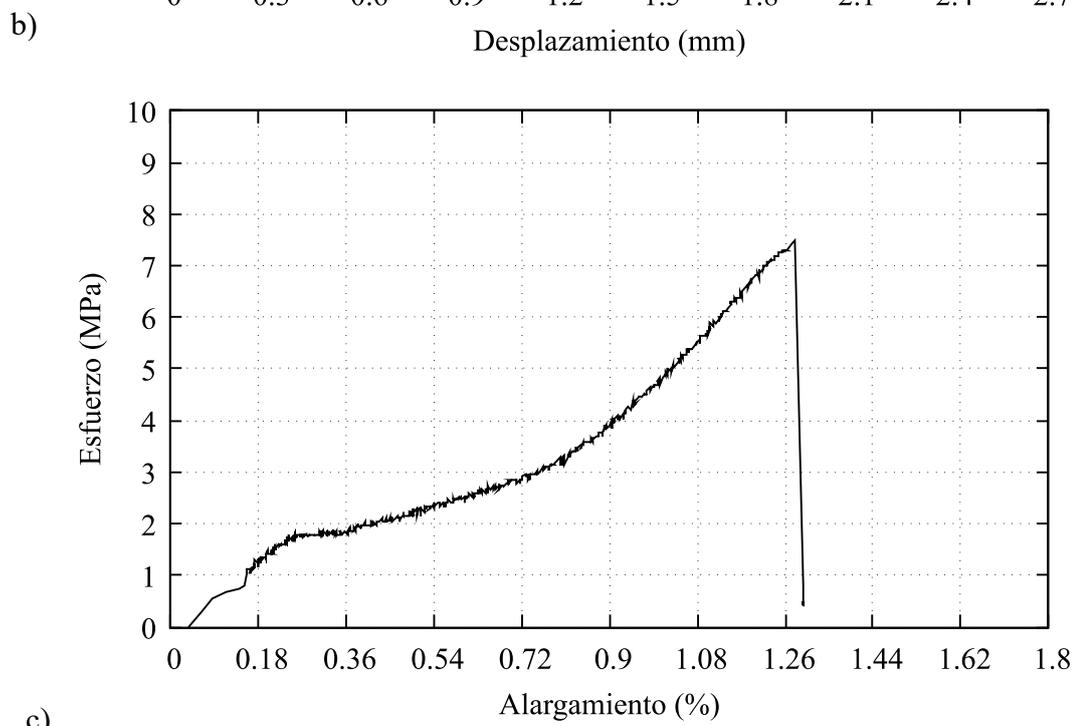
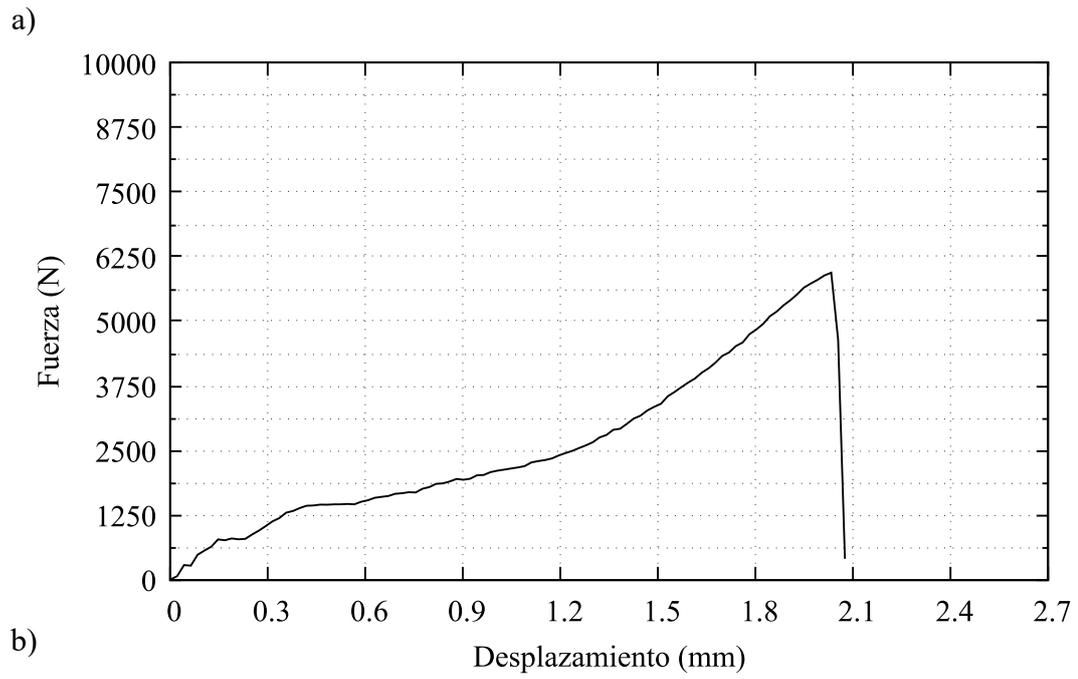
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	22		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de lijas				
<b>Número de probeta:</b>	6				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	25.62				
<b>Espesor metal:</b>	3.16				
<b>Espesor fibra:</b>	1.26				
<b>Longitud superpuesta:</b>	34.09				
<b>Espesor total:</b>	4.66				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.24				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	6750				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	7.73				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.22				



**Figura 3.22** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-06

Tabla 3.55 Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-07

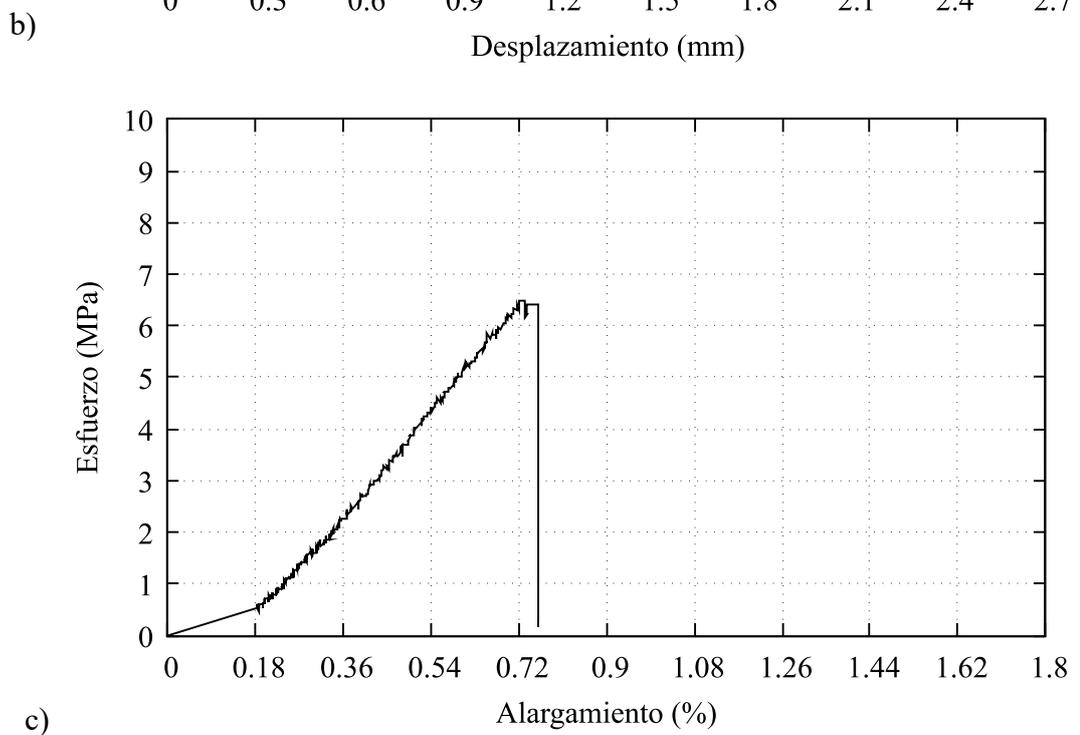
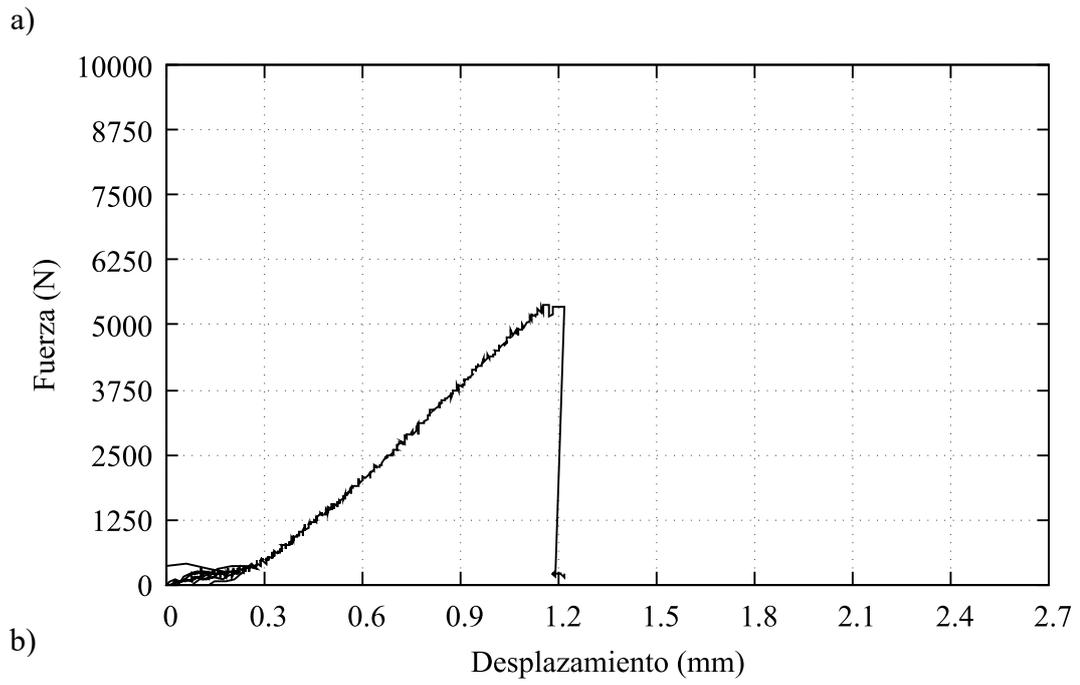
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	23		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de lijas				
<b>Número de probeta:</b>	7				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	24.78				
<b>Espesor metal:</b>	3.12				
<b>Espesor fibra:</b>	1.25				
<b>Longitud superpuesta:</b>	32.61				
<b>Espesor total:</b>	4.57				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.2				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	6050				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	7.49				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.23				



**Figura 3.23** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-07

**Tabla 3.56** Reporte de Ensayo A36-FCU-LDL-08

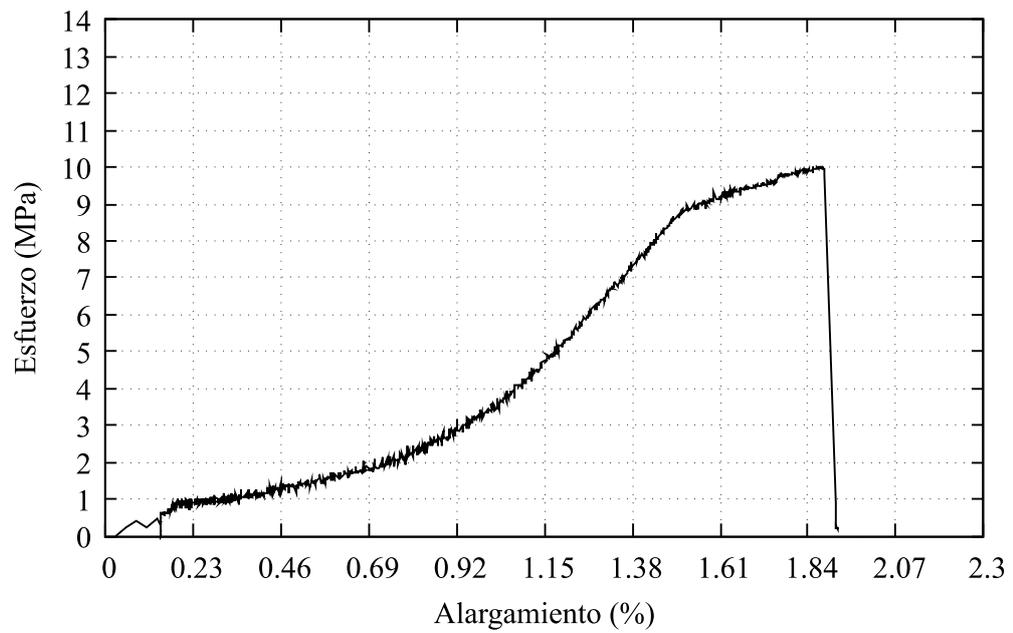
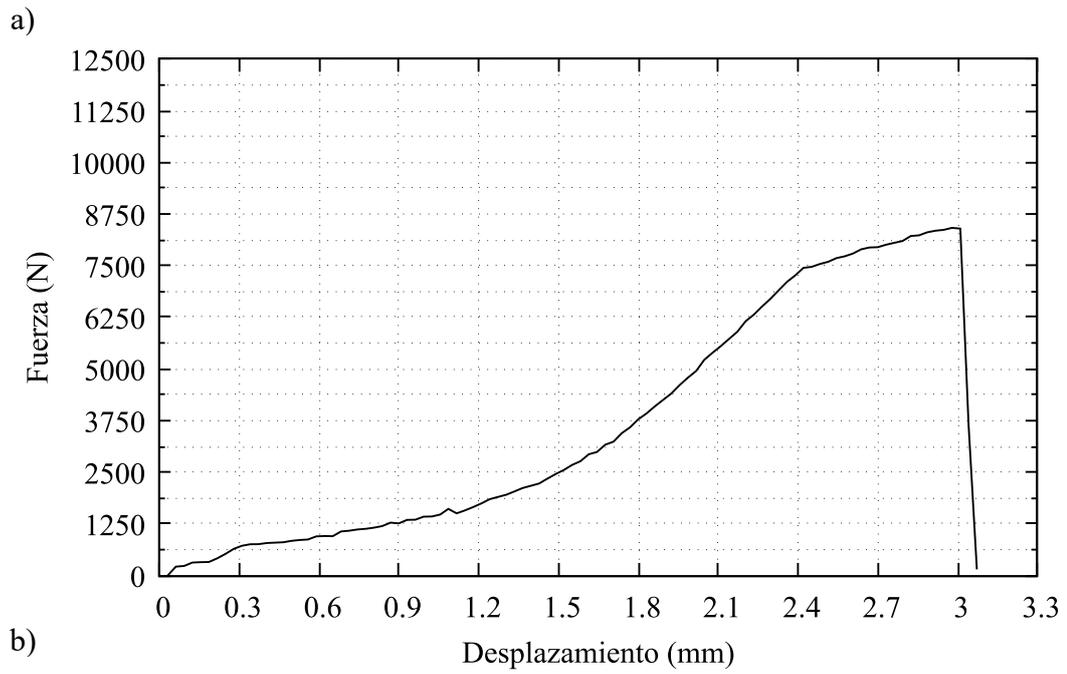
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	24		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Limpieza con Disco de lijas				
<b>Número de probeta:</b>	8				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	25.67				
<b>Espesor metal:</b>	3.16				
<b>Espesor fibra:</b>	1.25				
<b>Longitud superpuesta:</b>	32.52				
<b>Espesor total:</b>	4.67				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.26				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	5400				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	6.47				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.24				



**Figura 3.24** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-LDL-08

Tabla 3.57 Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-01

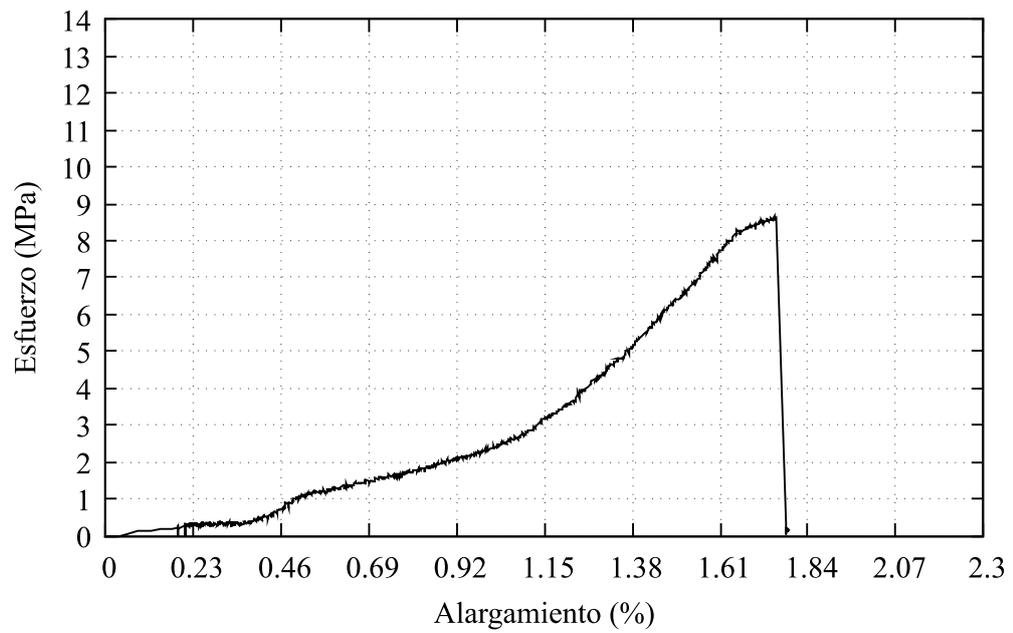
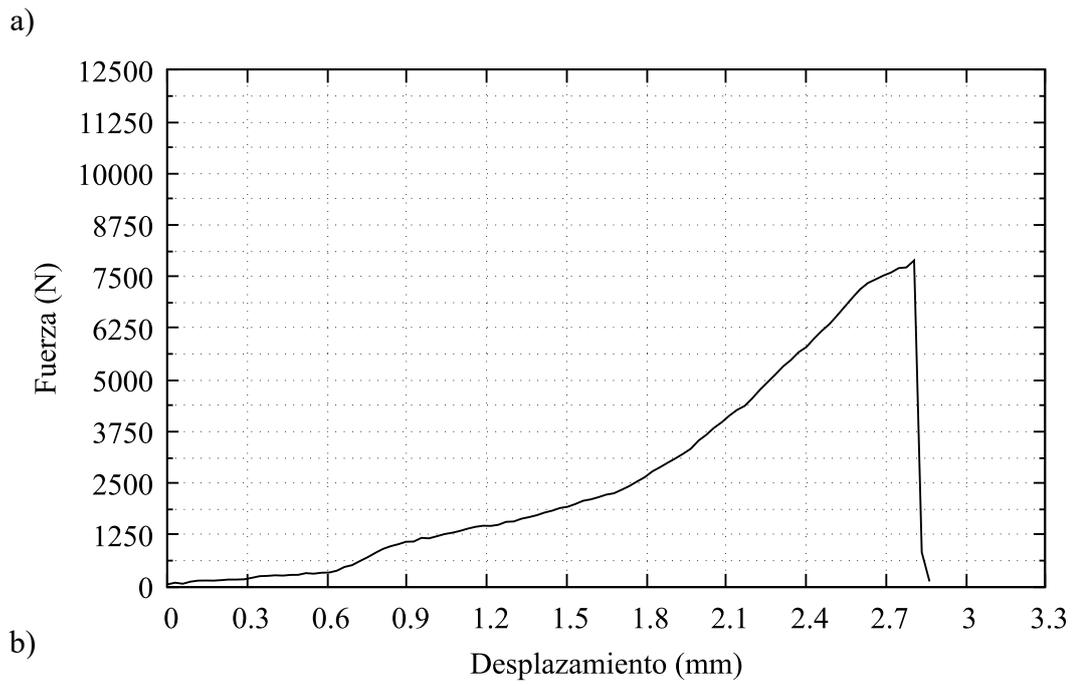
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	25
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		
<b>MATERIAL</b>			
<b>Acero:</b>	ASTM A36		
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica		
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec		
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS		
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10		
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN		
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min		
<b>Tratamiento superficial:</b>	Sandblasting		
<b>Número de probeta:</b>	1		
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
<b>Ancho:</b>	25.68		
<b>Espesor metal:</b>	3.16		
<b>Espesor fibra:</b>	1.27		
<b>Longitud superpuesta:</b>	32.81		
<b>Espesor total:</b>	4.72		
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.29		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
<b>Fuerza máxima (N):</b>	8450		
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	10.03		
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.		
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.25		



**Figura 3.25** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-SB-01

Tabla 3.58 Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-02

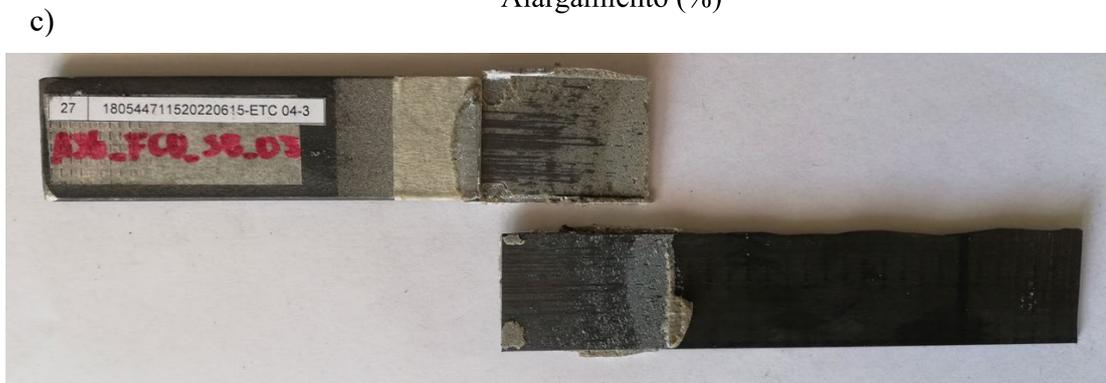
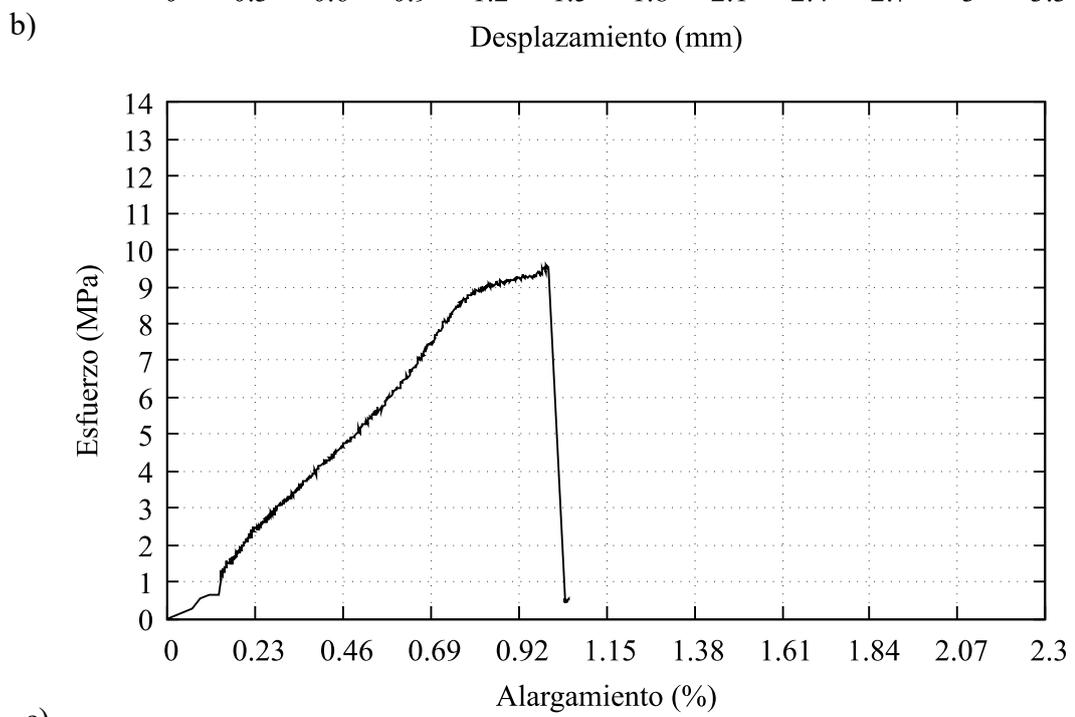
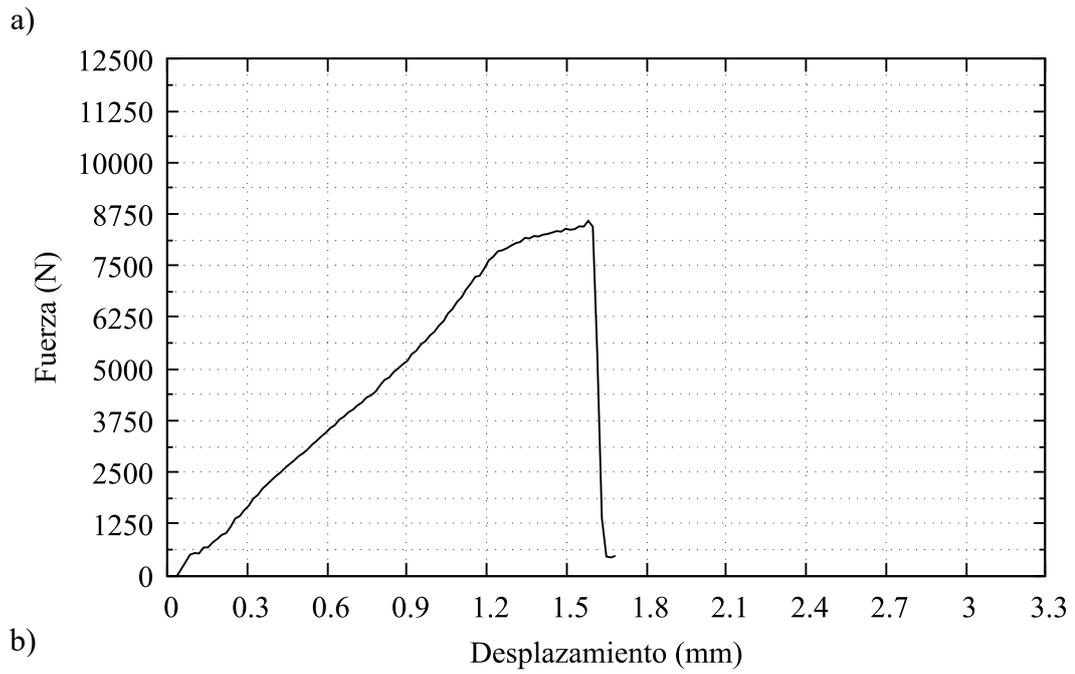
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	26		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Sandblasting				
<b>Número de probeta:</b>	2				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	25.63				
<b>Espesor metal:</b>	3.17				
<b>Espesor fibra:</b>	1.26				
<b>Longitud superpuesta:</b>	35.27				
<b>Espesor total:</b>	4.78				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.35				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	7850				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	8.68				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.26				



**Figura 3.26** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-SB-02

Tabla 3.59 Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-03

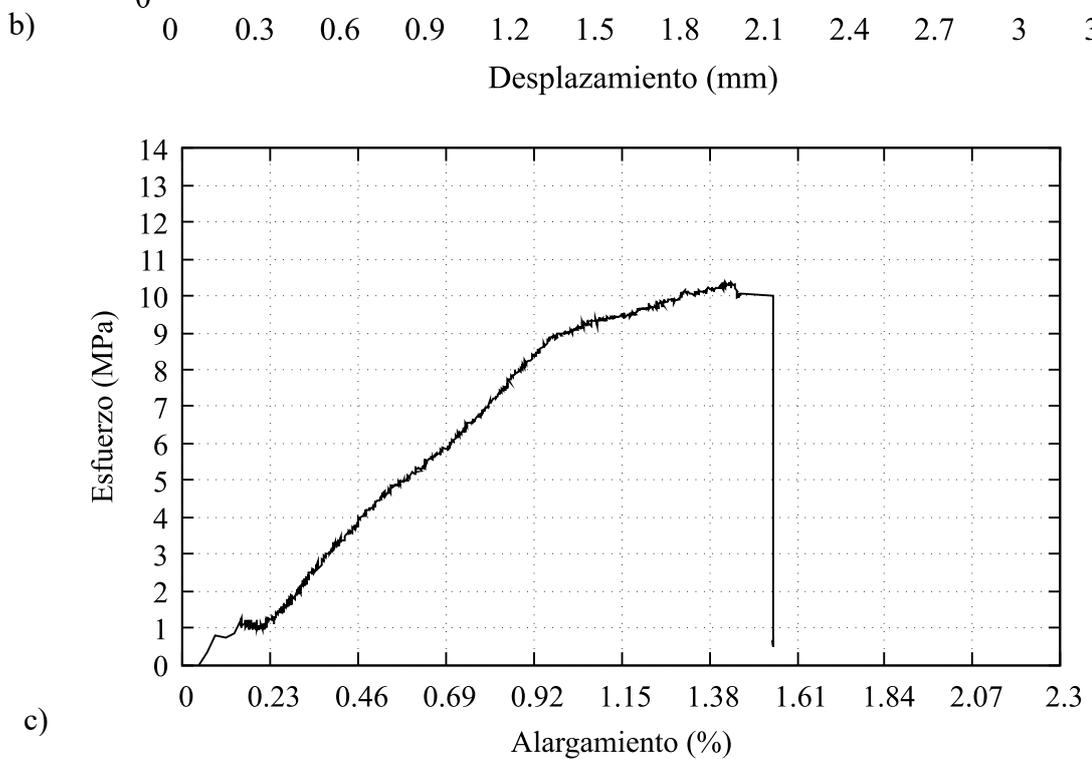
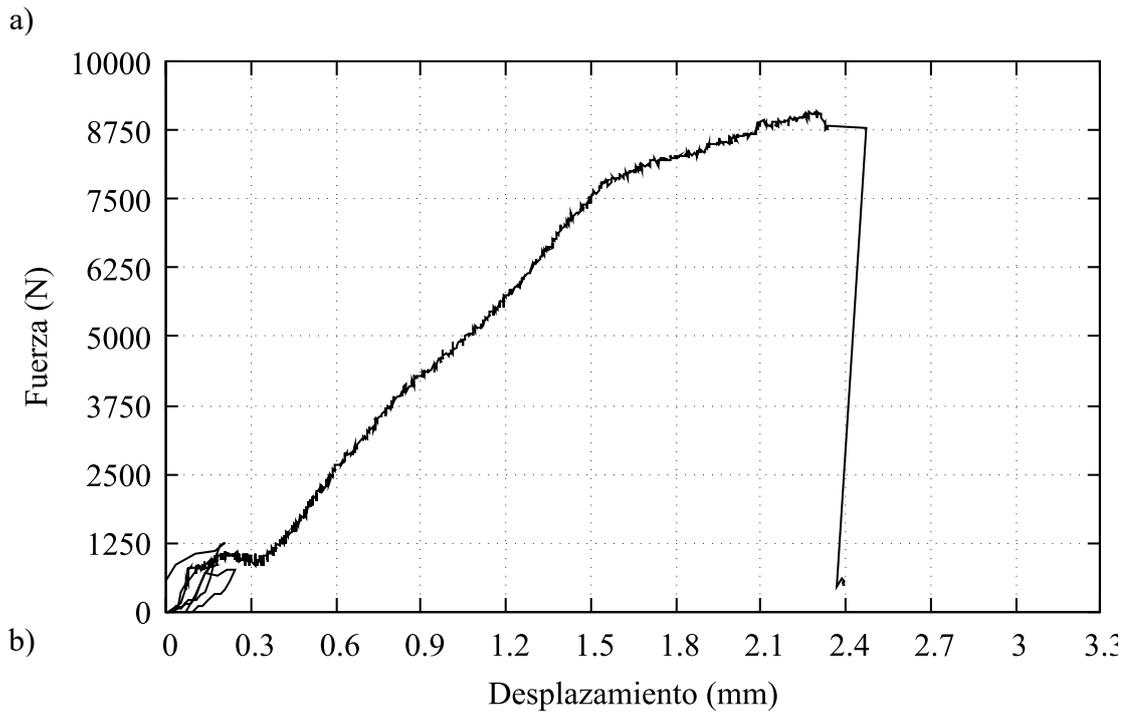
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	27
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		
<b>MATERIAL</b>			
<b>Acero:</b>	ASTM A36		
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica		
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec		
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS		
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10		
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN		
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min		
<b>Tratamiento superficial:</b>	Sandblasting		
<b>Número de probeta:</b>	3		
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
<b>Ancho:</b>	25.63		
<b>Espesor metal:</b>	3.16		
<b>Espesor fibra:</b>	1.27		
<b>Longitud superpuesta:</b>	35.23		
<b>Espesor total:</b>	4.71		
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.28		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
<b>Fuerza máxima (N):</b>	8650		
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	9.58		
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.		
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.27		



**Figura 3.27** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-SB-03

**Tabla 3.60** Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-04

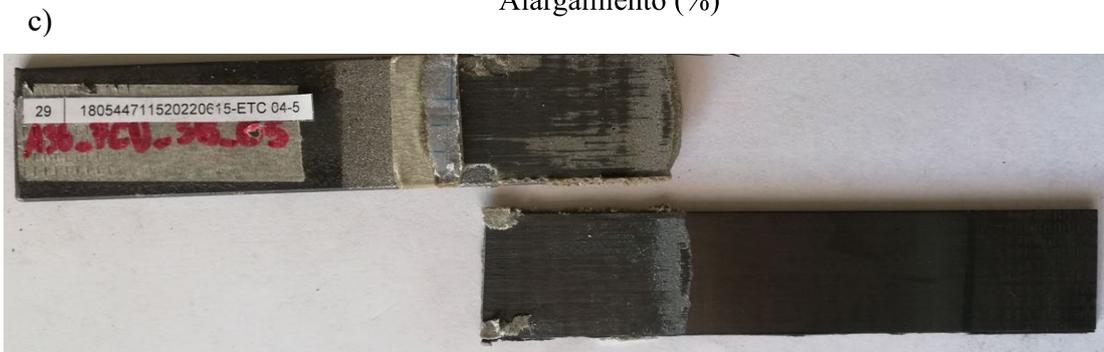
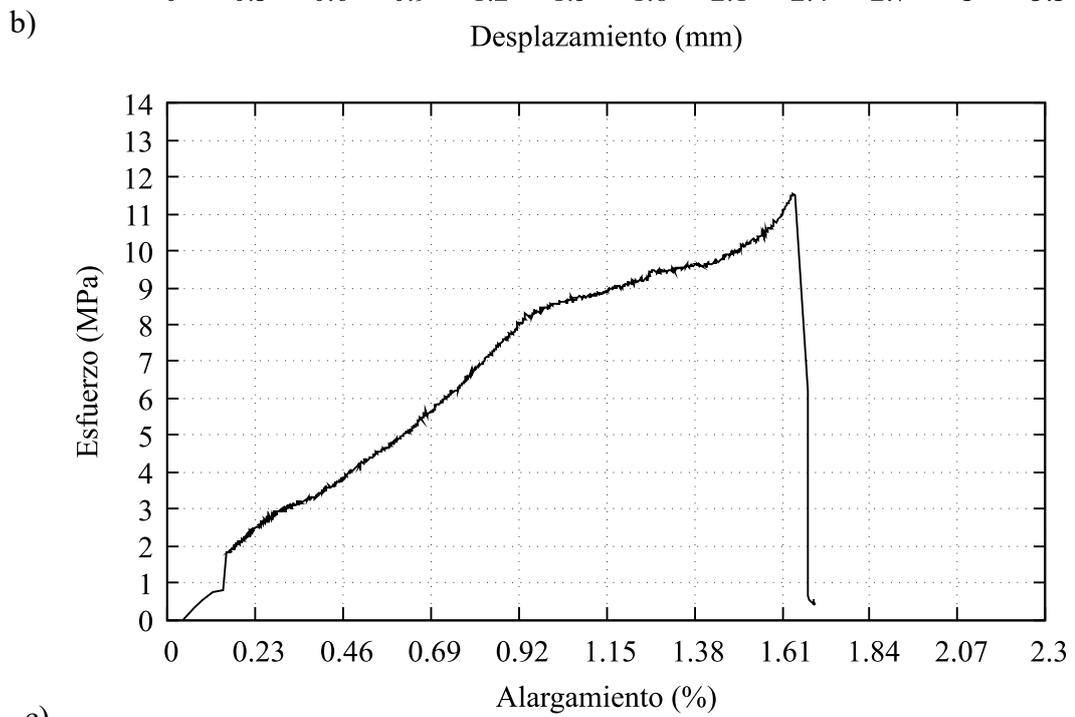
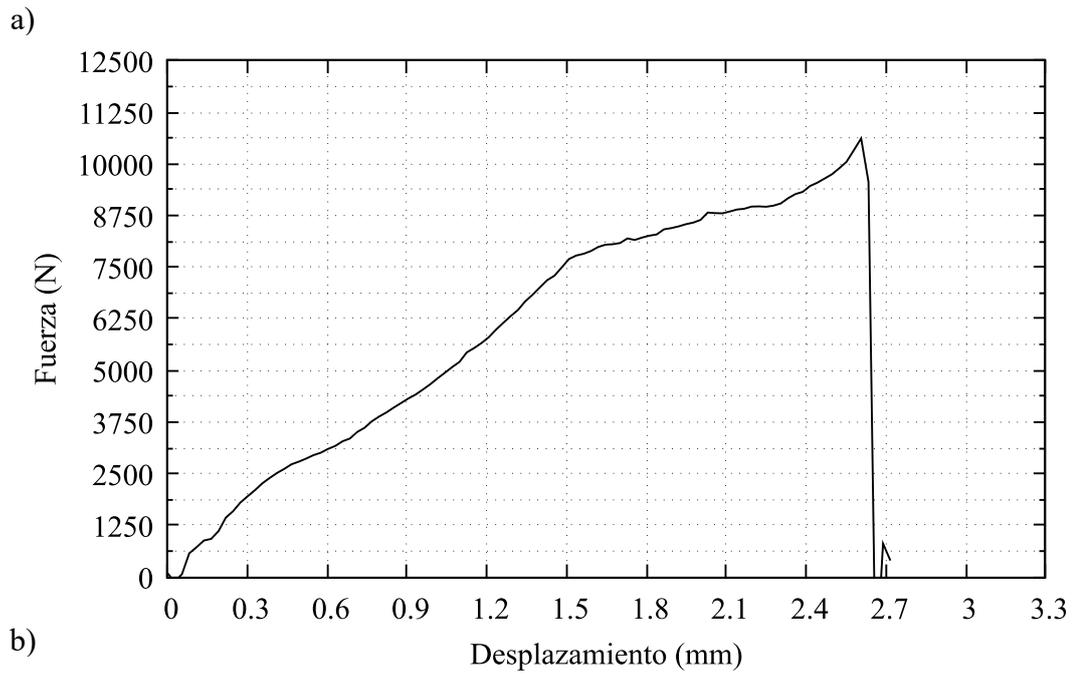
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	28		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Sandblasting				
<b>Número de probeta:</b>	4				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	25.61				
<b>Espesor metal:</b>	3.17				
<b>Espesor fibra:</b>	1.25				
<b>Longitud superpuesta:</b>	34.34				
<b>Espesor total:</b>	4.73				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.31				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	9100				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	10.35				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.28				



**Figura 3.28** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-SB-04

**Tabla 3.61** Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-05

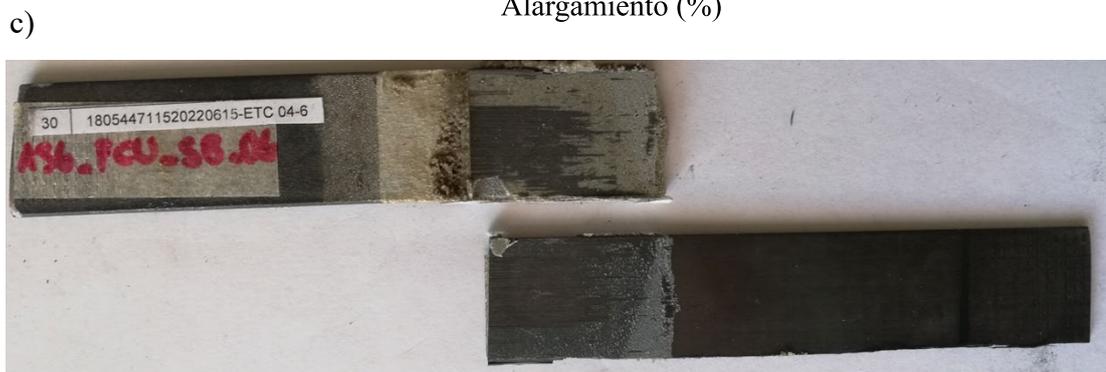
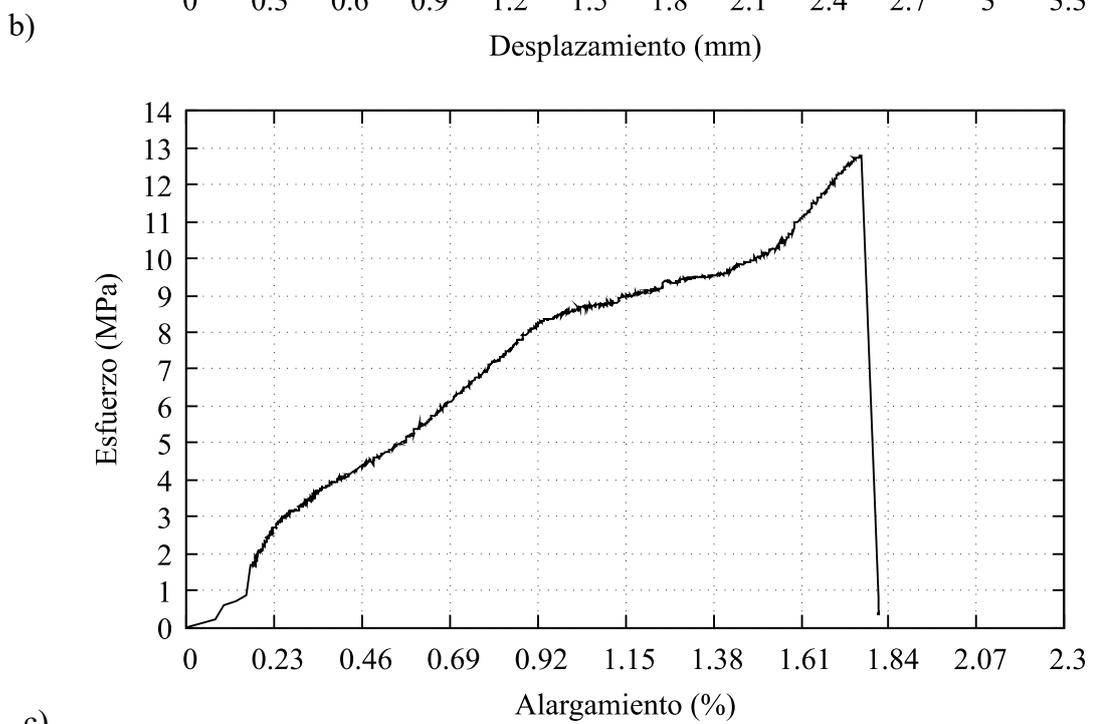
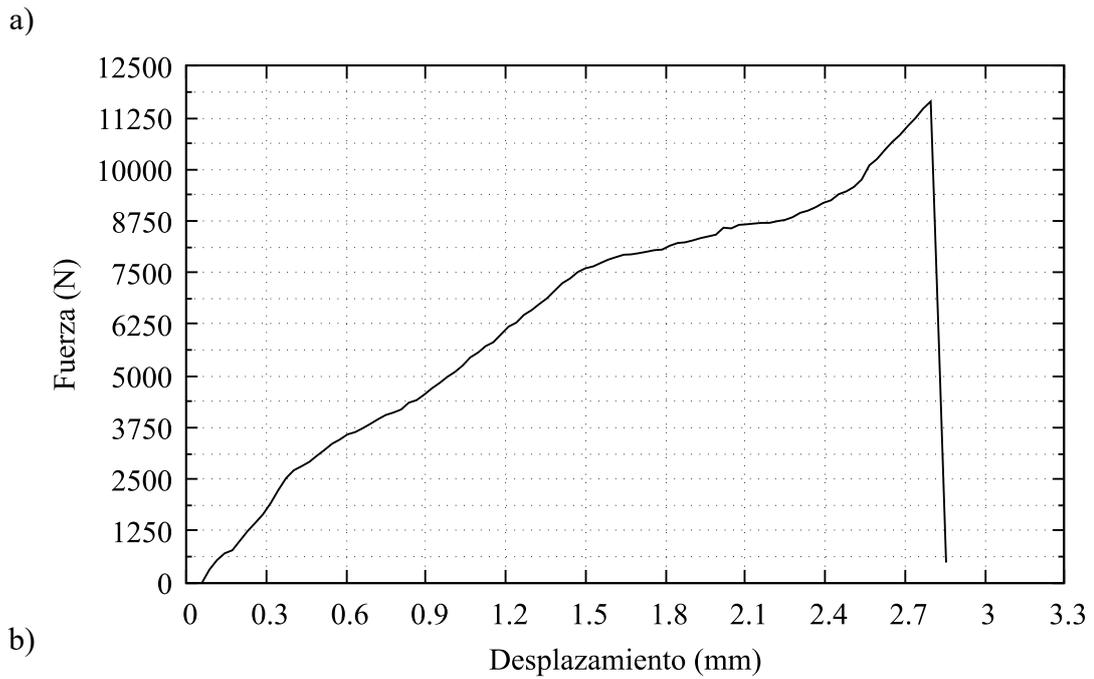
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
CARRERA DE MECÁNICA			
REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	29
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		
<b>MATERIAL</b>			
<b>Acero:</b>	ASTM A36		
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica		
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec		
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS		
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10		
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN		
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min		
<b>Tratamiento superficial:</b>	Sandblasting		
<b>Número de probeta:</b>	5		
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
<b>Ancho:</b>	25.62		
<b>Espesor metal:</b>	3.17		
<b>Espesor fibra:</b>	1.26		
<b>Longitud superpuesta:</b>	36.42		
<b>Espesor total:</b>	4.73		
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.3		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
<b>Fuerza máxima (N):</b>	10800		
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	11.57		
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva/Cohesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.		
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.29		



**Figura 3.29** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva/Coheivo de la probeta A36-FCU-SB-05

**Tabla 3.62** Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-06

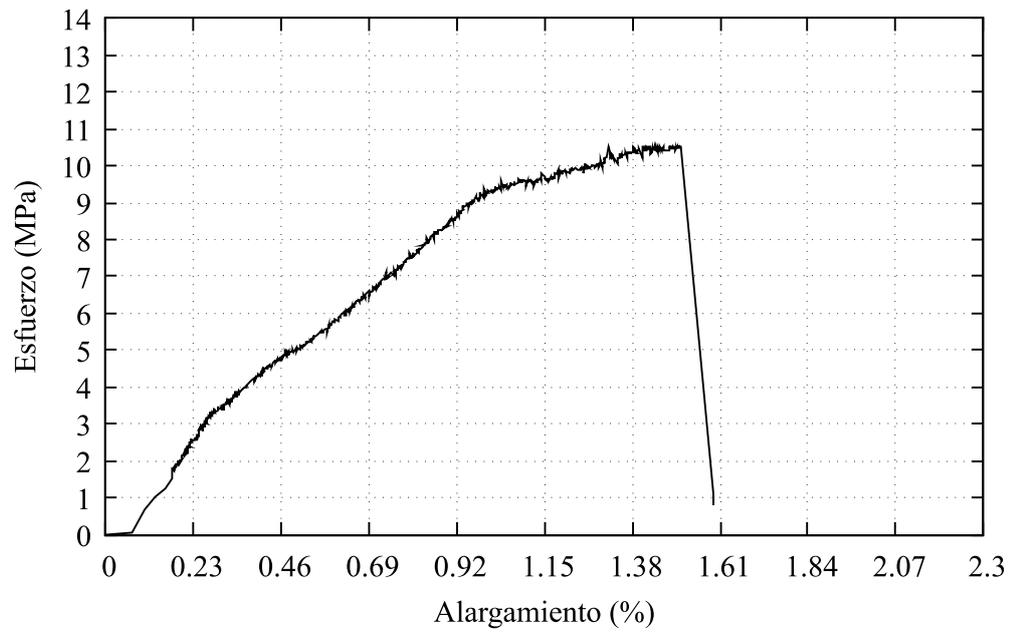
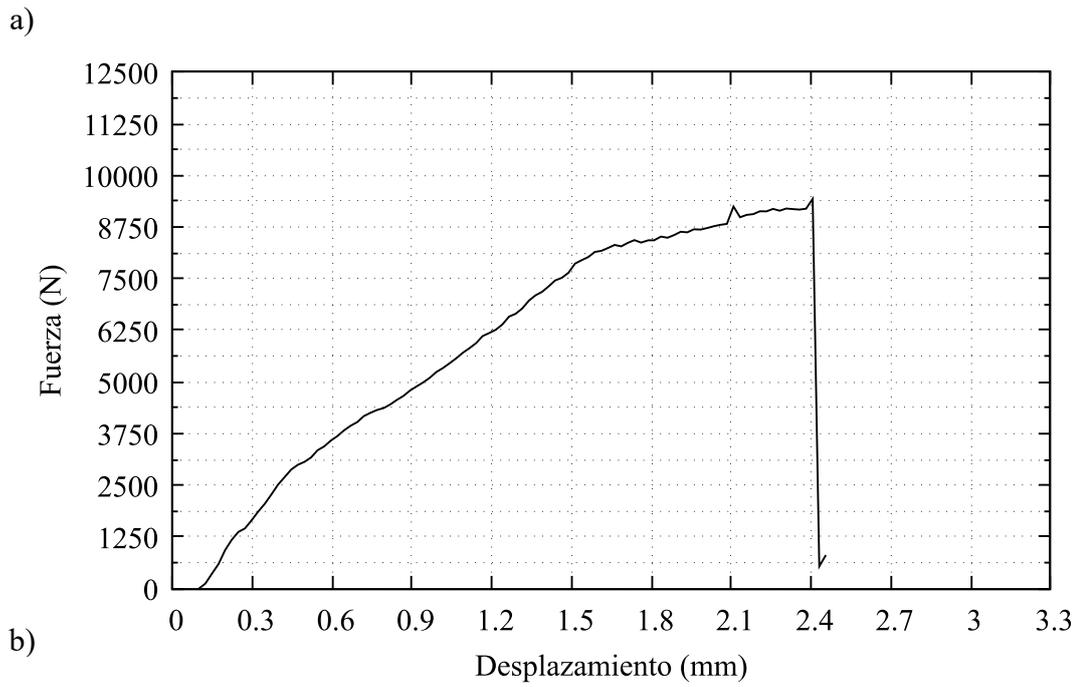
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	30
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022		
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico		
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación		
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.		
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.		
<b>MATERIAL</b>			
<b>Acero:</b>	ASTM A36		
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica		
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec		
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS		
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>			
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10		
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN		
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min		
<b>Tratamiento superficial:</b>	Sandblasting		
<b>Número de probeta:</b>	6		
<b>DIMENSIONES (mm)</b>			
<b>Ancho:</b>	25.54		
<b>Espesor metal:</b>	3.18		
<b>Espesor fibra:</b>	1.25		
<b>Longitud superpuesta:</b>	35.83		
<b>Espesor total:</b>	4.76		
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.33		
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>			
<b>Fuerza máxima (N):</b>	11700		
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	12.79		
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.		
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.30		



**Figura 3.30** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-SB-06

Tabla 3.63 Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-07

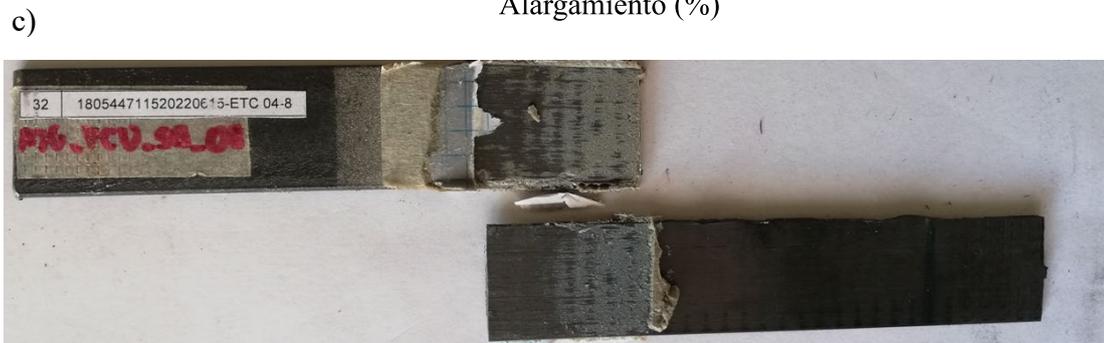
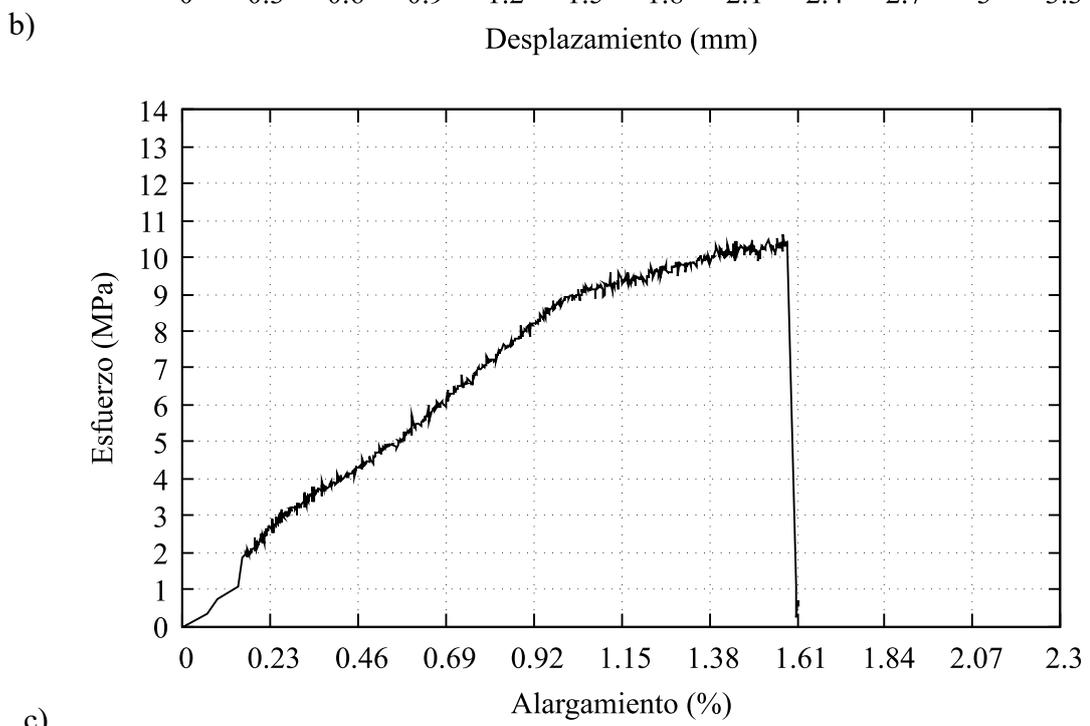
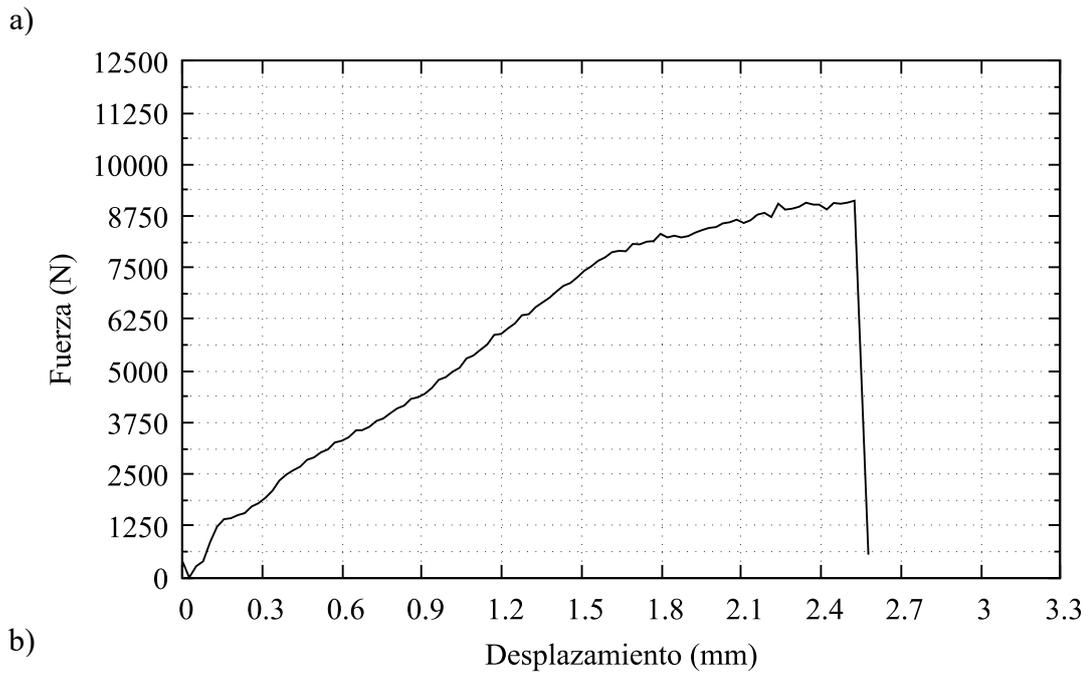
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	31		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Sandblasting				
<b>Número de probeta:</b>	7				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	25.59				
<b>Espesor metal:</b>	3.18				
<b>Espesor fibra:</b>	1.26				
<b>Longitud superpuesta:</b>	34.37				
<b>Espesor total:</b>	4.71				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.27				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	9250				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	10.52				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva/Cohesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.31				



**Figura 3.31** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva/Cohe­sivo de la probeta A36-FCU-SB-07

**Tabla 3.64** Reporte de Ensayo A36-FCU-SB-08

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA REPORTE DE ENSAYO ASTM D1002			
		<b>DATOS INFORMATIVOS</b>			
<b>Tipo de ensayo:</b>	Cuantitativo	<b>N°</b>	32		
<b>Fecha de ejecución:</b>	21/6/2022				
<b>Lugar de estudio:</b>	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico				
<b>Motivo:</b>	Trabajo de titulación				
<b>Elaborado por:</b>	Ing. Fernando Tibán R.				
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Luis Mayorga Meng.				
<b>MATERIAL</b>					
<b>Acero:</b>	ASTM A36				
<b>Refuerzo:</b>	Resina Epóxica				
<b>Fibra de Carbono:</b>	Unidireccional				
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Máquina:</b>	Máquina de Ensayos Universal Metrotec				
<b>Modelo:</b>	STH-1500/CS				
<b>CARATERÍSTICAS DEL ENSAYO</b>					
<b>Método de ensayo:</b>	ASTM D1002-10				
<b>Capacidad:</b>	0 kN a 1500 kN				
<b>Velocidad de aplicación:</b>	1.3 mm/min				
<b>Tratamiento superficial:</b>	Sandblasting				
<b>Número de probeta:</b>	8				
<b>DIMENSIONES (mm)</b>					
<b>Ancho:</b>	25.58				
<b>Espesor metal:</b>	3.18				
<b>Espesor fibra:</b>	1.26				
<b>Longitud superpuesta:</b>	35.52				
<b>Espesor total:</b>	4.82				
<b>Espesor de capa adhesiva:</b>	0.38				
<b>RESULTADOS DEL ENSAYO</b>					
<b>Fuerza máxima (N):</b>	9400				
<b>E. Max. de corte (Mpa):</b>	10.65				
<b>Tipo de falla evaluada:</b>	Adhesiva, según lo descrito en los tipos de fallo de Shigley.				
<b>Gráfico:</b>	Ver Figura 3.32				



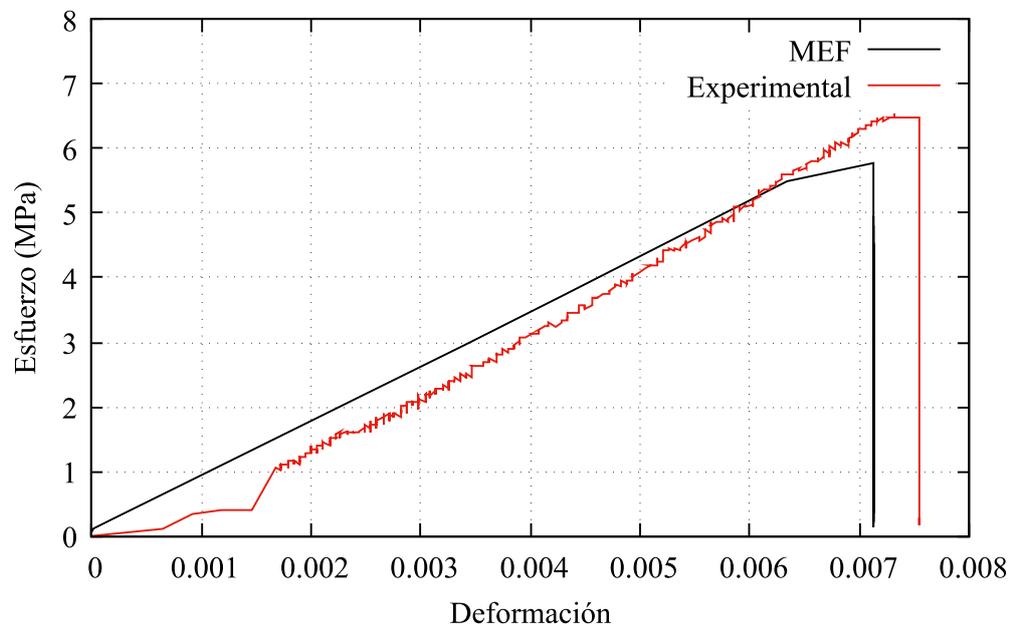
**Figura 3.32** a) Gráfica Fuerza vs Desplazamiento, b) Gráfica Esfuerzo vs Alargamiento, c) Tipo de Falla Adhesiva de la probeta A36-FCU-SB-08

### 3.1.3 Resultados de elementos finitos.

El modelo por elementos finitos se trata de un caso ideal en el que no se ven involucradas variables reales, como lo es la rugosidad de la superficie ya que esta no puede ser ingresada dentro de los parámetros que pueden alterar los resultados del análisis. Sin embargo, gracias a los resultados obtenidos experimentalmente del ensayo realizado, se puede conocer cómo se comportará la resina en relación con el tipo de tratamiento superficial que se ha realizado a cada probeta, así, podemos obtener el dato de esfuerzo máximo que soportará la resina en su momento de falla.

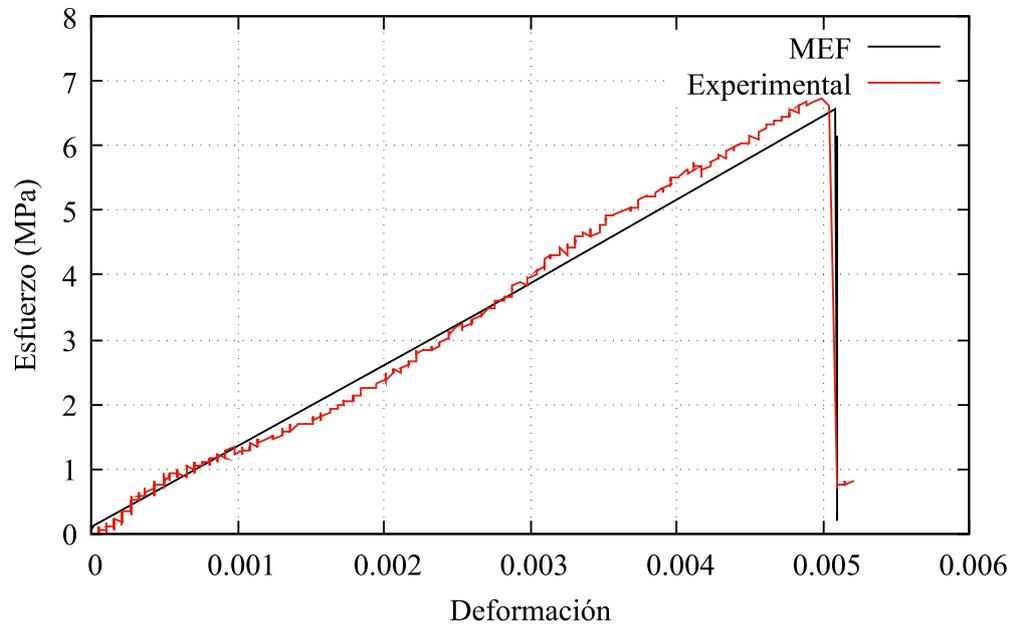
En base a esto, para la simulación por elementos finitos se ingresaron los datos de acuerdo con el informe de resultados experimentales del ensayo. Este modelo se realiza para observar de manera computarizada lo que ocurre durante el ensayo ASTM D1002. No se usará para contrastar resultados, ya que los obtenidos durante la simulación representan solamente los casos de esta investigación.

En la Figura 3.33 se puede apreciar los resultados del análisis en elementos finitos y los resultados del ensayo realizado de la limpieza manual.



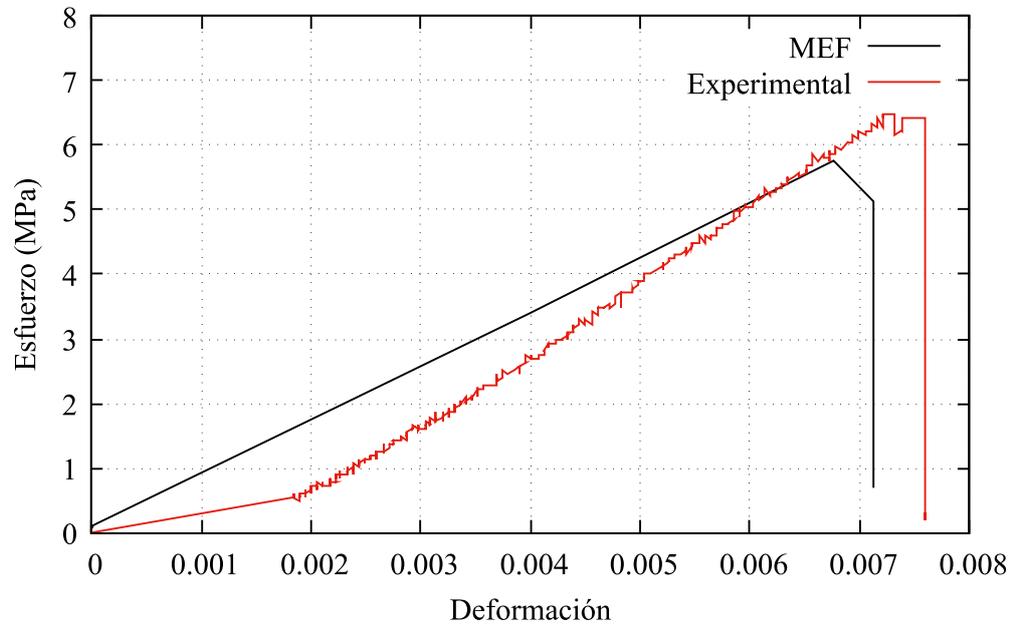
**Figura 3.33** Gráfica de Esfuerzo vs Deformación, limpieza manual.

En la Figura 3.34 se puede apreciar los resultados del análisis en elementos finitos y los resultados del ensayo realizado de la limpieza con disco de desbaste.



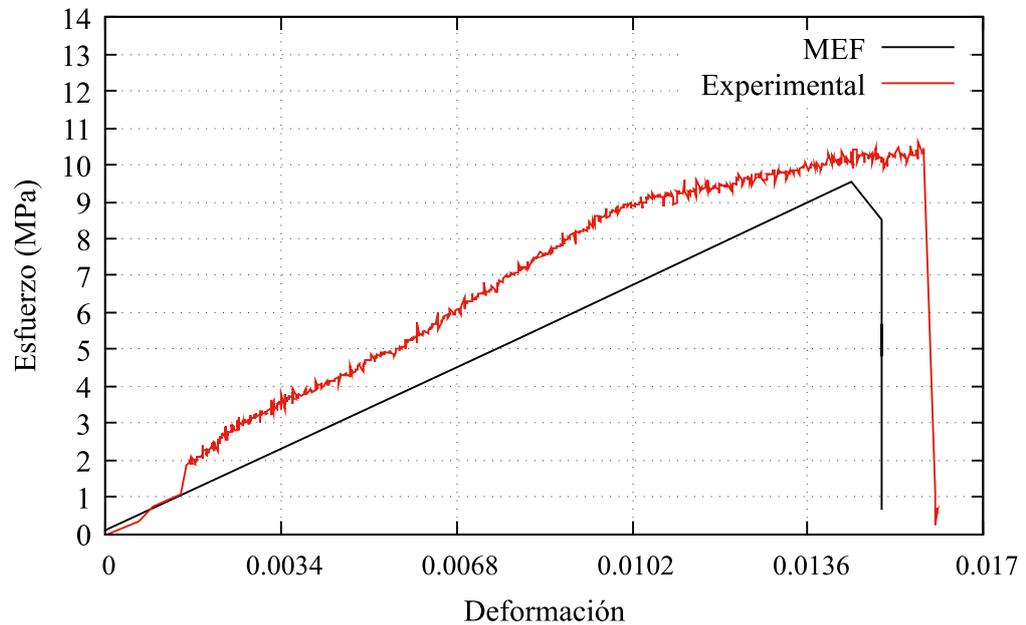
**Figura 3.34** Gráfica de Esfuerzo vs Deformación, limpieza disco de desbaste.

En la gráfica 3.35 se puede apreciar los resultados del análisis en elementos finitos y los resultados del ensayo realizado de la limpieza con disco de lijas.



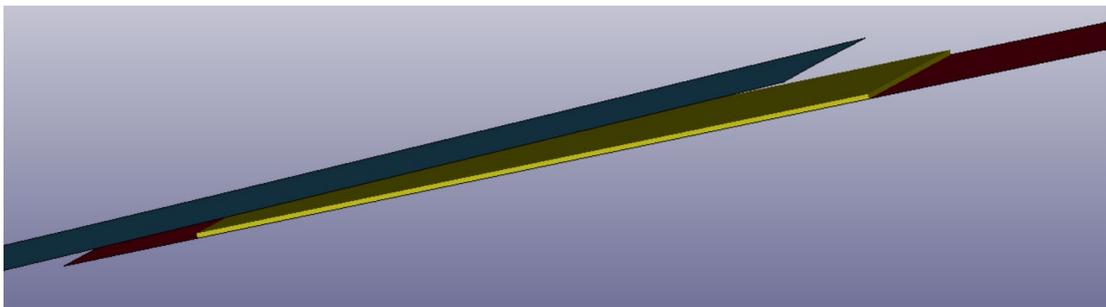
**Figura 3.35** Gráfica de Esfuerzo vs Deformación, limpieza disco de lijas

En la Figura 3.36 se puede apreciar los resultados del análisis en elementos finitos y los resultados del ensayo realizado de la limpieza con chorro abrasivo (Sandblasting).



**Figura 3.36** Gráfica de Esfuerzo vs Deformación, Sandblasting

El programa pudo simular de manera satisfactoria el tipo de falla adhesiva como se muestra en la Figura 3.37, el cual se presenta en la mayoría de los resultados del ensayo experimental.



**Figura 3.37** Falla Adhesiva simulada

### 3.1.4 Interpretación de Resultados.

Los resultados obtenidos del ensayo realizado se analizaron mediante dos parámetros estadísticos los cuales son la media aritmética (promedio) y la desviación estándar, como se muestra en la Tabla 3.65, en donde se demuestra que el mejor método de limpieza superficial es el Sandblasting, esto se puede evidenciar en la Figura 3.39 donde previamente se obtuvieron los datos promedios de todos los tipos de limpieza

superficial como se muestra en la Tabla 3.66 para graficar los tipos de rugosidades obtenidas y el valor máximo de esfuerzo cortante el cual incrementa conforme la rugosidad sea más alta.

**Tabla 3.65** Interpretación de los resultados obtenidos del ensayo a tracción.

Probeta	Rugosidad Promedio (µm)	Diferencia	Fuerza Máxima (N)	Diferencia	E. Max. de corte (Mpa)	Diferencia	Aceptación o rechazo
A36 FCU LM 01	2,37	1,47	7100	561	8,26	0,87	5,00
A36 FCU LM 02	2,18	1,67	5900	639	6,52	0,87	3,00
A36 FCU LM 03	1,80	2,05	7300	761	8,31	0,92	5,00
A36 FCU LM 04	1,79	2,05	6600	61	7,49	0,10	5,00
A36 FCU LM 05	2,30	1,55	5850	689	6,54	0,85	3,00
A36 FCU LM 06	2,24	1,61	8550	2011	9,22	1,83	5,00
A36 FCU LM 07	1,99	1,86	5500	1039	6,27	1,12	3,00
A36 FCU LM 08	1,96	1,88	3750	2789	4,31	3,08	3,00
A36 FCU LDD 01	1,73	2,12	7500	961	8,23	0,84	5,00
A36 FCU LDD 02	1,82	2,03	5550	989	6,10	1,29	3,00
A36 FCU LDD 03	1,16	2,69	5700	839	6,33	1,06	3,00
A36 FCU LDD 04	2,06	1,79	1350	5189	1,54	5,85	3,00
A36 FCU LDD 05	1,46	2,39	5850	689	6,74	0,65	3,00
A36 FCU LDD 06	1,63	2,22	4200	2339	4,70	2,69	3,00
A36 FCU LDD 07	1,90	1,95	6050	489	6,85	0,54	3,00
A36 FCU LDD 08	2,43	1,41	7200	661	8,20	0,81	5,00
A36 FCU LDL 01	0,89	2,95	2850	3689	3,22	4,17	3,00
A36 FCU LDL 02	0,88	2,97	3150	3389	3,48	3,91	3,00
A36 FCU LDL 03	0,70	3,15	4300	2239	4,89	2,50	3,00
A36 FCU LDL 04	0,75	3,10	3650	2889	4,17	3,22	3,00
A36 FCU LDL 05	0,89	2,96	7950	1411	9,24	1,85	5,00
A36 FCU LDL 06	0,56	3,28	6750	211	7,73	0,34	5,00
A36 FCU LDL 07	0,77	3,07	6050	489	7,49	0,10	4,00
A36 FCU LDL 08	0,57	3,28	5400	1139	6,47	0,92	3,00
A36 FCU SB 01	11,20	7,35	8450	1911	10,03	2,64	7,33
A36 FCU SB 02	10,23	6,38	7850	1311	8,68	1,29	7,33
A36 FCU SB 03	12,85	9,00	8650	2111	9,58	2,19	7,33
A36 FCU SB 04	11,33	7,48	9100	2561	10,35	2,96	7,33
A36 FCU SB 05	9,43	5,58	10800	4261	11,57	4,18	7,33
A36 FCU SB 06	10,10	6,25	11700	5161	12,79	5,40	7,33
A36 FCU SB 07	10,72	6,87	9250	2711	10,52	3,13	7,33
A36 FCU SB 08	10,44	6,59	9400	2861	10,65	3,26	7,33
Promedio	3,85		6539		7,39		
Desviacion estandar	4,14		2338,83		2,58		
Color Rojo (valor 3)	Resultado no aceptable, bajo la desviación estandar (95% de confianza)						
Color Amarillo (valor 6)	Resultado medianamente aceptable, bajo la desviación estándar						
Color Verder (valor 10)	Resultado aceptable, igual o mayor que la desviacion estandar						

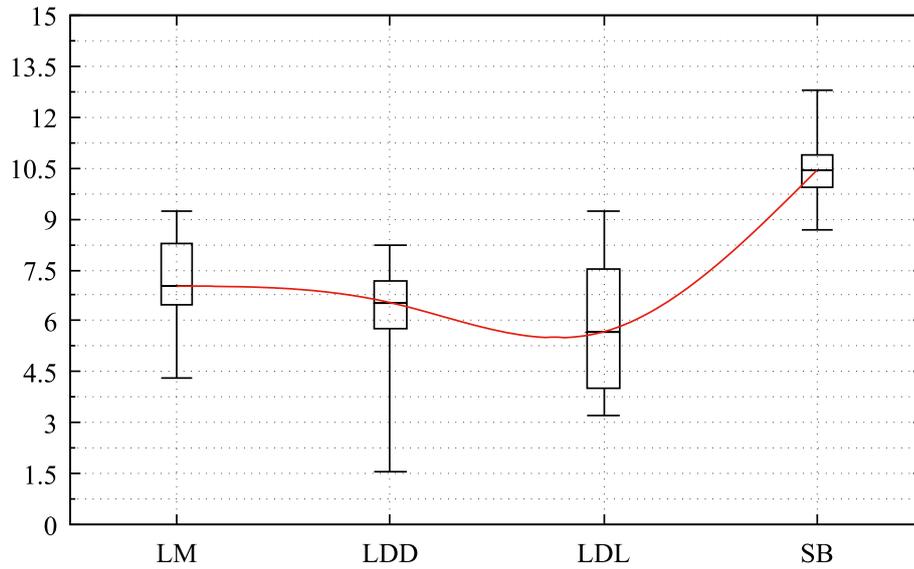
**Tabla 3.66** Promedio de los datos de las probetas.

Probeta	Rugosidad Promedio ( $\mu\text{m}$ )	Fuerza Máxima (N)	E. Max. de corte (Mpa)
A36 FCU LM 01	2,37	7100	8,26
A36 FCU LM 02	2,18	5900	6,52
A36 FCU LM 03	1,80	7300	8,31
A36 FCU LM 04	1,79	6600	7,49
A36 FCU LM 05	2,30	5850	6,54
A36 FCU LM 06	2,24	8550	9,22
A36 FCU LM 07	1,99	5500	6,27
A36 FCU LM 08	1,96	3750	4,31
Promedio	2,08	6319	7,12
Probeta	Rugosidad Promedio ( $\mu\text{m}$ )	Fuerza Máxima (N)	E. Max. de corte (Mpa)
A36 FCU LDD 01	1,73	7500	8,23
A36 FCU LDD 02	1,82	5550	6,10
A36 FCU LDD 03	1,16	5700	6,33
A36 FCU LDD 04	2,06	1350	1,54
A36 FCU LDD 05	1,46	5850	6,74
A36 FCU LDD 06	1,63	4200	4,70
A36 FCU LDD 07	1,90	6050	6,85
A36 FCU LDD 08	2,43	7200	8,20
Promedio	1,77	5425	6,09
Probeta	Rugosidad Promedio ( $\mu\text{m}$ )	Fuerza Máxima (N)	E. Max. de corte (Mpa)
A36 FCU LDL 01	0,89	2850	3,22
A36 FCU LDL 02	0,88	3150	3,48
A36 FCU LDL 03	0,70	4300	4,89
A36 FCU LDL 04	0,75	3650	4,17
A36 FCU LDL 05	0,89	7950	9,24
A36 FCU LDL 06	0,56	6750	7,73
A36 FCU LDL 07	0,77	6050	7,49
A36 FCU LDL 08	0,57	5400	6,47
Promedio	0,75	5013	5,84
Probeta	Rugosidad Promedio ( $\mu\text{m}$ )	Fuerza Máxima (N)	E. Max. de corte (Mpa)
A36 FCU SB 01	11,20	8450	10,03
A36 FCU SB 02	10,23	7850	8,68
A36 FCU SB 03	12,85	8650	9,58
A36 FCU SB 04	11,33	9100	10,35
A36 FCU SB 05	9,43	10800	11,57
A36 FCU SB 06	10,10	11700	12,79
A36 FCU SB 07	10,72	9250	10,52
A36 FCU SB 08	10,44	9400	10,65
Promedio	10,79	9400	10,52

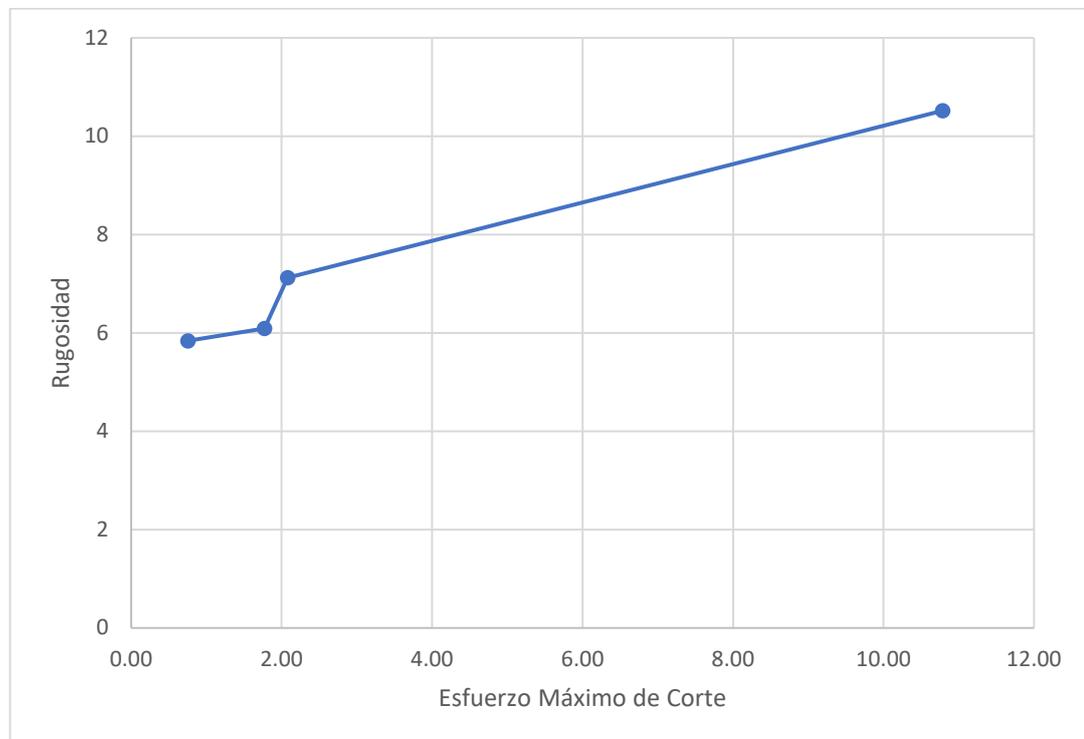
Con los datos promedios obtenidos se procede a un ordenamiento de datos de menor a mayor como se puede observar en la Tabla 3.67, ya con estos datos se realiza un análisis de caja y bigote como se muestra en la Figura 3.38, con la contrastación de los tipos de limpieza superficial, además se puede apreciar que los datos son variables al no ser procesos controlables en su totalidad, a diferencia del proceso de Sandblasting que es un proceso industrial, con parámetros definidos.

**Tabla 3.67** Datos promedio organizados de menor a mayor de las probetas.

T. Limpieza	Rugosidad	Fuerza	E.Max.de Corte
Lija	0,75	5013	5,84
Desbaste	1,77	5425	6,09
Manual	2,08	6319	7,12
Sandblasting	10,79	9400	10,52



**Figura 3.38** Esfuerzo máximo de Corte vs Tipo de Limpieza.



**Figura 3.39** Gráfica Rugosidad vs Esfuerzo Máximo de Corte

### **3.2 Verificación de la hipótesis**

Finalizado el proceso de investigación, se procede con la validación de la hipótesis planteada en forma comparativa y estadística como se muestra en el punto 3.14 del presente trabajo, en dicho punto se analizan los datos mediante el método de ponderación y evaluación de la gráfica que contiene todos los tipos de limpieza demostrando que a medida la rugosidad incrementa la resistencia al esfuerzo cortante aumenta. El mejor método de limpieza que se obtuvo mediante esta investigación es el correspondiente al Sandblasting.

## CAPITULO IV

### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Se concluye que para comparar los resultados del ensayo se deben realizar distintos tipos de tratamiento superficial del acero, por esta razón en esta investigación se realizaron cuatro métodos siendo estos la limpieza manual, limpieza con disco de desbaste, limpieza con disco de lijas y Sandblasting, siendo los tres primeros de estos de fácil accesibilidad y traslado del equipamiento, no así el cuarto con una elevada dificultad de acceso y trasladado.
- Se concluye mediante la realización del ensayo experimental de las juntas traslapadas simples que la rugosidad es directamente proporcional al esfuerzo máximo de corte que soporta, como se pudo observar en el proceso de limpieza con disco de lija con el valor más bajo de rugosidad promedio de  $0.75\mu\text{m}$  y un esfuerzo máximo de corte de 5.84 MPa a diferencia de la limpieza con Sandblasting que obtuvo el valor más alto de rugosidad promedio de  $10.79\mu\text{m}$  y un esfuerzo máximo de corte de 10.72 MPa
- Los tratamientos de limpieza manual, con disco de desbaste y disco de lijas son métodos de tratamiento superficial poco controlables y con riesgo de falla al momento de realizar el ensayo tal como se evidencia con desde la probeta A36-FCU-LDD-01 hasta la probeta A36-FCU-LDD-03 que no presentamos resultados aceptables al separarse instantáneamente y además los resultados del ensayo no presentan homogeneidad entre las probetas correspondientes entre cada método.
- La limpieza superficial Sandblasting es la que mejor resultados presenta frente a los otros tipos de limpieza utilizados en esta investigación, siendo que en este proceso la falla adhesiva se da en la fibra de carbono, mientras que en los otros

métodos la falla se produce en el acero, demostrando la gran adherencia que la resina y el metal tienen con este tipo de limpieza.

- Se desarrolló un modelo por elementos finitos del ensayo ASTM D1002, sin embargo, este es solamente demostrativo debido a que para replicar el ensayo en su totalidad es necesario introducir las condiciones de rugosidad (imperfecciones), y al ser un modelo ideal este no las admite por lo tanto esta simulación no arroja resultados que sean de utilidad para compararlos con los obtenidos experimentalmente.
- Los tipos de Fallos producidos en más del 90% de los ensayos fueron Adhesivos, sin embargo dependiendo de la rugosidad que posea el acero el fallo se produce en la fibra de carbono, como se evidencio en el proceso de Sandblasting, en el cual el fallo adhesivo se produjo en la fibra de carbono a diferencia del resto de tipos de tratamientos superficiales, en donde el fallo se produjo en el acero.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Se recomienda investigar procesos alternativos al Sandblasting, para alcanzar o mejorar los resultados obtenidos de resistencia al esfuerzo cortante con este método, debido a su dificultad de acceso y costo.
- Se recomiendan utilizar métodos más homogéneos y estables como el Sandblasting para que los resultados no varíen unos con otros en el mismo tratamiento superficial y de esta manera puedan replicar los resultados en otros experimentos con mayor precisión.
- Se recomienda que para realizar el ensayo a tracción se cuente con el equipo y materiales adecuados durante todo el proceso, debido a que este es normalizado por la norma ASTM D1002.
- Se recomienda realizar una investigación centrada en el método por elementos finitos de este ensayo debido a que este análisis es profundo y detallado, se pueden utilizar los datos experimentales obtenidos en esta investigación para su comparación.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sika, “Reforzamiento de estructuras de concreto,” 2017. <https://col.sika.com/dms/getdocument.get/c5fbb55d-9240-3b09-9eee-edf695806345/Reforzamiento%20Estructuras%202017.pdf> (accessed Mar. 24, 2022).
- [2] A. M. Mahmoud, “Finite element modeling of steel concrete beam considering double composite action,” *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 73–88, Mar. 2016, doi: 10.1016/J.ASEJ.2015.03.012.
- [3] F. Peña and J. Yunapanata, “Propuesta de reforzamiento de vigas de alma llena de puentes metálicos con fibra de carbono y resina epóxica,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [4] M. Moncayo Theurer, J. Rodriguez, Alcivar, López, Soriano, and Villacis, “Las fibras de carbono como una alternativa para reforzamiento de estructuras,” Mérida, México, pp. 57–62, 2016. Accessed: Apr. 20, 2022. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750927006>
- [5] Y. Davydenko, O. Horb, and Y. Avramenko, “Adhesive-Bonded Joint Influence on Deflection of Composite Steel and Concrete Beams with Strengthening by External Steel Reinforcement,” *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, no. 2, pp. 349–353, 2018, [Online]. Available: [www.sciencepubco.com/index.php/IJET](http://www.sciencepubco.com/index.php/IJET)
- [6] S. Selvaraj and M. Madhavan, “Retrofitting of steel beams using low-modulus carbon fiber reinforced polymer laminates,” *J Constr Steel Res*, vol. 167, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.jcsr.2019.105825.
- [7] A. Uthaman, G. Xian, S. Thomas, Y. Wang, Q. Zheng, and X. Liu, “Durability of an epoxy resin and its carbon fiber-reinforced polymer composite upon immersion in water, acidic, and alkaline solutions,” *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 3, Mar. 2020, doi: 10.3390/polym12030614.

- [8] A. H. Daei-Sorkhabi and S. F. Hosseinzadeh-Nodehi, “Numerical study of the effect of carbon fiber/epoxy resin adhesive thickness on the creep behaviour of carbon steel plate joints,” *J Adhes Sci Technol*, vol. 33, no. 16, pp. 1790–1805, Aug. 2019, doi: 10.1080/01694243.2019.1613946.
- [9] P. Galvez, A. Quesada, M. A. Martinez, J. Abenojar, M. J. L. Boada, and V. Diaz, “Study of the behaviour of adhesive joints of steel with CFRP for its application in bus structures,” *Compos B Eng*, vol. 129, pp. 41–46, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.compositesb.2017.07.018.
- [10] K. Shirvanimoghaddam *et al.*, “Carbon fiber reinforced metal matrix composites: Fabrication processes and properties,” *Compos Part A Appl Sci Manuf*, vol. 92, pp. 70–96, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.compositesa.2016.10.032.
- [11] F. J. Rescalvo, R. Duriot, G. Pot, A. Gallego, and L. Denaud, “Enhancement of bending properties of Douglas-fir and poplar laminate veneer lumber (LVL) beams with carbon and basalt fibers reinforcement,” *Constr Build Mater*, vol. 263, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120185.
- [12] A. N. Gastelum, M. Siqueiros Hernández, B. Gonzalez, Y. Vega, and I. M. Muñoz, “Comparative analysis of the mechanical properties of a composite material reinforced with carbon fibers and the polymer matrix of epoxy resin,” *Revista Materia*, vol. 23, no. 2, 2018, doi: 10.1590/S1517-707620180002.0428.
- [13] A. Carvajal, L. M. Rios, G. F. Casanova, A. Leyton, and J. J. Gracia, “Fabricación y caracterización mecánica de un laminado de fibra de carbono en matriz de resina epoxi,” *Scientia Et Technica*, vol. 22, no. 3, pp. 262–267, Sep. 2017, Accessed: Jan. 25, 2022. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84954626005>
- [14] M. U. Sahin and M. Dawood, “Experimental Investigation of Bond between High-Modulus CFRP and Steel at Moderately Elevated Temperatures,” *Journal of Composites for Construction*, vol. 20, no. 6, p. 04016049, Dec. 2016, doi: 10.1061/(asce)cc.1943-5614.0000702.

- [15] A. S. D. Al-Ridha, A. F. Atshan, K. S. Mahmoud, and Q. K. Hameed, "Effect of strengthening of steel beams with variable length by using carbon fiber," *Journal of Engineering (United Kingdom)*, vol. 2019, 2019, doi: 10.1155/2019/1631692.
- [16] J. Shi, B. Jia, Y. Ren, X. Zhang, and J. Luo, "Study on the interface constitutive relation between carbon fiber fabric and steel," *Materials*, vol. 13, no. 15, 2020, doi: 10.3390/MA13153263.
- [17] K.-N. Antin, A. Laukkanen, T. Andersson, D. Smyl, and P. Vilaça, "A Multiscale Modelling Approach for Estimating the Effect of Defects in Unidirectional Carbon Fiber Reinforced Polymer Composites," *Materials*, vol. 12, no. 12, p. 1885, Jun. 2019, doi: 10.3390/ma12121885.
- [18] A. M. Mahmoud, "Finite element modeling of steel concrete beam considering double composite action," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 73–88, Mar. 2016, doi: 10.1016/J.ASEJ.2015.03.012.
- [19] A. H. Al-Zuhairi, A. Mansi, A. H. A. Al-Zuhairi, and A. I. Mansi, "Behavior of Composite Concrete-Castellated Steel Beams in Flexure Behavior and Analysis of Piled Raft Foundation View project Concrete Mix Design View project Behavior of Composite Concrete-Castellated Steel Beams in Flexure," 2017, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/318307768>
- [20] A. Sakbana and M. Mashreib, "Finite Element Analysis of CFRP-Reinforced Concrete Beams Análisis de elementos finitos de Vigas de Hormigón Armado CFRP," *Ingeniería de Construcción RIC*, vol. 35, 2020, [Online]. Available: [www.ricuc.cl](http://www.ricuc.cl)
- [21] M. A. Estrada Santos and J. Yoplac Carhuatanta, "Evaluación técnica y económica de reforzamiento estructural en vigas de concreto armado con fibras de carbono en el edificio multifamiliar Huaraz Breña," Universidad Ricardo Palma, Lima, 2019.

- [22] G. C. Vivanco Alfaro, “Evaluación y reforzamiento estructural del centro médico municipal mediante el método de encamisado, Distrito de Huancayo-2016,” Grado, Universidad Peruana de los Andes, Huancayo, 2018.
- [23] A. A. Flores Carvajal and E. E. Gaibor del Rosario, “Refuerzo estructural con disipadores de energía y refuerzo estructural tradicional aplicado a un edificio habitacional de 5 pisos en la ciudad de guayaquil,” Grado, Universidad de Guayaquil , Guayaquil, 2021.
- [24] J. D. Villafuerte Olazabal and A. P. Arellano Herrera, “Estudio y diseño de sistemas de reforzamiento estructural en concreto armado,” Grado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2021.
- [25] A. Rosell Sáenz de Villaverde *et al.*, “La fibra de carbono: Más allá del refuerzo estructural,” 2021.
- [26] M. A. Pérez, *Aplicaciones avanzadas de los materiales compuestos en la obra civil y la edificación*. 2014. Accessed: Mar. 17, 2022. [Online]. Available: [https://books.google.com.ec/books?id=D-TXAwAAQBAJ&pg=PA52&dq=fibra+de+carbono+unidireccional&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj37Z2QqM\\_2AhXSTDABHbVdB7IQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=fibra de carbono unidireccional&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=D-TXAwAAQBAJ&pg=PA52&dq=fibra+de+carbono+unidireccional&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj37Z2QqM_2AhXSTDABHbVdB7IQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=fibra%20de%20carbono%20unidireccional&f=false)
- [27] D. Hull, *Materiales Compuestos*, vol. 1. Barcelona: Editorial Reverté, 1987. Accessed: Mar. 03, 2022. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/ereader/uta/205219?page=13>
- [28] Naval Composites, “Conceptos de los Materiales Compuestos,” *Naval Composites*, 2016. <https://www.navalcomposites.com/materiales-compuestos> (accessed Mar. 03, 2022).
- [29] S. S. Pacha Guashco, “Caracterización mecánica y numérica del material híbrido de matriz epoxi reforzada con tejido plano de fibra vegetal (algodón) y fibra natural (fibra de cabuya),” Universidad Técnica de Ambato, Ambato,

2016. Accessed: Mar. 03, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25128/1/Tesis%20I.%20M.%20367%20-%20Pacha%20Guashco%20Segundo%20Santiago.pdf>
- [30] E. Larrodé *et al.*, *Materiales Compuestos Tomo I*, vol. Vol. I. 2012.
- [31] S. Kalpakjian and S. R. Schmid, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson Education, 2002. Accessed: Mar. 10, 2022. [Online]. Available: [https://books.google.com.ec/books?id=gilYI9\\_KKAoC&pg=PA224&dq=tipos+de+fibras+ingenieria&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwix\\_aT4hL32AhUBQjABHVJID88Q6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=tipos de fibras ingenieria&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=gilYI9_KKAoC&pg=PA224&dq=tipos+de+fibras+ingenieria&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwix_aT4hL32AhUBQjABHVJID88Q6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=tipos+de+fibras+ingenieria&f=true)
- [32] A. Pearson *et al.*, “Fiber-matrix adhesion between high-density polyethylene and carbon fiber,” *Polym Test*, vol. 105, p. 107423, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.POLYMERTESTING.2021.107423.
- [33] Various, “Manual SERMEF de rehabilitacion y medicina fisica / SERMEF Manual of Physical and Rehabilitation Medicine,” *Ed. Médica Panamericana*, 2008.  
[https://books.google.com.ec/books?id=RAabGs4siI4C&pg=PA204&dq=fibra+de+carbono+unidireccional&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj37Z2QqM\\_2AhXSTDABHbVdB7IQ6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=fibra%20de%20carbono%20unidireccional&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=RAabGs4siI4C&pg=PA204&dq=fibra+de+carbono+unidireccional&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj37Z2QqM_2AhXSTDABHbVdB7IQ6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=fibra%20de%20carbono%20unidireccional&f=true)  
(accessed Mar. 17, 2022).
- [34] A. G. Arias Arias and E. L. López Uriarte, “Análisis comparativo de muros de mampostería reforzada con y sin fibra de carbono,” Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Construcción, Cartago, 2018.
- [35] A. Kumar Sharma, R. Bhandari, C. Sharma, S. Krishna Dhakad, and C. Pinca-Bretotean, “Polymer matrix composites: A state of art review,” *Mater Today Proc*, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.MATPR.2021.12.592.

- [36] F. Liesa, L. Bilurbina Alter, and L. Bilurbina, *Adhesivos Industriales*, vol. 39. 1990. Accessed: Mar. 03, 2022. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=Dz6iVjqF80wC&pg=PA73&dq=adhesivos+estructurales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi9h-qt3Kv2AhWRRjABHddzAIQQ6AF6BAgLEAI#v=onepage&q=adhesivos%20estructurales&f=false>
- [37] J. V. Cortijo and B. R. Pérez Andrés, *Elementos fijos*. 2021. Accessed: Mar. 10, 2022. [Online]. Available: [https://books.google.com.ec/books?id=\\_A0tEAAAQBAJ&pg=PA57&dq=tipo+de+uniones&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjN4\\_OCib72AhXJQjABHe2rDHcQ6AF6BAgFEAI#v=onepage&q=tipo%20de%20uniones&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=_A0tEAAAQBAJ&pg=PA57&dq=tipo+de+uniones&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjN4_OCib72AhXJQjABHe2rDHcQ6AF6BAgFEAI#v=onepage&q=tipo%20de%20uniones&f=true)
- [38] A. Casado, J. L. García Jiménez, T. Gómez Morales, and J. Martín Navarro, *Elementos amovibles fijos y no estructurales 2ª ed.* 2010. Accessed: Mar. 03, 2022. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=AbJ4JDcUqpMC&pg=PA487&dq=adhesivos+estructurales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi9h-qt3Kv2AhWRRjABHddzAIQQ6AF6BAgDEAI#v=onepage&q=adhesivos%20estructurales&f=false>
- [39] L. Addleson, *Materiales para la construcción*, vol. 1. 1983. Accessed: Mar. 03, 2022. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=gPsElo-1DIMC&pg=PA76&dq=adhesivos+estructurales&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi9h-qt3Kv2AhWRRjABHddzAIQQ6AF6BAgCEAI#v=onepage&q=adhesivos%20estructurales&f=false>
- [40] R. G. Budynas and J. K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, vol. Decima Edición.

- [41] Salazar Montes Esteban, “Evaluación estructural de uniones adhesivas permanentes en materiales compuestos de matriz polimérica en aplicaciones marinas y aeroespaciales,” 2018.
- [42] D. Mitma Ramírez, G. E. Mera Paucar, and A. Vela Chamol, “Optimización del proceso de limpieza superficial metálica utilizando escoria de cobre. Método del chorro abrasivo,” Universidad Nacional del Callao, Callao, 2019.
- [43] H. F. Ing. Amancha Torres, “Análisis de recubrimientos anticorrosivos aplicados a los aceros Q235B y su incidencia en la tasa de corrosión, en el sistema de agua potable de la ciudad de riobamba provincia de chimborazo.,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [44] M. A. Gutiérrez Quispe and D. M. León Villanueva, “Influencia del Tipo de Preparación de Superficie y Tipo de Pintura Epóxica Anticorrosiva sobre su Durabilidad, aplicado en Acero ASTM A-36, expuesto a un Ambiente Salino Controlado,” Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo - Perú, 2021.
- [45] D. A. Beltrán Vela, “Evaluación de los factores que pueden afectar la apariencia de una superficie de concreto texturizada por medio de lavado abrasivo (sandblasting),” Universidad Nacional Colombia, Bogotá, Colombia, 2020.
- [46] M. P. Groover, *Fundamentos de Manufctura Mode.* 1997. Accessed: Mar. 03, 2022. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=tcV0137tUr0C&pg=PA97&dq=rugosidad+superficial&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiIzcCL2qz2AhUkszEKHU9ABdcQ6AF6BAgFEAI#v=onepage&q=rugosidad%20superficial&f=false>
- [47] Fiallos Zamora Luis Fabián, “Estudio de calidad superficial y desgaste de herramientas en el proceso de rectificado plano sobre hierro fundido,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.

- [48] “Rugosidad Superficial.” <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/10.pdf> (accessed May 15, 2022).
- [49] Gonzales Martínez José, “Estudio de la rugosidad de probetas fabricadas en FDM,” Universidad de Jaén Escuela Politécnica Superior, 2019.
- [50] “Metrología del acabado superficial.” Accessed: May 15, 2022. [Online]. Available: [https://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/745\\_ca.pdf](https://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/745_ca.pdf)
- [51] A. M. Alshoaibi and Y. Ali Fageehi, “3D modelling of fatigue crack growth and life predictions using ANSYS,” *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 13, no. 4, p. 101636, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.ASEJ.2021.11.005.
- [52] J. Peinado Seligrat, “Estimación numérica de propiedades mecánicas del material compuesto reforzado por partículas mediante elementos finitos,” Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2015.
- [53] R. S. Ing. Borja Robalino and P. S. Ing. Morocho Rojas, “Análisis estructural mediante el método de elementos finitos del chasis del vehículo formula SAE eléctrico de la Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca 2017,” Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2017. Accessed: Mar. 03, 2022. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15081/1/UPS-CT007439.pdf>
- [54] C. Navarro Ugena and J. L. Pérez Castellanos, “Introducción al método de los elementos finitos: aplicación a la mecánica de sólidos,” 2018. [https://ocw.uc3m.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/ingenieria-estructural/material-de-clase-1/apuntes/Capitulo\\_9.-Introduccion\\_al\\_metodo\\_de\\_los\\_elementos\\_finitos.pdf](https://ocw.uc3m.es/mecanica-de-medios-continuos-y-teoria-de-estructuras/ingenieria-estructural/material-de-clase-1/apuntes/Capitulo_9.-Introduccion_al_metodo_de_los_elementos_finitos.pdf) (accessed Mar. 27, 2022).

- [55] C. Ibáñez, “Elemento finito aplicado a la estática, una alternativa para el análisis de la ingeniería aplicada,” 2015, Accessed: Mar. 10, 2022. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.11777/917>
- [56] Sika, “Sika CarboDur - Sikadur 30,” 2014. <https://ecu.sika.com/> (accessed Apr. 13, 2022).
- [57] I. ASTM, “Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimens by Tension Loading (Metal-to-Metal),” 2019. <https://www.astm.org/d1002-10r19.html> (accessed Mar. 27, 2022).
- [58] J. Rodriguez, “Ensayo de adherencia por tracción (‘pull-off-test’),” *MassScience*, 2018. <https://www.massscience.com/2018/08/10/ensayo-de-adherencia-por-traccion-pull-off-test/>
- [59] “Metodos de corte para fibra de carbono,” 2022. <https://es.wikihow.com/cortar-fibra-de-carbono> (accessed May 11, 2022).

# **Anexos**



# Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimens by Tension Loading (Metal-to-Metal)<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 1002; 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.*

## INTRODUCTION

The accuracy of the results of strength tests of adhesive bonds will depend on the conditions under which the bonding process is carried out. Unless otherwise agreed upon by the manufacturer and the purchaser, the bonding conditions shall be prescribed by the manufacturer of the adhesive. In order to ensure that complete information is available to the individual conducting the tests, the manufacturer of the adhesive shall furnish numerical values and other specific information for each of the following variables:

(1) Procedure for preparation of surfaces prior to application of the adhesive, the cleaning and drying of metal surfaces, and special surface treatments such as sanding that are not specifically limited by the pertinent test method.

(2) Complete mixing directions for the adhesive.

(3) Conditions for application of the adhesive, including the rate of spread or thickness of film, number of coats to be applied, whether to be applied to one or both surfaces, and the conditions of drying where more than one coat is required.

(4) Assembly conditions before application of pressure, including the room temperature, relative humidity, length of time, and whether open or closed assembly is to be used.

(5) Curing conditions, including the amount of pressure to be applied, the length of time under pressure, method of applying pressure (pressure bag, press platens, etc.), heat-up rate, and the temperature of the assembly when under pressure. It should be stated whether this temperature is that of the bondline or of the atmosphere at which the assembly is to be maintained.

(6) Conditioning procedure before testing, unless a standard procedure is specified, including the length of time, temperature, and relative humidity.

A range may be prescribed for any variable by the manufacturer of the adhesive if it can be assumed by the test operator that any arbitrarily chosen value within such a range, or any combination of such values for several variables will be acceptable to both the manufacturer and the purchaser of the adhesive.

## 1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the apparent shear strengths of adhesives for bonding metals when tested on a standard single-lap-joint specimen and under specified conditions of preparation and test.

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*

*appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

1.3 The values stated in SI units are considered to be the standard. The values given in parentheses are for information only.

## 2. Referenced Documents

### 2.1 ASTM Standards:

- A 109 Specification for Steel, Strip, Carbon, Cold-Rolled<sup>2</sup>
- A 167 Specification for Stainless and Heat-Resisting Chromium-Nickel Steel Plate, Sheet, and Strip<sup>2</sup>

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D14 on Adhesives and is the direct responsibility of Subcommittee D14.80 on Metal Bonding Adhesives.

Current edition approved Oct. 10, 2001. Published December 2001. Originally published as D 1002 – 49 T. Last previous edition D 1002 – 99.

<sup>2</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.03.