



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

*Trabajo Experimental previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico*

**TEMA:**

---

**“ANÁLISIS DEL PROCESO DE TALADRADO DEL MATERIAL  
COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADA CON FIBRA DE  
ABACÁ.”**

---

**AUTOR:** Pérez Amores Evelyn Jackeline

**TUTOR:** Ing. Mg. Cristian Pérez

**AMBATO-ECUADOR**

**2019**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del Trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE TALADRADO DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADA CON FIBRA DE ABACÁ”**, elaborado por la Srta. Evelyn Jackeline Pérez Amores, portador de la cédula de ciudadanía: 1804423752, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

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



**Ing. Mg. Cristian Pérez Salinas**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Evelyn Jackeline Pérez Amores, con CI. 1804423752 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE TALADRADO DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADA CON FIBRA DE ABACÁ”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor de la investigación, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.



Evelyn Jackeline Pérez Amores

c.c.: 1804423752

**Autor**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga este Proyecto Experimental o parte de él, un documento para su lectura consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimonial de mi Proyecto Experimental con fines de difusión pública, además apruebo 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 mis derechos de autor.



Evelyn Jackeline Pérez Amores

c.c.: 1804423752

**Autor**

## DEDICATORIA

*Este peldaño alcanzado se lo dedico a mis padres, ya que han sido el pilar fundamental para la culminación del mismo, gracias a su ejemplo y enseñanzas pude cumplir este gran logro.*

*A mis hermanos y mi familia que me han apoyado incondicionalmente en cada momento.*

## **AGRADECIMIENTO**

*El más sincero agradecimiento a mis padres y a mi familia por haber sido un apoyo incondicional en el transcurso de la vida universitaria, ya que gracias a ellos he logrado culminar la meta profesional.*

*A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por brindarme la oportunidad de crecer como persona y sobre todo intelectualmente. Además, la gratitud con los docentes por haber impartido todos sus conocimientos durante esta trayectoria.*

*A mi tutor Ing. Mg. Cristian Pérez Salinas por ser el guía principal en el trabajo experimental, ya que con sus directrices pude efectuar de manera correcta la investigación.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	I
<b>AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	II
<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	III
<b>DEDICATORIA</b> .....	IV
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	V
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	XVII
<b>ABSTRACT</b> .....	XVIII
<b>TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL</b> .....	1
<b>CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO</b> .....	1
<b>1.1 Antecedentes Investigativos</b> .....	1
<b>1.2 Fundamentación teórica</b> .....	3
<b>1.2.1 Materiales Compuestos</b> .....	3
<b>1.2.1.1 Materiales compuestos reforzados con fibras</b> .....	4
<b>1.2.2 Procesos de fabricación de Composites</b> .....	5
<b>1.2.3 Proceso de Mecanizado por arranque de viruta</b> .....	6
<b>1.2.4 Taladrado de composites</b> .....	7
<b>1.2.5 Acabado Superficial</b> .....	11
<b>1.2.6 Absorción de Humedad</b> .....	16
<b>1.3 Objetivos</b> .....	18
<b>1.3.1 Objetivo General</b> .....	18
<b>1.3.2 Objetivos Específicos</b> .....	18
<b>CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA</b> .....	19
<b>2.1 Materiales</b> .....	19
<b>2.1.1 Resinas</b> .....	19
<b>2.1.2 Fibra de Abacá</b> .....	20
<b>2.2 Métodos</b> .....	24
<b>2.2.1 DOE</b> .....	24
<b>2.2.2 Superficie de respuesta</b> .....	24
<b>2.2.3 Plan de recolección de información</b> .....	25
<b>2.2.4 Plan Procesamiento y Análisis</b> .....	26
<b>2.3 Operacionalización de Variables</b> .....	26
<b>2.3.1 Variable Independiente</b> .....	26
<b>2.3.2 Variable Dependiente</b> .....	27

2.4 Hipótesis.....	27
2.5 Señalamiento de variables de la hipótesis.....	28
2.5.1 Variable Independiente.....	28
2.5.2 Variable Dependiente.....	28
2.5.3 Termino de relación .....	28
2.6 Procedimiento.....	28
2.6.1 Estratificación de Probetas.....	28
2.6.2 Preparación de la Fibra de Abacá.....	34
2.6.3 Elaboración y Curado de las probetas de Resina Poliéster .....	36
2.6.4 Elaboración y Curado de las probetas de Resina Epoxi.....	39
2.6.5 Elaboración y Curado de las probetas para el ensayo de Humedad .....	41
2.6.6 Proceso de Taladrado de probetas de Resina Poliéster y Resina Epoxi .....	43
2.6.7 Ensayo de Humedad en las probetas de Resina Poliéster y Resina Epoxi.....	46
2.6.8 Medición de Delaminación y Rugosidad de las placas de Resina Poliéster y Resina Epoxi .....	47
<b>CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>48</b>
3.1 Análisis y discusión de los resultados.....	48
3.1.1 Recolección de Datos de Delaminación y Rugosidad .....	48
3.1.2 Factor de Delaminación .....	100
3.1.3 Rugosidad .....	114
3.1.4 Absorción de humedad .....	122
3.2 Parámetros Óptimos .....	123
3.2.1 Parámetros Óptimos: Resina Epoxi-Fibra Abacá.....	123
3.2.2 Parámetros Óptimos: Resina Poliéster-Fibra Abacá.....	124
3.3 Verificación de hipótesis .....	125
<b>CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>126</b>
4.1 Conclusiones .....	126
4.2 Recomendaciones .....	127
Referencias Bibliográficas .....	128
Anexos.....	132
Anexo 1. Catálogo de brocas .....	132
Anexo 2. NORMA D 570-98 .....	133
Anexo 3. Datos de factor de delaminación Resina Epoxi 109Ø10.....	136
Anexo 4. Datos de factor de delaminación Resina Epoxi 118Ø10.....	137
Anexo 5. Datos de factor de delaminación Resina Poliéster 109 Ø10 .....	138

<b>Anexo 6. Datos de factor de delaminación Resina Poliéster 118Ø10</b> .....	139
<b>Anexo 7. Datos de Rugosidad Resina Epoxi 109 Ø10</b> .....	140
<b>Anexo 8. Datos de Rugosidad Resina Epoxi 118Ø10</b> .....	141
<b>Anexo 9. Datos de Rugosidad Resina Poliéster 109 Ø10</b> .....	142
<b>Anexo 10. Datos de Rugosidad Resina Poliéster 118Ø10</b> .....	143
<b>Anexo 11. Datos Finales</b> .....	144

### *Índice de Figuras*

<i>Figura 1. 1 Material compuesto reforzado a) con partículas, b) con fibras</i> .....	4
<i>Figura 1. 2 Estratificación manual (Hand Lay-Up)</i> .....	5
<i>Figura 1. 3 Estratificación por compresión</i> .....	6
<i>Figura 1. 4 Proceso de Mecanizado por arranque de Viruta</i> .....	7
<i>Figura 1. 5 Proceso de Taladrado</i> .....	7
<i>Figura 1. 6 Representación del avance, movimiento del herramental y arranque del material</i> .....	9
<i>Figura 1. 7 Factor de delaminación</i> .....	12
<i>Figura 1. 8 Entrada y Salida de la broca</i> .....	13
<i>Figura 1. 9 Valores de Rugosidad Superficial</i> .....	15
<i>Figura 2. 1 Composición del material</i> .....	28
<i>Figura 2. 2. Fresa CNC TRAVIS M-1000</i> .....	43
<i>Figura 3. 1 Diagrama de Pareto de los efectos para el factor de delaminación de entrada</i> .....	100
<i>Figura 3. 2 Diagrama de Pareto de los efectos depurados para el factor de delaminación de entrada</i> .....	101
<i>Figura 3. 3 Gráfica de probabilidad normal del factor de delaminación de entrada</i> .....	102

<b>Figura 3. 4</b> Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de entrada. .....	102
<b>Figura 3. 5</b> Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de entrada. .....	103
<b>Figura 3. 6</b> Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Epóxica y broca CERIN 109 Ø10....	104
<b>Figura 3. 7</b> Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Epóxica y broca CERIN 118 Ø10....	104
<b>Figura 3. 8</b> Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Poliéster y broca CERIN 109 Ø10...	105
<b>Figura 3. 9</b> Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Poliéster y broca CERIN 118 Ø10...	105
<b>Figura 3. 10</b> Gráfica de optimización del factor de delaminación de entrada. ....	106
<b>Figura 3. 11</b> Diagrama de Pareto de los efectos para el factor de delaminación de salida. ....	107
<b>Figura 3. 12</b> Diagrama de Pareto de los efectos depurados para el factor de delaminación de salida. ....	108
<b>Figura 3. 13</b> Gráfica de probabilidad normal del factor de delaminación de salida. .....	109
<b>Figura 3. 14</b> Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de salida.	109
<b>Figura 3. 15</b> Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de salida.	110
<b>Figura 3. 16</b> Gráfica de superficie del factor de delaminación de salida vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Epóxica y broca CERIN 109 Ø10....	111
<b>Figura 3. 17</b> Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Epóxica y broca CERIN 118 Ø10....	111

<b>Figura 3. 18</b>	<i>Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Poliéster y broca CERIN 109 Ø10...</i>	112
<b>Figura 3. 19</b>	<i>Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Poliéster y broca CERIN 118 Ø10...</i>	112
<b>Figura 3. 20</b>	<i>Gráfica de optimización del factor de delaminación de entrada. ....</i>	113
<b>Figura 3. 21</b>	<i>Diagrama de Pareto de los efectos para depurados para la rugosidad. ....</i>	114
<b>Figura 3. 22</b>	<i>Diagrama de Pareto de los efectos depurados para la rugosidad.....</i>	115
<b>Figura 3. 23</b>	<i>Gráfica de probabilidad normal de la rugosidad. ....</i>	116
<b>Figura 3. 24</b>	<i>Gráfica de efectos principales de la rugosidad.....</i>	116
<b>Figura 3. 25</b>	<i>Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de salida.</i>	117
<b>Figura 3. 26</b>	<i>Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Epóxica y broca CERIN 109 Ø10. ....</i>	118
<b>Figura 3. 27</b>	<i>Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Epóxica y broca CERIN 118 Ø10. ....</i>	118
<b>Figura 3. 28</b>	<i>Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Poliéster y broca CERIN 109 Ø10.....</i>	119
<b>Figura 3. 29</b>	<i>Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Poliéster y broca CERIN 118 Ø10.....</i>	119
<b>Figura 3. 30</b>	<i>Gráfica de optimización de la rugosidad. ....</i>	120
<b>Figura 3. 31</b>	<i>Gráfica de optimización simultánea.....</i>	121
<b>Figura 3. 32</b>	<i>Análisis de Absorción de Humedad.....</i>	123

## **Índice de tablas**

<b>Tabla 1. 1 Partes de la broca.....</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 1. 2 Ángulos de la Broca. ....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 1. 3 Parámetros de Rugosidad .....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 2. 1 Comparaciones de propiedades típicas de las resinas epoxi y poliéster usadas en los materiales compuestos (Johnson 1979).....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 2. 2 Propiedades Mecánicas y físicas de la Fibra de Abacá.....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 2. 3 Propiedades químicas de la Fibra de Abacá.....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 2. 4. Lista de Materiales.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 2. 5 Tabla de Diseño para el proceso de Taladrado.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 2. 6 Variables Independientes .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 2. 7 Variable dependiente.....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 2. 8 Proceso para el tejido de la Fibra de Abacá.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 2. 9 Elaboración y curado de Probetas de Resina Poliéster.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 2. 10 Elaboración y curado de Probetas de Resina Epoxi.....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 2. 11 Elaboración y Curado de las probetas para el ensayo de Humedad.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 2. 12 Proceso de Taladrado de Probetas de Resina Poliéster y Resina Epoxi.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 2. 13 Ensayo de Humedad en las probetas de Resina Poliéster y Resina Epoxi .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 2. 14 Medición del Factor de Delaminación y Rugosidad.....</b>	<b>47</b>

<b>Tabla 3. 1</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E1-ER1, ES1-ESR1</i>	48
<b>Tabla 3. 2</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E2-ER2, ES2-ESR2</i>	49
<b>Tabla 3. 3</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E3-ER3, ES3-ESR3</i>	50
<b>Tabla 3. 4</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E4-ER4, ES4-ESR4</i>	51
<b>Tabla 3. 5</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E5-ER5, ES5-ESR5</i>	52
<b>Tabla 3. 6</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E6-ER6, ES6-ESR6</i>	53
<b>Tabla 3. 7</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E7-ER7, ES7-ESR7</i>	54
<b>Tabla 3. 8</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E8-ER8, ES8-ESR8</i>	55
<b>Tabla 3. 9</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E9-ER9, ES9-ESR9</i>	56
<b>Tabla 3. 10</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E10-ER10, ES10-ESR10</i>	57
<b>Tabla 3. 11</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E11-ER11, ES11-ESR11</i>	58
<b>Tabla 3. 12</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E12-ER12, ES12-ESR12</i>	59
<b>Tabla 3. 13</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E13-ER13, ES13-ESR13</i>	60

<b>Tabla 3. 14</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE1-EER1, EES1-EESR1 .....	61
<b>Tabla 3. 15</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE2-EER2, EES2-EESR2 .....	62
<b>Tabla 3. 16</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE3-EER3, EES3-EESR3 .....	63
<b>Tabla 3. 17</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE4-EER4, EES4-EESR4 .....	64
<b>Tabla 3. 18</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE5-EER5, EES5-EESR5 .....	65
<b>Tabla 3. 19</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE6-EER6, EES6-EESR6 .....	66
<b>Tabla 3. 20</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE7-EER7, EES7-EESR7 .....	67
<b>Tabla 3. 21</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE8-EER8, EES8-EESR8 .....	68
<b>Tabla 3. 22</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE9-EER9, EES9-EESR9 .....	69
<b>Tabla 3. 23</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE10-EER10, EES10-EESR10 .....	70
<b>Tabla 3. 24</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE11-EER11, EES11-EESR11 .....	71
<b>Tabla 3. 25</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE12-EER12, EES12-EESR12 .....	72
<b>Tabla 3. 26</b> Factor de Delaminación ( <i>Fd</i> ) y Rugosidad media ( <i>Ra</i> ), EE13-EER13, EES13-EESR13 .....	73

<i>Tabla 3. 27 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P1-PR1, PS1-PSR1</i> .....	74
<i>Tabla 3. 28 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P2-PR2, PS2-PSR2</i> .....	75
<i>Tabla 3. 29 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P3-PR3, PS3-PSR3</i> .....	76
<i>Tabla 3. 30 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P4-PR4, PS4-PSR4</i> .....	77
<i>Tabla 3. 31 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P5-PR5, PS5-PSR5</i> .....	78
<i>Tabla 3. 32 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P6-PR6, PS6-PSR6</i> .....	79
<i>Tabla 3. 33 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P7-PR7, PS7-PSR7</i> .....	80
<i>Tabla 3. 34 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P8-PR8, PS8-PSR8</i> .....	81
<i>Tabla 3. 35 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P9-PR9, PS9-PSR9</i> .....	82
<i>Tabla 3. 36 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P10-PR10, PS10-PSR10</i> .....	83
<i>Tabla 3. 37 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P11-PR11, PS11-PSR11</i> .....	84
<i>Tabla 3. 38 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P12-PR12, PS12-PSR12</i> .....	85
<i>Tabla 3. 39 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P13-PR13, PS13-PSR13</i> .....	86

<b>Tabla 3. 40</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP1-PPR1, PPS1-PPSR1</i> .....	87
<b>Tabla 3. 41</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP2-PPR2, PPS2-PPSR2</i> .....	88
<b>Tabla 3. 42</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP3-PPR3, PPS3-PPSR3</i> .....	89
<b>Tabla 3. 43</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP4-PPR4, PPS4-PPSR4</i> .....	90
<b>Tabla 3. 44</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP5-PPR5, PPS5-PPSR5</i> .....	91
<b>Tabla 3. 45</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP6-PPR6, PPS6-PPSR6</i> .....	92
<b>Tabla 3. 46</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP7-PPR7, PPS7-PPSR7</i> .....	93
<b>Tabla 3. 47</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP8-PPR8, PPS8-PPSR8</i> .....	94
<b>Tabla 3. 48</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP9-PPR9, PPS9-PPSR9</i> .....	95
<b>Tabla 3. 49</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP10-PPR10, PPS10-PPSR10</i> .....	96
<b>Tabla 3. 50</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP11-PPR11, PPS11-PPSR11</i> .....	97
<b>Tabla 3. 51</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP12-PPR12, PPS12-PPSR12</i> .....	98
<b>Tabla 3. 52</b> <i>Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP13-PPR13, PPS13-PPSR13</i> .....	99

<i>Tabla 3. 53 Resultados de Análisis de Superficie de Respuesta- factor de delaminación de entrada.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 3. 54 Valores predichos del punto óptimo del factor de delaminación de entrada. ....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 3. 55 Análisis de Superficie de Respuesta- factor de delaminación de salida. ....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 3. 56 Valores predichos del punto óptimo del factor de delaminación de salida. ....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 3. 57 Análisis de superficie de respuesta para la rugosidad.....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 3. 58 Valores predichos para el punto óptimo global. ....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 3. 59 Datos de absorción de humedad en Matriz Epoxi-Refuerzo Fibra de abacá .....</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 3. 60 Datos de absorción de humedad en Matriz Epoxi-Refuerzo Fibra de abacá .....</i>	<i>122</i>

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

“ANÁLISIS DEL PROCESO DE TALADRADO DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADA CON FIBRA DE ABACÁ.”

**Autor:** Pérez Amores Evelyn Jackeline

**Tutor:** Ing. Pérez Salinas Cristian, Mg

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo experimental tiene por objetivo analizar si los factores (velocidad de husillo, velocidad de avance, tipo de resina y tipo de broca) influyen sobre un material compuesto conformado por matriz polimérica y refuerzo de fibra de abacá.

Para lo cual se consideró una matriz de diseño con variables de entrada: velocidades de husillo de 468.63, 800, 1600, 2400 y 2731.37 rpm, velocidades de avance de 82.72, 120, 210, 337.28 mm/min, tipo de resina (polimérica o epoxi) y tipo de Broca (CERIN 109Ø10, CERIN 118Ø10). Mientras que en las variables de salida se consideró el factor de delaminación (Fd) y la rugosidad (Ra). Con los datos obtenidos se realizó la microscopia para determinar el factor de delaminación y por medio del rugosímetro se obtuvieron las mediciones de Ra, posteriormente con el diseño se efectúa el análisis de superficie de respuesta.

De tal forma que al utilizar Resina Epoxi y broca CERIN 118Ø10 se generó el mejor acabado superficial, empleando los parámetros de corte: velocidad de husillo 468.63 rpm, velocidad de corte 14.72 m/min y velocidad de avance de 337.28 mm/min. Dando como resultado una delaminación de entrada de 1.0642, delaminación de salida de 1.0183 y rugosidad de 1.4337  $\mu\text{m}$ .

Además, se realizó el ensayo de “Absorción de Humedad” basado en la Norma D 570-98, con la finalidad de verificar en cuál de los dos compuestos se concentra mayor cantidad de agua, obtenido como resultado que el compuesto de matriz epoxi y fibra de abacá absorbe mayor % de agua (12.995%) a diferencia del compuesto de matriz poliéster y fibra de abacá (11.345%).

**TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO**  
**FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING**  
**MECHANICAL ENGINEERING CAREER**

"ANALYSIS OF THE DRILLING PROCESS OF THE MATERIAL COMPOSED OF POLYMERIC MATRIX REINFORCED WITH FIBER DE ABACÁ."

**Author:** Pérez Amores Evelyn Jackeline

**Tutor:** Ing. Pérez Salinas Cristian, Mg

**ABSTRACT**

The objective of this experimental work is to analyze whether the factors (cutting speed, feed rate, resin type and bit type) influence a composite material formed by a polymer matrix and abaca fiber reinforcement.

For which a design matrix with input variables was considered: spindle speeds of 468.63, 800, 1600, 2400 and 2731.3 rpm, feed speeds of 82.72, 120, 210, 337.28 mm / min, type of resin (polymer or epoxy) and bit (CERIN 109Ø10, CERIN 118Ø10). While in the output variables the delamination factor (Fd) and the roughness (Ra) were considered. With the obtained data, the microscopy was performed to determine the delamination factor and by means of the rugosimeter the measurements of Ra were obtained, later with the design a response surface analysis was carried out.

In such a way that when using Epoxy Resin and CERIN 118Ø10 bit, the best surface finish was generated, using the cutting parameters: spindle speed 468.63 rpm, cutting speed 14.72 m/min and feed speed of 337.28 mm / min. Resulting in an input delamination of 1.0642, output delamination of 1.0183 and roughness of 1.4337 µm.

In addition, “**Standard Test Method for Water Absorption of Plastics**” based on Standard D 570-98, in order to verify which of the two compounds concentrates the greatest amount of water, obtained as a result of the epoxy matrix compound and abaca fiber. absorbs more water% (12.995%) unlike the polyester matrix compound and abaca fiber (11.345%).

## **TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL**

“ANÁLISIS DEL PROCESO DE TALADRADO DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADA CON FIBRA DE ABACÁ.”

### **CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 Antecedentes Investigativos**

Para la realización del siguiente trabajo experimental se pusieron en consideración seis investigaciones previas las cuales proporcionan información necesaria para el desarrollo del mismo.

Paredes [1], determinó que la mejor fracción volumétrica para un material compuesto es 70% matriz y 30% refuerzo, por ende, este fue el mejor resultado ya que presentó el mejor comportamiento en el análisis de combinaciones de propiedades mecánicas. Además, para la estratificación a compresión del material híbrido compuesto se ordenó las capas de la siguiente manera: Fibra de vidrio (FV)+fibra de cabuya (FC)+fibra de vidrio (FV).

Villacís [2], realizó probetas de diferentes configuraciones, en donde se toma en cuenta la fibra de abacá corta, longitudinal y tejido plano, con los cuales se hizo las probetas con formulaciones de 25-75%, 50-50% y 75-25% de matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá y fibra de vidrio para cada estratificación. Conjuntamente se recomienda que se realice ensayos mecánicos con la fibra en orientación transversal con sentido a la carga ya que la configuración de la fibra longitudinal de abacá hizo que el material se convierta en anisotrópico, y así se pueda diferenciar las propiedades del compuesto cuando esté sometido a cargas biaxiales.

Benavides [3], habla de la conformación de un material híbrido y se toma en cuenta el tiempo de curado del material, la configuración del tejido, las proporciones másicas reales, fracciones volumétricas, orientación de la fibra de abacá y algodón, el número de capas del tejido, espesores finales, estratificación y normas técnicas para los ensayos. Se utilizó varias muestras entre ellas 70% matriz y 30% fibra de abacá. Por

ende, el tejido fue plano y colocado en diferentes direcciones  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$  con el propósito de reforzar en múltiples direcciones, ya que la matriz es termoestable se realizó una estratificación por compresión. Dando como mejor resultado la configuración de 75% de matriz de resina epóxica, 18,25% de fibra de abacá y 6.755 de fibra de algodón para la realización de ensayos de tracción, flexión e impacto.

Chisaguano [4], elaboró probetas de 10-90%, 20-80% y 30-70% de matriz poliéster y fibra de abacá para cada uno de los casos, en lo que respecta a la estructuración de 30% fibra de abacá se determinaron un número de ciclos más cercanos a los de la matriz de fibra continua y se obtuvo una deflexión de 3mm. Por ende, se dice que la mejor estratificación es manual de 70% resina y 30% fibra y se debe trabajar con fibras finas con diámetros de 0.9 a 1.6 mm ya que facilita el proceso. Además, recomienda que la matriz debe contar con una buena humectación para que se compacte de mejor manera.

Moya [5], determinó el modelo experimental Factorial  $3^k$  con  $k = 3$  en el cual se demostró que la tendencia es cuadrática, además se ejecutó el análisis ANOVA para la rugosidad en donde la broca es especial para Kevlar y se comprobó estadísticamente que la rugosidad es media y predomina la velocidad de avance, mientras que en el factor de delaminación de salida solo tiene efecto en la velocidad de husillo y es mayor a la salida del taladro. Se utilizó brocas cubiertas de diamantes en las cuales se aumentaba la velocidad de giro de husillo y no se mostró un aumento notable de rugosidad media. Además, se dice que para obtener un factor de delaminación de entrada menor se debe taladrar con velocidades altas de giro de husillo y las velocidades de avance deben ser bajas.

Díaz [6], diseñó un modelo numérico 3D con el proceso de taladrado en donde el material compuesto era a base de lino, por medio de  $v$  y  $f$  de avance. Conjuntamente se realiza la validación del modelo numérico con los ensayos experimentales los cuales se encontraban diferencias relativas entre las fuerzas de corte, además con el proceso de mecanizado se pudo determinar el factor de daño que ocurre en los materiales compuestos biodegradables. También se corroboró que la tendencia obtenida en los ensayos este se estudió las geometrías de las brocas, las distintas velocidades de corte experimentales del taladrado disminuyen al aumentar la velocidad de avance.

J. Paredes, C. Pérez y C. Castro [7], determinaron las propiedades mecánicas de un compuesto híbrido realizado con fibra de vidrio y cabuya natural, el mismo que es utilizado en partes estructurales de guardachoques, techos, respaldos de buses, tableros, consolas, entre otros. Además, se realizó la fracción volumétrica de 70% matriz y 30% refuerzo, dando como resultado el mejor comportamiento en las distintas propiedades mecánicas. En el desarrollo del mismo se efectuó mediante estratificación a compresión por ajuste mecánico.

C. Pérez, J. Paredes, E. Lalaleo, C. Arroba y D. Núñez [8], determinaron el módulo de elasticidad de un material compuesto, realizado con 17% de cascarilla de arroz y un 83% de resina poliéster, el mismo que dio como resultado 7955 MPa con una mejoría del 65% con respecto al de Gypsum. El compuesto puede ser utilizado en el ámbito arquitectónico, en empaquetamiento, acabados constructivo, entre otros, ya que cuenta con una estratificación mejorada y su potencial es significativamente alto en comparación con el Gypsum importado.

C. Pérez, J. Paredes, R. Valencia, H. Vaca, E. Vásquez [9], desarrollaron un diseño experimental con la finalidad de analizar el proceso de ranurado y verificar los efectos que producen los parámetros de corte utilizando dos herramientas ( HSS y HSC) sobre el factor de delaminación y la rugosidad, dando como resultado que el herramienta HSC posee mejor calidad superficial en relación al herramienta HSS.

## **1.2 Fundamentación teórica**

### **1.2.1 Materiales Compuestos**

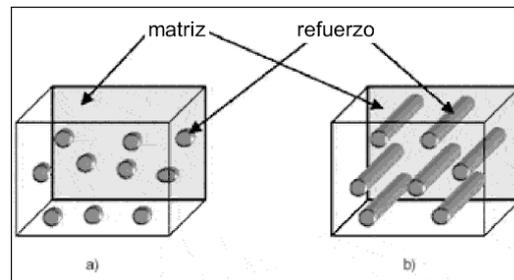
Los materiales compuestos son formados por más de un tipo de material, generalmente se combinan de polímeros siendo este la matriz y fibras naturales actuando como refuerzo. Han sido creados con la finalidad de mejorar las propiedades de cada uno de los componentes. Además, dichos compuestos son realizados de fibra de vidrio ya que son mecánicamente resistentes y flexibles [10].

La necesidad de crear materiales modernos se ha convertido en un desafío tecnológico en donde los materiales deben ser específicos y sofisticados, ya que por medio de ellos se pretende mejorar la economía y aprovechar los recursos naturales sin causar impacto

ambiental, por el hecho de que estos materiales deben producir una mínima degradación circunstancial y reducir la contaminación. Conjuntamente deben ser diseñados con la finalidad de brindar más resistencia y mejorar las propiedades mecánicas, por ende, estos deben ser de baja densidad, soportar elevadas temperaturas y distintos procesos de fabricación [10].

En la actualidad los composites han sido desarrollados en la industria aeroespacial ya que resiste al impacto, tracción, medios oxidantes, además son de bajo peso y esto es de vital importancia para el diseño y creación de nuevos elementos [11].

Un material compuesto cuenta con una estructura, en donde la matriz es la fase continua y el refuerzo es la fase discontinua, por ende, se convierte en un material consistente de dos o más fases, están diseñados con el designio de ser superiores tanto en el comportamiento mecánico como en sus propiedades, a diferencia de cuando eran independientes [11].



*Figura 1. 1 Material compuesto reforzado a) con partículas, b) con fibras*

*Fuente: [11]*

### **1.2.1.1 Materiales compuestos reforzados con fibras**

Los materiales compuestos o también llamados composites, son una combinación tecnológica entre polímeros y fibras naturales, son utilizados con la finalidad de mejorar sus propiedades y ser manipulados como elementos estructurales o como refuerzos de estructuras. Debido a la demanda de estos materiales se ha tomado en cuenta el comportamiento anisotrópico, las propiedades elásticas y sobre todo la estabilidad mecánica que tienen con el pasar de los años [12]

Al momento de ser mezclados, cada uno de los materiales mantienen sus propiedades mecánicas, por ende, es vital saber que las fibras son elementos alargados y de gran resistencia, mientras que la matriz es el material con el cual se ata las fibras y se

transmiten cargas por medio de uniones químicas o mecánicas, de tal forma que se utiliza polímeros para realizar dichos compuestos [10] [13].

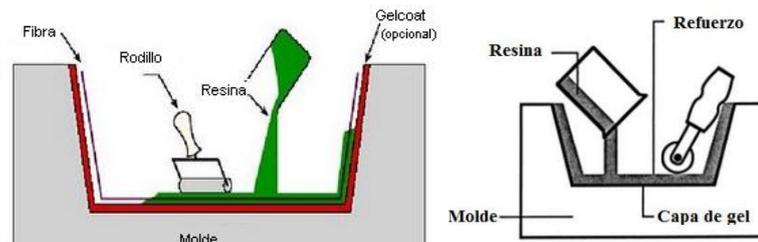
## 1.2.2 Procesos de fabricación de Composites

### 1.2.2.1 Estratificación Manual (*Hand Lay-Up*)

La estratificación manual es uno de los métodos más utilizados ya que es muy sencillo para preparar la pieza reforzada con fibra, en donde se debe cumplir con ciertos procesos en un molde abierto con un acondicionada que puede ser pulido o con agentes desmoldantes. Este proceso se lleva a cabo mezclando la resina con un catalizador para que el curado sea más rápido ya que este puede durar días o semanas, a continuación, se va mojando el molde con una gelcoat con el propósito de dar un mejor acabado en la pieza, luego se procede a colocar las láminas de fibra y se va asentando en el molde con rodillos de acero [14].

Es importante que el material este firmemente compactado con el molde y el aire no quede atrapado entre las fibras y el molde. Por lo general se utiliza resinas de baja densidad con el propósito de mejorar el impregnado de las fibras. Además, se toma en cuenta la cantidad de catalizador que debe ser puesto en el proceso, en donde el 1% es para un curado lento, el 2% es un porcentaje recomendado, el 3% será el curado acelerado, mientras que si se utiliza más del 4% hará que la resina cure mucho antes de terminar el proceso [14].

Después de este proceso se continua con el desmoldado de la pieza para finalmente realizar el proceso de mecanizado con el propósito de darle tolerancia y mejor acabado superficial. La ventaja de este proceso es que se pueden realizar productos complejos, además el proceso es sencillo, su inversión en mínima, se puede usar diferentes tipos de materiales, entre otras [15].



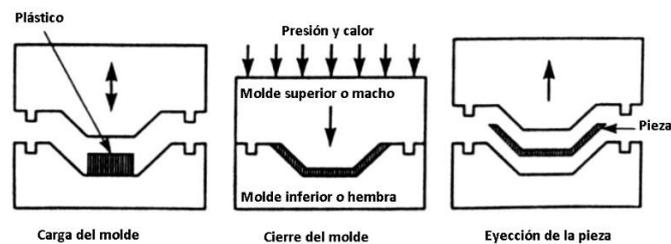
**Figura 1. 2** Estratificación manual (*Hand Lay-Up*)

**Fuente:** [20]

### 1.2.2.2 Estratificación por Compresión

El proceso de estratificación mediante moldeo a compresión es similar al proceso manual, ya que se realiza el mismo proceso, la diferencia radica en que el moldeo por compresión permite un máximo control sobre el espesor final del elemento, por ende, se obtendrá mejores propiedades que en los refuerzos que son realizados por capas individuales [14].

El proceso por compresión es uno de los más utilizados en la industria automotriz ya que permiten obtener elementos de gran tamaño y buenas propiedades mecánicas. Por medio de las fibras naturales actuando como refuerzo se conserva su longitud y su orientación, por ende, son utilizadas en gran magnitud como técnica de manufactura, ya que son de bajo costo a comparación con otros procesos [16].



**Figura 1. 3** Estratificación por compresión

**Fuente:** [18]

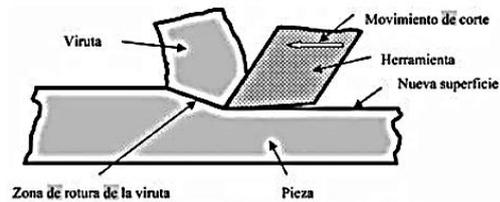
### 1.2.3 Proceso de Mecanizado por arranque de viruta

El proceso de mecanizado se puede realizar con máquinas-herramientas como el torno y la fresadora en donde se obtiene el arranque de viruta, es decir, pequeños fragmentos de materiales, en la actualidad se puede controlar por medio de un computador (CNC) el cual recibe toda la información de todos los sensores de posición y de la misma forma va realizando las órdenes del programa, el mecanizado tiene el mismo propósito la diferencia es cambiar el control de los desplazamientos [17].

Para un proceso de mecanizado se establece primordialmente las condiciones de corte, como la velocidad, avance y profundidad de pasada, cuyo objetivo es transformar un material en bruto en una pieza terminada, la cual fue sometida al proceso de arranque de viruta [17].

Se retira gradualmente el material excedente por medio de una herramienta con filo hasta obtener la superficie y la geometría deseada. Por ende, se debe incidir el filo de

la herramienta contra la pieza, en donde el contacto debe generar una fuerza para deformar una parte de dicha pieza, es necesario tomar en cuenta las características principales como la velocidad de contacto y la forma del herramental, de tal forma se pueden realizar diferentes tipos de mecanizados como: taladrado, fresado o torneado de la pieza [18].

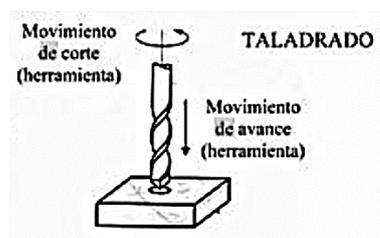


**Figura 1. 4** *Proceso de Mecanizado por arranque de Viruta*

**Fuente:** [22]

### **1.2.3.1 Taladrado**

El método de taladrado tiene el objetivo de obtener en su geometría interna una revolución, para lo cual se sujeta fijamente la pieza y se perfora por medio de una herramienta conocida como broca, la misma que posee varios filos que giran de acuerdo al movimiento de corte, y en el simultaneo se desplazan hacia la pieza esto se conoce como movimiento de avance [18].



**Figura 1. 5** *Proceso de Taladrado*

**Fuente:** [18].

### **1.2.4 Taladrado de composites**

Los materiales compuestos están diseñados para ser utilizados en procesos de mecanizado posteriores, uno de ellos es el taladrado. Este proceso consiste en arrancar la viruta, en el cual se hace girar el herramental (broca) con la finalidad de conseguir un corte en el material con forma de agujero con las características solicitadas, es decir se puede cambiar la geometría, el diámetro, entre otros [19].

En el proceso de arranque de viruta para composites se toma en cuenta condiciones para que sea eficaz la deformación plástica y los esfuerzos de flexión y cizallamiento. De dicha eficiencia en el proceso se tendrá como resultado el acabo superficial, para lo cual se toma en cuenta la remoción del material, la utilización de herramientas adecuados, avance y velocidad de corte [20].

En este proceso la broca cumple dos funciones esenciales, la primera es permitir cortar y evacuar todos los desechos del orificio en forma de viruta, mientras que la segunda función es permitir el movimiento rectilíneo para que avance en dirección perpendicular hacia el elemento perforado [21].

#### ***1.2.4.1 Parámetros de corte***

Para un buen mecanizado se toma en cuenta ciertas medidas al momento de calibrar una máquina-herramienta, ya que estos son considerados de acuerdo con la calidad y por ende al costo. Por ende, primero se estima el tipo de trabajo que se desea realizar, por ejemplo, para un mecanizado por medio de un proceso de taladrado se toma en cuenta la velocidad de corte, el avance y la velocidad del husillo. De tal forma se considera la velocidad con la que ingresa este es un factor muy importante para la pieza y el herramienta. Además, se verifica la longitud que va a recorrer la herramienta y conjuntamente el número de vueltas del cabezal, no obstante, también se considera la broca a utilizar, esta se puede encontrar de diferentes tipos y materiales [22] [23].

#### ***1.2.4.2 Velocidad de corte (Vc)***

La velocidad de corte esta expresada en (m/min), es la velocidad de rotación que alcanza la broca, esta es medida desde cualquier punto del diámetro exterior. Además, la velocidad de corte está vinculada con la velocidad de giro del husillo de la máquina, la misma que se expresa en rpm (revoluciones por minuto) [24].

$$Vc = \frac{\pi * D * rpm}{1000}$$

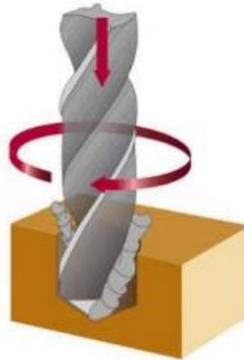
***Ecuación 1***

Donde:

- D = diámetro del herramienta
- rpm = revoluciones del husillo

#### **1.2.4.3 Avance (a)**

El avance es uno de los parámetros de corte más utilizados, ya que representa el espacio recorrido de la broca mientras se va introduciendo en la pieza, depende del material de la pieza, el material de la broca y el diámetro. Está dado en las unidades mm/min (milímetros por minuto) [24].



**Figura 1. 6** Representación del avance, movimiento del herramental y arranque del material

**Fuente:** [28]

#### **1.2.4.4 Broca**

Las brocas son capaces de producir orificios relativamente profundos son flexibles y se utilizan de acuerdo con su diámetro, por ende, se deben utilizar con cuidado para que los orificios sean perfectos y a su vez no se rompan los herramentales. Además, se debe remover las virutas que se producen y quedan dentro de la pieza en dirección opuesta al movimiento axial de la broca. Se puede encontrar brocas de tipo helicoidal, de surco recto, escalonada, de pala, de cañón y de punta latonada de carburo, todo depende del tipo de material que se va a utilizar y el propósito de la pieza. Por lo general los diámetros que se realizan son un poco mayor al diámetro de la broca, pero se pueden someter a operaciones posteriores con el propósito de mejorar su acabado superficial [25].

Por lo general se aplican brocas helicoidales en donde los diámetros fluctúan desde 0.006 pulgadas hasta 3 pulgadas, son utilizadas en la industria debido a su forma rápida de hacer agujeros y sobre todo son económicas, se recomienda que las aberturas de las ranuras de las brocas tengan un ángulo de hélice de 30° para proveer el máximo de viruta y además el cuerpo de la broca debe ser soportado sobre su longitud [26].

Además las brocas son diseñadas de acuerdo al material en el que se va a emplear, por ende se utiliza más las brocas de acero rápido ya que son económicas, pero si la aplicación es especial se considera herramientas con vástago de acero que son soldadas a tope con la parte cortante fabricadas con otro material y consecuentemente son más costosas [27]. Son muy utilizadas en el proceso de arranque de viruta por lo general son de acero templado aleado con diferentes materiales duros [24].

**a) Partes de la broca**

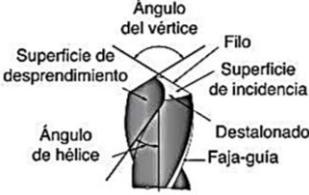
*Tabla 1. 1 Partes de la broca*

<b>Partes de la broca</b>	
<b>Punta o Boca</b>	Por medio de esta se realiza el corte, se compone de dos filos, el transversal y el principal. El filo Transversal guía para rascar la pieza, mientras que el principal empieza con el corte producido por la herramienta en la pieza a trabajar. El ángulo resultante se conoce como ángulo de filo.
<b>Cuerpo</b>	El cuerpo está compuesto por dos ranuras helicoidales, las mismas que facilitan la evacuación de la viruta del agujero. A las ranuras se les conoce como fajas guías, mientras que el gavilán disminuye el rozamiento
<b>Mango</b>	Consta de la parte externa del herramental, el mismo que permite la sujeción a la máquina. En esta parte viene descrita el diámetro y la calidad.
<b>Cuello</b>	Se denomina cuello ya que es un estrechamiento entre el mango y el cuerpo, por lo general se encuentra en las brocas cónicas.

*Fuente: [28]*

## b) Ángulo de la broca

*Tabla 1. 2 Ángulos de la Broca.*

<b>Ángulos de la broca</b>	
	
<b>Ángulo de vértice</b>	Se lo conoce como ángulo de punta, está formado de dos labios de corte. En el momento de mecanizado ocurre rozamiento entre el material y el labio, para evitar el mismo se reduce el talón.
<b>Ángulo de hélice</b>	Por lo general oscila entre 20° y 40° depende del material, este se forma entre la hélice y el eje vertical del herramental

*Fuente: [28]*

### 1.2.5 Acabado Superficial

El acabado superficial depende de los parámetros que influyen en el proceso de corte, es decir la velocidad, avance, profundidad, fluidos de corte, ángulos de las herramientas, viruta continua p discontinua, aumento de temperatura, desgaste de la herramienta y la maquinabilidad, todos estos aspectos son influencias e interrelaciones que intervienen desde el momento que se empieza a trabajar con la máquina-herramienta [25].

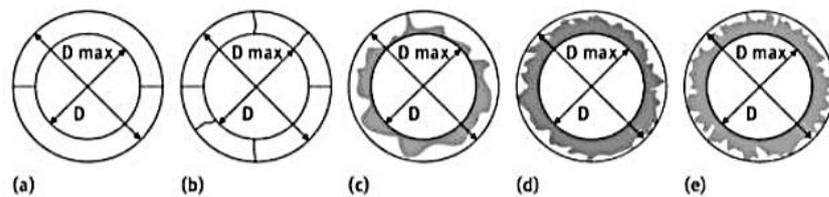
Dependiendo de la utilización de las piezas a mecanizar el acabado superficial es un factor importante ya que se toma en cuenta la evacuación de la viruta y por ende se considera la vida útil de las herramientas. El proceso de mecanizado tiene la finalidad de eliminar la mayor cantidad de material en el menor tiempo posible sin necesidad de sustituir los herramientas y sobre todo cuente con un costo aceptable. La calidad se da por la remoción del material mediante fuerzas moderas y mínima abrasión de herramientas [28].

### 1.2.5.1 Factor de delaminación

Este fenómeno consiste en separar un material compuesto por capas o laminas debido a la aplicación de diferentes fuerzas, por lo general es cuando el empuje vence la unión formada entre las fibras. Esto se puede dar en zonas visibles o internas, cuando la zona es interna no se puede apreciar con claridad por ende se debe realizar pruebas radiográficas, ultrasonidos, termo gramas o a su vez se puede simular por medio de ordenador que contenga un software de elementos finitos. En muchos de los casos se ha utilizado pruebas de microscopio para determinar el grado de delaminación siempre y cuando este sea visible [29].

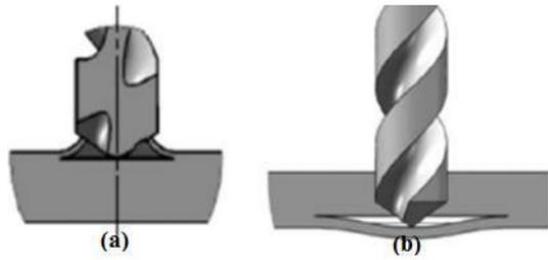
La delaminación es conocida como el agrietamiento que se produce en todas las zonas lindantes a los límites de la máquina, esto ocurre debido al trabajo de la herramienta de corte, se da cuando el herramental rasga la matriz al momento de arrancar a viruta en el proceso de mecanizado hasta formar la parte deseada. Como resultado es la delaminación en donde se pierde la integridad estructural, las tolerancias finales con de baja calidad y sobre todo se obtiene afecciones térmicas [30].

Por lo general el proceso de taladrado es el último proceso de mecanizado antes de pasar al ensamble de partes y piezas, por ende el estudio de delaminación es muy importante es este proceso, por ende se creó el factor de delaminación para verificar la relación existente entre los diámetros nominales de los herramientales utilizados y las zonas con máxima afectación en el maquinado [31].



**Figura 1. 7** Factor de delaminación

**Fuente:** [31]



**Figura 1. 8** Entrada y Salida de la broca

**Fuente:** [32]

$$Fd = \frac{D_{\text{máx}}}{D}$$

**Ecuación 2**

Donde:

$D_{\text{máx.}}$  = Diámetro máximo de delaminación (diámetro máximo de las fisuras del agujero)

$D$  = Diámetro nominal de la broca [30] [20].

Además se puede utilizar el factor de delaminación para verificar las zonas afectadas por la broca tanto a la entrada (Peel up) como a la salida ( Push out), por medio de métodos visuales, microscopia acústica de barrido, análisis de imágenes, ultrasonidos, radiografías, rayos X, interferómetro laser, C-scan, entre otros [32].

#### **a) Método visual**

Para la realización de este método se necesita un microscopio y un calibrador, se necesita de destreza del investigador para llevar de la mejor manera el proceso. Se utiliza aumentos de 5X a 30X los cuales permiten medir el diámetro máximo del daño producido por la delaminación. Así mismo se puede utilizar tintas penetrantes con el propósito de reconocer e identificar el área afectada. Por medio del método se puede medir directamente el diámetro máximo de delaminación y el diámetro del agujero, ya que se desea medir el área dañada se requiere de mallados [31].

## **b) Análisis de imágenes**

Se requiere de escáner para digitalizar las superficies o de una cámara con la finalidad de evaluar las zonas, después la imagen se debe cargar por medio de un software que permita manipular la misma y se pueda aumentar o disminuir el tamaño, a su vez contrastar y cuantificar la zona deseada. A diferencia de los métodos visuales que se limitan ya que los composites toman un color oscuro y este no puede ser contrastado con el resto de material [30].

### ***1.2.5.2 Rugosidad***

La rugosidad depende de las variables de velocidad de avance, velocidad de giro y de profundidad de corte y para su medición se utilizan equipos adecuados para calcular dicho factor. Esto se realiza con el propósito de describir la textura superficial que se produce por la influencia directa de fricción, fatiga y resistencias térmicas o electrónicas. Se puede decir que mientras más grandes sean los niveles de avance serán más pobres los acabados superficiales y tolerancias dimensionales que afectan a la calidad de la pieza [33].

La rugosidad puede ser ideal o natural. Se dice que es ideal cuando es el resultado de la velocidad de avance y la geometría de la herramienta, mientras que se considera natural cuando el resultado se da por las irregularidades del proceso de corte, defectos de la estructura del material, desgaste de la herramienta, vibraciones o formación de viruta [33].

#### **a) Parámetros de rugosidad**

La rugosidad media ( $R_a$ ) es un factor importante ya que es un valor medio del perfil de la rugosidad, se conoce como perfil de rugosidad a las crestas y valles que son representados en las superficies [34]. Según el código de Dibujo Mecánico, se establece valores para la calidad Superficial [35].

**Tabla 1. 3 Parámetros de Rugosidad**

<b>Parámetros de Rugosidad</b>	
<b>Línea media aritmética o línea central</b>	Es una línea de referencia que tiene forma del perfil geométrico en dirección paralela hacia la misma y el perfil, es semejante en la parte inferior y superior
<b>Altura de la cresta del perfil (Yp)</b>	Es una distancia que se mide entre la línea media y el punto alto de la cresta.
<b>Profundidad de un valle de perfil (Yy)</b>	Se mide entre la línea media y el punto bajo del valle
<b>Altura máxima de la cresta (Rp)</b>	Se mide desde el punto más alto del perfil hacia la línea media
<b>Profundidad máxima del valle (Rm)</b>	Se mide desde el punto más bajo del perfil hacia la línea media
<b>Altura máxima de perfil (Ry)</b>	Es la máxima distancia que existe entre la cresta más alta y el valle más bajo
<b>Rugosidad media (Ra)</b>	Es una medida aritmética de todos los valores absolutos de las desviaciones del perfil (límites de la longitud básica 1)

*Fuente: [34]*

Valor de rugosidad $R_a$ $\mu\text{m}$	Número del grado de rugosidad
50	N 12
25	N 11
12,5	N 10
6,3	N 9
3,2	N 8
1,6	N 7
0,8	N 6
0,4	N 5
0,2	N 4
0,1	N 3
0,05	N 2
0,025	N 1

**Figura 1. 9 Valores de Rugosidad Superficial**

*Fuente: [35]*

### **1.2.5.3 Microscopía**

Por medio de la microscopía se puede ampliar las imágenes y así comparar las superficies de las paredes de los agujeros realizados por medio de taladrado.

### 1.2.6 Absorción de Humedad

Según la Norma D 570-98, la absorción de humedad es uno de los ensayos tecnológicos más aplicados en la actualidad, los cuales consisten en ingresar las probetas en cámaras climáticas que utilizan humedad relativa y temperatura constante con el propósito de simular como trabajan los compuestos en intemperie. Después de dicho proceso se seca las probetas y se pesan con el propósito de saber cuál es la variación inicial y final. Esta prueba es realizada con la finalidad de conocer que cantidad de agua fue absorbida. Por ende, se dice que por medio de esta prueba los materiales compuestos son susceptibles a sufrir cambios en su rendimiento mecánico, resistencia, aislamiento eléctrico y dieléctrico. Se puede dar por exposición a alta humedad o inmersión en agua, todo depende del tipo de material y la forma de la pieza, por lo general son polímeros mezclados con fibras naturales [36].

Las probetas para la realización de esta prueba deben ser diseñadas en forma de disco de 50.8 mm de diámetro y 3.2 mm de espesor. Se puede contar con una variación de  $\pm 0.18$  mm para moldeado en caliente y  $\pm 0.30$  mm para moldeados en frío. Se puede dar en tres acondicionamientos: [36]

- Si la absorción de agua ha sido afectada por las temperaturas del alrededor ( $110^{\circ}\text{C}$ ) se debe secar en un horno durante 24 horas a  $50^{\circ}\text{C}$ , se procede a enfriar en un desecador y se pesa al 0.001 g más cercano.
- Si los plásticos son fenólicos laminados y el valor de absorción ha sido afectado por temperaturas hasta  $110^{\circ}\text{C}$ , se seca en el horno por 1 hora a  $105-110^{\circ}\text{C}$ .
- Si se desea comparar valores de absorción con diferentes plásticos se debe secar por 24 horas a  $50^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  y se procede a enfriarse en un desecador y se pesa al 0.001g más cercano

#### *1.2.6.1 Procedimiento del ensayo de absorción de humedad*

- a) **24 horas de inmersión:** en donde se colocan las probetas en un recipiente con agua destilada a temperatura  $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , al finalizar las 24 horas se debe eliminar el agua, una a la vez, y toda la superficie de agua será limpiada con un paño seco y finalmente se pesará al 0.001 g.

- b) **2 horas de inmersión:** se utiliza en todos los espesores con una absorción relativamente alta, si las muestras son delgadas se mostrará un incremento de peso significativo en 2h entonces las muestras se someterán al proceso **a)** pero el tiempo se reduce a 120 min.
- c) **Inmersión repetida:** la muestra se pesa al 0.001g más cercano después de sumergir 2 h, se pone de nuevo en agua y se pesa nuevamente después de 24h.
- d) **Inmersión a largo plazo:** se realiza el proceso **a)**, al momento de finalizar las 24h se debe eliminar el agua y se limpia sin humedad superficial con un paño seco y se pesa al 0.001 más cercano y luego se reemplaza con agua. Estas mediciones de peso se deben realizar al final de la primera semana y cada dos semanas y así hasta el aumento de peso por dos semanas, deben ser tres pesos consecutivos con promedios menores al 1% del aumento total en peso a 5mg. La diferencia entre el peso saturado y el peso seco se considera como el agua absorbida cuando esta sustancialmente saturado.
- e) **Inmersión de agua hirviendo en dos horas:** se colocan en un recipiente de agua destilada se apoyarán en el borde y se sumergirán totalmente, al finalizar el tiempo de  $120 \pm 4$  min, las muestras serán retiradas del agua y se enfría en agua destilada en temperatura ambiente. Al pasar  $15 \pm 1$  min las muestras serán sacadas del agua y se procede a limpiar con un paño seco el agua de la superficie y se pesan a precisión de 0.001g. si las muestras tienen espesor de 1/16 pulgada o menos se debe pesar con una botella de pesaje.
- f) **Inmersión en agua hirviendo en media hora:** en los materiales que tiene una absorción relativamente alta y muestras delgadas, se puede ver un aumento de peso significativo en 1/2h, las mismas que serán sometidas al proceso **e)** solo que el tiempo de inmersión se reduce a  $30 \pm 1$  min
- g) **Inmersión a 50°C:** se debe realizar el proceso **e)** pero el tiempo será de  $48 \pm 1$  h y la temperatura  $50 \pm 1$  °C y se omite la refrigeración en agua antes del pesaje.
- h) **Si se desea comparar valores de absorción:** se realiza el proceso **a)** y el valor de equilibrio determinado en **d)** [36].

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Analizar el proceso de taladrado del material compuesto de matriz polimérica reforzada con fibra de Abacá.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Definir los parámetros experimentales que abarquen los factores y variables requeridos para el estudio.
- Elaborar un material compuesto con una relación de 70% de matriz polimérica y 30% de fibra de abacá.
- Evaluar la absorción de humedad, el factor de delaminación y rugosidad generada por el taladrado.
- Analizar los resultados obtenidos para determinar los parámetros de corte óptimos para su futura utilización.

## **CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.**

### **2.1 Materiales**

#### **2.1.1 Resinas**

##### ***2.1.1.1 Resina poliéster***

La resina poliéster es un material utilizado a escala mundial en un 90% ya que se encuentra dentro de las matrices termoestables, además es muy manipulada en la construcción de embarcaciones en serie y su coste es reducido a diferencia de otras matrices termoestables. Además, son cuerpos inestables que tienden a polimerizarse y gelificarse por ende se estabilizan con inhibidores [37].

Existen varios tipos de resinas poliéster: ortoftálicas, isoftálicas, bisfenólicas, entre otras, cada una es utilizada de acuerdo con la aplicación requerida, dependen de las propiedades mecánicas, resistencia y coste [37].

Se realiza un proceso de curado en el cual la resina pasa de un estado líquido hacia un estado sólido, para facilitar la reacción de polimerización es necesario añadir un catalizador y un acelerador con los porcentajes adecuados que están establecidos por el fabricante de la resina. El catalizador es encargado de producir radicales que provocan la reacción y se basa en peróxidos orgánicos por lo general se añade entre 1 y 3%, los mismo que se seleccionan de acuerdo con la temperatura de curado de la resina, mientras que el acelerador está en función del catalizador, se da en los procesos de curados a temperatura ambiente, está formado por pequeñas cantidades de sales de cobalto orgánico que son añadidos en la resina en estado líquido, se requiere entre 0.1 y 0.3% [37].

##### ***2.1.1.2 Resina Epoxi***

La resina epoxi es termoestable, utilizada actualmente en aplicaciones aeronáuticas ya que cuenta con elevada adhesividad a las fibras y baja contracción del material al momento del curado, además sus propiedades mecánicas varían de acuerdo a la estructura química, pueden resistir temperaturas de 80 a 120°C, mientras que existen resinas epoxi que soportan hasta 200°C .Posee estabilidad dimensional, elevada resistencia química, baja absorción de humedad, adhesividad, baja contracción en los curados, resistencia a la llama y resistencia a la abrasión y al desgaste [38].

Las resinas epoxi se pueden emplear en técnicas de laminado y técnica de moldeo, además se puede reforzar con fibra de vidrio con el propósito de mejorar la resistencia mecánica. Se puede endurecer por medio de poliamidas, urea, polisulfuros, ácidos, anhídridos de ácidos o reacciones de condensación. También se puede polimerizar por medio de catalizadores [39].

**Tabla 2. 1** Comparaciones de propiedades típicas de las resinas epoxi y poliéster usadas en los materiales compuestos (Johnson 1979)

<b>Propiedad</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resina Epoxi</b>	<b>Resina Poliéster</b>
<b>Densidad</b>	$\text{Mg } m^{-3}$	1.1-1.4	1.2-1.5
<b>Módulo de Young</b>	$\text{GN } m^{-2}$	3-6	2-4.5
<b>Relación de Poisson</b>		0.38-0.4	0.37-0.39
<b>Resistencia a la tracción</b>	$\text{MN } m^{-2}$	35-100	40-90
<b>Resistencia a la compresión</b>	$\text{MN } m^{-2}$	100-200	90-250
<b>Alargamiento de rotura (tracción)</b>	%	1-6	2
<b>Conductibilidad térmica</b>	$\text{W } m^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}_{-1}$	0.1	0.2
<b>Coefficiente de dilatación térmica</b>	$10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	60	100-200
<b>Temperatura de distorsión por calor</b>	$^\circ\text{C}$	50-300	50-110
<b>Contracción de curado</b>	%	1-2	4-8
<b>Absorción de agua (24 h. a 20°C)</b>	%	0.1-0.4	0.1-0.3

*Fuente:* [40]

### 2.1.2 Fibra de Abacá

La fibra de abacá o también conocida como cáñamo de manila (*musa textilis*), es una planta perteneciente a la familia de las Musáceas, es muy parecida físicamente a la planta de banano, la diferencia radica en sus propiedades y usos. Esta fibra posee niveles altos de calidad y resistencia. Por lo general se produce en climas tropicales donde se combina temperaturas de 22 y 28°C con lluvias uniformes durante todo el año [16].

Son fibras que resisten al agua salada, a lo largo de los años se ha utilizado en redes para pesca, producción de bolsas de té, envolturas para embutidos, elaboración de papel de seguridad, papel moneda, papel higiénico, servilletas, filtros de maquinaria, paneles de vehículos, cables de conducción eléctrica, entre otros productos [16].

La producción y el cultivo de abacá en el Ecuador, es muy alto ya que es destinado para exportación. Se necesita de 18 a 24 meses para producir, pero después el producto se puede cosechar cada dos o tres meses. En lo que respecta al suelo para que sea apto para la producción, es que se necesita que se fértil natural, alto porcentaje de materia orgánica, retener la humedad sin que se inunde en épocas lluviosas, contar con un alto contenido de potasio, y lo primordial que exista humedad y luz solar [16].

Según el Censo Nacional Agropecuario (III CNA), se dice que Ecuador posee 14800 hectáreas de cultivo de abacá, en las provincias de Pichincha, Manabí y Esmeraldas, pero las principales productoras son Santo Domingo con un 36 % y La Concordia con 39%. Por lo general se necesita de un obrero por cada dos hectáreas para trabajar en el cultivo, se estima que en el país 5200 personas entre propietarios y obreros que se dedican a la producción, se obtuvo 3166 millones de dólares en el año 2006 debido a las ventas en el exterior de este producto [16].

La fibra de Abacá puede crecer más de siete metros de altura, se las puede clasificar según su grado, en ocasiones llega hasta grado 6 de calidad, esto depende de su color, es decir si las fibras tienen un color café oscuro se considera grado cinco, mientras que si su color es blanco se considera como grado uno, además se mide el diámetro de la fibra dando como resultando mientras más delgada será mejor. En el país se exporta desde grado 2 a grado 5, pero la mayor demanda se encuentra en grado 3, ya que la fibra es dura, fuerte y flexible, las cuales se pueden utilizar en diferentes aplicaciones [16].

**Tabla 2. 2 Propiedades Mecánicas y físicas de la Fibra de Abacá**

<b>Propiedades de la Fibra de Abacá</b>	
<b>Esfuerzo ultimo a la tracción</b>	774.7-1261.3 (MPa)
<b>Modulo</b>	18.5-37.2 (GPa)
<b>Deformación Unitaria</b>	3.10-4.27 (%)
<b>Absorción de agua</b>	8-10 (%)
<b>Densidad</b>	1.3 (g/cm <sup>3</sup> )

*Fuente: [18]*

**Tabla 2. 3 Propiedades químicas de la Fibra de Abacá**

<b>Fibra de Abacá</b>	
<b>Celulosa</b>	63-70.1 (%)
<b>Hemicelulosa</b>	20-21.8 (%)
<b>Pectina</b>	0.6 (%)
<b>Lignina</b>	5.7-6 (%)
<b>Extractiva</b>	1.8 (%)

*Fuente: [18]*

En Ecuador el porcentaje de celulosa es de 70-80%, por lo general en el país se utiliza la fibra para la fabricación de muebles, alfombras, esterillas, sombreros, abanicos, artesanías, corbatas, persianas, entre otros, mientras que en Estados Unidos y Japón se utiliza para la fabricación de cabos marinos, envolturas de embutidos y bolsas de té. Debido a la gran demanda se tiene aplicaciones futuras en las que se utilizaría en la fabricación de diversos tipos de papeles considerando la fabricación de billetes, en otros países lo utilizan en producción de paneles para vehículos [16].

**Tabla 2. 4 Lista de Materiales**

<b>Materiales</b>	<b>Descripción</b>
<p><b>Fibra de Abacá</b></p> 	<p>La fibra de Abacá fue obtenida de la provincia de Sto. Domingo. Es una fibra de grado 2, conocida así por sus niveles altos de calidad y su color claro.</p>
<p><b>Resina Poliéster</b></p> 	<p>Es un plástico termoestable que necesita de un agente de un agente catalizador con la finalidad de cambiar su estructura, es muy utilizada en la conformación de materiales compuestos.</p>
<p><b>Resina Epoxi</b></p> 	<p>Es un polímero termostable que se utiliza en materiales compuestos debido a los resultados eficaces que brinda, cuenta con gran resistencia y rápidos en el proceso de fabricación. Su costo es más elevado a diferencia de la resina poliéster</p>
<p><b>Catalizador para Resina Poliéster</b></p> 	<p>Es un material que es añadido con la finalidad de provocar una reacción química y con lleva a la gelificación y endurecimiento final</p>
<p><b>Catalizador para Resina Epoxi</b></p> 	<p>Se utiliza de acuerdo con la cantidad de resina que va a ser utilizada, actúa de manera inmediata provocando el endurecimiento del polímero.</p>
<p><b>Líquido y cera desmoldante</b></p> 	<p>Son utilizados con el propósito de extraer con facilidad el producto del molde, además permite que no se adhiera</p>

**Fuente:** Autor

## **2.2 Métodos**

### **2.2.1 DOE**

Se considera como un diseño experimental a la guía necesaria para realizar un experimento, es decir el objetivo principal es determinar las diferencias que se dieron en las pruebas de los experimentos y se demuestra por medio de magnitudes. Además, se verifica la existencia de una tendencia de datos en el experimento. El diseño está compuesto por tres elementos primordiales: las variables, los factores y los niveles.

Cuenta con una clasificación extensa de investigación la cual permite realizar diseños con la finalidad de comprobar dos o más tratamientos, diseños que estudian el efecto de varios factores, diseños con el propósito de optimizar procesos, diseños de mezclas y diseño robustos [41].

### **2.2.2 Superficie de respuesta**

Este método es utilizado con la finalidad de representar gráfica o matemáticamente la relación que existe entre variables independientes y variables dependientes.

Se realiza en procesos en los que las variables dependientes son el rendimiento de una producción, composición de un producto, factores de calidad, entre otros. Son utilizados ya que proporcionan valores reales y fáciles de representar por medio de figuras y se utiliza cuando las superficies de respuestas son desconocidas [42].

Se conoce también como MSR (Método de superficie de respuesta), es utilizado a gran escala ya que optimiza números y diversos procesos, es uno de los métodos experimentales que se aplica en laboratorios de investigación y desarrollo [42].

### 2.2.2.1 Tabla diseño

**Tabla 2. 5 Tabla de Diseño para el proceso de Taladrado**

MATRIZ DE RESINA EPOXI CON FIBRA DE ABACÁ, CEFIN 109 Ø 10				MATRIZ DE RESINA EPOXI CON FIBRA DE ABACÁ, CEFIN 118 Ø 10				MATRIZ DE RESINA POLIÉSTER CON FIBRA DE ABACÁ, CEFIN 109 Ø 10				MATRIZ DE RESINA POLIÉSTER CON FIBRA DE ABACÁ, CEFIN 118 Ø 10			
Probeta	Vel. corte (m/min)	Vel. husillo (rpm)	Vel. avance (mm/min)	Probeta	Vel. corte (m/min)	Vel. husillo (rpm)	Vel. avance (mm/min)	Probeta	Vel. corte (m/min)	Vel. husillo (rpm)	Vel. avance (mm/min)	Probeta	Vel. corte (m/min)	Vel. husillo (rpm)	Vel. avance (mm/min)
1	25.13	800.00	120.00	1	25.13	800.00	120.00	1	25.13	800.00	120.00	1	25.13	800.00	120.00
2	75.40	2400.00	120.00	2	75.40	2400.00	120.00	2	75.40	2400.00	120.00	2	75.40	2400.00	120.00
3	25.13	800.00	300.00	3	25.13	800.00	300.00	3	25.13	800.00	300.00	3	25.13	800.00	300.00
4	75.40	2400.00	300.00	4	75.40	2400.00	300.00	4	75.40	2400.00	300.00	4	75.40	2400.00	300.00
5	14.72	468.63	210.00	5	14.72	468.63	210.00	5	14.72	468.63	210.00	5	14.72	468.63	210.00
6	85.81	2731.37	210.00	6	85.81	2731.37	210.00	6	85.81	2731.37	210.00	6	85.81	2731.37	210.00
7	50.27	1600.00	82.72	7	50.27	1600.00	82.72	7	50.27	1600.00	82.72	7	50.27	1600.00	82.72
8	50.27	1600.00	337.28	8	50.27	1600.00	337.28	8	50.27	1600.00	337.28	8	50.27	1600.00	337.28
9	50.27	1600.00	210.00	9	50.27	1600.00	210.00	9	50.27	1600.00	210.00	9	50.27	1600.00	210.00
10	50.27	1600.00	210.00	10	50.27	1600.00	210.00	10	50.27	1600.00	210.00	10	50.27	1600.00	210.00
11	50.27	1600.00	210.00	11	50.27	1600.00	210.00	11	50.27	1600.00	210.00	11	50.27	1600.00	210.00
12	50.27	1600.00	210.00	12	50.27	1600.00	210.00	12	50.27	1600.00	210.00	12	50.27	1600.00	210.00
13	50.27	1600.00	210.00	13	50.27	1600.00	210.00	13	50.27	1600.00	210.00	13	50.27	1600.00	210.00
14	25.13	800.00	120.00	14	25.13	800.00	120.00	14	25.13	800.00	120.00	14	25.13	800.00	120.00
15	75.40	2400.00	120.00	15	75.40	2400.00	120.00	15	75.40	2400.00	120.00	15	75.40	2400.00	120.00
16	25.13	800.00	300.00	16	25.13	800.00	300.00	16	25.13	800.00	300.00	16	25.13	800.00	300.00
17	75.40	2400.00	300.00	17	75.40	2400.00	300.00	17	75.40	2400.00	300.00	17	75.40	2400.00	300.00
18	14.72	468.63	210.00	18	14.72	468.63	210.00	18	14.72	468.63	210.00	18	14.72	468.63	210.00
19	85.81	2731.37	210.00	19	85.81	2731.37	210.00	19	85.81	2731.37	210.00	19	85.81	2731.37	210.00
20	50.27	1600.00	82.72	20	50.27	1600.00	82.72	20	50.27	1600.00	82.72	20	50.27	1600.00	82.72
21	50.27	1600.00	337.28	21	50.27	1600.00	337.28	21	50.27	1600.00	337.28	21	50.27	1600.00	337.28
22	50.27	1600.00	210.00	22	50.27	1600.00	210.00	22	50.27	1600.00	210.00	22	50.27	1600.00	210.00
23	50.27	1600.00	210.00	23	50.27	1600.00	210.00	23	50.27	1600.00	210.00	23	50.27	1600.00	210.00
24	50.27	1600.00	210.00	24	50.27	1600.00	210.00	24	50.27	1600.00	210.00	24	50.27	1600.00	210.00
25	50.27	1600.00	210.00	25	50.27	1600.00	210.00	25	50.27	1600.00	210.00	25	50.27	1600.00	210.00
26	50.27	1600.00	210.00	26	50.27	1600.00	210.00	26	50.27	1600.00	210.00	26	50.27	1600.00	210.00

Fuente: Autor

### 2.2.3 Plan de recolección de información

En el desarrollo del trabajo experimental se realizará en tres instancias, la primera se basa en la recolección de información y datos en el proceso de taladrado por medio de la utilización de fichas y observación directa, la segunda instancia se enfoca en la utilización de un microscopio y softwares de análisis gráfico, mientras que la tercera instancia se basa en la utilización del rugosímetro para obtener registros de los perfiles de rugosidad de los agujeros realizados.

### 2.2.4 Plan Procesamiento y Análisis

Al momento de finalizar con la recolección de datos, se procede al procesamiento de la misma, consecuentemente se realiza gráficas y análisis estadísticos que permitirán establecer de mejor manera los parámetros de taladrado en el material compuesto elaborado. Mientras que en la tabulación de datos se realizará con el objetivo de establecer las variables planteadas en la hipótesis para así aseverar o negar la misma.

### 2.3 Operacionalización de Variables

#### 2.3.1 Variable Independiente

**Variable Independiente:** Parámetros de corte

*Tabla 2. 6 Variables Independientes*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Herramientas
El taladrado es un proceso de fabricación que facilita la unión de dos o más elementos, pues mediante una combinación entre los movimientos rotativos y lineales se realizan agujeros de tipo cilíndrico.	Parámetros de la máquina	Velocidad de husillo	<b>Baja:</b> (468.63 rpm) <b>Media:</b> (1600 rpm) <b>Alta:</b> (2731.37 rpm)	Observación directa
		Velocidad de avance	<b>Baja:</b> (82.72mm/min) <b>Media:</b> (120 mm/min) <b>Alta:</b> (300 mm/min)	Fichas de datos
	Herramienta de taladrado	Tipo de broca	Broca CERIN 109Ø10	Observación Ficha técnica
			Broca CERIN 118Ø10	

**Fuente:** Autor

### 2.3.2 Variable Dependiente

**Variable Dependiente:** Calidad superficial

*Tabla 2. 7 Variable dependiente*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Herramientas
Se denomina calidad superficial al acabado obtenido por las piezas una vez terminado el proceso de elaboración; adquiere importancia al mostrar el comportamiento de la pieza ante los esfuerzos a los que se ve sometido.	Delaminación	Factor de delaminación (Fd)	$Fd = \frac{\phi \text{ daño max}}{\phi \text{ nominal}}$	Recolección de datos
				Aplicación de Formulas
	Rugosidad	Rugosidad Media (Ra)	Media aritmética de las rugosidades parciales ( $\mu\text{m}$ )	Observación directa
				Rugosímetro
	Microscopia	Microscopia electrónica	Ampliación fotográfica del daño generado en el proceso de taladrado	Observación directa
				Captura de imágenes

**Fuente:** Autor

### 2.4 Hipótesis

H<sub>0</sub>: La variación de los factores en el proceso de taladrado no afectan la calidad superficial del compuesto de matriz polimérica reforzada con fibra de abacá.

H<sub>1</sub>: La variación de los factores en el proceso de taladrado afectan la calidad superficial del compuesto de matriz polimérica reforzada con fibra de abacá.

## 2.5 Señalamiento de variables de la hipótesis

### 2.5.1 Variable Independiente

Parámetros de corte (velocidad de husillo, velocidad de avance)

### 2.5.2 Variable Dependiente

Calidad Superficial

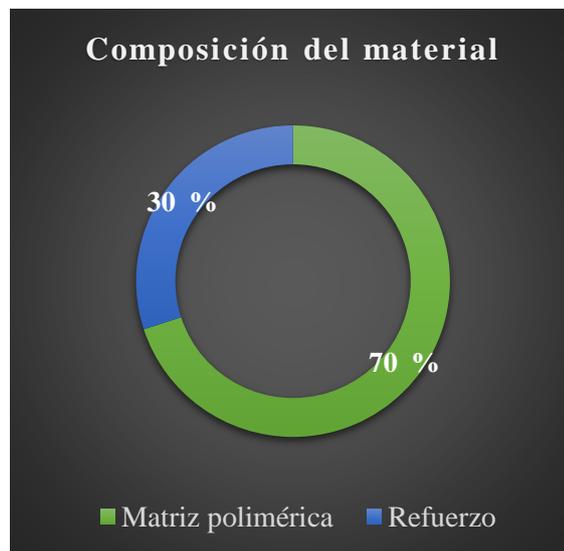
### 2.5.3 Termino de relación

Afectación

## 2.6 Procedimiento

### 2.6.1 Estratificación de Probetas

Paredes [1], Chisaguano [4] y Benavides [3], determinan que la mejor configuración para materiales compuestos con 70% matriz y 30% refuerzo.



*Figura 2. 1 Composición del material*  
Fuente: Autor

#### 2.6.1.1 Cálculo de las fracciones Volumétricas

Para el cálculo de las fracciones volumétricas se debe considerar el peso y la masa, para los cuales se calcula la magnitud exacta de cada material para la composición del material.

Para refuerzos inorgánicos - orgánicos se pone a consideración los refuerzos fibrosos (es la unión de un material de origen sintético con un material de origen vegetal) a manera de sándwich, por ende, para el cálculo de la fracción volumétrica se toma en cuenta la regla de las mezclas en los materiales compuestos por fibras. Se da por la siguiente ecuación: [43].

$$\rho_c = f_m \rho_m + f_f \rho_f$$

**Ecuación 3**

$$f_m = 1 - f_f$$

**Ecuación 4**

Donde:

$\rho_c$  = densidad del compuesto

$f_m \rho_m + f_f \rho_f$  = fracción volumétrica de cada componente (el subíndice m = matriz, el subíndice f= fibra)

### **2.6.1.2 Cálculo de las fracciones Volumétricas para la Resina Poliéster**

Se conoce la densidad de la matriz (Resina Poliéster) = 1.20 g/cm<sup>3</sup> y la densidad del refuerzo = 1.3 g/cm<sup>3</sup> [17] [25], por ende:

$$\rho_c = f_m \rho_m + f_f \rho_f$$

$$\rho_c = (1-f_f) \rho_m + f_f \rho_f$$

$$\rho_c = (70\%) (1.20 \text{ g/cm}^3) + (30\%) (1.3 \text{ g/cm}^3)$$

$$\rho_c = 1.23 \text{ g/cm}^3$$

Como resultado la densidad teórica del compuesto será: 1.23 g/cm<sup>3</sup>

Se realizó una plancha de material compuesto con las siguientes dimensiones:

- Largo = 26cm
- Ancho = 25cm
- Espesor = 1 cm

Se procede a obtener el volumen del compuesto ( $V_c$ ):

$$V_c = (260 \times 250 \times 10) \text{ mm}^3$$

$$V_c = 650000 \text{ mm}^3$$

$$V_c = 650 \text{ cm}^3$$

**a) Matriz**

$$\text{Volumen del compuesto } (V_c) = 650 \text{ cm}^3$$

$$\text{Contribución} = 70\%$$

$$\text{Densidad} = 1.2 \text{ g/cm}^3$$

Volumen de la matriz ( $V_m$ )

$$V_m = (0.7 \times 650)$$

$$V_m = 455 \text{ cm}^3$$

Se considera un 10% del volumen calculado ya que existen pérdidas en el momento de la preparación del compuesto, por ende:

$$V_{\text{pérdidas}} = (455 \text{ cm}^3) * (10\%) = 45.5 \text{ cm}^3$$

Por consiguiente, el volumen real será:

$$V_{\text{mp}} = (455 + 45.5) \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{mp}} = 500.5 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{mp}} = 501 \text{ cm}^3$$

**b) Refuerzo (Fibra de Abacá)**

$$\text{Volumen del compuesto } (V_c) = 650 \text{ cm}^3$$

$$\text{Contribución} = 30\%$$

$$\text{Densidad} = 1.3 \text{ g/cm}^3$$

Volumen del refuerzo ( $V_r$ )

$$V_r = (0.3 \times 650)$$

$$V_r = 195 \text{ cm}^3$$

Se toma en cuenta 7 capas de tejido de aproximadamente 1 mm cada una, por ende:

**No. Capas = Volumen de refuerzo / volumen de cada capa individual.**

Volumen capa individual = Volumen del refuerzo / No. Capas

$$\text{Volumen capa individual} = 195 \text{ cm}^3 / 7$$

$$\text{Volumen capa individual} = 27.86 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen capa individual} = 28 \text{ cm}^3$$

Por consiguiente, se requiere de 28 cm<sup>3</sup> para cada una de las capas de tejido de fibra de Abacá

### **2.6.1.3 Cálculo de las fracciones Volumétricas para la Resina Epoxi**

Se conoce la densidad de la matriz (Resina Epoxi) = 1.1 g/cm<sup>3</sup> y la densidad del refuerzo = 1.3 g/cm<sup>3</sup> [17] [25], por ende:

$$\rho_c = f_m \rho_m + f_f \rho_f$$

$$\rho_c = (1-f_f)\rho_m + f_f \rho_f$$

$$\rho_c = (70\%) (1.10 \text{ g/cm}^3) + (30\%) (1.3 \text{ g/cm}^3)$$

$$\rho_c = 1.16 \text{ g/cm}^3$$

Como resultado la densidad teórica del compuesto será: 1.16 g/cm<sup>3</sup>

Se realizó una plancha de material compuesto con las siguientes dimensiones:

- Largo = 26cm
- Ancho = 25cm
- Espesor = 1 cm

Se procede a obtener el volumen del compuesto (Vc):

$$V_c = (260 \times 250 \times 10) \text{ mm}^3$$

$$V_c = 650000 \text{ mm}^3$$

$$V_c = 650 \text{ cm}^3$$

**a) Matriz**

Volumen del compuesto ( $V_c$ ) =  $650 \text{ cm}^3$

Contribución = 70%

Densidad =  $1.1 \text{ g/cm}^3$

Volumen de la matriz ( $V_m$ )

$$V_m = (0.7 * 650)$$

$$V_m = 455 \text{ cm}^3$$

Se considera un 10% del volumen calculado ya que existen pérdidas en el momento de la preparación del compuesto, por ende:

$$V_{\text{pérdidas}} = (455 \text{ cm}^3) * (10\%) = 45.5 \text{ cm}^3$$

Por consiguiente, el volumen real será:

$$V_{\text{mp}} = (455 + 45.5) \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{mp}} = 500.5 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{mp}} = 501 \text{ cm}^3$$

**b) Refuerzo (Fibra de Abacá)**

Volumen del compuesto ( $V_c$ ) =  $650 \text{ cm}^3$

Contribución = 30%

Densidad =  $1.3 \text{ g/cm}^3$

Volumen del refuerzo ( $V_r$ )

$$V_r = (0.3 * 650)$$

$$V_r = 195 \text{ cm}^3$$

Se toma en cuenta 7 capas de tejido de aproximadamente 1 mm cada una, por ende:

**No. Capas = Volumen de refuerzo / volumen de cada capa individual.**

Volumen capa individual = Volumen del refuerzo / No. Capas

$$\text{Volumen capa individual} = 195 \text{ cm}^3 / 7$$

$$\text{Volumen capa individual} = 27.86 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen capa individual} = 28 \text{ cm}^3$$

Por consiguiente, se requiere de  $28 \text{ cm}^3$  para cada una de las capas de tejido de fibra de Abacá.

#### ***2.6.1.4 Cálculo de las fracciones Volumétricas para Resina Poliéster y Resina Epoxi (ensayo Humedad)***

Se realizaron 5 probetas de material compuesto con las siguientes dimensiones:

- Largo = 5.08 cm
- Ancho = 5.08cm
- Espesor = 0.32 cm

Volumen del compuesto ( $V_c$ ):

$$V_c = (50.8 \times 50.8 \times 3.2) \text{ mm}^3$$

$$V_c = 8258.048 \text{ mm}^3$$

$$V_c = 8.258048 \text{ cm}^3$$

$$V_c = 8.26 \text{ cm}^3$$

##### **a) Matriz**

$$\text{Volumen del compuesto (} V_c \text{)} = 8.26 \text{ cm}^3$$

$$\text{Contribución} = 70\%$$

$$\text{Densidad resina poliéster} = 1.1 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Densidad resina epoxi} = 1.3 \text{ g/cm}^3$$

Volumen de la matriz ( $V_m$ )

$$V_m = (0.7 \times 8.26)$$

$$V_m = 5.78 \text{ cm}^3$$

Se considera un 10% del volumen calculado ya que existen perdidas en el momento de la preparación del compuesto, por ende:

$$V_{\text{pérdidas}} = (5.78 \text{ cm}^3) * (10\%) = 0.578 \text{ cm}^3$$

Por consiguiente, el volumen real será:

$$V_{\text{mp}} = (5.78 + 0.578) \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{mp}} = 6.36 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{mp}} = 7 \text{ cm}^3$$

El volumen para cada probeta será  $7 \text{ cm}^3$ , por lo tanto, se necesita de  $35 \text{ cm}^3$  para las 5 probetas.

#### **b) Refuerzo (Fibra de Abacá)**

$$\text{Volumen del compuesto (Vc)} = 8.26 \text{ cm}^3$$

Contribución = 30%

$$V_r = (0.3 * 8.26)$$

$$V_r = 2.48 \text{ cm}^3$$

Se toma en cuenta 3 capas de tejido de aproximadamente 1 mm cada una, por ende:

**No. Capas = Volumen de refuerzo / volumen de cada capa individual.**

$$\text{Volumen capa individual} = \text{Volumen del refuerzo} / \text{No. Capas}$$

$$\text{Volumen capa individual} = 2.48 \text{ cm}^3 / 3$$

$$\text{Volumen capa individual} = 0.83 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen capa individual} = 1 \text{ cm}^3$$

Por consiguiente, se requiere de  $1 \text{ cm}^3$  para cada una de las capas de tejido de fibra de Abacá.

### **2.6.2 Preparación de la Fibra de Abacá**

Por medio de la tabla 10 se describe el proceso que se realizó para el tejido de la fibra de abacá. El tejido se realizó por intermedio de un artesano en la parroquia Salasaca, cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua.

*Tabla 2. 8 Proceso para el tejido de la Fibra de Abacá*

Número	Actividad	Descripción	Imagen
1	Obtención de la Fibra	La fibra de abacá se obtuvo por medio de un fabricante artesanal (Santo Domingo-Ecuador), en donde realiza el corte del tallo y se selecciona lo mejor y se limpia manualmente, luego se pasa por una maquina desfibradora, luego se tienden para que se sequen naturalmente	
2	Separación de la cantidad de fibra necesaria para el tejido	Se separó manualmente la fibra, se contó 5 tiras de fibra para cada pasada.	
3	Preparación del telar	El artesano alistó el telar con algodón como base pasándolo por medio de las agujas.	

4	Tejido de la Fibra	El artesano procedió a tejer la fibra de abacá con una medida de 60*120 cm ya que era el telar más pequeño (el tiempo empleado fue de una semana)	
5	Aislar el tejido del telar	Con la ayuda del algodón se hizo un tope al final del tejido para evitar que se deshile, luego se cortó los hilos sobrantes de algodón para retirar el tejido	

Fuente: Autor

### 2.6.3 Elaboración y Curado de las probetas de Resina Poliéster

Para la fabricación de las probetas se adquirió el molde y algunos materiales necesarios para la elaboración de las mismas, los cuales se describe a continuación:

*Tabla 2. 9 Elaboración y curado de Probetas de Resina Poliéster*

Número	Actividad	Descripción	Imagen
1	Obtención de los materiales	Se utilizó resina poliéster, catalizador, cera y liquido desmoldante, brocha, guaípe, guantes y fibra de abacá	

<p><b>2</b></p>	<p>Remoción de escoria del moldeo</p>	<p>Por medio de una lija se limpió todas las partes del molde (tapa, base y marco)</p>	
<p><b>3</b></p>	<p>Aplicación de líquido y cera desmoldante en todas las partes del molde (tapa, base y marco)</p>	<p>Se aplicó dos capas de líquido desmoldante luego se aplicó la cera desmoldante (dejar secar cada uno de 5 a 10 min)</p>	
<p><b>4</b></p>	<p>Tizar la fibra y recortar en las dimensiones apropiadas</p>	<p>Se trazó 4 pedazos de 240*255 mm y 3 pedazos de 255*240 mm en el telar y se cortó cada uno (el corte debe ser bidireccional)</p>	
<p><b>5</b></p>	<p>Preparación de la resina con el catalizador</p>	<p>Se vertió la cantidad de resina calculada en el literal 2.6.1.2, y se colocó el 1% de Catalizador.</p>	

6	<p>Moldeo del compuesto</p>	<p>Se aplicó la resina uniformemente para las 7 capas de fibra de Abacá.</p>	
7	<p>Cerrar el molde</p>	<p>Una vez finalizado el proceso de colocación de resina y fibra, se procesa a tapar el molde y se aplica presión con la ayuda de pernos y tuercas</p>	
8	<p>Desmolde</p>	<p>Después del transcurso de 24 horas se procede a aislar las probetas del molde.</p>	
9	<p>Proceso de Curado de probetas</p>	<p>Se utilizó un Secador por Radiación infrarroja del laboratorio de Ingeniería Mecánica, el mismo que se precalentó a 70°C, una vez obtenida dicha temperatura se ingresó las probetas por un tiempo de 2 horas. Luego de haber cumplido</p>	

		el tiempo de curado se apagó el horno y se dejó en el interior las probetas hasta el día siguiente (24h)	
--	--	--	---

Fuente: Autor

## 2.6.4 Elaboración y Curado de las probetas de Resina Epoxi

*Tabla 2. 10 Elaboración y curado de Probetas de Resina Epoxi*

Número	Actividad	Descripción	Imagen
1	Obtención de los materiales	Se utilizó resina poliéster, catalizador, cera desmoldante, rodillo, balanza, guantes y fibra de abacá	
2	Aplicación de cera desmoldante	Se aplicó dos capas de cera desmoldante (dejar secar cada uno de 5 a 10 min)	
3	Tizar la fibra y recortar en las dimensiones apropiadas	Se trazó 4 pedazos de 240*255 mm y 3 pedazos de 255*240 mm en el telar y se cortó cada uno (el corte debe ser bidireccional)	

5	Preparación de la resina con el catalizador	Se vertió la cantidad de resina calculada en el literal 2.6.1.3 Y se colocó el Catalizador.	
6	Moldeo del compuesto	Se aplicó la resina uniformemente para las 7 capas de fibra de Abacá.	
7	Desmolde	Después del transcurso de 24 horas se procede a aislar las probetas de la base.	
9	Proceso de Curado de probetas	Se utilizó un Secador por Radiación infrarroja del laboratorio de Ingeniería Mecánica, el mismo que se precalentó a 70°C, una vez obtenida dicha temperatura se ingresó las probetas por un tiempo de 2 horas. Luego de haber cumplido el tiempo de curado se apagó el horno y se dejó en el interior las probetas hasta el día siguiente (24h)	

Fuente: Autor

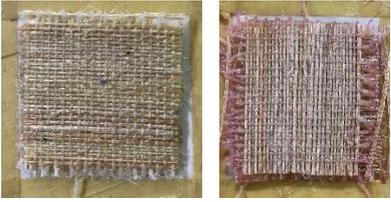
### 2.6.5 Elaboración y Curado de las probetas para el ensayo de Humedad

Se realizo el mismo proceso de las probetas de resina poliéster y resina epoxi, con la diferencia que se elaboró de las siguientes dimensiones:

- Ancho = 50.8 mm
- Largo = 50.8 mm
- Espesor = 3.2 mm

*Tabla 2. 11 Elaboración y Curado de las probetas para el ensayo de Humedad*

Número	Actividad	Descripción	Imagen
1	Tizar la fibra y recortar en las dimensiones apropiadas	Se trazó 30 pedazos de 50.8*50.8 mm en el telar y se cortó cada uno (el corte debe ser bidireccional)	
2	Preparación de la resina con el catalizador	Se vertió la cantidad calculada de resina poliéster y resina epoxi.	
3	Moldeo del compuesto	Se aplicó la resina uniformemente para las 3 capas de fibra de Abacá tanto para las probetas de resina poliéster como resina epoxi	

<p><b>4</b></p>	<p>Desmolde</p>	<p>Después del transcurso de 24 horas se procede a aislar las probetas de la base.</p>	
<p><b>5</b></p>	<p>Proceso de Curado de probetas</p>	<p>Se utilizó un Secador por Radiación infrarroja del laboratorio de Ingeniería Mecánica, el mismo que se precalentó a 50°C, una vez obtenida dicha temperatura se ingresó las probetas por un tiempo de 24 horas. Luego de haber cumplido el tiempo de curado se apagó el horno y se dejó en el interior las probetas hasta el día siguiente</p>	
<p><b>6</b></p>	<p>Secado de probetas</p>	<p>Se enfriarán en un desecador e inmediatamente se pesará al 0.001 g más cercano.</p>	

Fuente: Autor

### 2.6.6 Proceso de Taladrado de probetas de Resina Poliéster y Resina Epoxi

Por medio de la Fresa CNC TRAVIS M-1000, existente en el laboratorio de Ingeniería Mecánica, se realizó el proceso de taladrado para las placas de Resinas Poliéster y Resina Epoxi, para lo cual se efectuó los siguientes pasos:

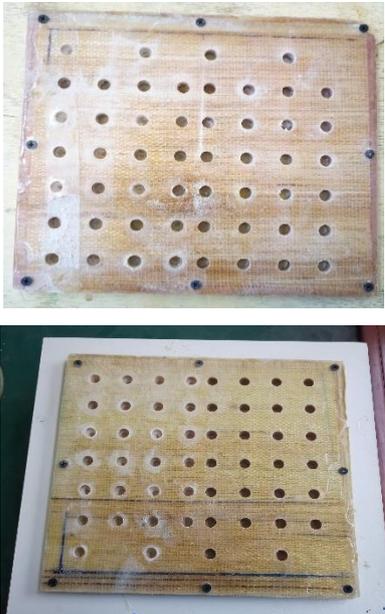


*Figura 2. 2. Fresa CNC TRAVIS M-1000*  
Fuente: Autor

*Tabla 2. 12 Proceso de Taladrado de Probetas de Resina Poliéster y Resina Epoxi*

Número	Actividad	Descripción	Imagen
1	Montaje de las Probetas en una placa de Madera MDF	Se realizo el montaje de las probetas sobre una placa de madera MDF de 300x300x12 mm, para lo cual se ajustó con 8 tornillos.	

<p><b>2</b></p>	<p>Montaje de las placas en la fresa CNC TRAVIS M-1000</p>	<p>Se colocó las placas de manera adecuada en la Fresa y se insertó el herramental</p>	
<p><b>3</b></p>	<p>Taladrado con el herramental CEFIN 109Ø10</p>	<p>Se realizó las perforaciones en la placa de resina poliéster (13 perforaciones con 1 replica)</p>	
<p><b>4</b></p>	<p>Taladrado con el herramental CEFIN 118Ø10</p>	<p>Se efectuó las perforaciones en la placa de resina poliéster (13 perforaciones con 1 replica)</p>	
<p><b>5</b></p>	<p>Verificación de Viruta</p>	<p>Se procedió a observar el herramental y la viruta desprendida de la placa de resina poliéster</p>	

<p><b>6</b></p>	<p>Taladrado con el herramental CEFIN 109Ø10</p>	<p>Se realizó las perforaciones en la placa de resina Epoxi (13 perforaciones con 1 replica)</p>	
<p><b>7</b></p>	<p>Taladrado con el herramental CEFIN 118Ø10</p>	<p>Se efectuó las perforaciones en la placa de resina Epoxi (13 perforaciones con 1 replica)</p>	
<p><b>8</b></p>	<p>Verificación de Viruta</p>	<p>Se procedió a observar el herramental y la viruta desprendida de la placa de resina epoxi</p>	
<p><b>9</b></p>	<p>Finalización del proceso</p>	<p>Se extrajeron las dos placas tanto como resina poliéster como resina epoxi</p>	

Fuente: Autor

## 2.6.7 Ensayo de Humedad en las probetas de Resina Poliéster y Resina Epoxi

*Tabla 2. 13 Ensayo de Humedad en las probetas de Resina Poliéster y Resina Epoxi*

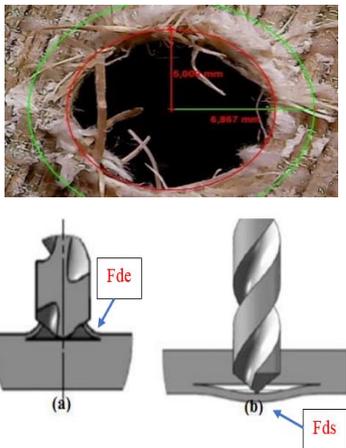
Número	Actividad	Descripción	Imagen
1	Medición 1 del peso de las probetas	Se pesó al instante de ser extraídas del secador (peso original)	
2	Medición 2 del peso de las probetas	Se sumergió las probetas en agua destilada por 24h y se toma el peso al culminar el tiempo establecido (las probetas deben estar aisladas de la base del recipiente y deben estar inmersas totalmente)	
3	Medición 3 del peso de las probetas	Se sumerge nuevamente las probetas y se toma el peso después de 2 semanas (dejar inmersas hasta la siguiente medición)	

4	Medición 4 del peso de las probetas	Dejar un lapso de 2 semanas y tomar la última medición. (debe absorber el 1% del peso es decir hasta cuando se encuentre es estado de saturación)	
---	-------------------------------------	---	---

Fuente: Autor

### 2.6.8 Medición de Delaminación y Rugosidad de las placas de Resina Poliéster y Resina Epoxi

Tabla 2. 14 Medición del Factor de Delaminación y Rugosidad

Número	Actividad	Descripción	Imagen
1	Medición del Factor de Delaminación	<p>Se tomó las medidas de cada uno de los agujeros:</p> <p>a) <math>F_{de}</math> = factor de delaminación de entrada</p> <p>b) <math>F_{ds}</math> = factor de delaminación de entrada</p>	
2	Medición de la Rugosidad	Por medio del Rugosímetro se tomó dos mediciones por cada agujero de ambas placas.	

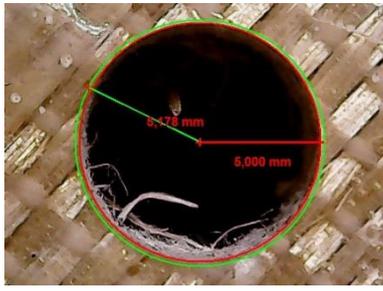
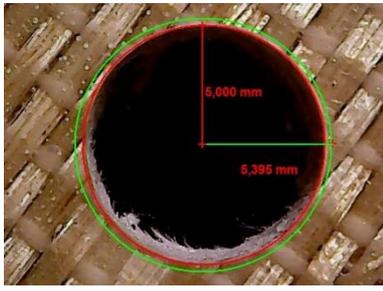
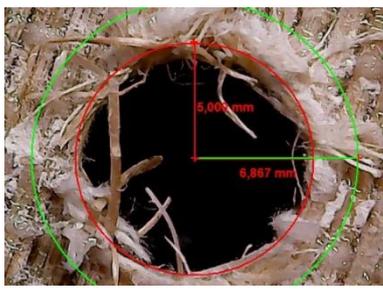
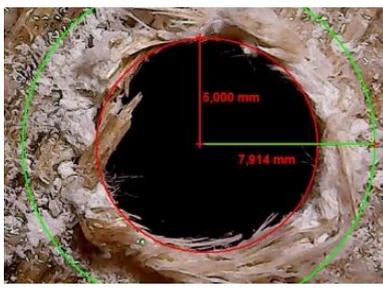
Fuente: Autor

## CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Análisis y discusión de los resultados.

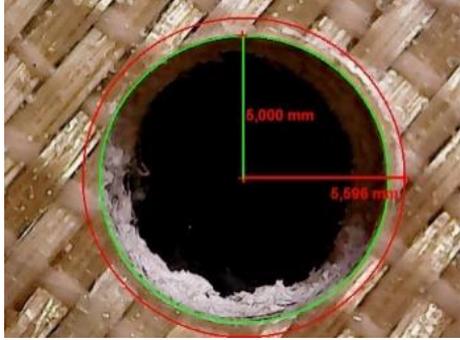
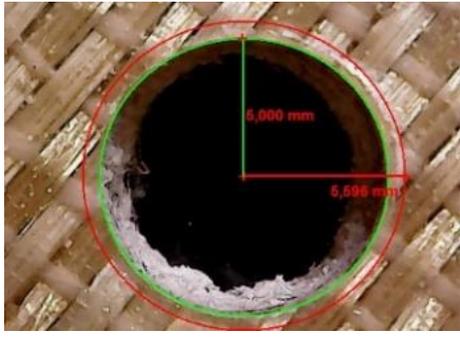
#### 3.1.1 Recolección de Datos de Delaminación y Rugosidad

*Tabla 3. 1 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E1-ER1, ES1-ESR1*

“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	800 rpm	<b>Avance:</b>	120 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
E1-ES1	4.214	3.180	3.697
ER1-ESR1	3.067	3.828	3.448
<b>Total</b>			<b>2.573</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada	Promedio: 1.0573	Probetas	
		E1	ER1
			
Delaminación Salida	Promedio: 1.4781	ES1	ESR1
			

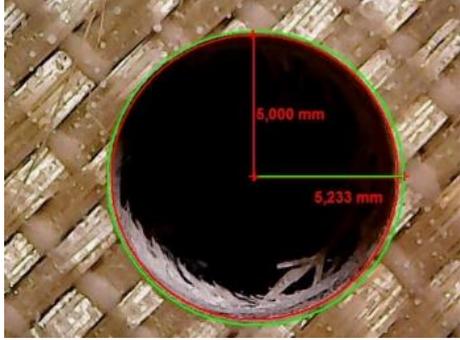
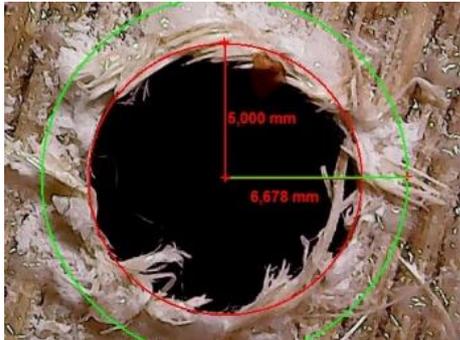
Fuente: Autor

Tabla 3. 2 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E2-ER2, ES2-ESR2

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	2400 rpm	<b>Avance:</b>	120 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
E2-ES2	3.322	3.128	3.225
ER2-ESR2	2.421	3.031	2.726
<b>Total</b>			<b>2.976</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0960</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		E2	ER2
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.5524</b>	ES2	ESR2
			
			

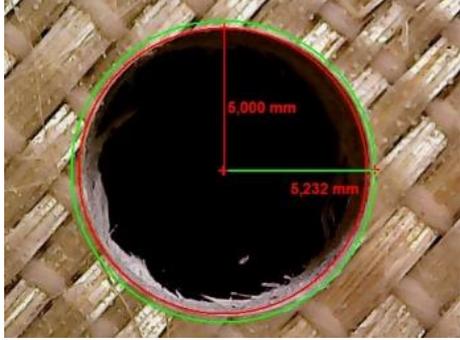
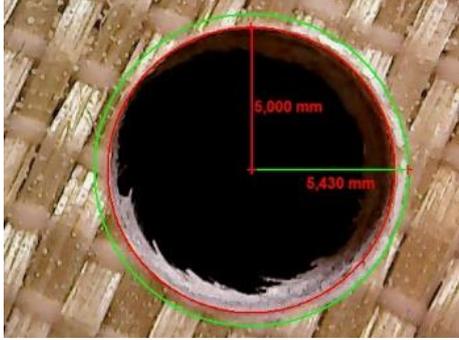
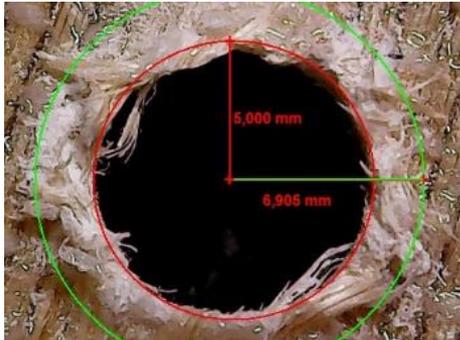
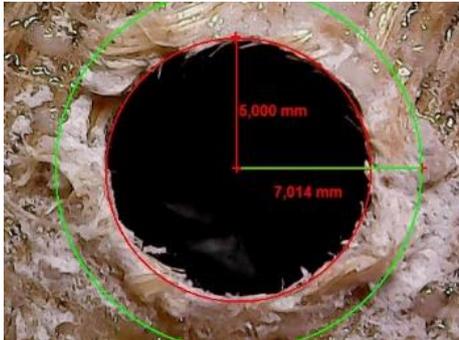
Fuente: Autor

Tabla 3. 3 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E3-ER3, ES3-ESR3

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	800 rpm	<b>Avance:</b>	300 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
<b>Rugosidad (Ra) <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Medición 1</b>	<b>Medición 2</b>	<b>Promedio</b>
<b>E3-ES3</b>	2.896	2.612	2.754
<b>ER3-ESR3</b>	3.138	2.515	2.827
<b>Total</b>			<b>2.791</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.5029</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<b>E3</b>	<b>ER3</b>
			
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.4062</b>	<b>ES3</b>	<b>ESR3</b>
			

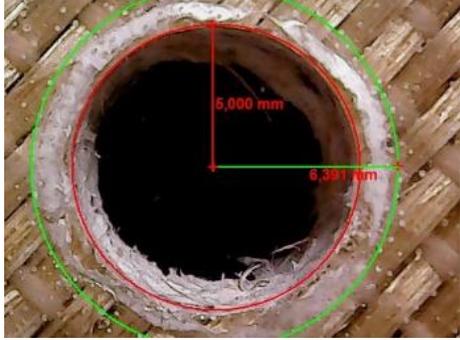
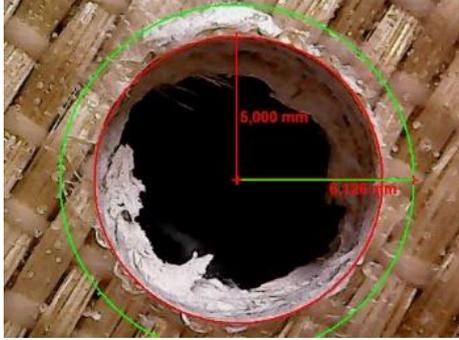
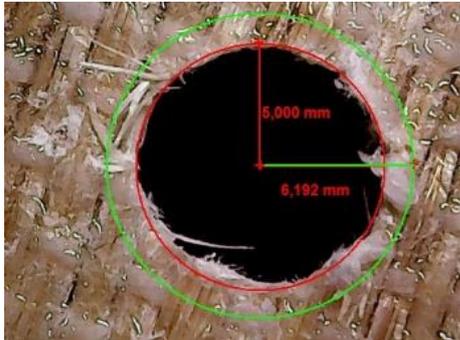
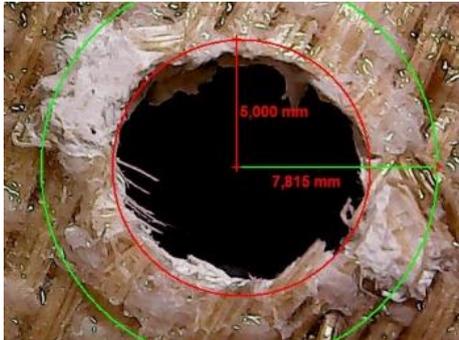
Fuente: Autor

Tabla 3. 4 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E4-ER4, ES4-ESR4

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	2400 rpm	<b>Avance:</b>	300 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
<b>E4-ES4</b>	3.027	3.103	3.065
<b>ER4-ESR4</b>	3.186	3.659	3.423
<b>Total</b>			<b>3.246</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0662</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<b>E4</b>	<b>ER4</b>
			
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.3919</b>	<b>ES4</b>	<b>ESR4</b>
			

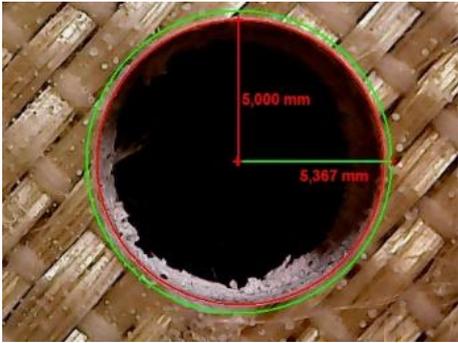
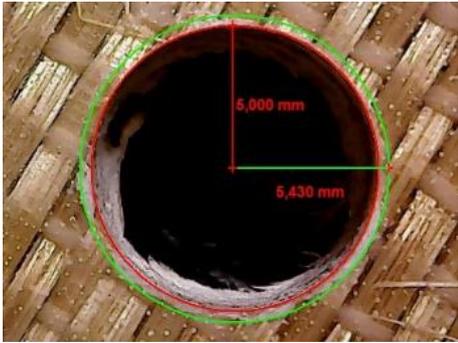
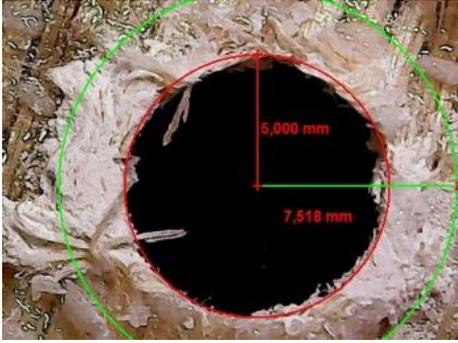
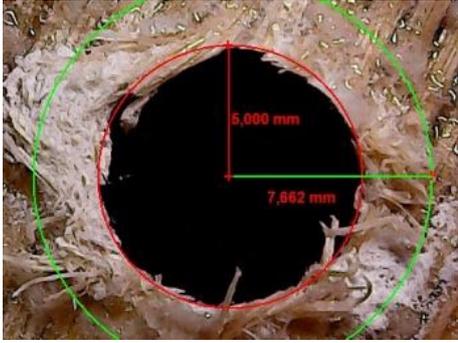
Fuente: Autor

Tabla 3. 5 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E5-ER5, ES5-ESR5

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	468.63 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
<b>E5-ES5</b>	3.102	3.566	3.334
<b>ER5-ESR5</b>	3.671	3.517	3.594
<b>Total</b>			<b>3.464</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.2517</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		E5	ER5
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.4007</b>	ES5	ESR5
			
			

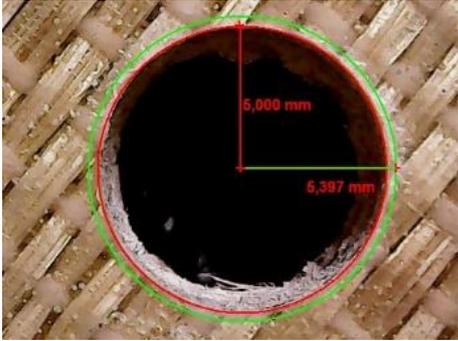
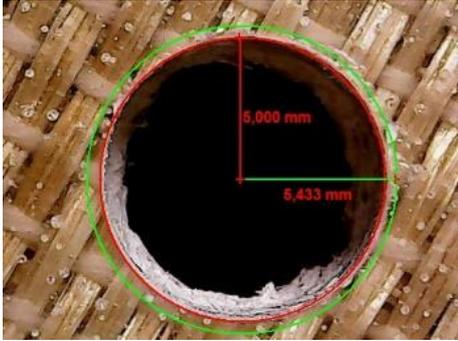
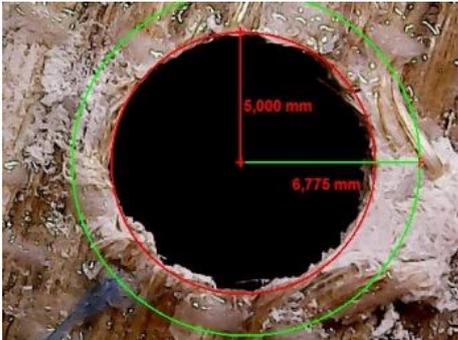
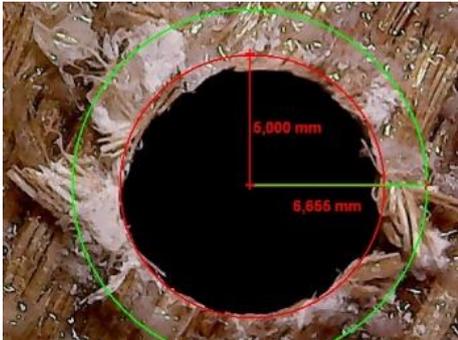
Fuente: Autor

Tabla 3. 6 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E6-ER6, ES6-ESR6

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	2731.37 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
<b>Rugosidad (Ra) <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Medición 1</b>	<b>Medición 2</b>	<b>Promedio</b>
<b>E6-ES6</b>	3.707	3.772	3.740
<b>ER6-ESR6</b>	3.434	3.632	3.533
<b>Total</b>			<b>3.637</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0797</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<b>E6</b>	<b>ER6</b>
			
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.5180</b>	<b>ES6</b>	<b>ESR6</b>
			

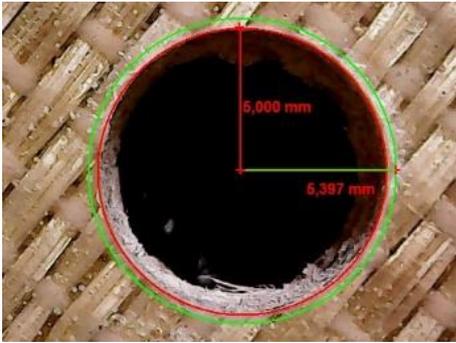
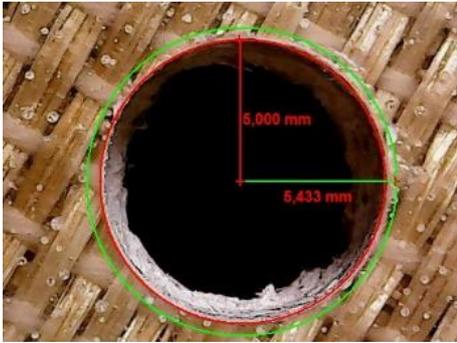
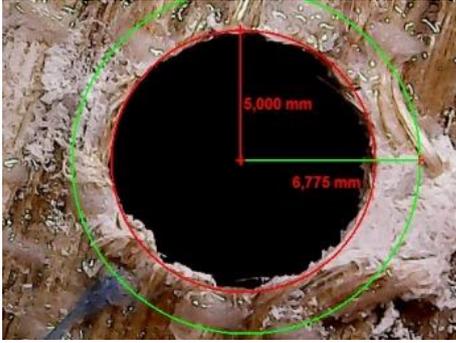
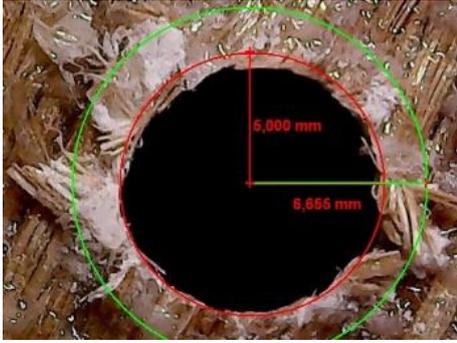
Fuente: Autor

Tabla 3. 7 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E7-ER7, ES7-ESR7

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	82.72 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
E7-ES7	3.867	3.566	3.717
ER7-ESR7	2.789	2.645	2.717
<b>Total</b>			<b>3.217</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0840</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		E7	ER7
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.3440</b>	ES7	ESR7
			
			

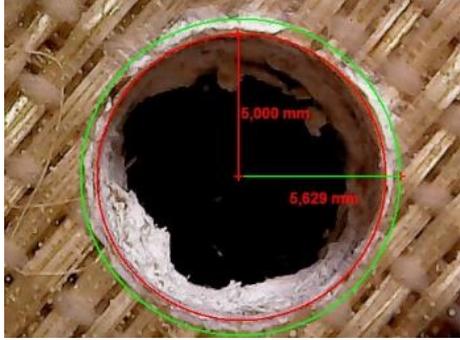
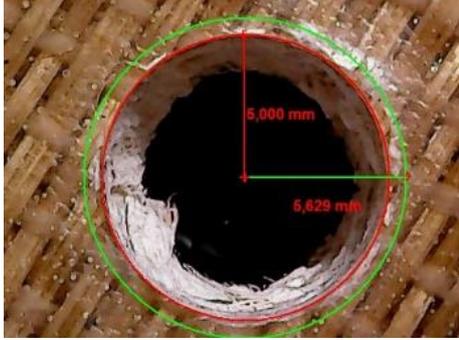
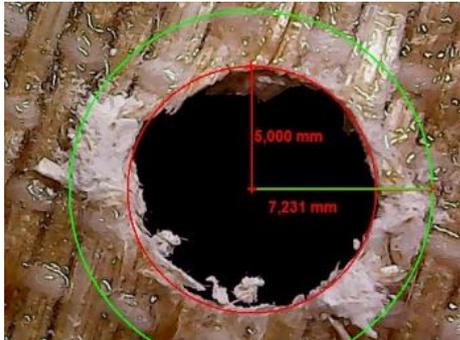
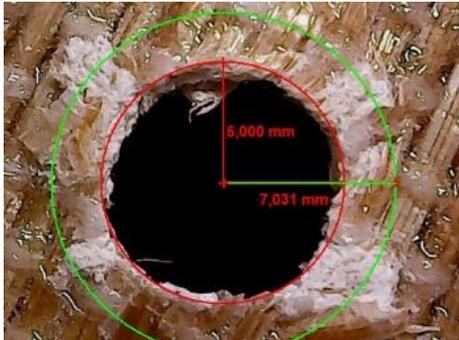
Fuente: Autor

Tabla 3. 8 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E8-ER8, ES8-ESR8

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	337.28 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
<b>81-ES8</b>	3.900	4.041	3.971
<b>ER8-ESR8</b>	2.509	3.269	2.889
<b>Total</b>			<b>3.430</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0840</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<b>E8</b>	<b>ER8</b>
			
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.3440</b>	<b>ES8</b>	<b>ESR8</b>
			

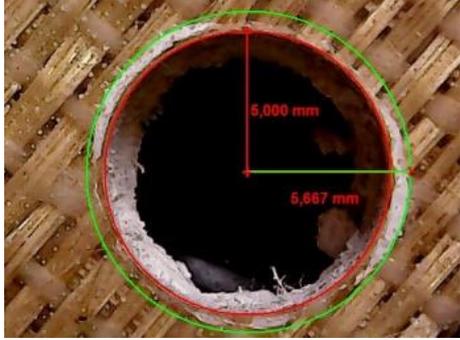
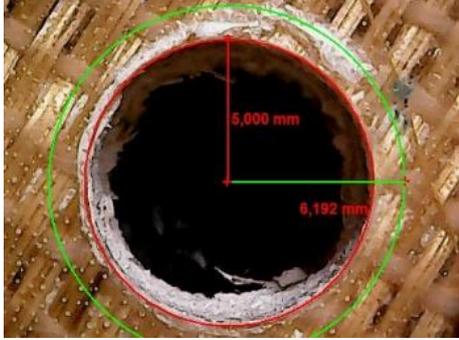
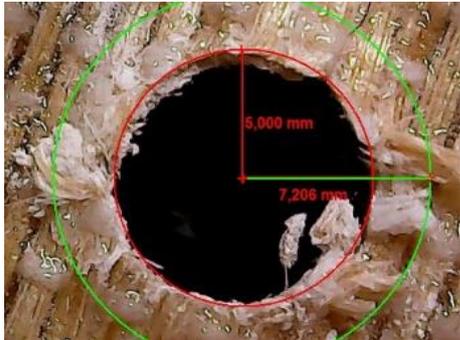
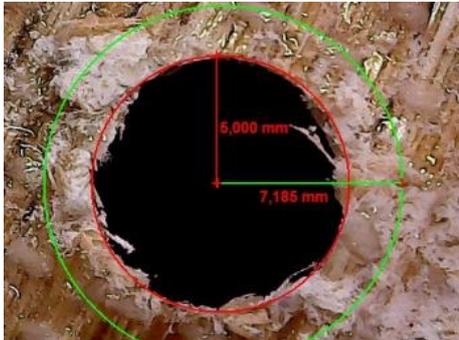
Fuente: Autor

Tabla 3. 9 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E9-ER9, ES9-ESR9

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
<b>E9-ES9</b>	2.891	2.544	2.718
<b>ER9-ESR9</b>	1.291	4.047	2.669
<b>Total</b>			<b>2.694</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio:</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<b>E9</b>	<b>ER9</b>
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio:</b>	<b>ES9</b>	<b>ESR9</b>
			
			

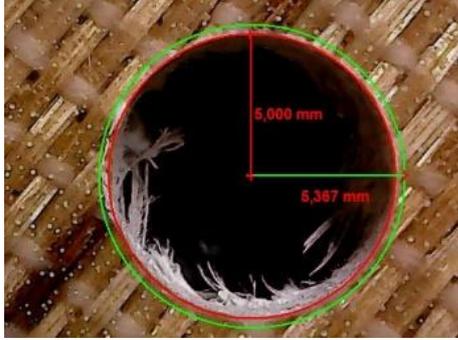
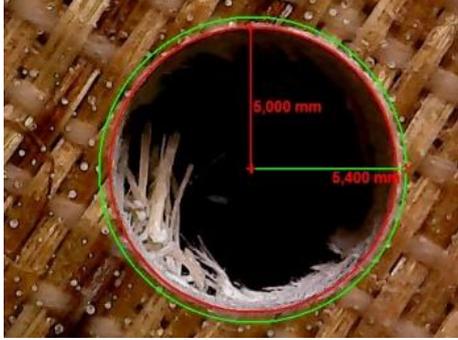
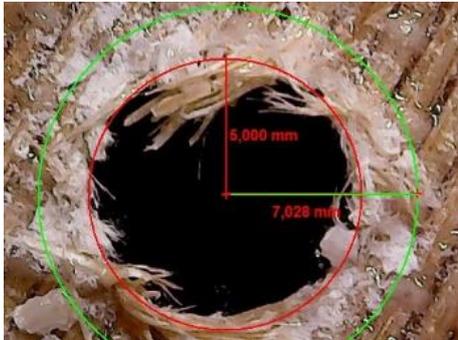
Fuente: Autor

Tabla 3. 10 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E10-ER10, ES10-ESR10

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
<b>E10-ES10</b>	1.299	2.535	1.917
<b>ER10-ESR10</b>	1.144	3.242	2.193
<b>Total</b>			<b>2.055</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.1859</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<b>E10</b>	<b>ER10</b>
			
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.4391</b>	<b>ES10</b>	<b>ESR10</b>
			

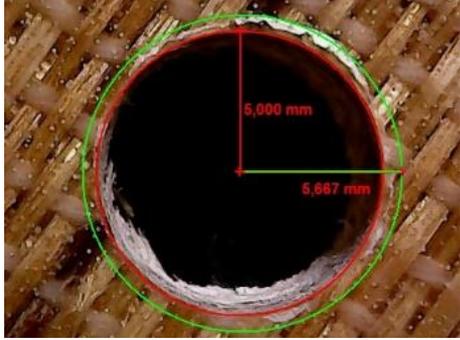
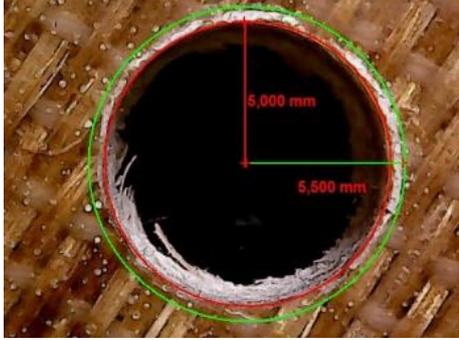
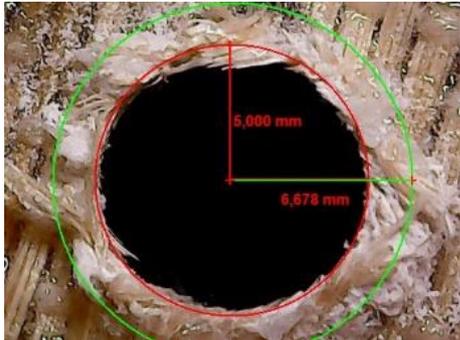
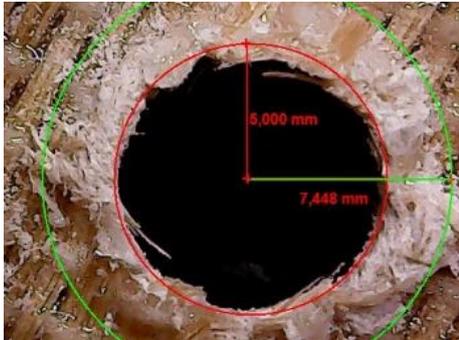
Fuente: Autor

Tabla 3. 11 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E11-ER11, ES11-ESR11

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
<b>E11-ES11</b>	3.384	2.562	2.973
<b>ER11-ESR11</b>	3.418	3.242	3.330
<b>Total</b>			<b>3.152</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio:</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		E11	ER11
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio:</b>	ES11	ESR11
			
			

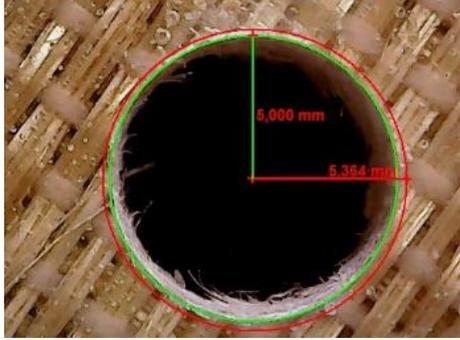
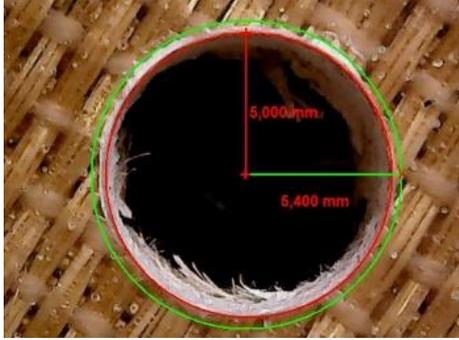
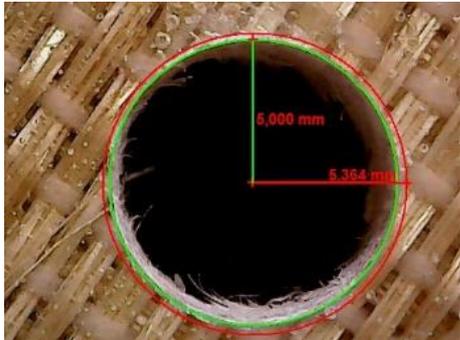
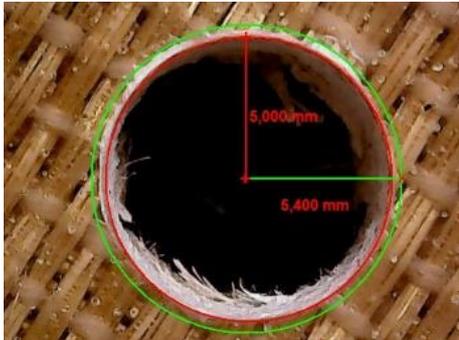
Fuente: Autor

Tabla 3. 12 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E12-ER12, ES12-ESR12

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
<b>E12-ES12</b>	2.617	3.430	3.024
<b>ER12-ESR12</b>	3.389	2.652	3.021
<b>Total</b>			<b>3.023</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.1167</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		E12	ER12
			
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.4126</b>	ES12	ESR12
			

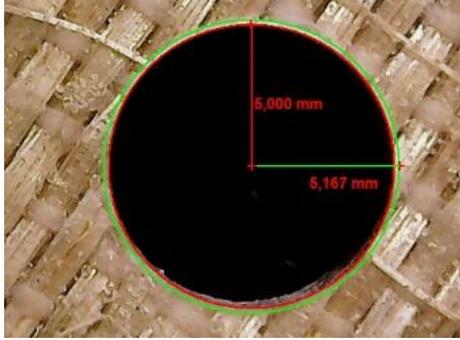
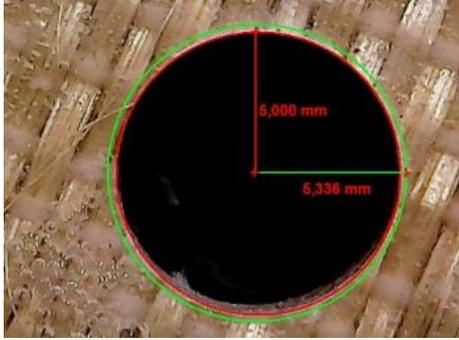
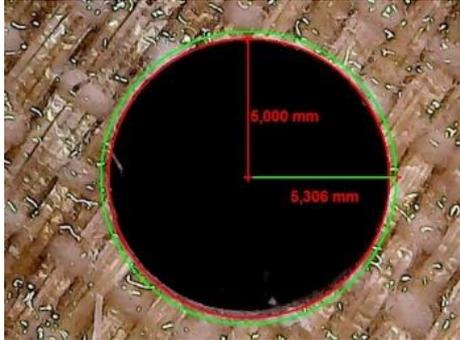
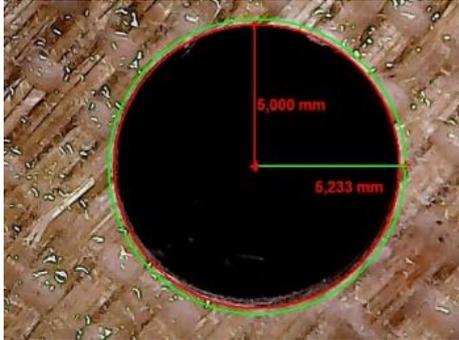
Fuente: Autor

Tabla 3. 13 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), E13-ER13, ES13-ESR13

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (109)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	800 rpm	Avance:	120 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
E13-ES13	3.330	3.750	3.540
ER13-ESR13	3.887	3.367	3.627
<b>Total</b>			<b>3.584</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0764	Probetas	
		E13	ER13
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.3847	ES13	ESR13
			
			

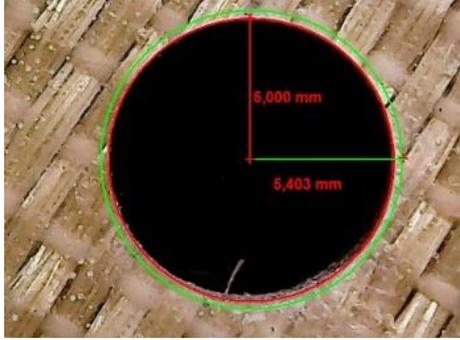
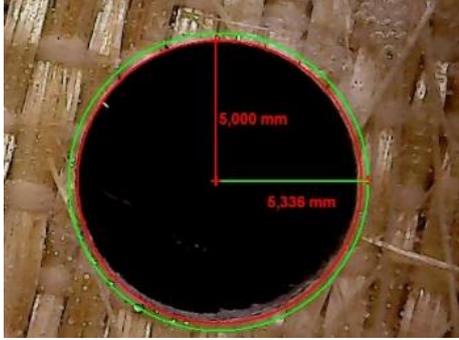
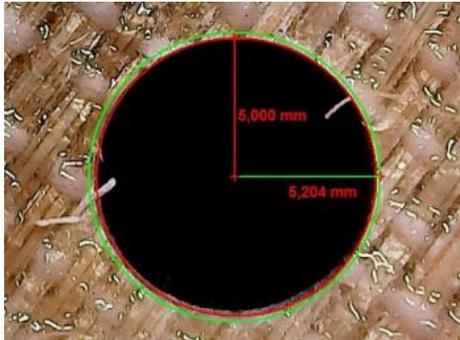
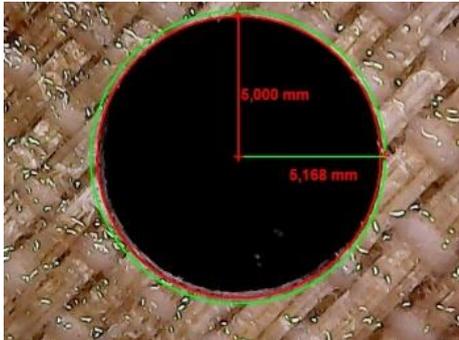
Fuente: Autor

Tabla 3. 14 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE1-EER1, EES1-EESR1

“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	2400 rpm	Avance:	120 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
EE1-EES1	2.641	1.506	2.074
EER1-EESR1	0.750	0.593	0.672
<b>Total</b>			<b>1.373</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0503	Probetas	
		EE1	EER1
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.0539	EES1	EESR1
			
			

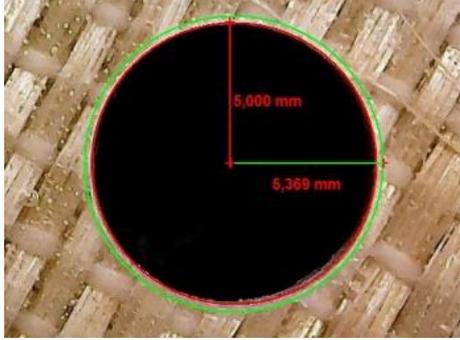
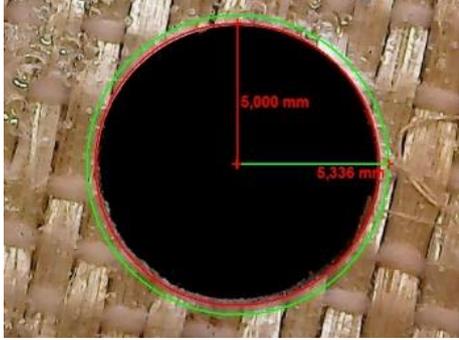
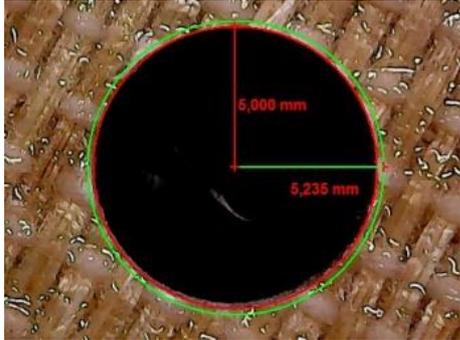
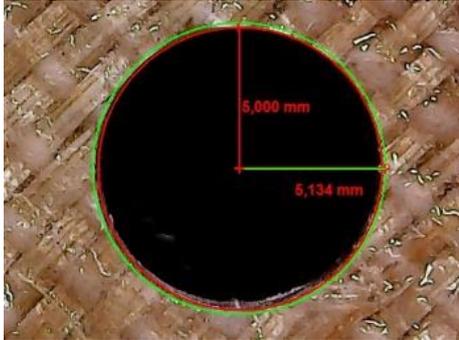
Fuente: Autor

Tabla 3. 15 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE2-EER2, EES2-EESR2

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (118)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	2400 rpm	<b>Avance:</b>	120 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
<b>Rugosidad (Ra) <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Medición 1</b>	<b>Medición 2</b>	<b>Promedio</b>
<b>EE2-EES2</b>	1.528	2.876	2.202
<b>EER2-EESR2</b>	1.203	2.359	1.781
<b>Total</b>			<b>1.992</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0739</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<b>EE2</b>	<b>EER2</b>
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.0372</b>	<b>EES2</b>	<b>EESR2</b>
			
			

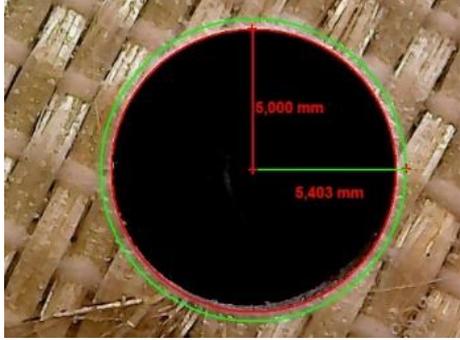
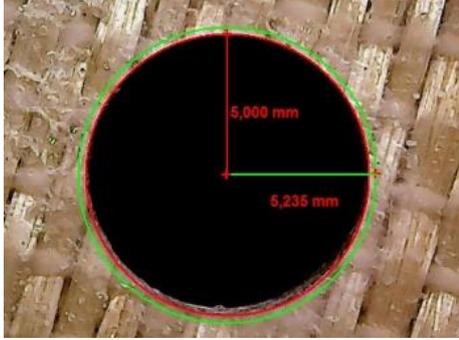
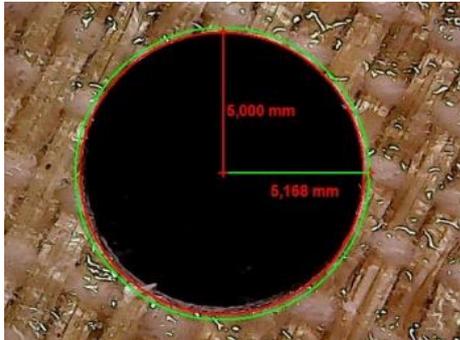
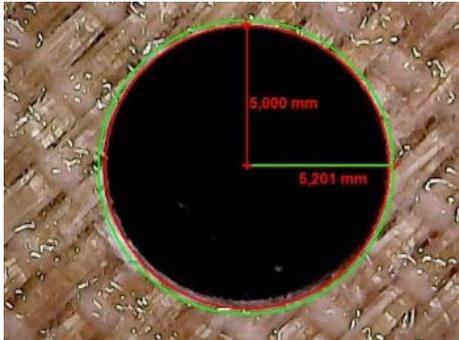
Fuente: Autor

Tabla 3. 16 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE3-EER3, EES3-EESR3

“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	800 rpm	Avance:	300mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
EE3-EER3	1.010	0.833	0.922
EES1-EESR1	1.328	1.484	1.406
<b>Total</b>			<b>1.164</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0705	Probetas	
		EE3	EER3
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.0369	EES3	EESR3
			
			

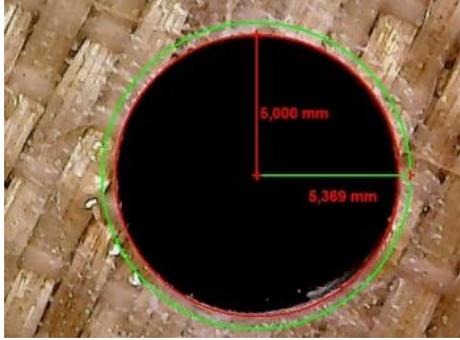
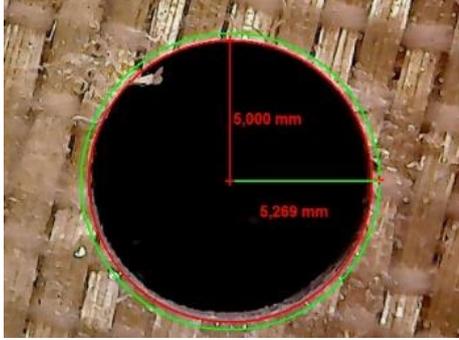
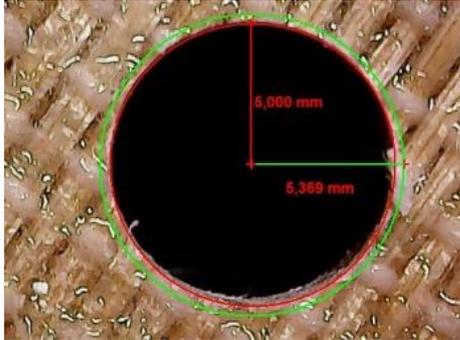
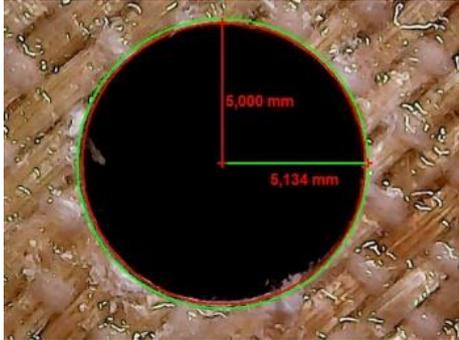
Fuente: Autor

Tabla 3. 17 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE4-EER4, EES4-EESR4

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (118)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	2400 rpm	<b>Avance:</b>	300 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
<b>EE4-EES4</b>	1.542	2.034	1.788
<b>EER4-EESR4</b>	1.205	2.411	1.808
<b>Total</b>			<b>1.798</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0638</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<p align="center"><b>EE4</b></p>	<p align="center"><b>EER4</b></p>
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.0369</b>	<p align="center"><b>EES4</b></p>	<p align="center"><b>EESR4</b></p>
			
			

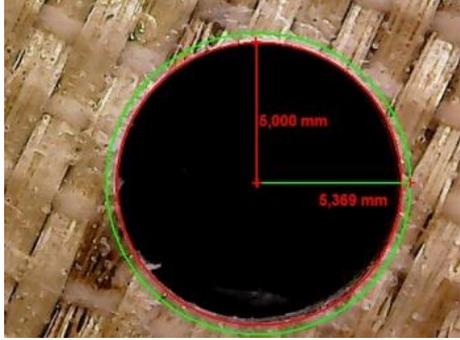
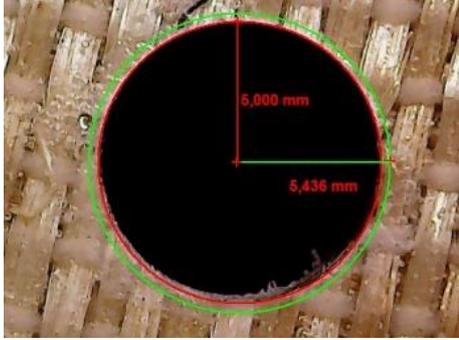
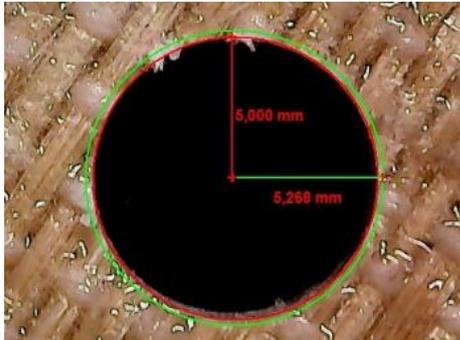
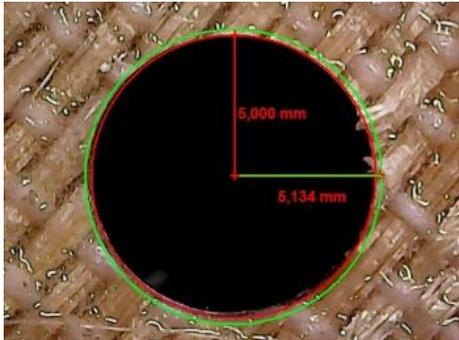
Fuente: Autor

Tabla 3. 18 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE5-EER5, EES5-EESR5

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	468.63 rpm	Avance:	210 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
EE5-EES5	3.041	1.408	2.225
EER5-EESR5	1.644	1.373	1.509
<b>Total</b>			<b>1.867</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0638	Probetas	
		EE5	EER5
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.0503	EES5	EESR5
			
			

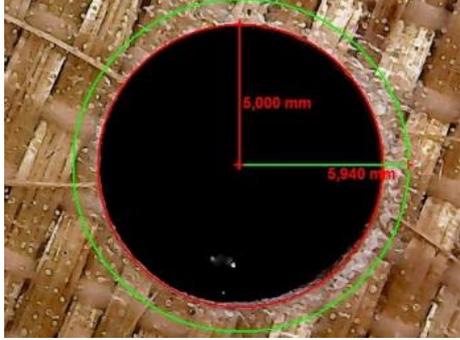
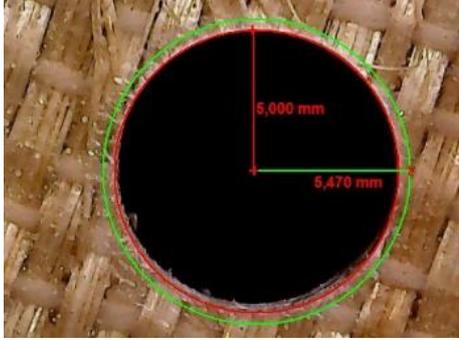
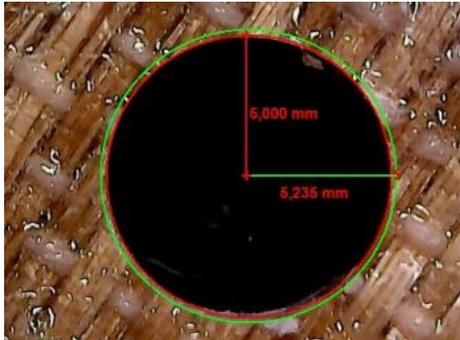
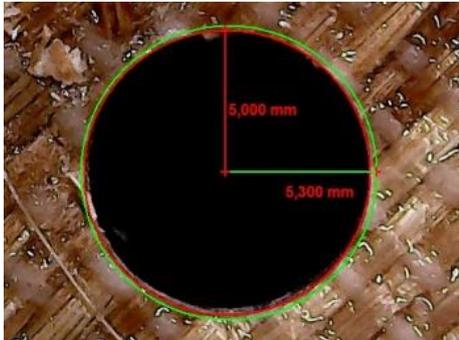
Fuente: Autor

Tabla 3. 19 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE6-EER6, EES6-EESR6

“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	2731.37 rpm	Avance:	210 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
EE6-EES6	1.369	2.352	1.861
EER6-EESR6	0.967	2.289	1.628
<b>Total</b>			<b>1.745</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0805	Probetas	
		EE6	EER6
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.0402	EES6	EESR6
			
			

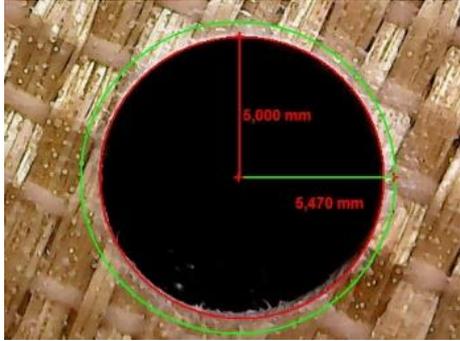
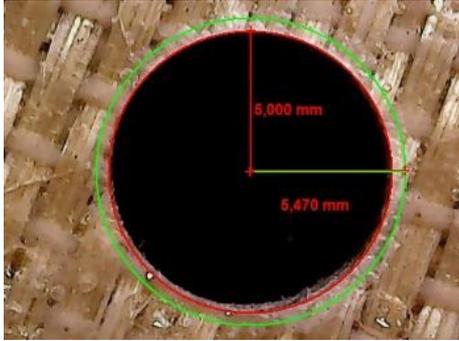
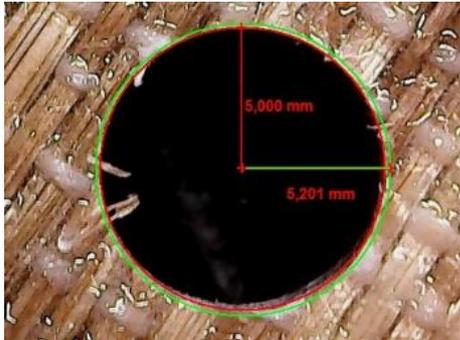
Fuente: Autor

Tabla 3. 20 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE7-EER7, EES7-EESR7

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (118)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	82.72 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
EE7-EES7	1.117	1.559	1.338
EER7-EESR7	0.976	1.185	1.081
<b>Total</b>			<b>1.210</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<p align="center"><b>Delaminación Entrada (Fde)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.1410</b></p>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		EE7	EER7
<p align="center"><b>Delaminación Salida (Fds)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.0535</b></p>	EES7	EESR7
			
			

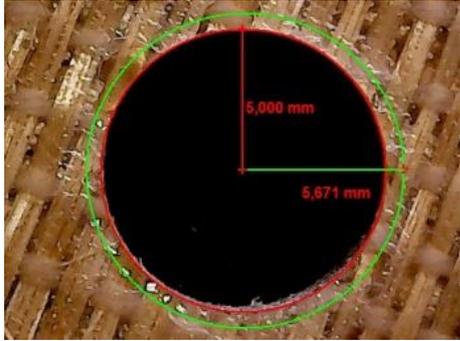
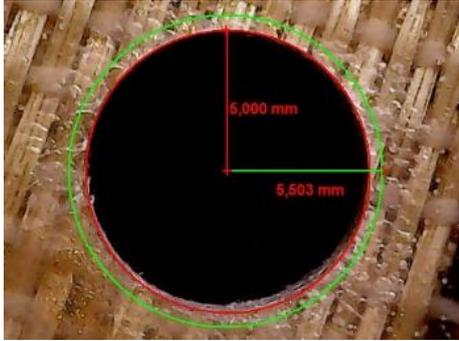
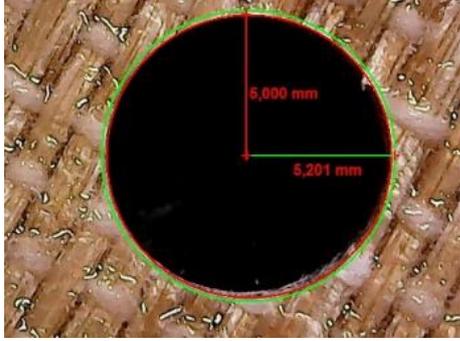
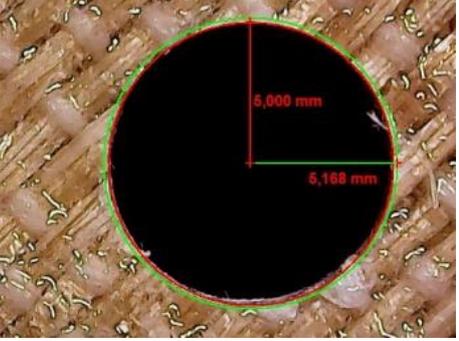
Fuente: Autor

Tabla 3. 21 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE8-EER8, EES8-EESR8

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	1600 rpm	Avance:	337.28mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
EE8-EES8	0.854	1.283	1.069
EER8-EESR8	1.534	2.385	1.960
<b>Total</b>			<b>1.515</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0904	Probetas	
		EE8	EER8
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.0470	EES8	EESR8
			
			

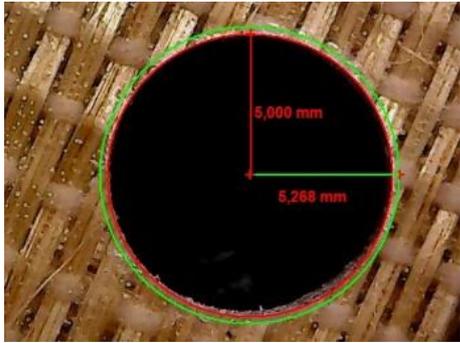
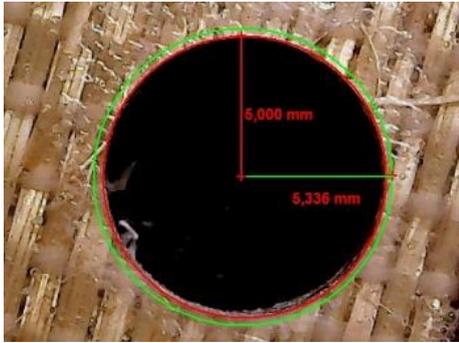
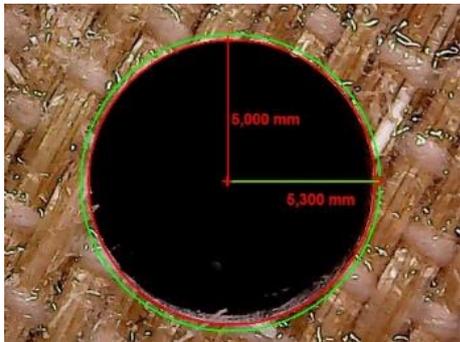
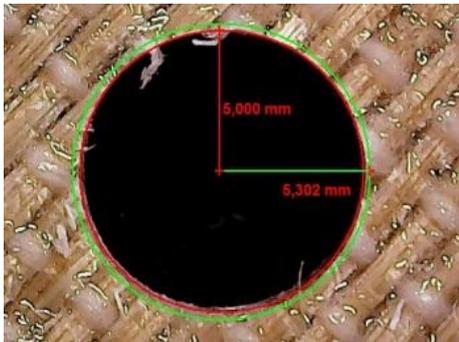
Fuente: Autor

Tabla 3. 22 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE9-EER9, EES9-EESR9

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (118)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
<b>Rugosidad (Ra) <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Medición 1</b>	<b>Medición 2</b>	<b>Promedio</b>
<b>EE9-EES9</b>	2.750	2.279	2.515
<b>EER9-EESR9</b>	3.627	1.744	2.686
<b>Total</b>			<b>2.601</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.1174</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<b>EE9</b>	<b>EER9</b>
			
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.0369</b>	<b>EES9</b>	<b>EESR9</b>
			

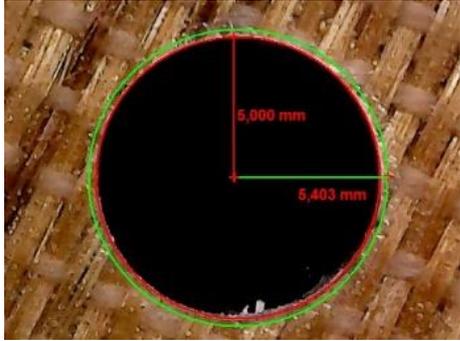
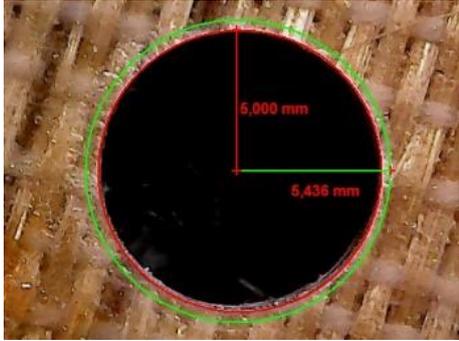
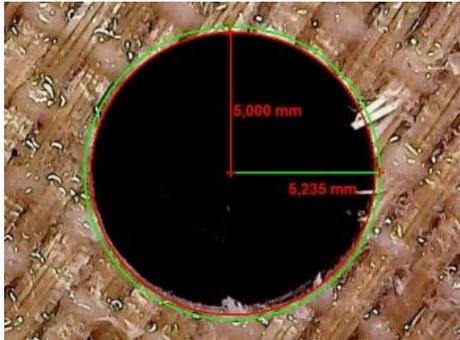
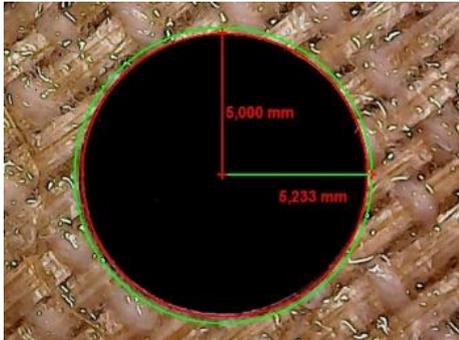
Fuente: Autor

Tabla 3. 23 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE10-EER10, EES10-EESR10

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (118)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
<b>Rugosidad (Ra) <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Medición 1</b>	<b>Medición 2</b>	<b>Promedio</b>
<b>EE10-EES10</b>	3.456	1.406	2.431
<b>EER10-EESR10</b>	3.234	1.509	2.372
<b>Total</b>			<b>2.402</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0604</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<b>EE10</b>	<b>EER10</b>
			
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.0602</b>	<b>EES10</b>	<b>EESR10</b>
			

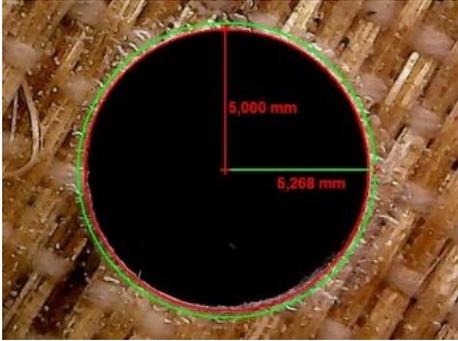
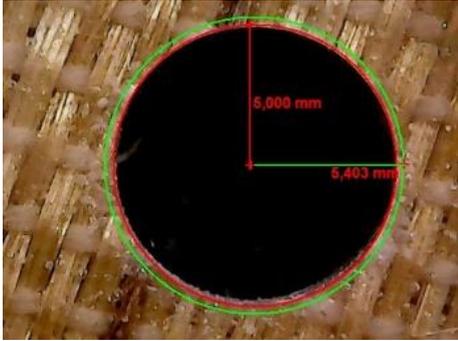
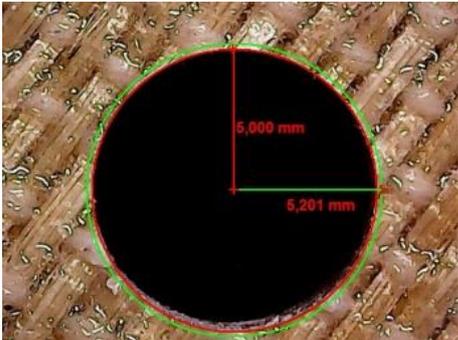
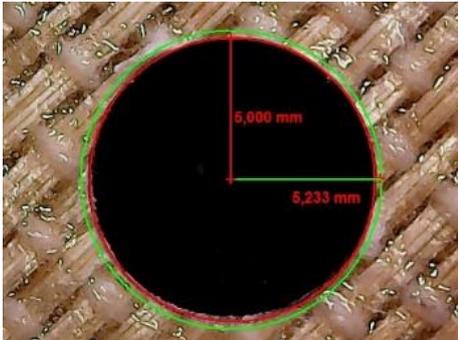
Fuente: Autor

Tabla 3. 24 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE11-EER11, EES11-EESR11

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (118)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
<b>Rugosidad (Ra) <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Medición 1</b>	<b>Medición 2</b>	<b>Promedio</b>
<b>EE11-EES11</b>	0.774	0.695	0.735
<b>EER11-EESR11</b>	0.934	0.814	0.874
<b>Total</b>			<b>0.805</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0839</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<b>EE11</b>	<b>EER11</b>
			
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.0468</b>	<b>EES11</b>	<b>EESR11</b>
			

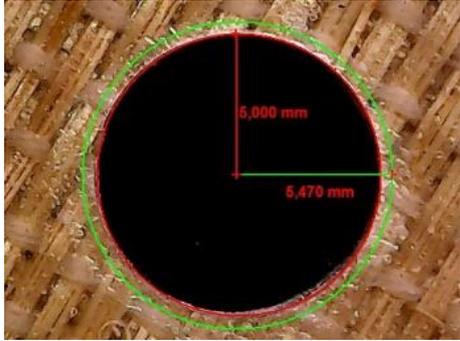
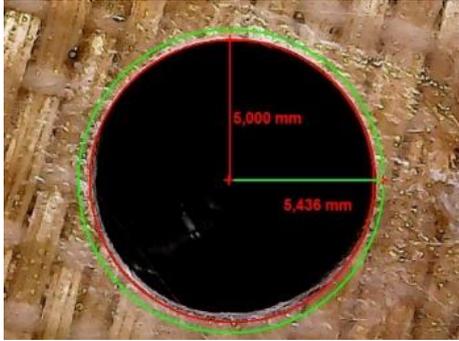
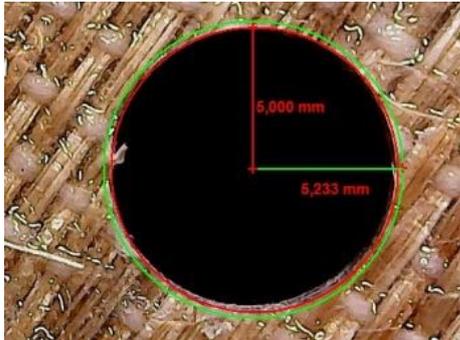
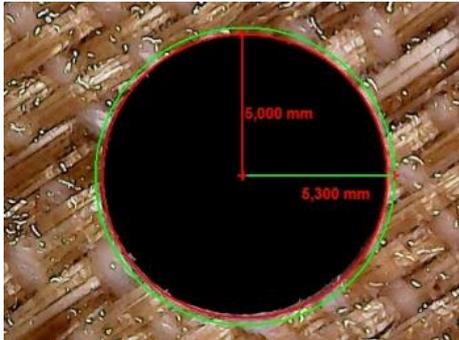
Fuente: Autor

Tabla 3. 25 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE12-EER12, EES12-EESR12

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (118)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
EE12-EES12	2.802	2.088	2.445
EER12-EESR12	1.718	1.467	1.593
<b>Total</b>			<b>2.019</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0671</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		EE12	EER12
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.0434</b>	EES12	EESR12
			
			

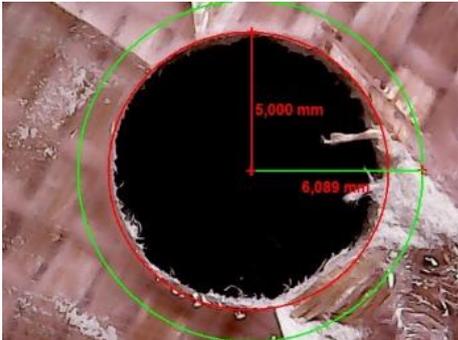
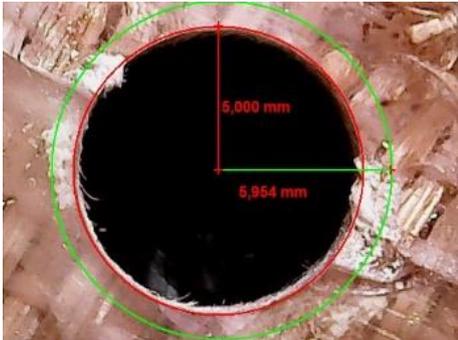
Fuente: Autor

Tabla 3. 26 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), EE13-EER13, EES13-EESR13

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (118)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
<b>Rugosidad (Ra) <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Medición 1</b>	<b>Medición 2</b>	<b>Promedio</b>
<b>EE13-EES13</b>	1.443	2.331	1.887
<b>EER13-EESR13</b>	1.263	1.291	1.277
<b>Total</b>			<b>1.582</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0906</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<p align="center"><b>EE13</b></p>	<p align="center"><b>EER13</b></p>
			
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.0533</b>	<p align="center"><b>EES13</b></p>	<p align="center"><b>EESR13</b></p>
			

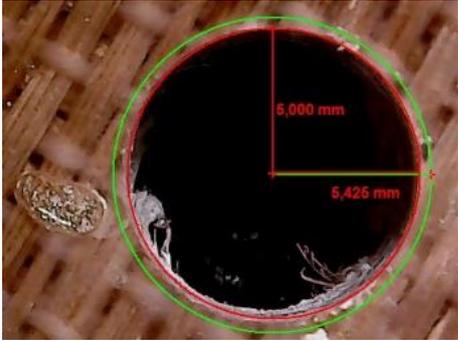
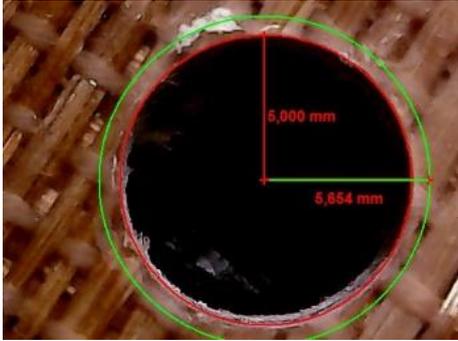
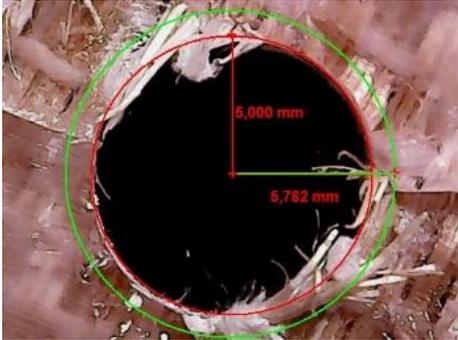
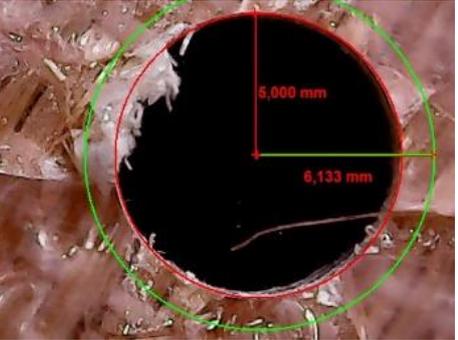
Fuente: Autor

Tabla 3. 27 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P1-PR1, PS1-PSR1

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (109)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	800 rpm	Avance:	120 mm/min
Material:	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
P1-PS1	2.969	3.001	2.985
PR1-PSR1	2.695	3.127	2.911
<b>Total</b>			<b>2.948</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.1212	Probetas	
		P1	PR1
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.2043	PS1	PSR1
			
			

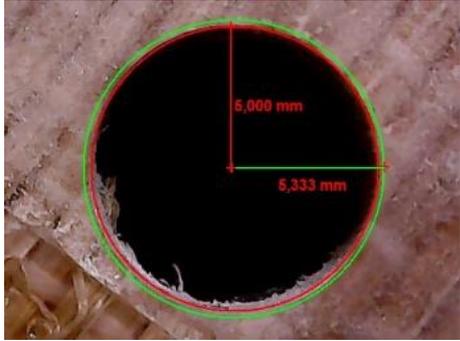
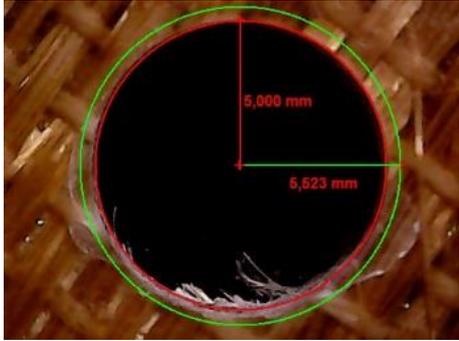
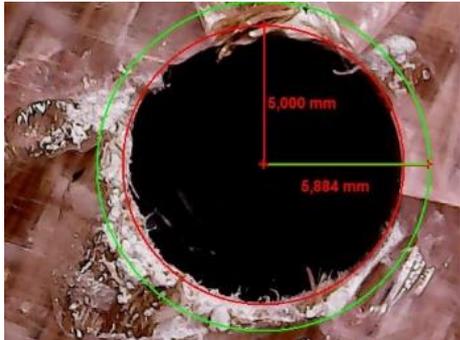
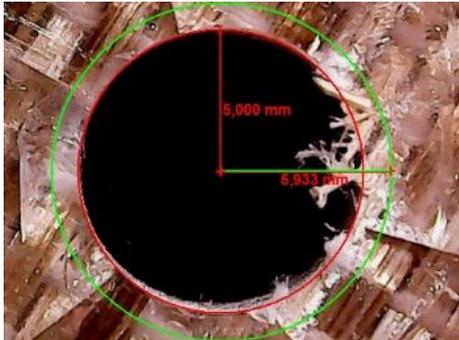
Fuente: Autor

Tabla 3. 28 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P2-PR2, PS2-PSR2

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	2400 rpm	<b>Avance:</b>	120 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
<b>Rugosidad (Ra) <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Medición 1</b>	<b>Medición 2</b>	<b>Promedio</b>
<b>P2-PS2</b>	2.653	2.816	2.735
<b>PR2-PSR2</b>	1.284	2.401	1.843
<b>Total</b>			<b>2.289</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.1079</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<p><b>P2</b></p>	<p><b>PR2</b></p>
			
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.1915</b>	<p><b>PS2</b></p>	<p><b>PSR2</b></p>
			

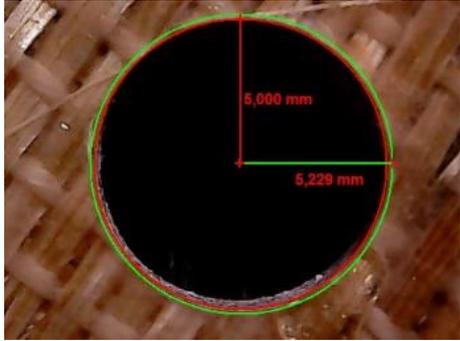
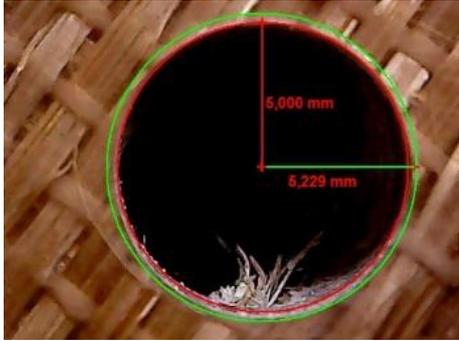
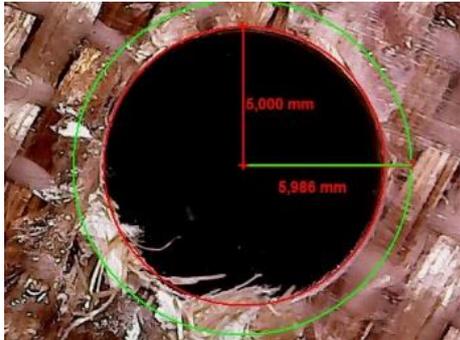
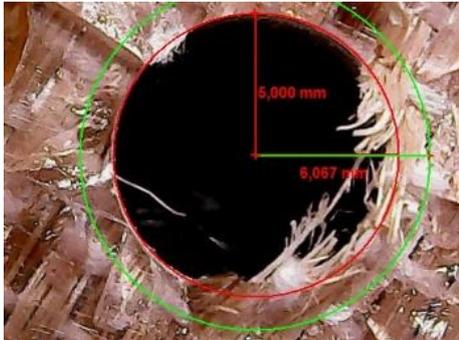
Fuente: Autor

Tabla 3. 29 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P3-PR3, PS3-PSR3

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (109)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	800 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
P3-PS3	1.877	1.223	1.550
PR3-PSR3	1.716	1.104	1.410
<b>Total</b>			<b>1.480</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1. 10853	Probetas	
		P3	PR3
			
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.1817	PS3	PSR3
			

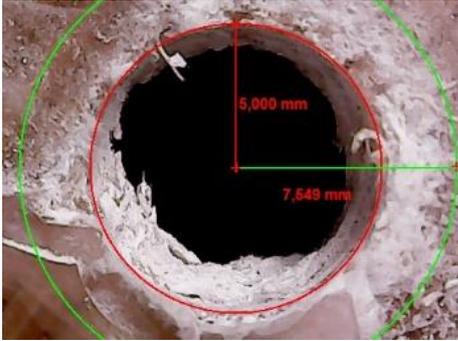
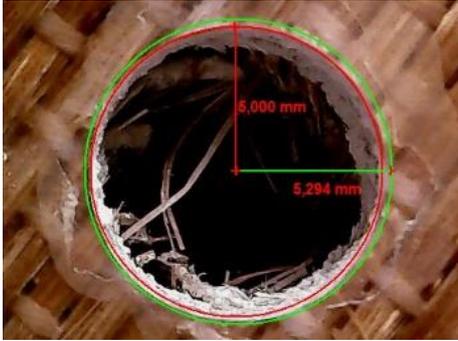
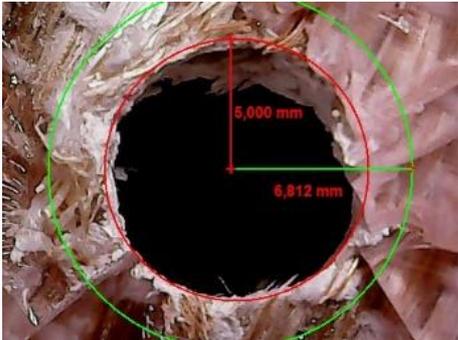
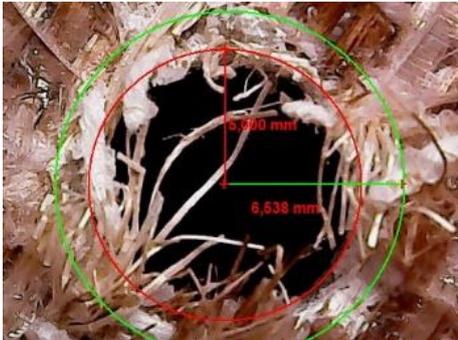
Fuente: Autor

Tabla 3. 30 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P4-PR4, PS4-PSR4

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	2400 rpm	<b>Avance:</b>	300 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
<b>P4-PS4</b>	2.587	2.596	2.592
<b>PR4-PSR4</b>	2.552	1.412	1.982
<b>Total</b>			<b>2.287</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<p align="center"><b>Delaminación Entrada (Fde)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.0458</b></p>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		P4	PR4
<p align="center"><b>Delaminación Salida (Fds)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.2053</b></p>	PS4	PSR4
			
			

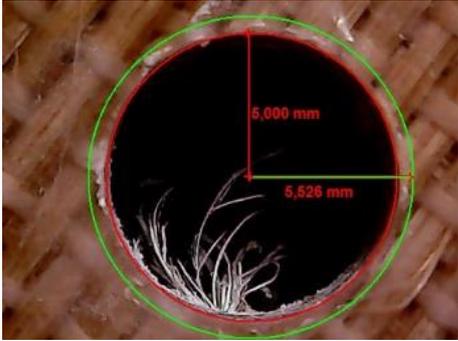
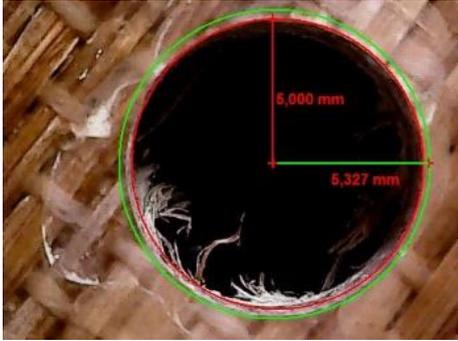
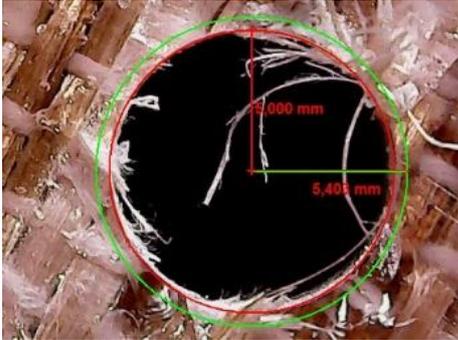
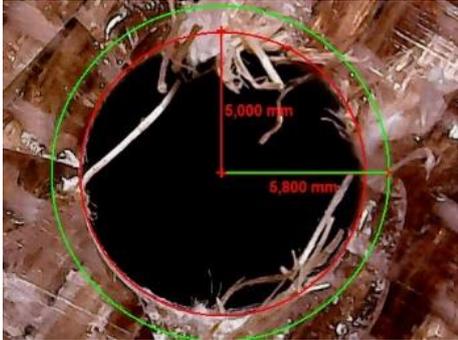
Fuente: Autor

Tabla 3. 31 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P5-PR5, PS5-PSR5

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	468.63 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
<b>P5-PS5</b>	3.019	3.618	3.319
<b>PR5-PSR5</b>	2.885	3.287	3.086
<b>Total</b>			<b>3.203</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<p align="center"><b>Delaminación Entrada (Fde)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.2843</b></p>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		P5	PR5
<p align="center"><b>Delaminación Salida (Fds)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.3350</b></p>	PS5	PSR5
			
			

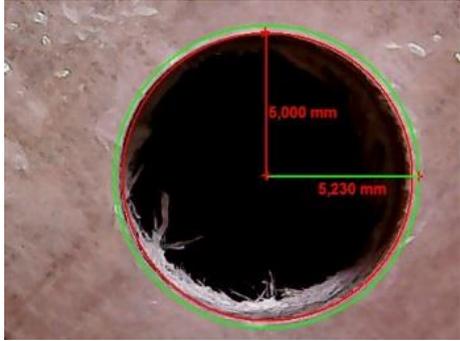
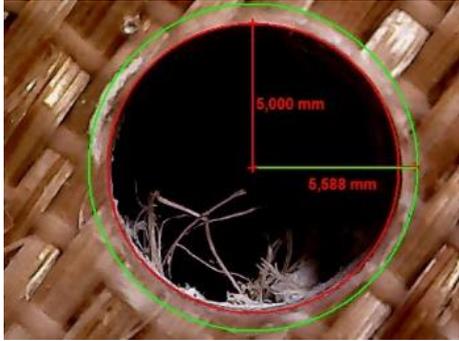
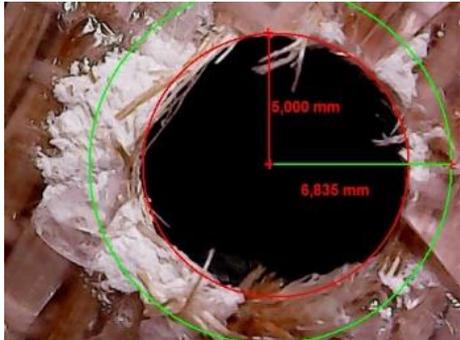
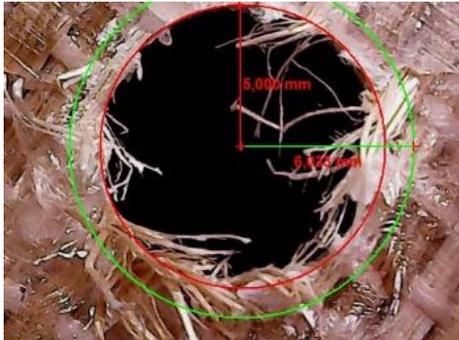
Fuente: Autor

Tabla 3. 32 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P6-PR6, PS6-PSR6

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	2731.37 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
P6-PS6	2.867	2.146	2.507
PR6-PSR6	2.624	3.388	3.006
<b>Total</b>			<b>2.757</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<p align="center"><b>Delaminación Entrada (Fde)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.0853</b></p>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		P6	PR6
<p align="center"><b>Delaminación Salida (Fds)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.1203</b></p>	PS6	PSR6
			
			

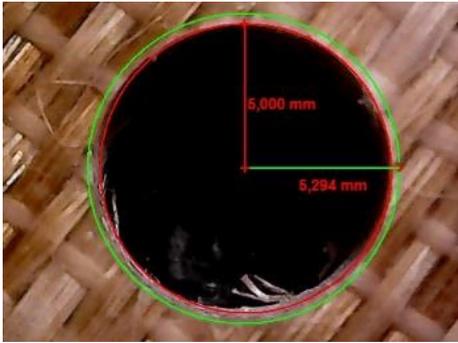
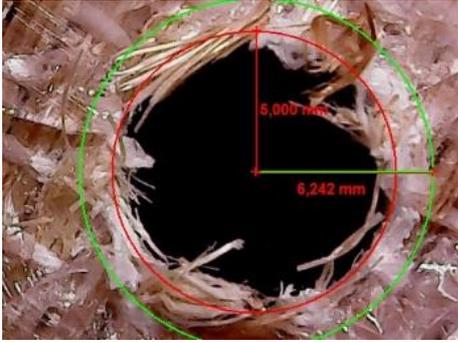
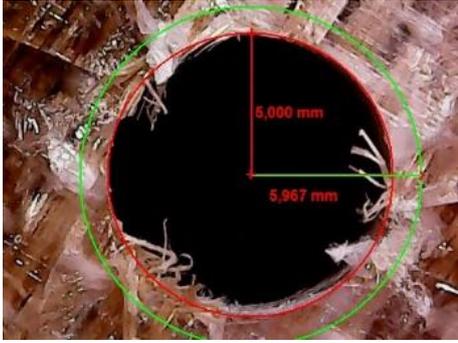
Fuente: Autor

Tabla 3. 33 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P7-PR7, PS7-PSR7

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	82.72 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
P7-PS7	2.047	2.582	2.315
PR7-PSR7	2.691	2.121	2.406
<b>Total</b>			<b>2.361</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<p align="center"><b>Delaminación Entrada (Fde)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.1</b></p>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		P7	PR7
<p align="center"><b>Delaminación Salida (Fds)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.1</b></p>	PS7	PSR7
			
			

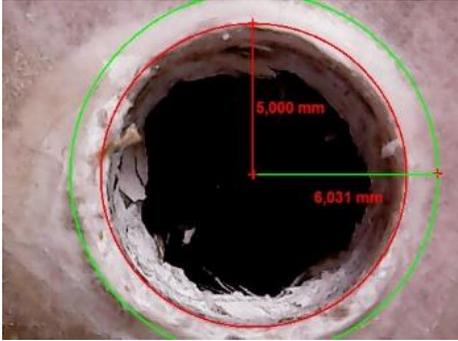
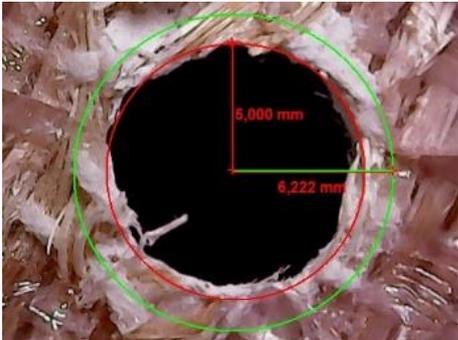
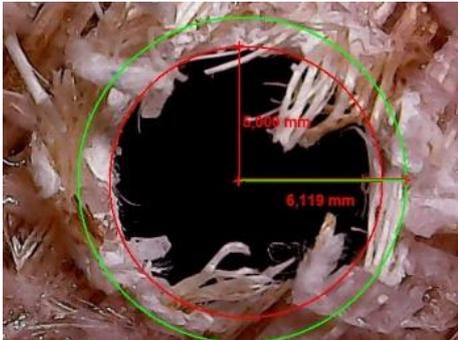
Fuente: Autor

Tabla 3. 34 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P8-PR8, PS8-PSR8

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	337.28 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
<b>Rugosidad (Ra) <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Medición 1</b>	<b>Medición 2</b>	<b>Promedio</b>
<b>P8-PS8</b>	2.482	2.616	2.549
<b>PR8-PSR8</b>	2.232	2.774	2.503
<b>Total</b>			<b>2.526</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0689</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<p><b>P8</b></p>	<p><b>PR8</b></p>
			
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.2209</b>	<p><b>PS8</b></p>	<p><b>PSR8</b></p>
			

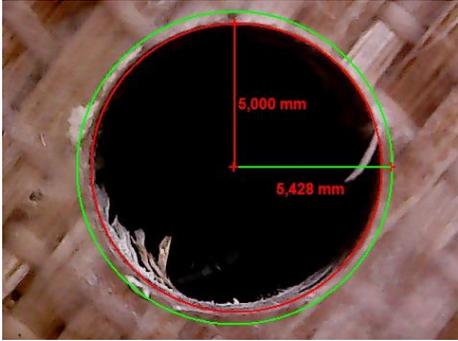
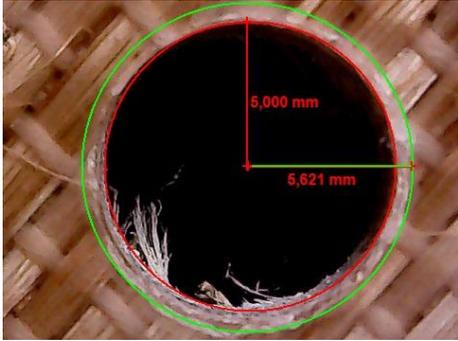
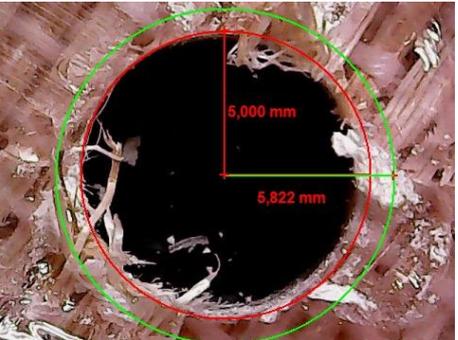
Fuente: Autor

Tabla 3. 35 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P9-PR9, PS9-PSR9

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
<b>P9-PS9</b>	3.371	3.133	3.252
<b>PR9-PSR9</b>	2.788	2.509	2.649
<b>Total</b>			<b>2.951</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<p align="center"><b>Delaminación Entrada (Fde)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.1521</b></p>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		P9	PR9
<p align="center"><b>Delaminación Salida (Fds)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.2341</b></p>	PS9	PSR9
			
			

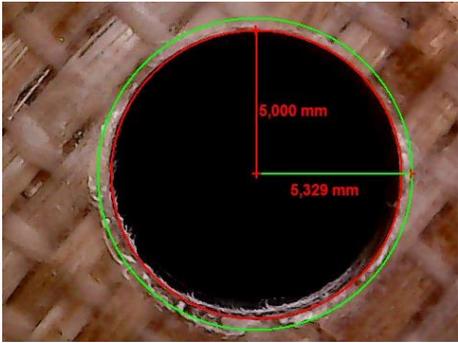
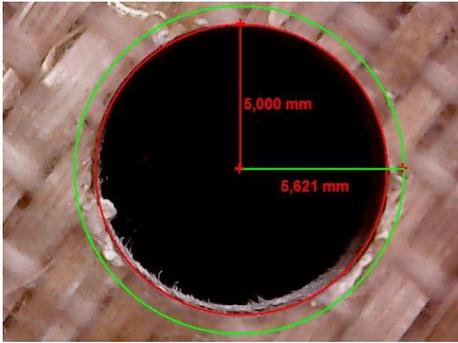
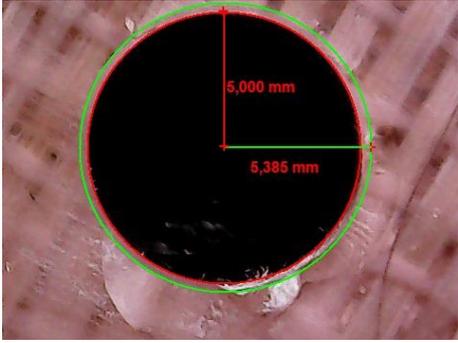
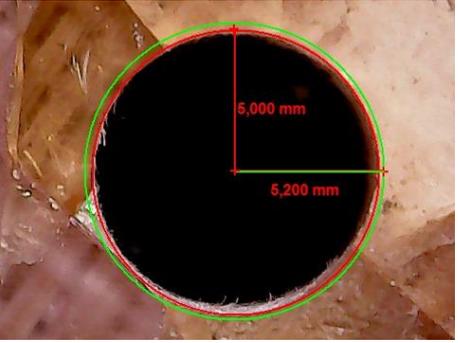
Fuente: Autor

Tabla 3. 36 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P10-PR10, PS10-PSR10

“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (109)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	1600 rpm	Avance:	210 mm/min
Material:	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
P10-PS10	2.636	1.716	2.176
PR10-PSR10	1.992	2.508	2.250
<b>Total</b>			<b>2.213</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1. 1049	Probetas	
		P10	PR10
			
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.1910	PS10	PSR10
			

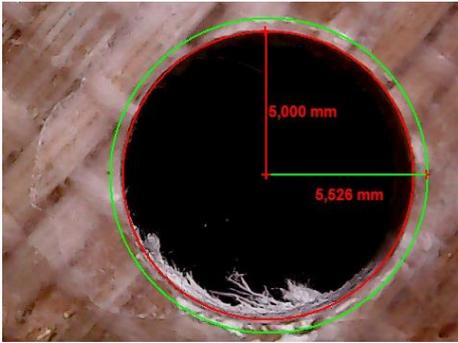
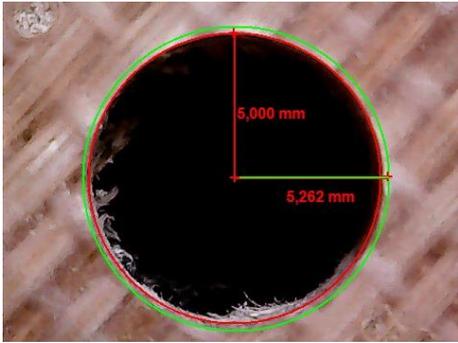
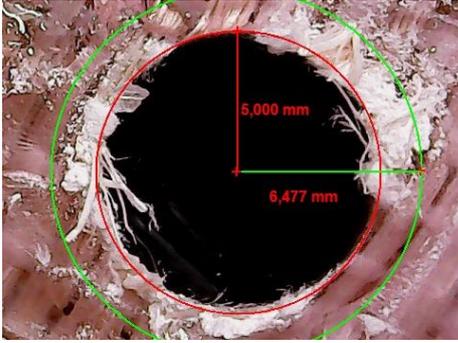
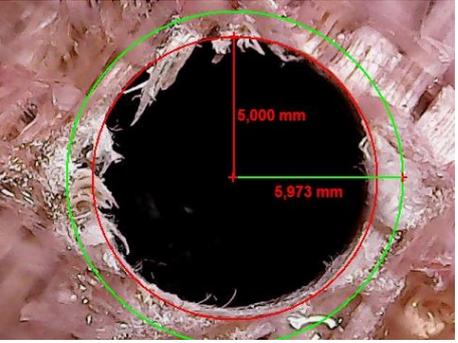
Fuente: Autor

Tabla 3. 37 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P11-PR11, PS11-PSR11

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
P11-PS11	2.735	3.112	2.924
PR11-PSR11	2.303	2.590	2.447
<b>Total</b>			<b>2.686</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<p align="center"><b>Delaminación Entrada (Fde)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.0950</b></p>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		P11	PR11
<p align="center"><b>Delaminación Salida (Fds)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.0585</b></p>	PS11	PSR11
			
			

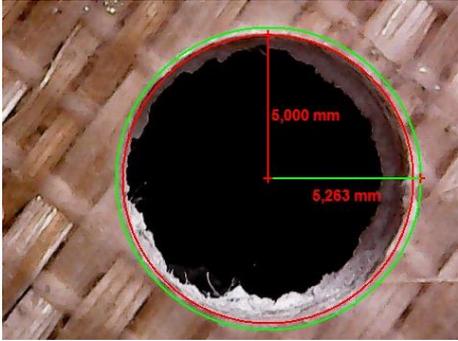
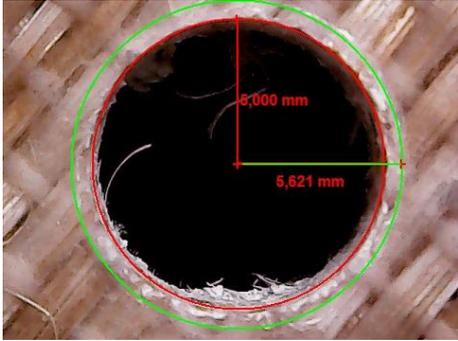
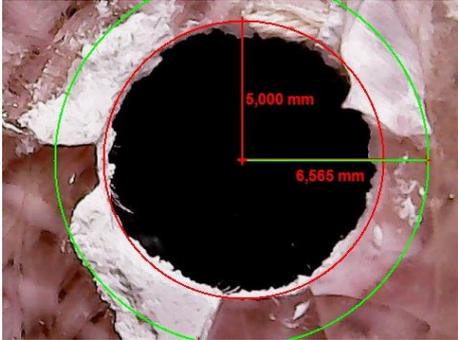
Fuente: Autor

Tabla 3. 38 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P12-PR12, PS12-PSR12

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
<b>Rugosidad (Ra) <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Medición 1</b>	<b>Medición 2</b>	<b>Promedio</b>
<b>P12-PS12</b>	2.352	3.660	3.006
<b>PR12-PSR12</b>	1.923	2.906	2.415
<b>Total</b>			<b>2.711</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0788</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<p><b>P12</b></p>	<p><b>PR12</b></p>
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.2450</b>	<p><b>PS12</b></p>	<p><b>PSR12</b></p>
			
			

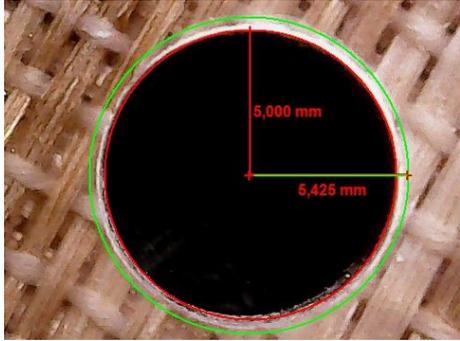
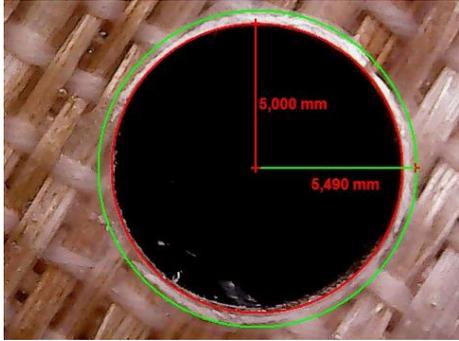
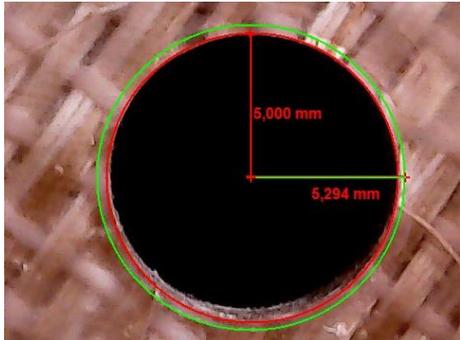
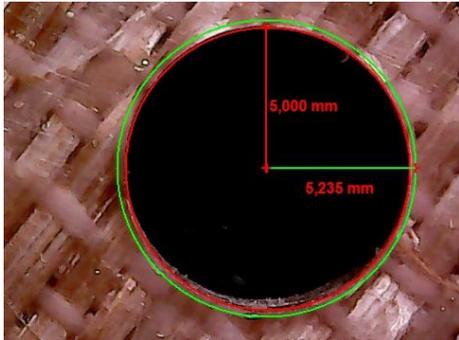
Fuente: Autor

Tabla 3. 39 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), P13-PR13, PS13-PSR13

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (109)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Poliéster y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
<b>P13-PS13</b>	2.941	3.422	3.181
<b>PR13-PSR13</b>	3.624	3.483	3.554
<b>Total</b>			<b>3.368</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<p align="center"><b>Delaminación Entrada (Fde)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.0884</b></p>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<p align="center"><b>P13</b></p>	<p align="center"><b>PR13</b></p>
			
<p align="center"><b>Delaminación Salida (Fds)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1.2498</b></p>	<p align="center"><b>PS13</b></p>	<p align="center"><b>PSR13</b></p>
			

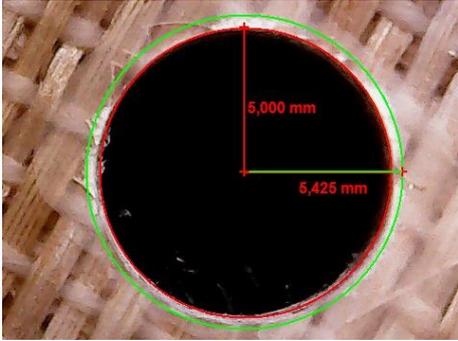
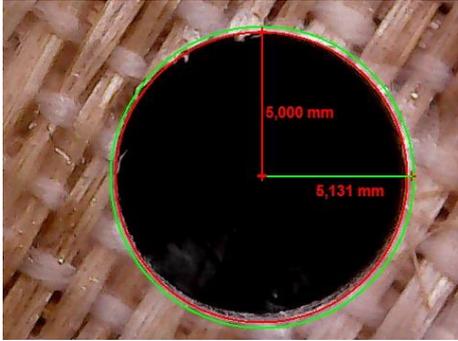
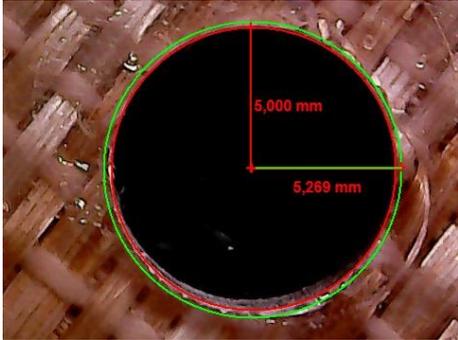
Fuente: Autor

Tabla 3. 40 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP1-PPR1, PPS1-PPSR1

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	800 rpm	Avance:	120 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
PP1-PPS1	1.376	1.774	1.575
PPR1-PPSR1	2.233	1.943	2.088
<b>Total</b>			<b>1.832</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0915	Probetas	
		PP1	PPR1
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.0529	PPS1	PPSR1
			
			

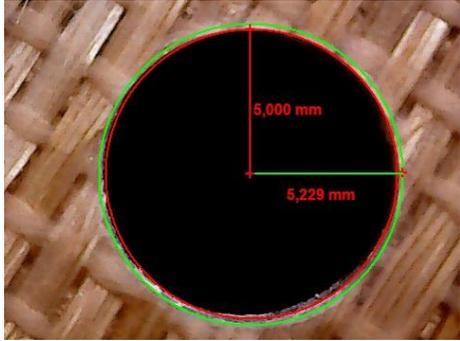
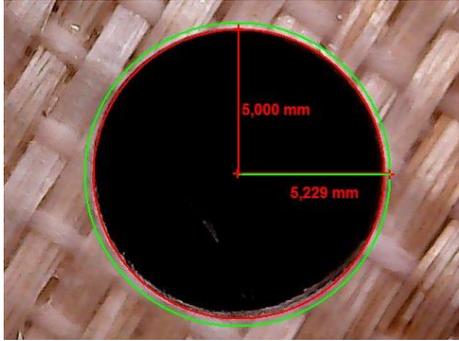
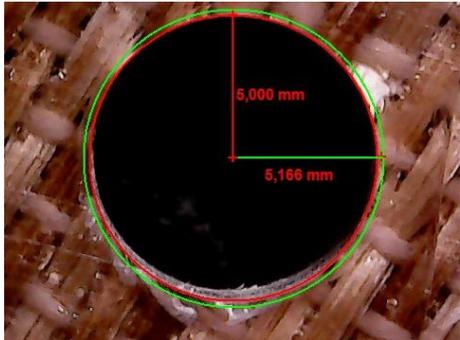
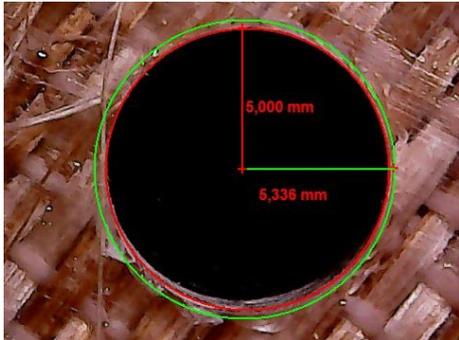
Fuente: Autor

Tabla 3. 41 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP2-PPR2, PPS2-PPSR2

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (118)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	2400 rpm	<b>Avance:</b>	120 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
PP2-PPS2	2.314	2.749	2.532
PPR2-PPSR2	1.373	2.422	1.898
<b>Total</b>			<b>2.261</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0556</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<p align="center"><b>PP2</b></p>	<p align="center"><b>PPR2</b></p>
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.0468</b>	<p align="center"><b>PPS2</b></p>	<p align="center"><b>PPSR2</b></p>
			
			

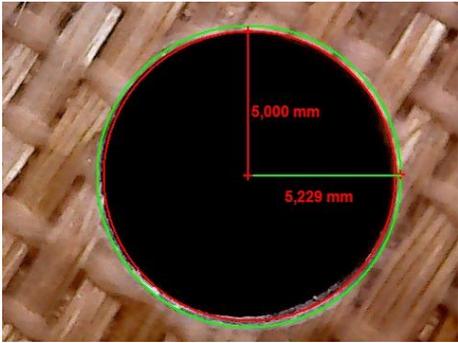
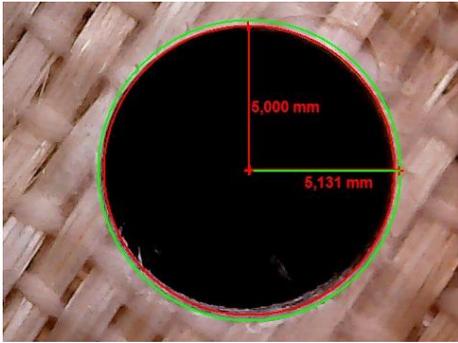
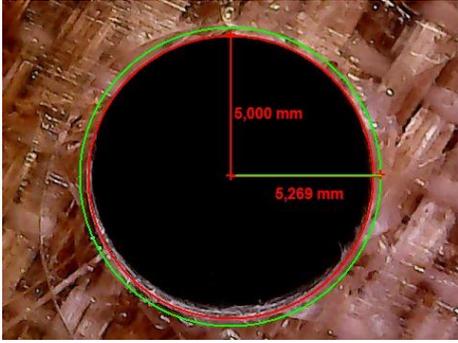
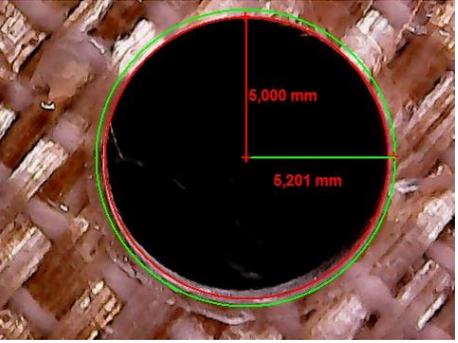
Fuente: Autor

Tabla 3. 42 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP3-PPR3, PPS3-PPSR3

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	800 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
PP3-PPS3	2.230	1.214	1.722
PPR3-PPSR3	2.859	2.026	2.443
<b>Total</b>			<b>2.083</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0458	Probetas	
		PP3	PPR3
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.0502	PPS3	PPSR3
			
			

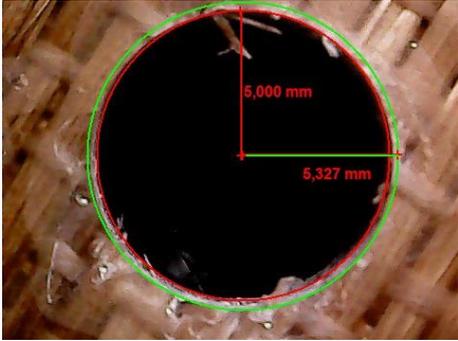
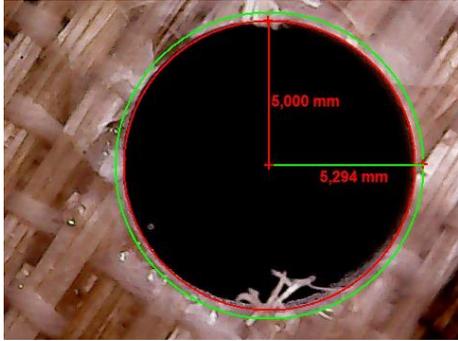
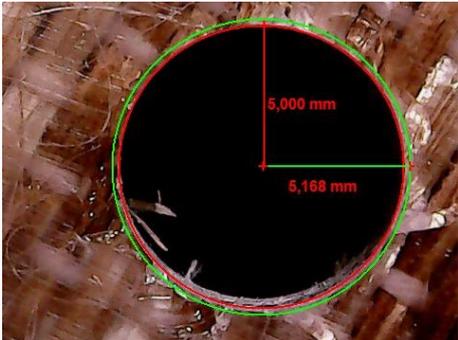
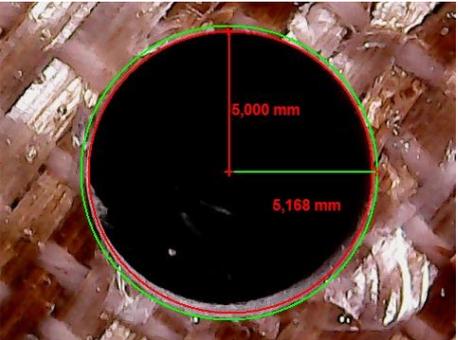
Fuente: Autor

Tabla 3. 43 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP4-PPR4, PPS4-PPSR4

“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	2400 rpm	Avance:	300 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
PP4-PPS4	2.611	2.517	2.564
PPR4-PPSR4	1.726	1.712	1.719
<b>Total</b>			<b>2.142</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0294	Probetas	
		PP4	PPR4
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.0470	PPS4	PPSR4
			
			

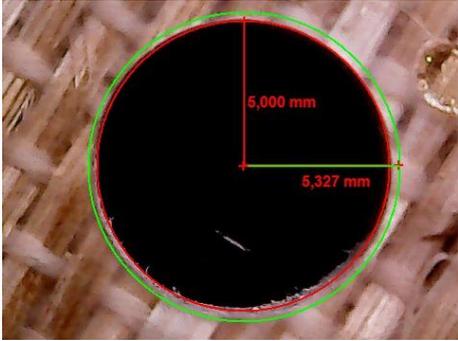
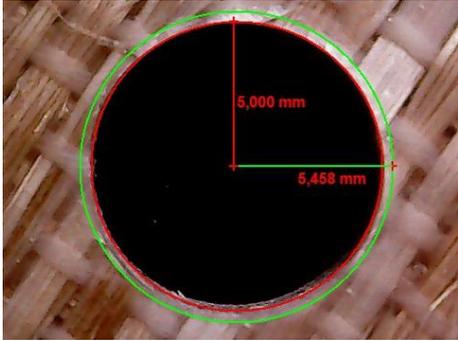
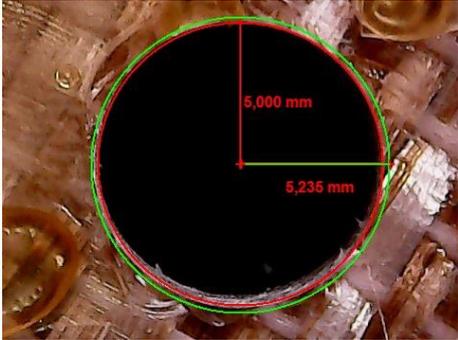
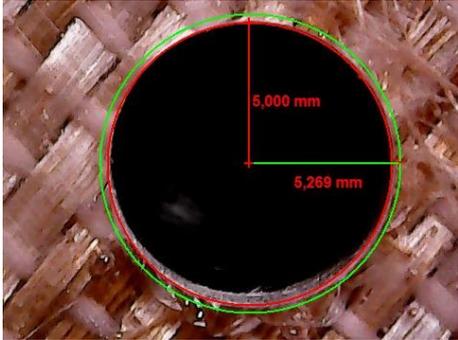
Fuente: Autor

Tabla 3. 44 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP5-PPR5, PPS5-PPSR5

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	468.63 rpm	Avance:	210 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
PP5-PPS5	1.708	1.909	1.809
PPR5-PPSR5	1.800	0.919	1.360
<b>Total</b>			<b>1.585</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1. 0621	Probetas	
		PP5	PPR5
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1. 0336	PPS5	PPSR5
			
			

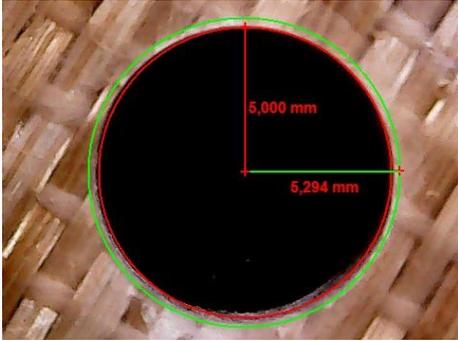
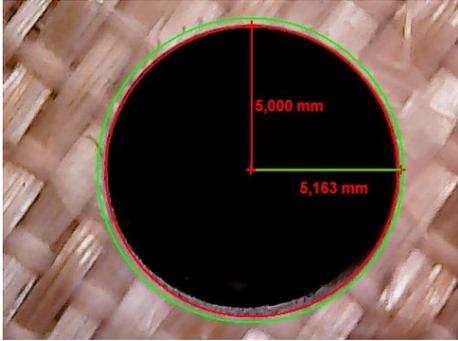
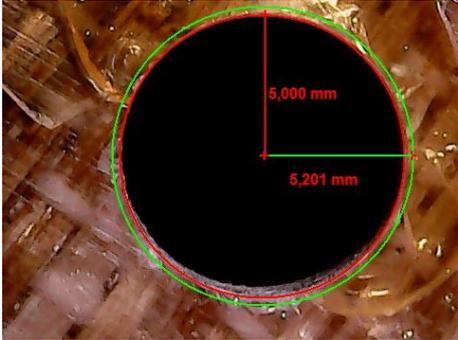
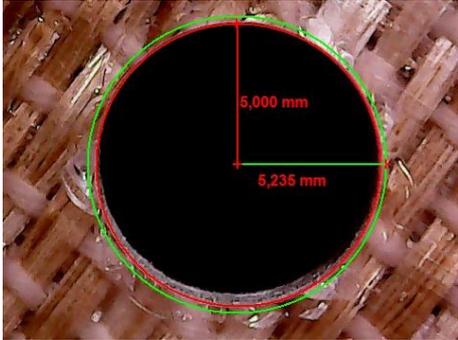
Fuente: Autor

Tabla 3. 45 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP6-PPR6, PPS6-PPSR6

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (118)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	2731.37 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
<b>Rugosidad (Ra) <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Medición 1</b>	<b>Medición 2</b>	<b>Promedio</b>
<b>PP6-PPS6</b>	2.291	2.777	2.534
<b>PPR6-PPSR6</b>	1.206	1.386	1.296
<b>Total</b>			<b>1.915</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0785</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<b>PP6</b>	<b>PPR6</b>
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.0504</b>	<b>PPS6</b>	<b>PPSR6</b>
			
			

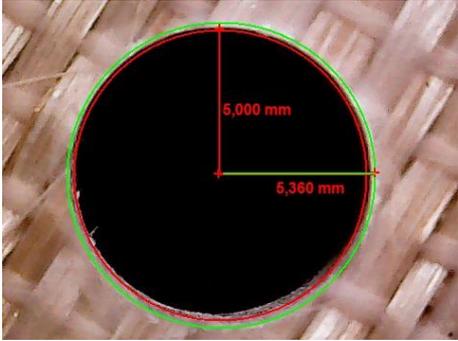
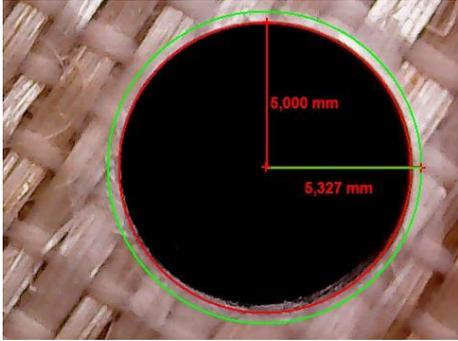
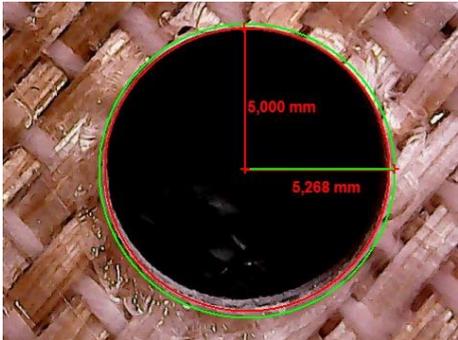
Fuente: Autor

Tabla 3. 46 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP7-PPR7, PPS7-PPSR7

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (118)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	82.72 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
PP7-PPS7	1.233	1.021	1.127
PPR7-PPSR7	1.055	1.599	1.327
<b>Total</b>			<b>1.227</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<p align="center"><b>Delaminación Entrada (Fde)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1. 0457</b></p>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		PP7	PPR7
<p align="center"><b>Delaminación Salida (Fds)</b></p>	<p align="center"><b>Promedio: 1. 0436</b></p>	PPS7	PPSR7
			
			

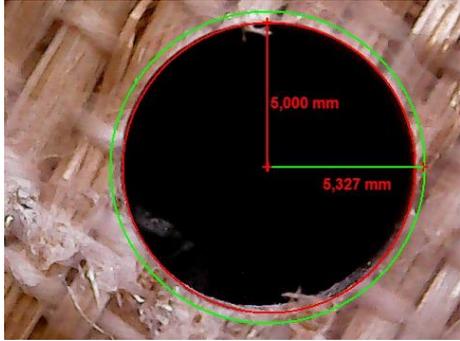
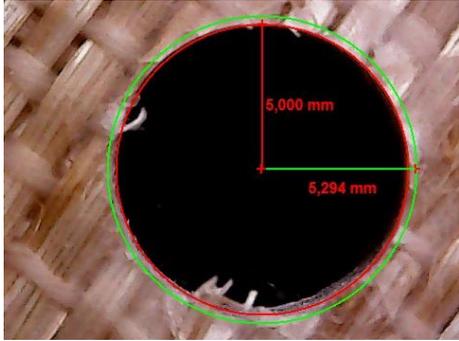
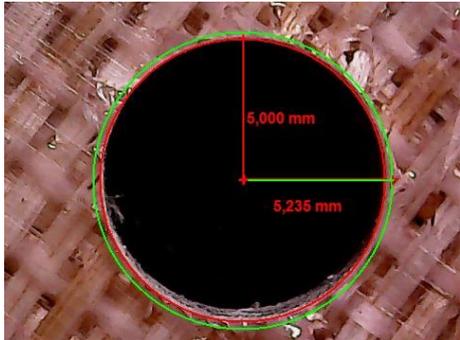
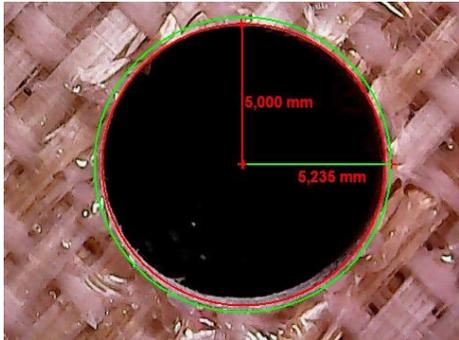
Fuente: Autor

Tabla 3. 47 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP8-PPR8, PPS8-PPSR8

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	1600 rpm	Avance:	337.28 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
PP8-PPS8	2.197	1.820	2.009
PPR8-PPSR8	1.492	1.254	1.373
<b>Total</b>			<b>1.691</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1. 0687	Probetas	
		PP8	PPR8
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1. 0503	PPS8	PPSR8
			
			

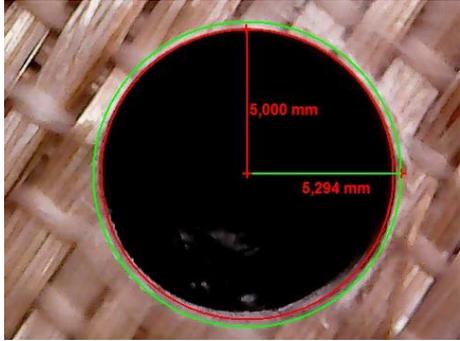
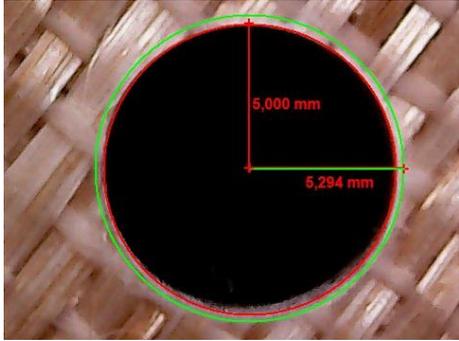
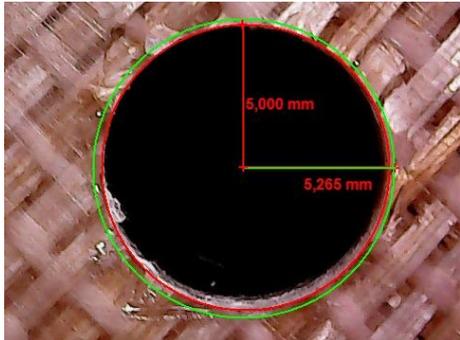
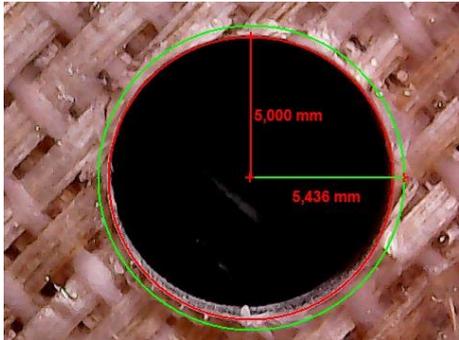
Fuente: Autor

Tabla 3. 48 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP9-PPR9, PPS9-PPSR9

<p align="center">“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p> 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	1600 rpm	Avance:	210 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
PP9-PPS9	2.486	1.784	2.135
PPR9-PPSR9	1.223	2.121	1.672
<b>Total</b>			<b>1.904</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0621	Probetas	
		PP9	PPR9
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.0470	PPS9	PPSR9
			
			

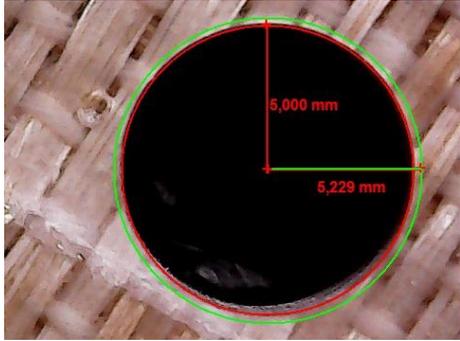
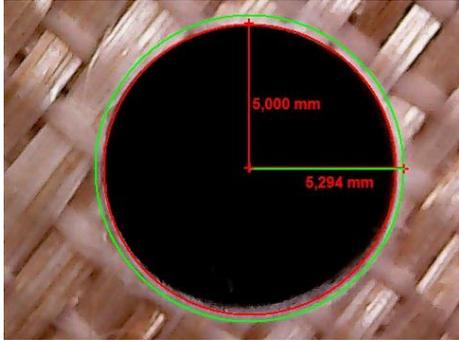
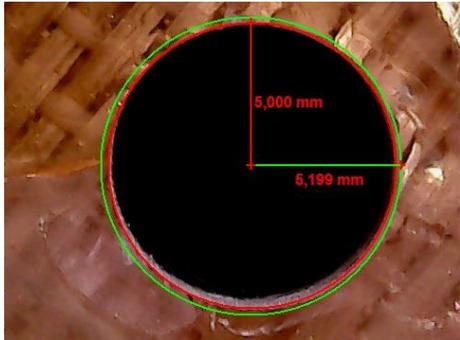
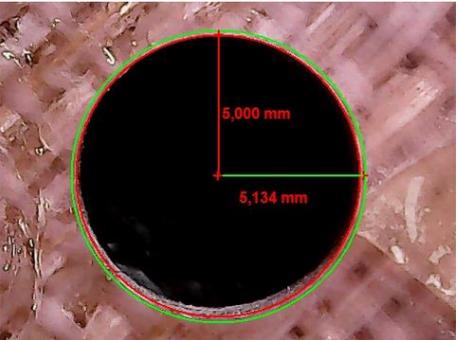
Fuente: Autor

Tabla 3. 49 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP10-PPR10, PPS10-PPSR10

“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	1600 rpm	Avance:	210 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
PP10-PPS10	1.836	1.653	1.745
PPR10-PPSR10	1.077	2.463	1.170
<b>Total</b>			<b>1.458</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0555	Probetas	
		PP10	PPR10
			
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.0703	PPS10	PPSR10
			

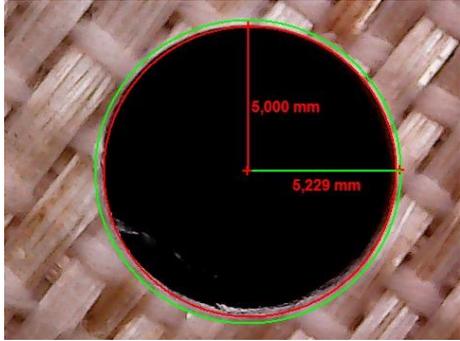
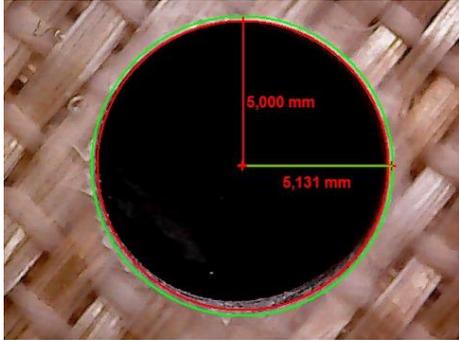
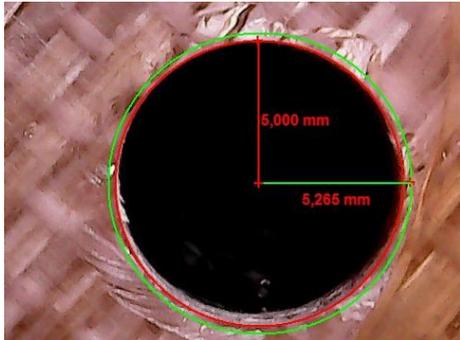
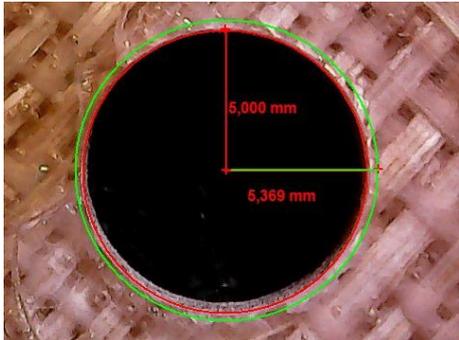
Fuente: Autor

Tabla 3. 50 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP11-PPR11, PPS11-PPSR11

“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	1600 rpm	Avance:	210 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
PP11-PPS11	1.718	1.531	1.625
PPR11-PPSR11	1.928	2.358	2.143
<b>Total</b>			<b>1.884</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0523	Probetas	
		PP11	PPR11
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.0333	PPS11	PPSR11
			
			

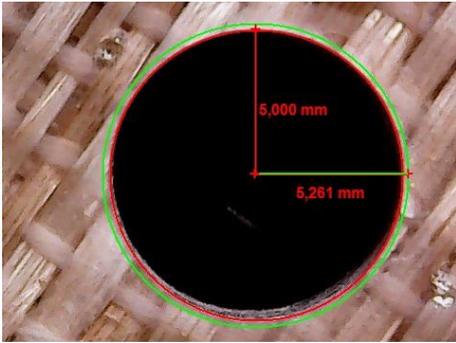
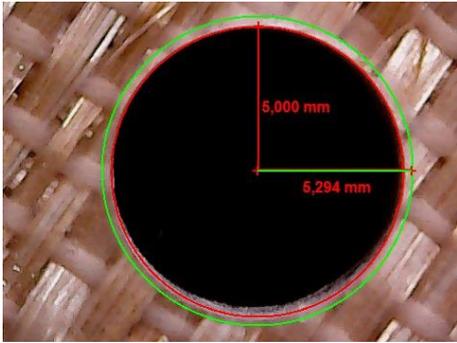
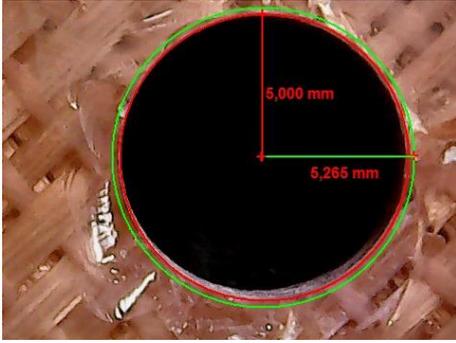
Fuente: Autor

Tabla 3. 51 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP12-PPR12, PPS12-PPSR12

<p align="center"><b>“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b></p> 			
<p align="center"><b>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b></p>			
<p align="center"><b>FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)</b></p>			
<b>Fecha de ejecución:</b>	17-01-2018	<b>Revisado por:</b>	Ing. Cristian Pérez
<b>Realizado por:</b>	Evelyn Pérez	<b>Proceso</b>	Taladrado
<b>Tipo de herramienta:</b>	Broca CERIN (118)	<b>Diámetro:</b>	10 mm
<b>Velocidad de husillo:</b>	1600 rpm	<b>Avance:</b>	210 mm/min
<b>Material:</b>	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
<p align="center"><b>Medición de la Rugosidad</b></p>			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
PP12-PPS12	1.326	2.103	1.715
PPR12-PPSR12	2.407	1.577	1.992
<b>Total</b>			<b>1.854</b>
<p align="center"><b>Medición de Delaminación</b></p>			
<b>Delaminación Entrada (Fde)</b>	<b>Promedio: 1.0360</b>	<p align="center"><b>Probetas</b></p>	
		<p align="center"><b>PP12</b></p>	<p align="center"><b>PPR12</b></p>
<b>Delaminación Salida (Fds)</b>	<b>Promedio: 1.0634</b>	<p align="center"><b>PPS12</b></p>	<p align="center"><b>PPSR12</b></p>
			
			

Fuente: Autor

Tabla 3. 52 Factor de Delaminación (Fd) y Rugosidad media (Ra), PP13-PPR13, PPS13-PPSR13

“UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO” CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
FACTOR DE DELAMINACIÓN (Fd) Y RUGOSIDAD MEDIA (Ra)			
Fecha de ejecución:	17-01-2018	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
Realizado por:	Evelyn Pérez	Proceso	Taladrado
Tipo de herramienta:	Broca CERIN (118)	Diámetro:	10 mm
Velocidad de husillo:	1600 rpm	Avance:	210 mm/min
Material:	Matriz Epoxi y Refuerzo de fibra de Abacá tejida (70%-30%) 7 capas de tejido		
Medición de la Rugosidad			
Rugosidad (Ra) $\mu\text{m}$	Medición 1	Medición 2	Promedio
PP13-PPS13	1.786	1.023	1.405
PPR13-PPSR13	1.498	1.251	1.375
<b>Total</b>			<b>1.390</b>
Medición de Delaminación			
Delaminación Entrada (Fde)	Promedio: 1.0555	Probetas	
		PP13	PPR13
Delaminación Salida (Fds)	Promedio: 1.0500	PPS13	PPSR13
			
			

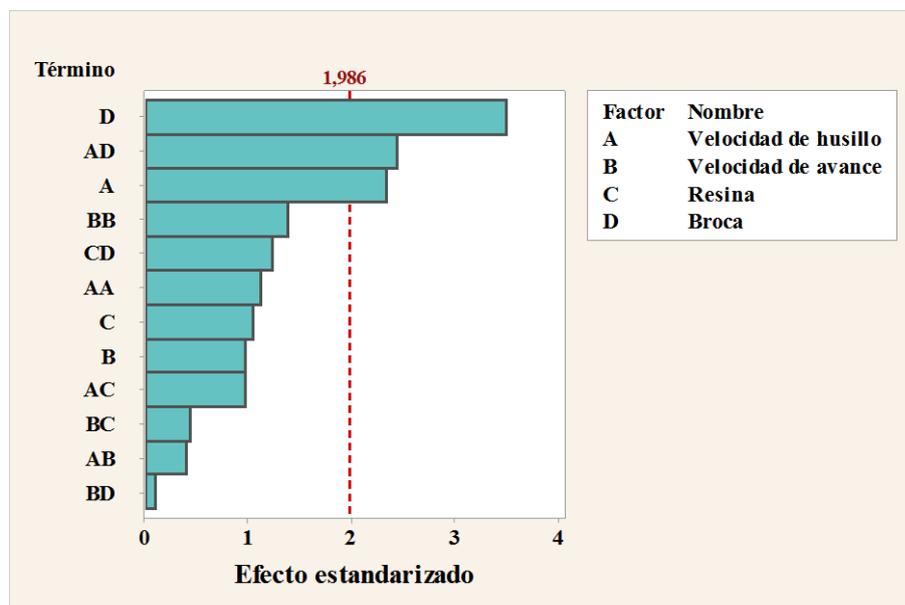
Fuente: Autor

### 3.1.2 Factor de Delaminación

#### 3.1.2.1 Análisis del factor de Delaminación Entrada

##### Aplicación de la metodología de superficie de respuesta

Mediante un análisis preliminar, se pretende indagar la influencia de los términos de un modelo cuadrático completo, es así que se plantea estudiar la influencia de los términos de primer orden, de segundo orden y las interacciones de los factores, en el diagrama de Pareto que se detalla en la figura 3.1.



*Figura 3. 1 Diagrama de Pareto de los efectos para el factor de delaminación de entrada.*

*Fuente: Autor*

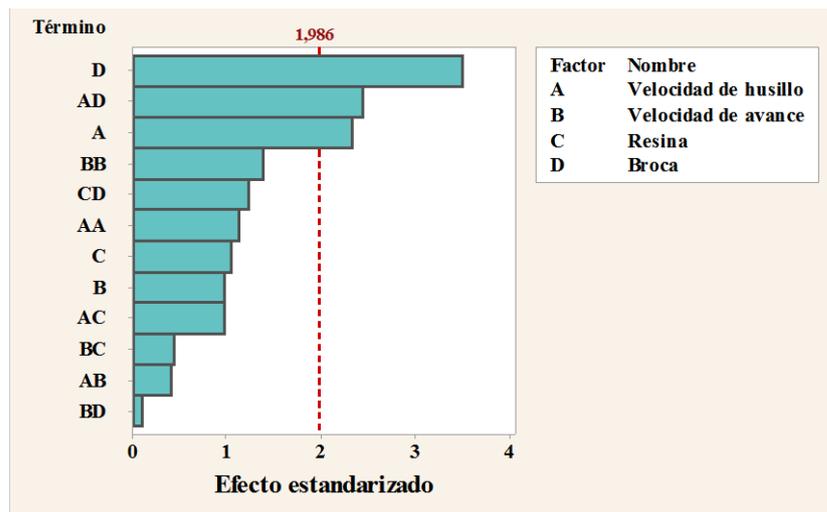
Con el fin de eliminar términos que no aporten a la variabilidad de la delaminación de entrada, se depura el modelo inicialmente analizado, teniendo al final un modelo de primer orden, debido a la ausencia de términos cuadráticos. Con este nuevo modelo, se realiza el Análisis de superficie de respuesta el cual se describe en la tabla 3.53, por del medio del mismo se explica claramente que los factores involucrados afectan significativamente a la delaminación de entrada mediante el contraste de significancias, siendo la calculada de 0.000 y la predefinida de 0.05, el modelo analizado explica el 21.02 % de la variabilidad del factor de delaminación de entrada.

**Tabla 3. 53** Resultados de Análisis de Superficie de Respuesta- factor de delaminación de entrada.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor- <i>p</i>
Modelo	5	0.07763	0.01553	5.22	0.000
Velocidad de husillo	1	0.01652	0.01652	5.55	0.020
Velocidad de avance	1	0.00288	0.00288	0.97	0.327
Resina	1	0.00333	0.00333	1.12	0.293
Broca	1	0.03689	0.03689	12.39	0.001
Vel. husillo* Broca	1	0.01802	0.01802	6.05	0.016
Falta de ajuste	30	0.12053	0.00402	1.60	0.057
Error puro	68	0.17118	0.00252		
Total	103	0.36934			

Fuente: Autor

Hay que entender que el valor de la significancia calculado nos brinda la información necesaria para saber si un factor influye o no en la variabilidad del factor de delaminación de entrada, sin embargo, para tener presente, qué términos influyen más que otros, nos centramos en el diagrama de Pareto del modelo depurado de la figura 3.2



**Figura 3. 2** Diagrama de Pareto de los efectos depurados para el factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor

En la figura 3.2 se especifica el tipo de broca, la velocidad de husillo y la interacción entre la velocidad de corte con el tipo de broca; generan los efectos más grandes sobre el factor de delaminación de entrada; adicional a esto, si observamos la gráfica de

probabilidad normal de los efectos en la figura 3.3, podemos afirmar que a razón que sube el nivel de la interacción entre la velocidad de husillo con la resina, el factor de delaminación de entrada disminuirá; contrario a esto, si se sube el nivel de la resina, la respuesta aumentará.

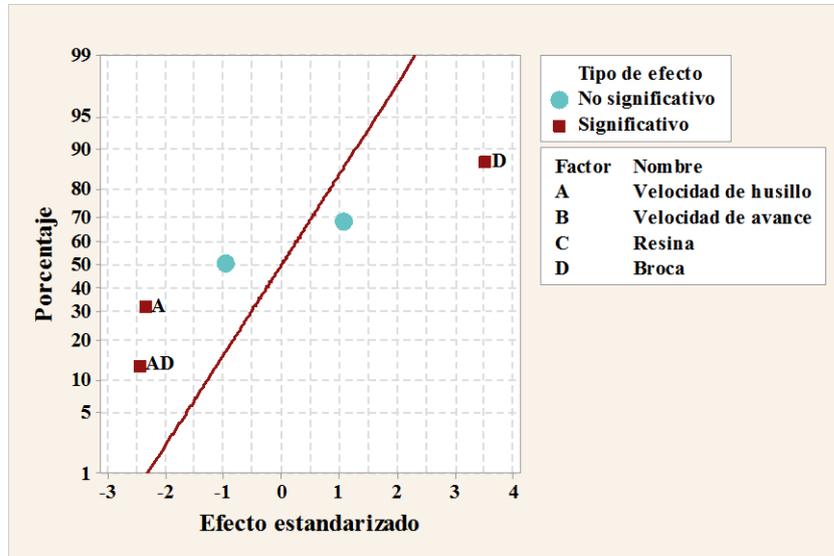


Figura 3. 3 Gráfica de probabilidad normal del factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor

En la figura 3.4 se expone la gráfica de efectos principales, de la misma se puede aseverar de manera más puntual que los efectos de la velocidad de avance y del tipo de resina, no son significativos, ya que el análisis gráfico indica que mientras más pronunciada sea la pendiente, mayor será el efecto del factor asociado a esta línea.

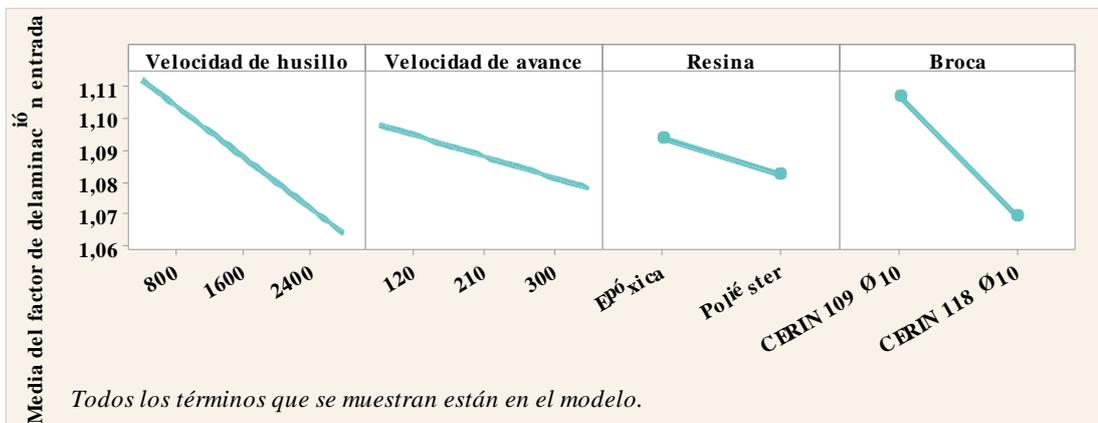


Figura 3. 4 Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor

Adicional a la gráfica de efectos principales se muestra en la figura 3.5, la gráfica de interacciones, en la que se detallan todas las interacciones de los factores inicialmente analizados, sin embargo, se recalca que gráficamente un efecto activo, se lo interpreta por la marcada diferencia entre las pendientes de las líneas en una misma interacción, por lo que se puede afirmar que es significativo el efecto de la velocidad de husillo con el tipo de broca.

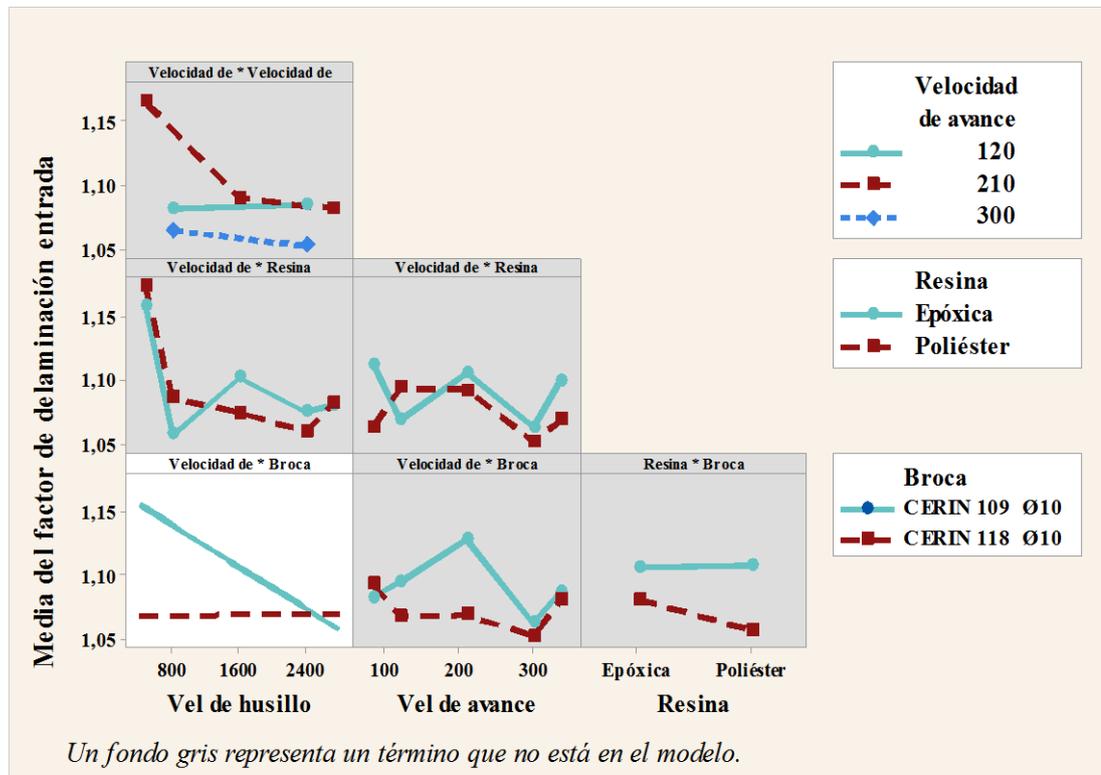


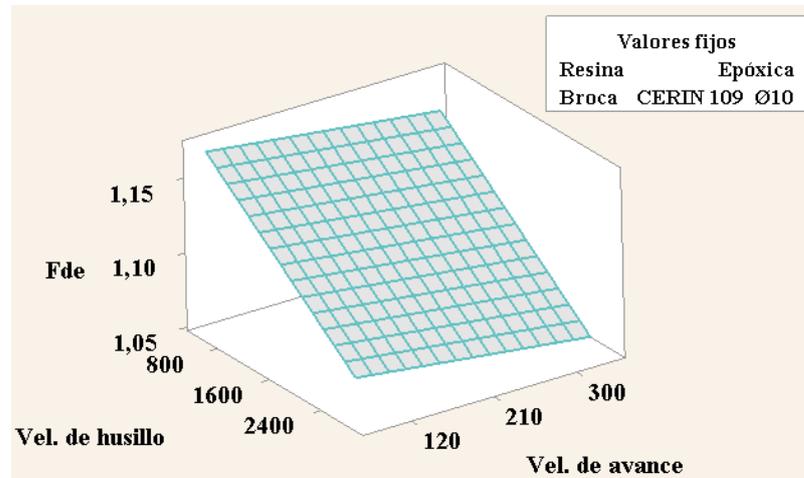
Figura 3. 5 Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor

Con el Análisis de Superficie de respuesta detallado en la tabla 3.53, se obtiene la ecuación de regresión correspondiente al modelo tratado, no obstante, se precisa recalcar que, debido a la naturaleza de los factores de entrada, del análisis de varianza se obtienen cuatro ecuaciones de regresión asociadas al factor de delaminación de entrada, cada una de ellas genera una superficie que se presenta en las figuras 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9.

En la figura 3.6, se dispone el factor de delaminación de entrada en función de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, para sus distintos niveles, considerando una matriz de resina Epóxica y la broca CERIN 109 Ø10, con esta

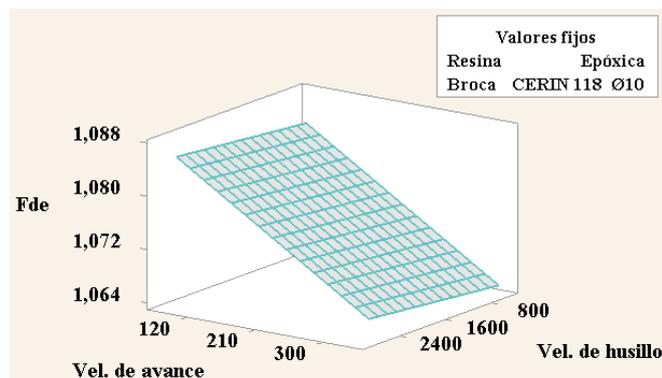
gráfica se entiende de manera exclusiva para el grupo de factores mencionados, el punto en el que se obtiene el valor más bajo del factor de delaminación es al utilizar velocidades altas de husillo y de avance.



**Figura 3. 6** Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Epóxica y broca CERIN 109 Ø10.

**Fuente:** Autor

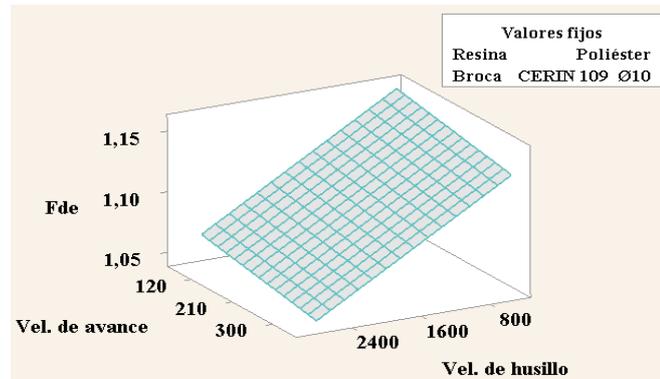
Se presenta en la figura 3.7, el factor de delaminación de entrada en función de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, para sus distintos niveles, considerando una matriz de resina Epóxica y la broca CERIN 118 Ø10, con esta gráfica se entiende que, de manera exclusiva para el grupo de factores mencionados, el punto en el que se obtiene el valor más bajo del factor de delaminación de entrada es al utilizar una alta velocidad de avance y una baja velocidad de husillo.



**Figura 3. 7** Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Epóxica y broca CERIN 118 Ø10.

**Fuente:** Autor

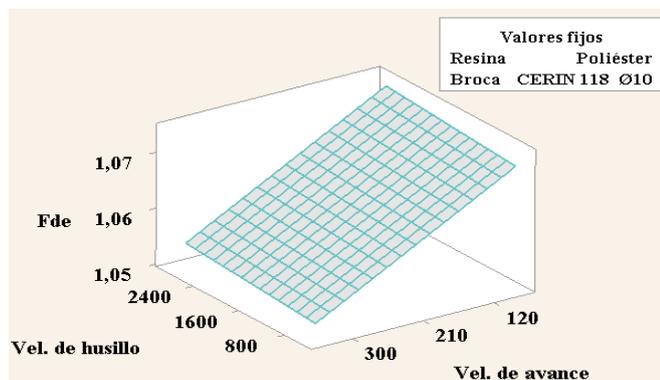
En la figura 3.8, se presenta el factor de delaminación de entrada en función de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, para sus distintos niveles, considerando una matriz de resina Poliéster y la broca CERIN 109 Ø10, con esta gráfica se entiende que, de manera exclusiva para el grupo de factores mencionados, el punto en el que se obtiene el valor más bajo del factor de delaminación es al utilizar velocidades altas de avance y de husillo.



**Figura 3. 8** Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Poliéster y broca CERIN 109 Ø10.

**Fuente:** Autor

Se dispone en la figura 3.9, el factor de delaminación de entrada en función de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, para sus distintos niveles, considerando una matriz de resina Poliéster y la broca CERIN 118 Ø10, con esta gráfica se entiende que, de manera exclusiva para el grupo de factores mencionados, el punto en el que se obtiene el valor más bajo del factor de delaminación de entrada es al utilizar una baja velocidades de husillo y una alta velocidad de avance.



**Figura 3. 9** Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Poliéster y broca CERIN 118 Ø10.

**Fuente:** Autor

### Optimización del factor de delaminación de entrada

Al término de la metodología aplicada anteriormente, tenemos 4 puntos tentativos de posibles combinaciones de niveles, sin embargo, para englobar todos los factores de análisis es necesario aplicar una optimización, por lo que se genera el análisis de las respuestas predichas para calificar la deseabilidad individual del factor de delaminación de entrada.

Los parámetros que se deducen como óptimos, se detallan en la figura 3.10, además el valor mínimo del factor de delaminación de entrada que se puede obtener al aplicar los mismo.

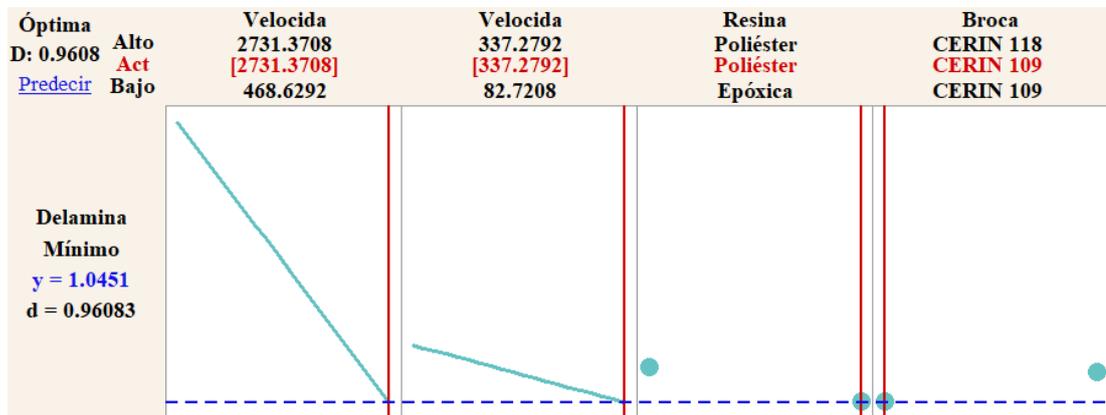


Figura 3. 10 Gráfica de optimización del factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor

Los factores tratados son: velocidad de husillo, velocidad de avance, tipo de resina y tipo de broca; los niveles óptimos para cada uno de estos factores se detallan en la tabla 3.54.

Tabla 3. 54 Valores predichos del punto óptimo del factor de delaminación de entrada.

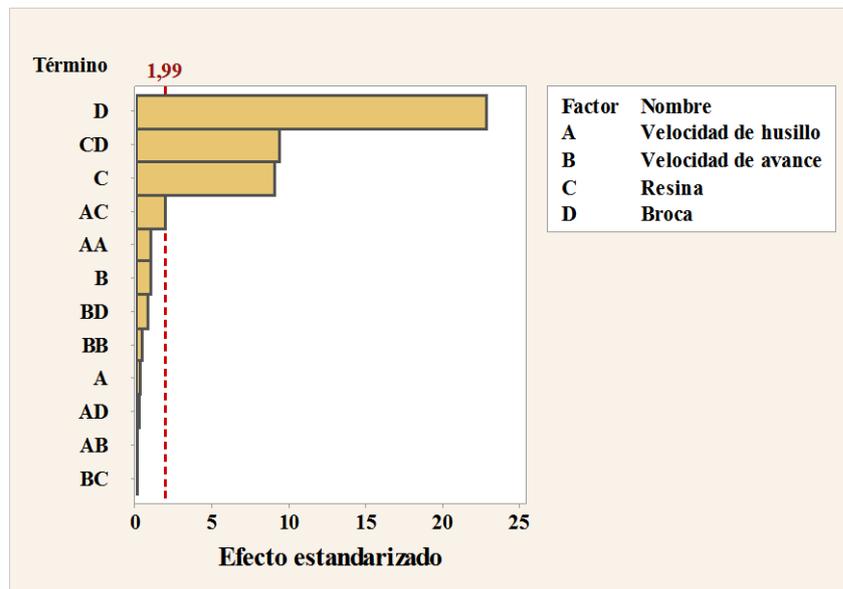
Factores				
Velocidad de corte	Velocidad de husillo	Velocidad de avance	Resina	Broca
85.81 m/min	2731.37 rpm	337.28 mm / min	Poliéster	CERIN 109 Ø10
Respuesta				
Factor de delaminación de entrada			1.0451	

Fuente: Autor

### 3.1.2.2 Análisis del factor de Delaminación Salida

#### Aplicación de la metodología de superficie de respuesta

Mediante un análisis preliminar, se pretende indagar la influencia de los términos de un modelo cuadrático completo, es así que se plantea estudiar la influencia de los términos de primer orden, de segundo orden y las interacciones de los factores, en el diagrama de Pareto que se detalla en la figura 3.11.



*Figura 3. 11 Diagrama de Pareto de los efectos para el factor de delaminación de salida.*

*Fuente: Autor*

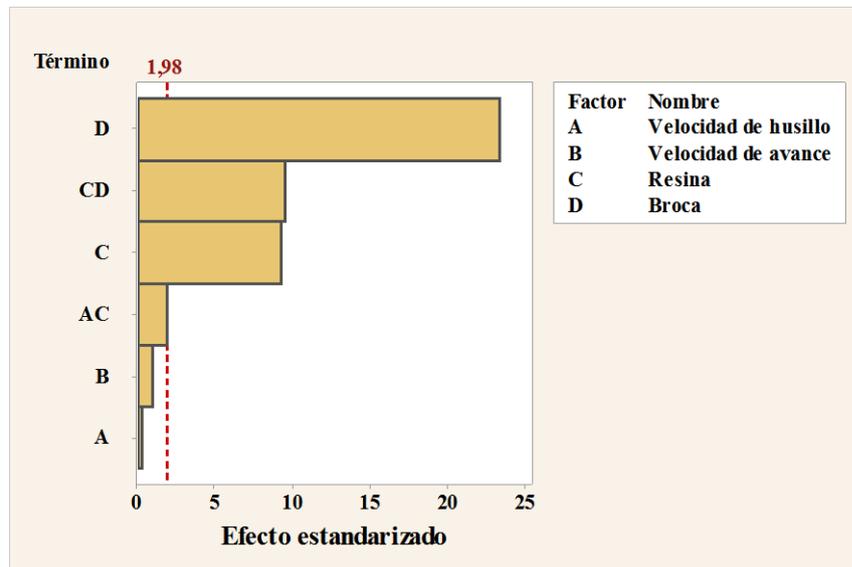
Con el fin de eliminar términos que no aporten a la variabilidad del factor de delaminación de salida, se depura el modelo inicialmente analizado, teniendo al final un modelo de primer orden, debido a la ausencia de términos cuadráticos. Con este nuevo modelo, se realiza el Análisis de superficie de respuesta que se describe en la tabla 3.55, en el cual se explica claramente que los factores involucrados afectan significativamente al factor de delaminación de salida mediante el contraste de significancias, siendo la calculada de 0.000 y la predefinida de 0.05; el modelo analizado explica el 88.29 % de la variabilidad del factor de delaminación de salida.

**Tabla 3. 55** Análisis de Superficie de Respuesta- factor de delaminación de salida.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor- <i>p</i>
Modelo	6	2.53363	0.42227	121.88	0.000
Velocidad de husillo	1	0.00044	0.00044	0.13	0.724
Velocidad de avance	1	0.00346	0.00346	1.00	0.320
Resina	1	0.29706	0.29706	85.74	0.000
Broca	1	1.90327	1.90327	549.35	0.000
Vel. husillo * Broca	1	0.01400	0.01400	4.04	0.047
Resina * Broca	1	0.31540	0.31540	91.04	0.000
Falta de ajuste	29	0.12396	0.00427	1.37	0.144
Error puro	68	0.21211	0.00312		
Total	103	2.86970			

Fuente: Autor

El valor de la significancia calculada nos brinda la información necesaria para saber si un factor influye o no en la variabilidad del factor de delaminación de salida, sin embargo, para tener presente, qué términos influyen más que otros, nos centramos en el diagrama de Pareto del modelo depurado de la figura 3.12.



**Figura 3. 12** Diagrama de Pareto de los efectos depurados para el factor de delaminación de salida.

Fuente: Autor

En la figura 3.12 se especifica que el tipo de broca, la interacción entre el tipo de resina con el tipo de broca, el tipo de resina y la interacción entre la velocidad de husillo con el tipo de resina; generan los efectos más grandes sobre el factor de delaminación de salida; adicional a esto, si vemos la gráfica de probabilidad normal de los efectos en la

figura 3.13, podemos afirmar que a razón que sube el nivel del tipo de broca, de la interacción entre la resina y la broca, del tipo de resina y de la interacción entre la velocidad de husillo y la resina, el factor de delaminación de salida aumentará.

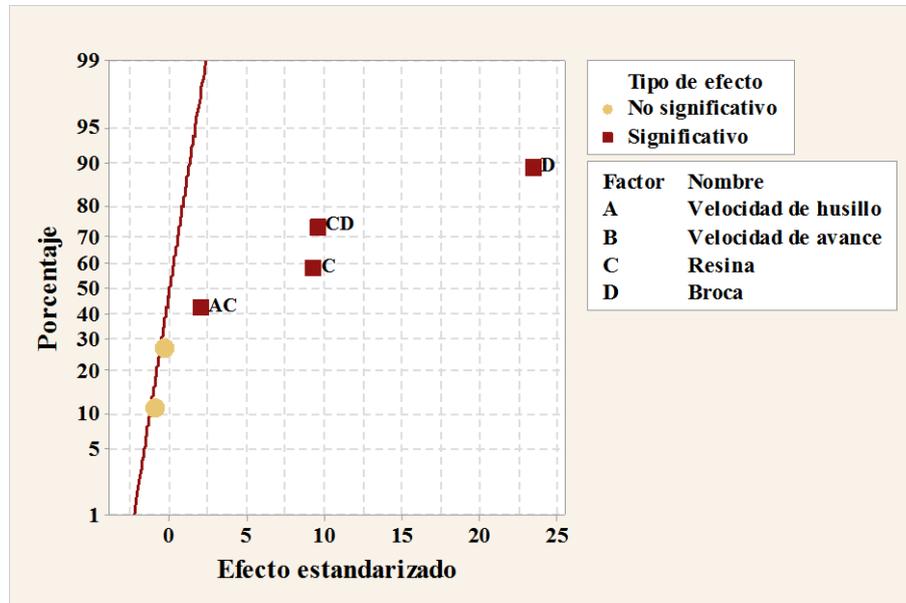


Figura 3. 13 Gráfica de probabilidad normal del factor de delaminación de salida.

Fuente: Autor

En la figura 3.14 se expone la gráfica de efectos principales, en la cual se puede aseverar de manera más puntual que los efectos de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, no son significativos, ya que el análisis gráfico indica que mientras más pronunciada sea la pendiente, mayor será el efecto del factor asociado a esta línea.

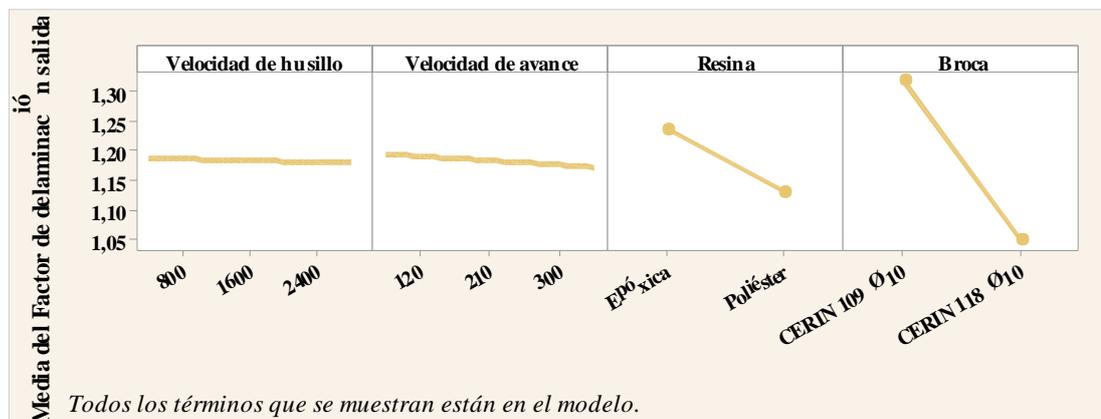


Figura 3. 14 Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de salida.

Fuente: Autor

En la figura 3.15 se detallan todas las interacciones de los factores inicialmente analizados, sin embargo, se recalca que gráficamente un efecto activo, se lo interpreta por la marcada diferencia entre las pendientes de las líneas en una misma interacción, por lo que se puede afirmar que es significativo el efecto de la velocidad de husillo con el tipo de resina y del tipo de resina con el tipo de broca.

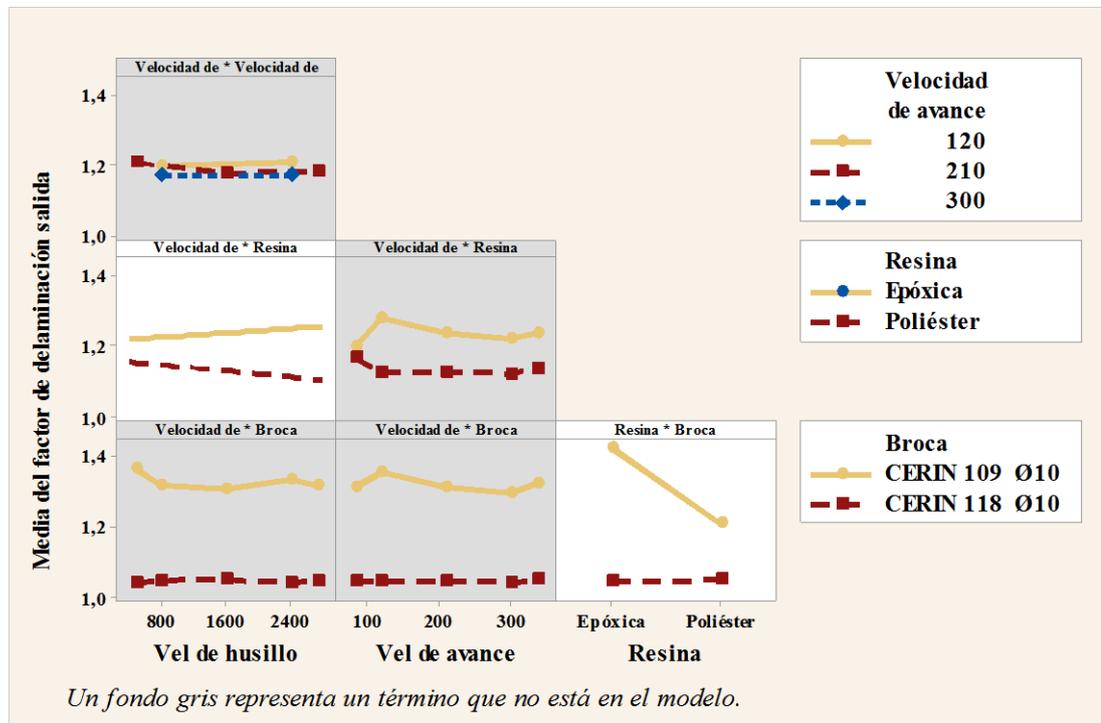


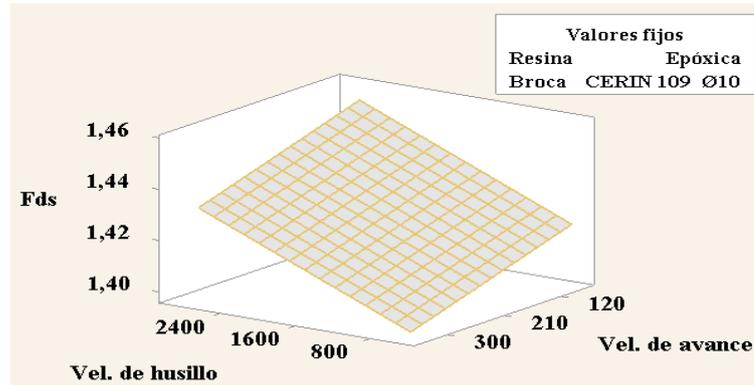
Figura 3. 15 Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de salida.

Fuente: Autor

Con el Análisis de superficie de respuesta detallado en la tabla 3.55, se obtiene la ecuación de regresión correspondiente al modelo tratado, no obstante, se precisa recalcar que, debido a la naturaleza de los factores de entrada, del análisis de varianza se obtienen cuatro ecuaciones de regresión asociadas al factor de delaminación de salida, cada una de ellas genera una superficie que se presenta en las figuras 3.16 3.17, 3.18 y 3.19.

En la figura 3.16, se dispone el factor de delaminación de salida en función de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, para sus distintos niveles, considerando una matriz de resina Epóxica y la broca CERIN 109 Ø10, con esta gráfica se entiende que de manera exclusiva para el grupo de factores mencionados, el

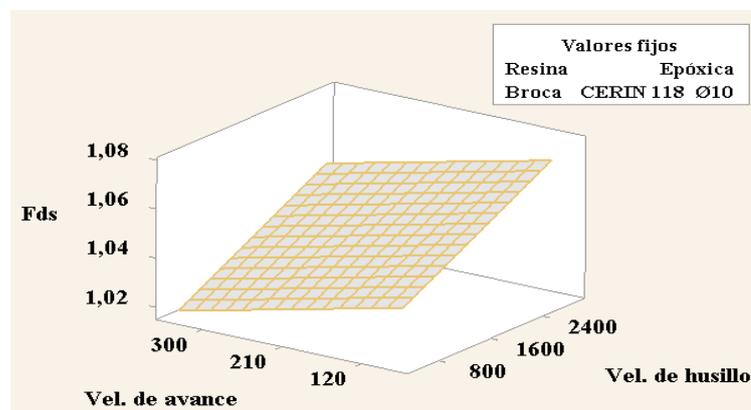
punto en el que se obtiene el valor más bajo del factor de delaminación de salida es al utilizar una baja velocidad de husillo y una alta velocidad de avance.



**Figura 3. 16** Gráfica de superficie del factor de delaminación de salida vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Epóxica y broca CERIN 109 Ø10.

**Fuente:** Autor

Se presenta en la figura 3.17, el factor de delaminación de salida en función de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, para sus distintos niveles, considerando una matriz de resina Epóxica y la broca CERIN 118 Ø10, con esta gráfica se entiende que de manera exclusiva para el grupo de factores mencionados, el punto en el que se obtiene el valor más bajo del factor de delaminación de salida es al utilizar una baja velocidad de husillo y una alta velocidad de avance.

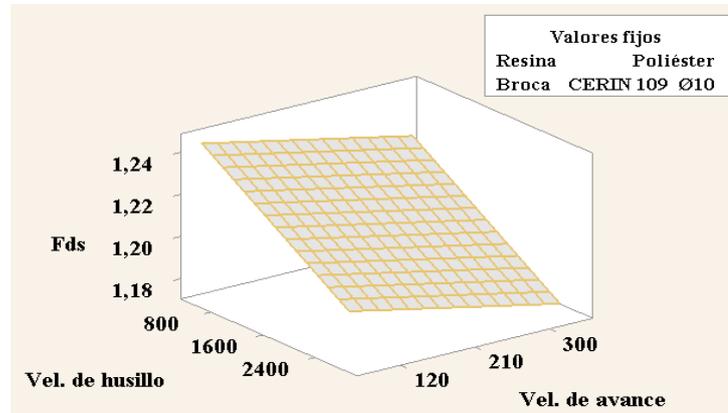


**Figura 3. 17** Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Epóxica y broca CERIN 118 Ø10.

**Fuente:** Autor

En la figura 3.18, se presenta el factor de delaminación de entrada en función de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, para sus distintos niveles,

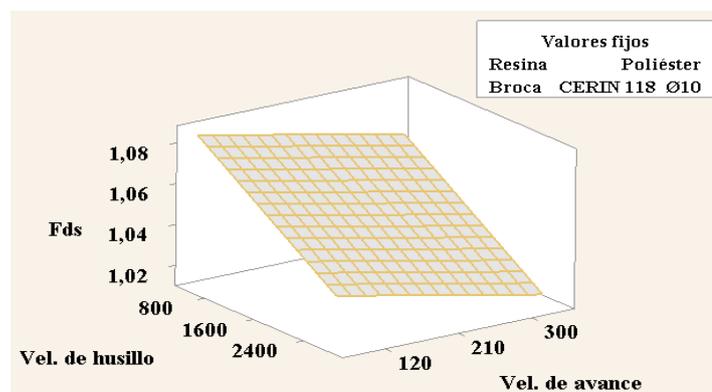
considerando una matriz de resina Poliéster y la broca CERIN 109 Ø10, con esta gráfica se entiende que, de manera exclusiva para el grupo de factores mencionados, el punto en el que se obtiene el valor más bajo del factor de delaminación de salida es al utilizar velocidades altas de avance y de husillo.



**Figura 3. 18** Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Poliéster y broca CERIN 109 Ø10.

*Fuente: Autor*

Se dispone en la figura 3.19, el factor de delaminación de salida en función de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, para sus distintos niveles, considerando una matriz de resina Poliéster y la broca CERIN 118 Ø10, con esta gráfica se entiende que, de manera exclusiva para el grupo de factores mencionados, el punto en el que se obtiene el valor más bajo del factor de delaminación de salida es al utilizar velocidades altas de avance y de husillo.



**Figura 3. 19** Gráfica de superficie del factor de delaminación de entrada vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Poliéster y broca CERIN 118 Ø10.

*Fuente: Autor*

### Optimización del factor de delaminación de salida

Al término de la metodología aplicada anteriormente, tenemos 4 puntos tentativos de posibles combinaciones de niveles, sin embargo, para englobar todos los factores de análisis es necesario aplicar una optimización, por lo que se genera el análisis de las respuestas predichas para calificar la deseabilidad individual del factor de delaminación de salida.

Los parámetros que se deducen como óptimos, se detallan en la figura 3.20, además el valor mínimo del factor de delaminación de salida que se puede obtener al aplicar los mismo.

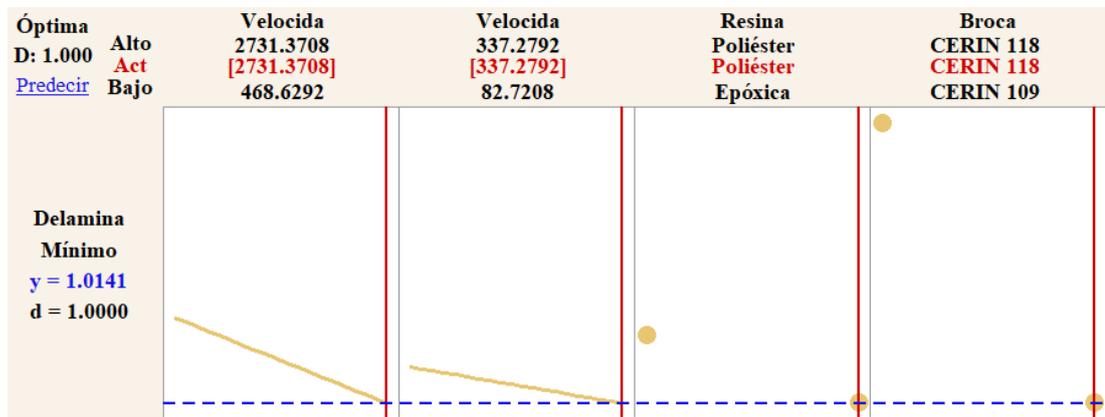


Figura 3. 20 Gráfica de optimización del factor de delaminación de entrada.

Fuente: Autor

Los factores tratados son: velocidad de husillo, velocidad de avance, tipo de resina y tipo de broca; los niveles óptimos para cada uno de estos factores se detallan en la tabla 3.56.

Tabla 3. 56 Valores predichos del punto óptimo del factor de delaminación de salida.

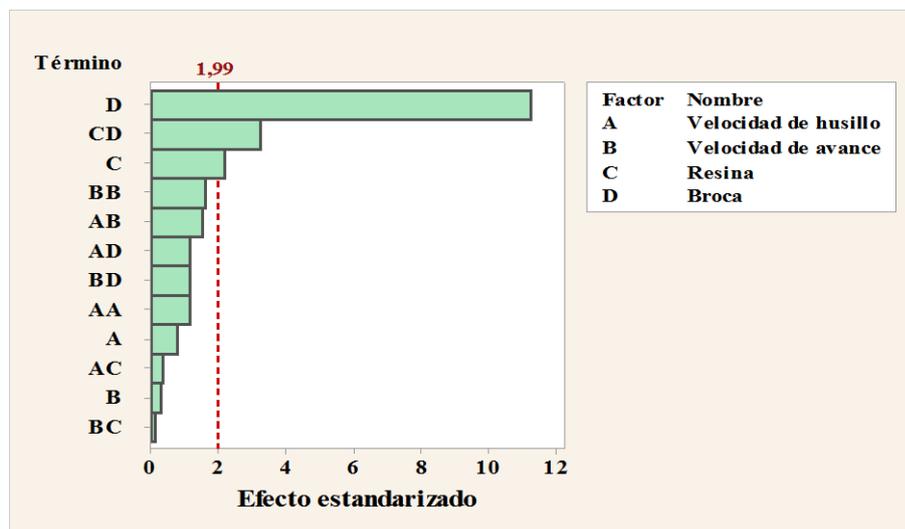
Factores				
Velocidad de corte	Velocidad de husillo	Velocidad de avance	Resina	Broca
85.81 m/min	2731.37 rpm	337.28 mm / min	Poliéster	CERIN 118 Ø10
Respuesta				
Factor de delaminación de entrada			1.0141	

Fuente: Autor

### 3.1.3 Rugosidad

#### Aplicación de la metodología de superficie de respuesta

Mediante un análisis preliminar, se pretende indagar la influencia de los términos de un modelo cuadrático completo, es así que se plantea estudiar la influencia de los términos de primer orden, de segundo orden y las interacciones de los factores, en el diagrama de Pareto que se detalla en la figura 3.21.



*Figura 3. 21 Diagrama de Pareto de los efectos para depurados para la rugosidad.*

*Fuente: Autor*

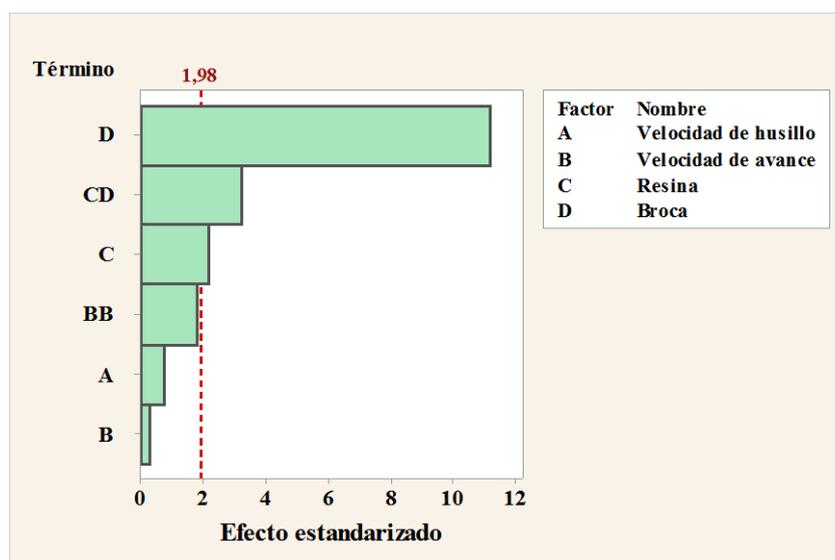
Con el fin de eliminar términos que no aporten a la variabilidad de la rugosidad, se depura el modelo inicialmente analizado, teniendo finalmente un modelo de segundo orden, debido a la presencia de un término cuadrático que a criterio del investigador es importante, por lo que se lo incluye en el análisis a pesar de que no tenga una significancia estadísticamente considerable. Con este nuevo modelo, se realiza el Análisis de superficie de respuesta que se describe en la tabla 3.57, en el cual se explica claramente que los factores involucrados afectan significativamente a la rugosidad mediante el contraste de significancias, siendo la calculada de 0.000 y la predefinida de 0.05; el modelo analizado explica el 59.94 % de la variabilidad de rugosidad.

**Tabla 3. 57** Análisis de superficie de respuesta para la rugosidad.

Fuente de Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Valor-p
Modelo	6	37.4883	6.2481	24.19	0.000
Velocidad de husillo	1	0.1615	0.1615	0.63	0.431
Velocidad de avance	1	0.0214	0.0214	0.08	0.774
Resina	1	1.2286	1.2286	4.76	0.032
Broca	1	32.4981	32.4981	125.79	0.000
Vel. avance * Vel. avance	1	0.8210	0.8210	3.18	0.078
Resina * Broca	1	2.7576	2.7576	10.67	0.002
Falta de ajuste	29	9.0006	0.3104	1.31	0.178
Error puro	68	16.0587	0.2362		
Total	103	62.5476			

Fuente: Autor

El valor de la significancia calculada nos brinda la información necesaria para saber si un factor influye o no en la variabilidad de rugosidad, sin embargo, para tener presente, qué términos influyen más que otros, nos centramos en el diagrama de Pareto del modelo depurado de la figura 3.22.



**Figura 3. 22** Diagrama de Pareto de los efectos depurados para la rugosidad.

Fuente: Autor

En la figura 3.22 se especifica que el tipo de broca, la interacción entre el tipo de resina con el tipo de broca, el tipo de resina; generan los efectos más grandes sobre la rugosidad; hay que aclarar que también se analiza el efecto cuadrático de la velocidad de avance ya que a criterio del investigador se considera importante; adicional a esto, si vemos la gráfica de probabilidad normal de los efectos en la figura 3.23, podemos

afirmar que a razón que sube el nivel del tipo de broca, de la interacción entre la resina con la broca y del tipo de resina; la rugosidad aumentará. El efecto del cuadrado de la velocidad de avance tiene influencia negativa en la rugosidad.

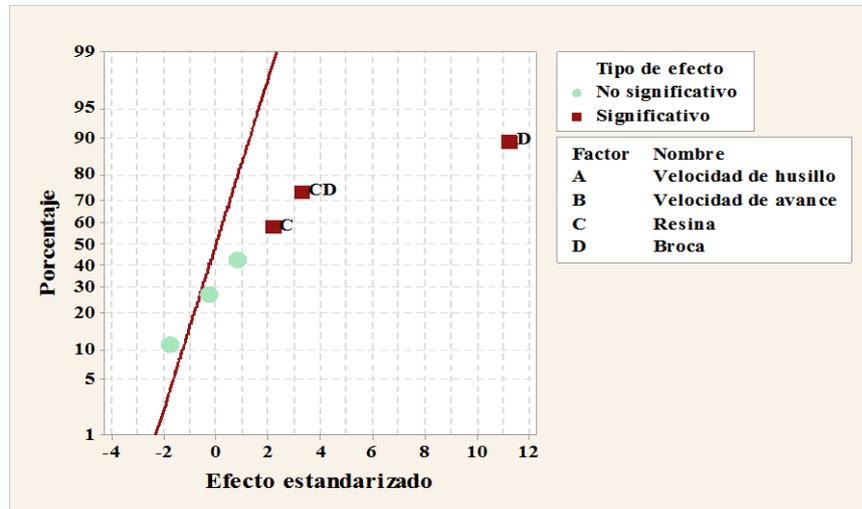


Figura 3. 23 Gráfica de probabilidad normal de la rugosidad.

Fuente: Autor

En la figura 3.24 se expone la gráfica de efectos principales, de esta, se puede aseverar de manera más puntual que los efectos de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, no son significativos, ya que el análisis gráfico indica que mientras más pronunciada sea la pendiente, mayor será el efecto del factor asociado a esta línea.

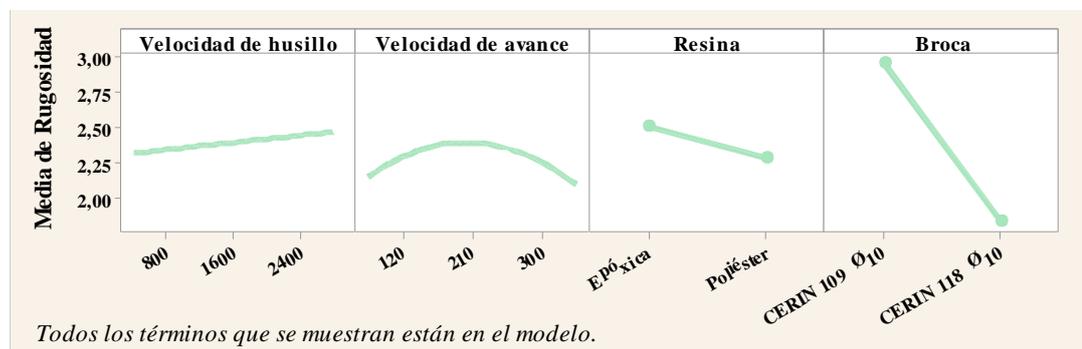
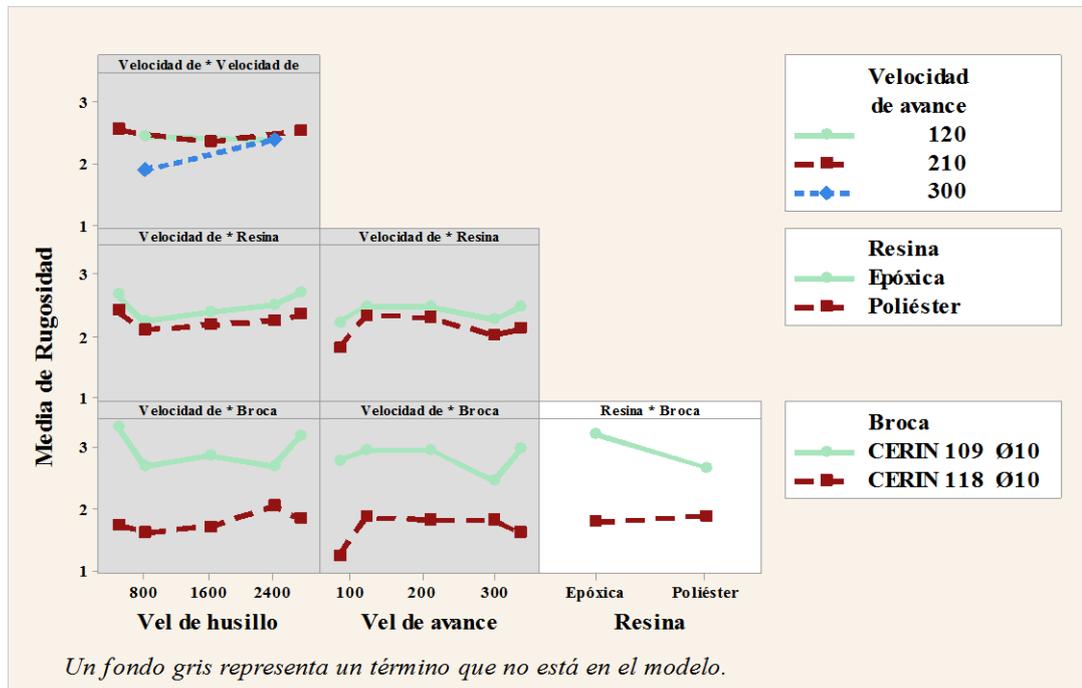


Figura 3. 24 Gráfica de efectos principales de la rugosidad.

Fuente: Autor

En la figura 3.25, se detallan todas las interacciones de los factores inicialmente analizados, sin embargo, se recalca que gráficamente un efecto activo, se lo interpreta por la marcada diferencia entre las pendientes de las líneas en una misma interacción,

por lo que se puede afirmar que es significativo el efecto del tipo de resina con el tipo de broca.

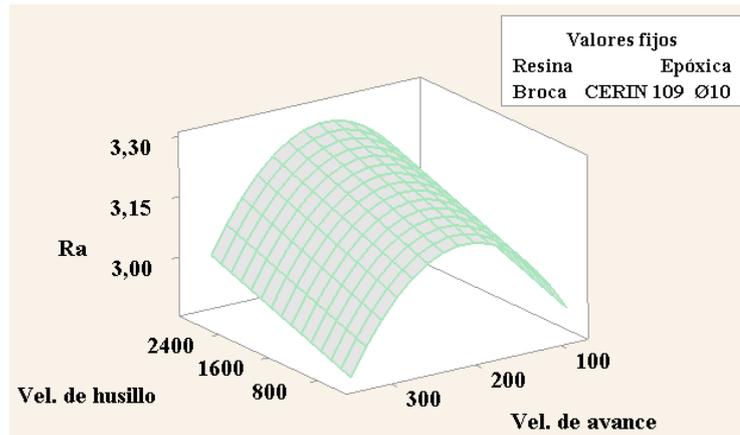


**Figura 3. 25** Gráfica de efectos principales del factor de delaminación de salida.

*Fuente: Autor*

Con el Análisis de superficie de respuesta detallado en la tabla 3.57, se obtiene la ecuación de regresión correspondiente al modelo tratado, no obstante, se precisa recalcar que, debido a la naturaleza de los factores de entrada, del análisis de varianza se obtienen cuatro ecuaciones de regresión asociadas a la rugosidad, cada una de ellas genera una superficie que se presenta en las figuras 3.26, 3.27, 3.28 y 3.29.

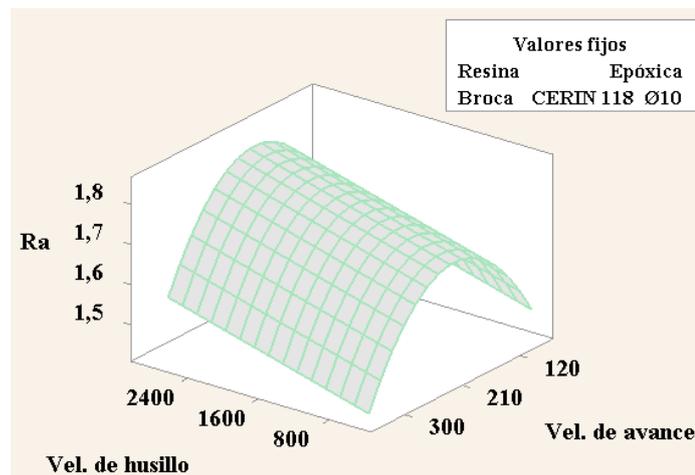
En la figura 3.26, se dispone la rugosidad en función de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, para sus distintos niveles, considerando una matriz de resina Epóxica y la broca CERIN 109 Ø10, con esta gráfica se entiende que, de manera exclusiva para el grupo de factores mencionados, el punto en el que se obtiene el valor más bajo de rugosidad es al utilizar una baja velocidad de husillo y una alta velocidad de avance.



**Figura 3. 26** Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Epóxica y broca CERIN 109 Ø10.

**Fuente:** Autor

Se presenta en la figura 3.27, la rugosidad en función de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, para sus distintos niveles, considerando una matriz de resina Epóxica y la broca CERIN 118 Ø10, con esta gráfica se entiende que, de manera exclusiva para el grupo de factores mencionados, el punto en el que se obtiene el valor más bajo de rugosidad es al utilizar una baja velocidad de husillo y una alta velocidad de avance.

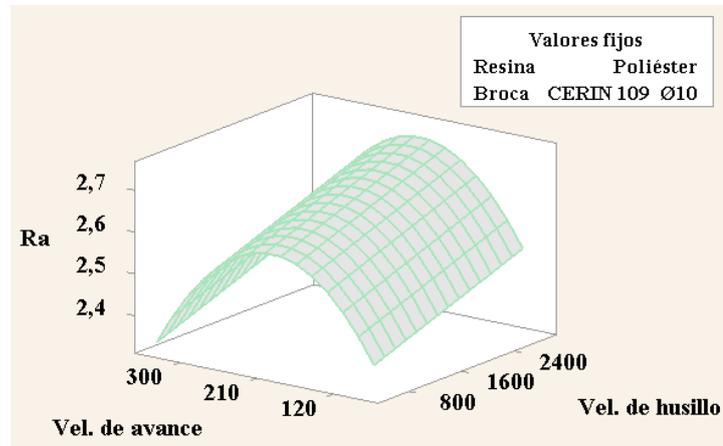


**Figura 3. 27** Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Epóxica y broca CERIN 118 Ø10.

**Fuente:** Autor

En la figura 3.28, se presenta la rugosidad en función de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, para sus distintos niveles, considerando una matriz de resina Poliéster y la broca CERIN 109 Ø10, con esta gráfica se entiende que, de manera

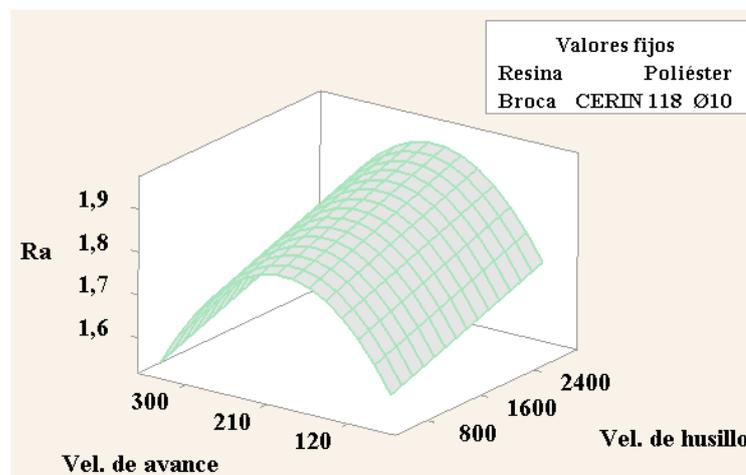
exclusiva para el grupo de factores mencionados, el punto en el que se obtiene el valor más bajo de rugosidad es al utilizar una velocidad alta de avance y una baja velocidad de husillo.



**Figura 3. 28** Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Poliéster y broca CERIN 109 Ø10.

*Fuente: Autor*

Se dispone en la figura 3.29, la rugosidad en función de la velocidad de husillo y de la velocidad de avance, para sus distintos niveles, considerando una matriz de resina Poliéster y la broca CERIN 118 Ø10, con esta gráfica se entiende que, de manera exclusiva para el grupo de factores mencionados, el punto en el que se obtiene el valor más bajo de rugosidad es al utilizar una velocidad alta de avance y una baja velocidad de husillo.



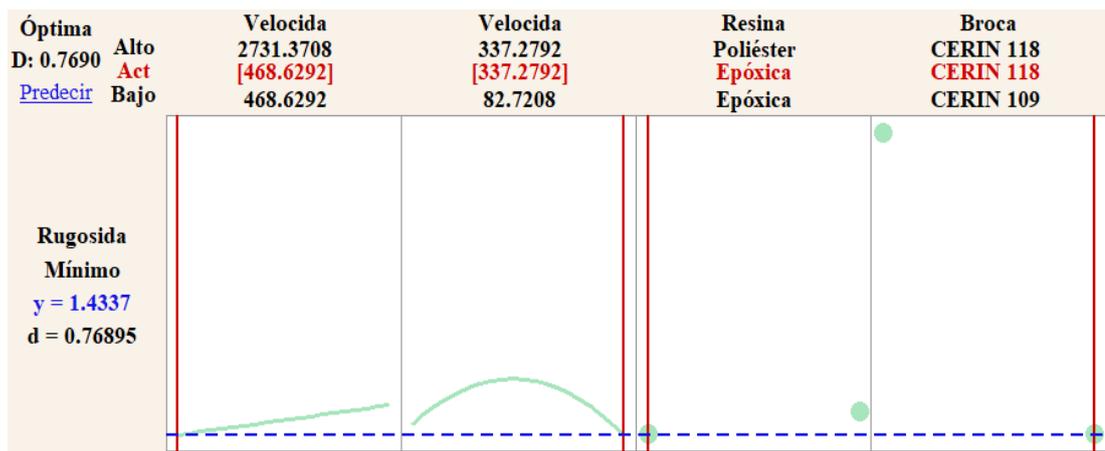
**Figura 3. 29** Gráfica de superficie de la rugosidad vs velocidad de husillo, velocidad de avance; para resina Poliéster y broca CERIN 118 Ø10.

*Fuente: Autor*

## Optimización de Rugosidad

Al término de la metodología aplicada anteriormente, tenemos 4 puntos tentativos de posibles combinaciones de niveles, sin embargo, para englobar todos los factores de análisis es necesario aplicar una optimización, por lo que se genera el análisis de las respuestas predichas para calificar la deseabilidad individual de la rugosidad.

Los parámetros que se deducen como óptimos, se detallan en la figura 3.30, además el valor mínimo de la rugosidad que se puede obtener al aplicar los mismo.



*Figura 3. 30 Gráfica de optimización de la rugosidad.*

*Fuente: Autor*

Los factores tratados son: velocidad de husillo, velocidad de avance, tipo de resina y tipo de broca; los niveles óptimos para cada uno de estos factores se detallan en la tabla 3.31.

*Tabla 3. 58 Valores predichos del punto óptimo de rugosidad*

Factores				
Velocidad de corte	Velocidad de husillo	Velocidad de avance	Resina	Broca
14.72 m/min	468.63 rpm	337.28 mm / min	Epóxica	CERIN 118 Ø10
Respuesta				
Rugosidad			1.4337 $\mu$ m	

*Fuente: Autor*

### Optimización simultánea

Para obtener un valor único analizable se calcula la deseabilidad global, en base a las deseabilidades individuales anteriormente deducidas, este coeficiente se representa en la figura 3.32



Figura 3. 31 Gráfica de optimización simultánea.

Fuente: Autor

De la gráfica de optimización simultánea se extraen los niveles de cada uno de los factores, estos se presentan en la tabla 3.58, además se tiene los valores de cada respuesta predicha por el modelo.

Tabla 3. 59 Valores predichos para el punto óptimo global.

Factores				
Velocidad de corte	Velocidad de husillo	Velocidad de avance	Resina	Broca
14.72 m/min	468.63 rpm	337.28 mm / min	Epóxica	CERIN 118 Ø10
Respuesta				
Factor de delaminación de entrada			1.0642	
Factor de delaminación de salida			1.0183	
Rugosidad			1.4337 µm	

Fuente: Autor

### 3.1.4 Absorción de humedad

Se realizó el Ensayo de Absorción de humedad basado en la Norma D 570-98, en el cual se elaboraron 5 probetas de 50.8\*50.8\*3.2 mm. Se tomó el peso inicial, luego se sumergió en agua destilada y se fue recopilando los datos necesarios como se muestra en las tablas 3.59 y 3.60.

*Tabla 3. 60 Datos de absorción de humedad en Matriz Epoxi-Refuerzo Fibra de abacá*

MATRIZ EPOXI-FIBRA DE ABACÁ												
Tiempo	t (horas)	Peso (g)					Índice de Humedad					Índice de humedad Promedio %
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
0 horas	0	10.343	10.407	9.648	10.606	11.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2 horas	2	10.634	10.693	9.912	10.878	11.361	2.813	2.748	2.736	2.565	3.122	2.797
24 horas	24	10.884	10.943	10.162	11.128	11.611	5.231	5.150	5.328	4.922	5.392	5.204
Semana 1	192	11.346	11.437	10.528	11.545	12.050	9.697	9.897	9.121	8.853	9.376	9.389
Semana 2	384	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semana 3	576	11.670	11.724	10.780	11.812	12.351	12.830	12.655	11.733	11.371	12.109	12.139
Semana 4	768	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semana 5	960	11.761	11.787	10.895	11.893	12.443	13.710	13.260	12.925	12.135	12.944	12.995

Fuente: Autor

*Tabla 3. 61 Datos de absorción de humedad en Matriz Epoxi-Refuerzo Fibra de abacá*

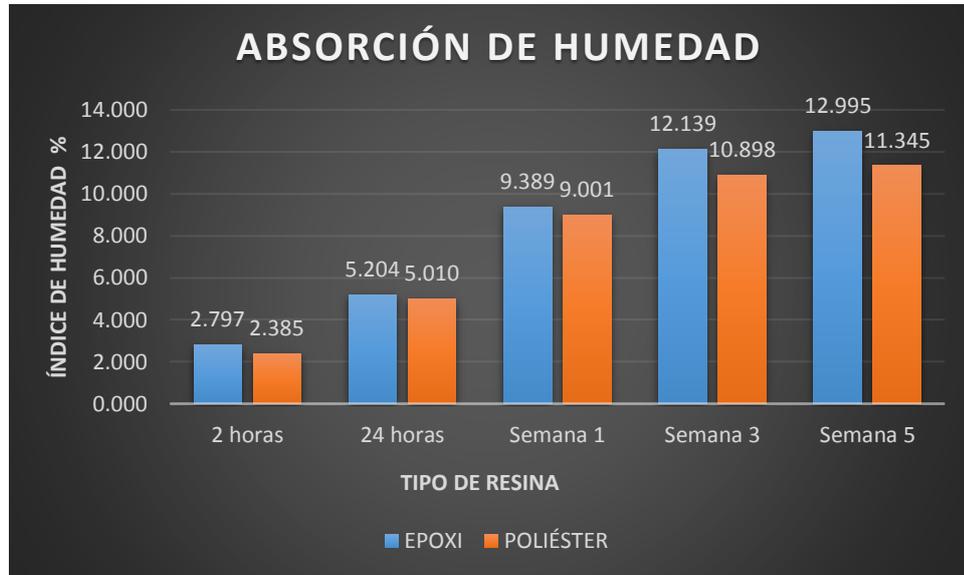
MATRIZ POLIÉSTER-FIBRA DE ABACÁ												
Tiempo	t (horas)	Peso (g)					Índice de Humedad					Índice de humedad Promedio %
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
0 horas	0	9.994	9.477	9.553	9.507	9.124	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2 horas	2	10.284	9.760	9.759	9.630	9.360	2.902	2.986	2.156	1.294	2.587	2.385
24 horas	24	10.534	10.010	10.009	9.880	9.610	5.403	5.624	4.773	3.923	5.327	5.010
Semana 1	192	10.915	10.384	10.453	10.186	10.005	9.216	9.571	9.421	7.142	9.656	9.001
Semana 2	384	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semana 3	576	11.099	10.594	10.603	10.355	10.195	11.057	11.786	10.991	8.920	11.738	10.898
Semana 4	768	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Semana 5	960	11.146	10.624	10.650	10.399	10.240	11.527	12.103	11.483	9.383	12.231	11.345

Fuente: Autor

En la figura 3.33 se muestra en análisis de absorción de humedad en el que se detalla los porcentajes obtenidos en el ensayo. Dando como resultado que la resina epoxi

absorbe mayor cantidad de agua a diferencia del compuesto realizado con resina poliéster.

**Figura 3. 32** Análisis de Absorción de Humedad



*Fuente: Autor*

### 3.2 Parámetros Óptimos

#### 3.2.1 Parámetros Óptimos: Resina Epoxi-Fibra Abacá

Según el análisis realizado en el compuesto de matriz epoxi y refuerzo de fibra de abacá los parámetros más apropiados son:

##### Delaminación de entrada

- CERIN 109 Ø10: altas velocidades de husillo y de avance.
- CERIN 118 Ø10: baja velocidad de husillo y alta velocidad de avance

##### Delaminación de Salida:

- CERIN 109 Ø10: baja velocidad de husillo y alta velocidad de avance
- CERIN 118 Ø10: baja velocidad de husillo y alta velocidad de avance

##### Rugosidad:

- CERIN 109 Ø10: baja velocidad de husillo y alta velocidad de avance
- CERIN 118 Ø10: baja velocidad de husillo y alta velocidad de avance

### 3.2.2 Parámetros Óptimos: Resina Poliéster-Fibra Abacá

Según el análisis realizado en el compuesto de matriz poliéster y refuerzo de fibra de abacá los parámetros más apropiados son:

#### Delaminación de entrada

- CERIN 109 Ø10: velocidad alta de avance y de husillo.
- CERIN 118 Ø10: baja velocidad de husillo y alta velocidad de avance.

#### Delaminación de Salida:

- CERIN 109 Ø10: velocidades altas de avance y de husillo.
- CERIN 118 Ø10: velocidades altas de avance y de husillo.

#### Rugosidad:

- CERIN 109 Ø10: alta de avance y baja de husillo.
- CERIN 118 Ø10: alta de avance y baja de husillo.

### 3.2.3 Parámetros Óptimo Global

En lo que respecta a la delaminación de entrada los factores óptimos para trabajar fueron: resina poliéster, CERIN 109 Ø10, velocidad de husillo de 2731.37 rpm, velocidad de corte de 85.81 m/min y velocidad de avance de 337.28 mm/min. En cuanto a la delaminación de salida: Resina Poliéster, CERIN 118 Ø10, velocidad de husillo 2731.37 rpm, velocidad de corte de 85.81 m/min y velocidad de avance 337.28 mm/min. De tal manera para obtener una menor rugosidad se utilizaría: resina Epoxi, CERIN 118 Ø10, velocidad de husillo 468.63 rpm, velocidad de corte de 14.72 m/min y velocidad de avance 337.28 mm/min.

Para el punto óptimo global se considera los factores: Resina Epoxi, CERIN 118 Ø10, velocidad de husillo: 468.63 rpm, velocidad de corte 14.72 m/min y velocidad de avance 337.28 mm/min, dando como resultado:

- Delaminación de entrada: 1.0642
- Delaminación de salida: 1.0183
- Rugosidad: 1.4337  $\mu\text{m}$

### 3.3 Verificación de hipótesis

H<sub>0</sub>: La variación de los factores en el proceso de taladrado no afectan la calidad superficial del compuesto de matriz polimérica reforzada con fibra de abacá.

H<sub>1</sub>: La variación de los factores en el proceso de taladrado afectan la calidad superficial del compuesto de matriz polimérica reforzada con fibra de abacá.

Según el análisis realizado mediante superficie de respuesta se determina que los factores (velocidad de husillo, velocidad de avance, tipo de resina y tipo de broca) si afectan significativamente en el proceso de taladrado.

En lo que respecta a la delaminación de entrada, delaminación de salida y rugosidad se obtiene un valor-p de significancia 0.000. Es decir que el Valor-p < 5%.

Por consiguiente, para la delaminación de entrada existen dos fuentes de variación: velocidad de husillo (0.020) y el tipo de broca (0.001), dando como resultado una influencia significativa en el proceso de taladrado.

Mientras que en la delaminación de salida se obtuvo una significancia de 0.000 tanto como para el tipo de resina y el tipo de broca. Y en lo que respecta a la rugosidad se obtuvo un valor-p de 0.032 para el tipo de resina y 0.000 en el tipo de broca.

De tal forma se verifica que todos los factores si influyen en el proceso de taladrado, pero de manera más significativa el tipo de broca (CERIN 109 Ø10 y CERIN 118 Ø10). Para contrarrestar la información de puede verificar en las tablas de resultados de análisis de superficie de respuesta (tabla 3.53 delaminación de entrada, tabla 3.55 delaminación de salida y tabla 3.57 rugosidad).

## CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se determinaron los parámetros (velocidad de husillo, velocidad de avance) y los factores (tipo de broca, tipo de material) necesarios para realizar el proceso de taladrado, en los cuales fue evaluado la calidad superficial (factor de delaminación y rugosidad).
- Se elaboró el material compuesto conformado por matriz polimérica (resina poliéster y resina epoxi) y refuerzo de fibra de Abacá.
- Con la ayuda de la Norma D 570-98 “Ensayo de Absorción de Humedad”, se elaboró 5 probetas de 50.8\*50.8\*3.2mm, las mismas que fueron secadas en el horno a una temperatura de 50°C durante 24 horas. Se recopiló los valores durante un periodo de tiempo (2 horas, 24 horas, 1 semana, 3 semanas y 5 semana), dando como resultado una absorción del 11.345% en el compuesto realizado por resina poliéster y fibra de abacá, mientras que en el compuesto efectuado en matriz epoxi y resina poliéster se obtuvo un valor de 12.995%. En la última medición se tornó de color oscuro ambas probetas.
- El compuesto realizado con resina epoxi y fibra de abacá fue el que absorbió más cantidad de agua, por ende, se dice que en aplicación reales tendría menor capacidad para soportar las condiciones de humedad del entorno.
- Mediante el análisis de los resultados empleando la metodología de superficie de respuesta, se determina la condición óptima en el que se obtiene la mejor calidad superficial del material compuesto; el mismo que se genera al emplear los siguientes factores: velocidad de husillo de 468.63 rpm, velocidad de corte de 14.72 m/min, velocidad de avance de 337.28 mm/min, resina Epoxi y broca CERIN 118 Ø10.
- Con el punto óptimo de los parámetros de corte se obtuvo un factor de delaminación de entrada de 1.0642, un factor de delaminación de salida de 1.0183 y una rugosidad de 1.4337  $\mu\text{m}$ .
- Se consideran estadísticamente significativos los factores en el proceso de taladrado, ya que tienen influencia en la calidad superficial del compuesto de matriz polimérica con fibra de abacá. De manera particular, para el factor de

delaminación de entrada los parámetros influyentes son el tipo de broca y la velocidad de husillo, mientras que para la delaminación de salida y la rugosidad los parámetros que afectan son el tipo de broca y el tipo de resina.

- Mediante el trabajo experimental se determinó que los parámetros de corte no tienen mayor peso de afectación en la calidad superficial, mientras que los factores como tipo de broca y tipo de resina son de mayor peso, por ende, afectan en la delaminación y la rugosidad, sin embargo, los parámetros de corte son de gran importancia al momento de mecanizar.

## **4.2 Recomendaciones**

- Al momento de manufacturar un material compuesto se debe tener cuidado con los parámetros óptimos específicos para cada matriz polimérica.
- Para obtener mayor uniformidad en las probetas se recomienda trabajar con moldes con la finalidad de conseguir un espesor adecuado y evitar que ingresen burbujas de aire.
- En el proceso de mecanizado es importante utilizar herramientas especiales para materiales compuestos, ya que las mismas cuentan con una geometría adecuada que permiten que el acabado superficial sea aceptable.
- Para estudios posteriores sería bueno emplear lubricantes de corte para verificar si los resultados son similares o no.

## Referencias Bibliográficas

- [1] S. J. Paredes, «Estudio de Polímeros Híbridos Estratificados de Matriz Poliéster Reforzada con Fibra de Vidrio y Cabuya como Material Alternativo y su Incidencia en las Propiedades Mecánicas en Guardachoques para Buses,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2012.
- [2] H. G. Villacís Salazar , «Obtención de Materiales Compuestos Híbridos de Matriz Poliéster Reforzados con Fibra de Vidrio y Abacá Mediante Estratificación,» Quito, 2011.
- [3] G. S. Benavides Salinas, «Caracterización de las propiedades Mecánicas del Material Híbrido utilizando Matriz Epoxi eforzada con tejido de Fibra Vegetal de Algodón y Fibra Natural de Abcá,» Ambato, 2017.
- [4] J. L. Chisaguano Adame, «Estudio del Comportamiento a Fatiga Mecánica por Flexión en materiales Poliméricos compuestos de Matriz Poliéster con Fibra de Abacá para determinar la Reación Esfuerzo-Número de ciclos,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [5] E. M. Moya, «Estudio de los parámetros de Taladrado en un composite de matriz poliéster con Refuerzo Híbrido con fibra de vidrio más Fibra de Cabuya y su Incidencia en las Características de Acabado Superficial,» Ambato, Ecuador, 2018.
- [6] A. Díaz Álvarez, «Análisis Experimental y Numérico del Taladrado de Materiales Compuestos,» Madrid, 2017.
- [7] J. G. Paredes Salinas, C. F. Pérez Salina y C. B. Castro Miniguano, «Análisis de las propiedades mecánicas del compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de vidrio 375 y cabuya aplicado a la industria automotriz,» Ambato,Ecuador, 2017.
- [8] C. Pérez, J. Paredes, E. Lalaleo, C. Arroba y D. Nuñez, «Análisis Numérico/Experimental de las Propiedades Mecánicas del Compuesto de Matriz Poliéster reforzado con Cascarilla de Arroz,» Ambato Ecuador, 2017.
- [9] C. F. Pérez, J. Paredes, R. X. Valencia, W. H. Vaca y E. P. Vásquez, «Logistic regression model for the grooving process of hybrid polyester resin composite materials reinforced with natural fibers and fiberglass,» Ambato, Ecuador, 2018.

- [10] W. D. Callister, *Introducción a la Ingeniería de los Materiales 1*, vol. 1, Barcelona, Bogotá, Buenos Aires, Caracas, México: Reverté, 2007.
- [11] J. Rodríguez Montes, L. Castro Martínez y J. C. del Real Romero, *Procesos Industriales para Materiales no Metálicos*, Segunda ed., Madrid: Visión Net, 2006.
- [12] A. Miravete y J. Cuartero, *Asociación Española de Materiales Compuestos, Materiales Compuestos*, Zaragoza: Reverté, 2003.
- [13] D. Askeland, P. Fulay y W. Wright, *Compuestos Reforzados con Fibras*, Ciencia e Ingeniería de Materiales, Iztapalapa, 2011, p. 669.
- [14] V. Guerrero, J. Dávila, R. Galeas, N. Rosas, V. Sotomayor y C. Valdivieso, «Nuevos Materiales. Aplicaciones Estructurales e Industriales,» Primera ed., Quito, Artes e Impresión, 390AD.
- [15] E. Muccio, «Plastics Processing Technology,» ASM internacional, Ohio, 1994.
- [16] J. C. Paéz Moscoso, *Obtención de Compuestos de Polipropileno Reforzado con Fibras de Abacá mediante Moldeo por Compresión*, Quito, 2007.
- [17] F. Arraz Merino, J. Rodríguez Montes, Y. Burón Fernández y M. M. Cledera, «Ingeniería de Fabricación, Mecanizado por Arranque de Viruta,» Vision Net, Madrid España, 2005.
- [18] J. Rodríguez y L. Castro, «Procesos Industriales para Materiales Metálicos,» Segunda ed., Madrid, 2006.
- [19] U. A. Khashaba, I. A. El-sonbaty, A. I. Selmy y A. A. Megahed, «Drilling Analysis of woven glass fiber-reinforced/epoxy composites,» 2012.
- [20] J. Babu, J. Philip y S. K. Bhullar, «A digital Image Analysis to Evaluate Delamination Factor after Drilling GFRP Composites using a Kevlar Drill Bit,» 2019.
- [21] D. E. F, «Ingeniería y Eléctrica,» Universidad Autónoma de Nuevo León, 2014.
- [22] L. Montero, «Estudio de Mecanizado de Materiales Compuestos,» de *Universidad Carlos II de Madrid*, Madrid, Leganés, 2006.
- [23] R. Silva, P. Asokan, S. Kumanan y G. Prabaharan, «Selección de Parámetros de Mecanizado para Problemas de Mecanizado Restringido Utilizando Computación Evolutiva,» Springer-Verlag, Londres, 2006.

- [24] E. Dominguez y J. Ferrer, «Mecanizado Básico,» EDITEX, España, 2017.
- [25] S. Kalpakjian y S. R. Schmind, *Manufactura. ingeniería y tecnología*, Cuarta ed., México: Pearson Education, 2012, p. 1176.
- [26] M. P. Groover, *Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, Procesos y Sistemas*, Mexico: Pearson.
- [27] W. Bartsch, «Herramientas, Máquinas y Trabajo,» Reverté S.A, Barcelona, 1973.
- [28] E. P. DeGArmo, J. T. Black y R. A. Kohser, *Materiales y Procesos de Fabricación*, Segunda ed., vol. 1, Barcelona, Bogotá, Buenos Aires, Caracas, México: Reverte, S, 2002.
- [29] J. Pastor, «Análisis de Taladrado de Fibras de Carbono:Fuerzas de Corte y Delaminación,» Valladolid, 2016.
- [30] U. A. Khashaba, «Delamination in Drilling GFR-thermoset composites,» vol. 63, 2004, pp. 313-327.
- [31] P. Davim, «Machinability of Fibre-Reinforced Plastics,» Primera ed., DE GRUYTER, 2015.
- [32] B. R. Sankar, P. Umamaheswarrao, A. V. Reddy y P. K. Kumar, «Drilling of composite Laminates-A Review,» vol. 1, 2014, pp. 19-24.
- [33] M. Correa, M. Ramirez, J. R. Alique y C. A. Rodríguez, «Factores que afectan el acabado superficial en los procesos de Mecanizado: Técnicas de Análisis y Modelos,» Madrid, Monterrey.
- [34] O. Rodríguez , «Calidad Superficial: Rugosidad,» de *Máquinas, Métodos y Control Dimensional del Procesamiento*.
- [35] CPE INEN 003, Código de Dibujo Mecánico, Valores de Rugosidad Superficial.
- [36] A. Internacional, «Método de Prueba Estándar para la Absorción de Agua de Plásticos. Designación D 570 – 98,» PA, West Conshohocken, 2018.
- [37] A. Besednjak Dietrich, *Materiales Compuestos, Procesos de fabricación de embarcaciones*, UPC, 2005.
- [38] F. W. Billmeyer, *Ciencia de los Polímeros*, Barcelona, Bogotá, Buenos Aires, Caracas, México: Reverté, 2004.

- [39] F. J. Melero Columbrí, *Materiales y Procesos Avanzados, Materiales de Alta Tecnología*, Madrid: TGI- CSIC, 1993.
- [40] D. Hull, *Materiales Compuestos*, Barcelona, Bogotá, Buenos Aires, Caracas, Mexico: Reverté, 2003.
- [41] C. Badii y V. P, «Diseños Experimentales e Investigación,» de *Innovaciones de Negocios*, 2007.
- [42] J. M. Juran, F. M. Gryna y R. S. Bingham, «Manual de Control de la Calidad,» de *Metodología de Superficie de Respuesta*, Segunda ed., vol. 2, España, Reverté, 2005.
- [43] H. Gutiérrez y R. De la Vara Salazar, «Análisis y Diseño de Experimentos,» Segunda ed., México, McGrawHill, 2015.
- [44] Minitab® Statistical Software, «Minitab 18,» Copyright 2019 Minitab Inc, [En línea]. Available: <https://licensing.minitab.com/?accounthome=>. [Último acceso: 7 Enero 2019].

Anexos

Anexo 1. Catálogo de brocas



109Ø10



Ref: 109 (Dentado Diamante con corte frontal "Broca")

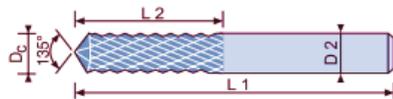
**FINO**



**MEDIO**

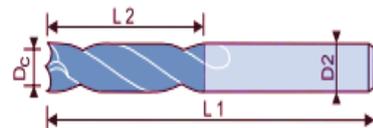


**BASTO**



Dc h10	L2	L1	D2 h6	€
2	7	40	2	18,70
2	7	50	6	33,90
3	10	40	3	18,70
3	12	50	6	33,90
3,5	12	40	3,5	20,35
4	15	40	4	22,05
4	20	50	6	32,80
4,5	15	50	4,5	25,60
5	16	50	5	29,00
5	25	75	6	50,80
6	18	50	6	31,60
6	35	75	6	53,00
7	22	60	7	41,10
8	25	63	8	47,35
8	40	100	8	73,00
9	25	63	9	58,25
10	30	72	10	64,50
12	32	83	12	90,95
14	32	83	14	158,35
16	36	92	16	216,70
18	40	92	18	255,65
20	45	104	20	307,95

118Ø10



Dc h6	L2	L1	D2 h6	€	BORO "E"	Dc h6	L2	L1	D2 h6	€	BORO "E"
2,38	12	40	2,38	22,00	Sobre Pedido	6,5	31	70	6,5	51,00	Sobre Pedido
3	12	40	3	24,60		7	34	74	7	53,50	
3,17	12	40	3,17	29,00		7,93	37	79	7,93	58,50	
4	18	55	4	38,00		8	37	79	8	58,50	
4,76	24	58	4,76	39,50		8,5	37	79	8,5	61,50	
5	26	62	5	39,50		9	40	84	9	66,00	
5,55	28	66	5,55	43,00		9,52	40	84	9,52	71,00	
6	28	66	6	45,50		10	48	89	10	79,00	
6,35	31	70	6,35	49,00		12	50	102	12	106,50	

## Anexo 2. NORMA D 570-98



Designation: D 570 – 98

### Standard Test Method for Water Absorption of Plastics<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 570; 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.

#### 1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the relative rate of absorption of water by plastics when immersed. This test method is intended to apply to the testing of all types of plastics, including cast, hot-molded, and cold-molded resinous products, and both homogeneous and laminated plastics in rod and tube form and in sheets 0.13 mm (0.005 in.) or greater in thickness.

1.2 The values given in SI units are to be regarded as the standard. The values stated in parentheses are for information only.

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

NOTE 1—ISO 62 is technically equivalent to this test method.

#### 2. Referenced Documents

##### 2.1 ASTM Standards:

D 647 Practice for Design of Molds for Test Specimens of Plastic Molding Materials<sup>2</sup>

##### 2.2 ISO Standard:

ISO 62 Plastics—Determination of Water Absorption<sup>3</sup>

#### 3. Significance and Use

3.1 This test method for rate of water absorption has two chief functions: first, as a guide to the proportion of water absorbed by a material and consequently, in those cases where the relationships between moisture and electrical or mechanical properties, dimensions, or appearance have been determined, as a guide to the effects of exposure to water or humid conditions on such properties; and second, as a control test on the uniformity of a product. This second function is particularly applicable to sheet, rod, and tube arms when the test is made on the finished product.

3.2 Comparison of water absorption values of various plastics can be made on the basis of values obtained in accordance with 7.1 and 7.4.

3.3 Ideal diffusion of liquids<sup>4</sup> into polymers is a function of the square root of immersion time. Time to saturation is strongly dependent on specimen thickness. For example, Table 1 shows the time to approximate time saturation for various thickness of nylon-6.

3.4 The moisture content of a plastic is very intimately related to such properties as electrical insulation resistance, dielectric losses, mechanical strength, appearance, and dimensions. The effect upon these properties of change in moisture content due to water absorption depends largely on the type of exposure (by immersion in water or by exposure to high humidity), shape of the part, and inherent properties of the plastic. With nonhomogeneous materials, such as laminated forms, the rate of water absorption may be widely different through each edge and surface. Even for otherwise homogeneous materials, it may be slightly greater through cut edges than through molded surfaces. Consequently, attempts to correlate water absorption with the surface area must generally be limited to closely related materials and to similarly shaped specimens: For materials of widely varying density, relation between water-absorption values on a volume as well as a weight basis may need to be considered.

#### 4. Apparatus

4.1 *Balance*—An analytical balance capable of reading 0.0001 g.

4.2 *Oven*, capable of maintaining uniform temperatures of  $50 \pm 3^\circ\text{C}$  ( $122 \pm 5.4^\circ\text{F}$ ) and of  $105$  to  $110^\circ\text{C}$  ( $221$  to  $230^\circ\text{F}$ ).

#### 5. Test Specimen

5.1 The test specimen for molded plastics shall be in the form of a disk 50.8 mm (2 in.) in diameter and 3.2 mm ( $\frac{1}{8}$  in.) in thickness (see Note 2). Permissible variations in thickness are  $\pm 0.18$  mm ( $\pm 0.007$  in.) for hot-molded and  $\pm 0.30$  mm ( $\pm 0.012$  in.) for cold-molded or cast materials.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D-20 on Plastics and is the direct responsibility of Subcommittee D 20.50 on Permanence Properties. Current edition approved July 10, 1998. Published January 1999. Originally published as D 570 – 40 T. Last previous edition D 570 – 95.

<sup>2</sup> Discontinued 1994; replaced by D 1896, D 3419, D 3641, D 4703, and D 5227. See 1994 *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 08.01.

<sup>3</sup> Available from American National Standards Institute, 11 W. 42nd St., 13th Floor, New York, NY 10036.

<sup>4</sup> Additional information regarding diffusion of liquids in polymers can be found in the following references: (1) *Diffusion, Mass Transfer in Fluid Systems*, E. L. Cussler, Cambridge University Press, 1985, ISBN 0-521-29846-6, (2) *Diffusion in Polymers*, J. Crank and G. S. Park, Academic Press, 1968, and (3) "Permeation, Diffusion, and Sorption of Gases and Vapors," R. M. Felder and G. S. Huvar, in *Methods of Experimental Physics*, Vol 16C, 1980, Academic Press.

**TABLE 1 Time to Saturation for Various Thickness of Nylon-6**

Thickness, mm	Typical Time to 95 % Saturation, h
1	100
2	400
3.2	1 000
10	10 000
25	62 000

NOTE 2—The disk mold prescribed in the Molds for Disk Test Specimens Section of Practice D 647 is suitable for molding disk test specimens of the thermosetting materials but not thermoplastic materials.

5.2 *ISO Standard Specimen*—The test specimen for homogeneous plastics shall be 60 by 60 by 1 mm. Tolerance for the 60-mm dimension is  $\pm 2$  mm and  $\pm 0.05$  mm for the 1-mm thickness. This test method and ISO 62 are technically equivalent when the test specimen described in 5.2 is used.

5.3 The test specimen for sheets shall be in the form of a bar 76.2 mm (3 in.) long by 25.4 mm (1 in.) wide by the thickness of the material. When comparison of absorption values with molded plastics is desired, specimens 3.2 mm ( $\frac{1}{8}$  in.) thick should be used. Permissible variations in thickness shall be 0.20 mm ( $\pm 0.008$  in.) except for asbestos-fabric-base phenolic laminated materials or other materials which have greater standard commercial tolerances.

5.4 The test specimen for rods shall be 25.4 mm (1 in.) long for rods 25.4 mm in diameter or under and 12.7 mm ( $\frac{1}{2}$  in.) long for larger-diameter rods. The diameter of the specimen shall be the diameter of the finished rod.

5.5 The test specimen for tubes less than 76 mm (3 in.) in inside diameter shall be the full section of the tube and 25.4 mm (1 in.) long. For tubes 76 mm (3 in.) or more in inside diameter, a rectangular specimen shall be cut 76 mm in length in the circumferential direction of the tube and 25.4 mm in width lengthwise of the tube.

5.6 The test specimens for sheets, rods, and tubes shall be machined, sawed, or sheared from the sample so as to have smooth edges free from cracks. The cut edges shall be made smooth by finishing with No. 0 or finer sandpaper or emery cloth. Sawing, machining, and sandpapering operations shall be slow enough so that the material is not heated appreciably.

NOTE 3—If there is any oil on the surface of the specimen when received or as a result of machining operations, wash the specimen with a cloth wet with gasoline to remove oil, wipe with a dry cloth, and allow to stand in air for 2 h to permit evaporation of the gasoline. If gasoline attacks the plastic, use some suitable solvent or detergent that will evaporate within the 2-h period.

5.7 The dimensions listed in the following table for the various specimens shall be measured to the nearest 0.025 mm (0.001 in.). Dimensions not listed shall be measured within 0.8 mm ( $\pm \frac{1}{32}$  in.).

Type of Specimen	Dimensions to Be Measured to the Nearest 0.025 mm (0.001 in.)
Molded disk	thickness
Sheet	thickness
Rod	length and diameter
Tube	inside and outside diameter, and wall thickness

**6. Conditioning**

6.1 Three specimens shall be conditioned as follows:

6.1.1 Specimens of materials whose water-absorption value would be appreciably affected by temperatures in the neighborhood of 110°C (230°F), shall be dried in an oven for 24 h at  $50 \pm 3^\circ\text{C}$  ( $122 \pm 5.4^\circ\text{F}$ ), cooled in a desiccator, and immediately weighed to the nearest 0.001 g.

NOTE 4—If a static charge interferes with the weighing, lightly rub the surface of the specimens with a grounded conductor.

6.1.2 Specimens of materials, such as phenolic laminated plastics and other products whose water-absorption value has been shown not to be appreciably affected by temperatures up to 110°C (230°F), shall be dried in an oven for 1 h at 105 to 110°C (221 to 230°F).

6.1.3 When data for comparison with absorption values for other plastics are desired, the specimens shall be dried in an oven for 24 h at  $50 \pm 3^\circ\text{C}$  ( $122 \pm 5.4^\circ\text{F}$ ), cooled in a desiccator, and immediately weighed to the nearest 0.001 g.

**7. Procedure**

7.1 *Twenty-Four Hour Immersion*—The conditioned specimens shall be placed in a container of distilled water maintained at a temperature of  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  ( $73.4 \pm 1.8^\circ\text{F}$ ), and shall rest on edge and be entirely immersed. At the end of 24,  $\pm \frac{1}{2}$ ,  $-0$  h, the specimens shall be removed from the water one at a time, all surface water wiped off with a dry cloth, and weighed to the nearest 0.001 g immediately. If the specimen is  $\frac{1}{16}$  in. or less in thickness, it shall be put in a weighing bottle immediately after wiping and weighed in the bottle.

7.2 *Two-Hour Immersion*—For all thicknesses of materials having a relatively high rate of absorption, and for thin specimens of other materials which may show a significant weight increase in 2 h, the specimens shall be tested as described in 7.1 except that the time of immersion shall be reduced to  $120 \pm 4$  min.

7.3 *Repeated Immersion*—A specimen may be weighed to the nearest 0.001 g after 2-h immersion, replaced in the water, and weighed again after 24 h.

NOTE 5—In using this test method the amount of water absorbed in 24 h may be less than it would have been had the immersion not been interrupted.

7.4 *Long-Term Immersion*—To determine the total water absorbed when substantially saturated, the conditioned specimens shall be tested as described in 7.1 except that at the end of 24 h they shall be removed from the water, wiped free of surface moisture with a dry cloth, weighed to the nearest 0.001 g immediately, and then replaced in the water. The weighings shall be repeated at the end of the first week and every two weeks thereafter until the increase in weight per two-week period, as shown by three consecutive weighings, averages less than 1 % of the total increase in weight or 5 mg, whichever is greater; the specimen shall then be considered substantially saturated. The difference between the substantially saturated weight and the dry weight shall be considered as the water absorbed when substantially saturated.

7.5 *Two-Hour Boiling Water Immersion*—The conditioned specimens shall be placed in a container of boiling distilled water, and shall be supported on edge and be entirely immersed. At the end of  $120 \pm 4$  min, the specimens shall be

removed from the water and cooled in distilled water maintained at room temperature. After  $15 \pm 1$  min, the specimens shall be removed from the water, one at a time, all surface water removed with a dry cloth, and the specimens weighed to the nearest 0.001 g immediately. If the specimen is  $\frac{1}{16}$  in. or less in thickness, it shall be weighed in a weighing bottle.

**7.6 One-Half-Hour Boiling Water Immersion**—For all thicknesses of materials having a relatively high rate of absorption and for thin specimens of other materials which may show a significant weight increase in  $\frac{1}{2}$  h, the specimens shall be tested as described in 7.5, except that the time of immersion shall be reduced to  $30 \pm 1$  min.

**7.7 Immersion at 50°C**—The conditioned specimens shall be tested as described in 7.5, except that the time and temperature of immersion shall be  $48 \pm 1$  h and  $50 \pm 1^\circ\text{C}$  ( $122.0 \pm 1.8^\circ\text{F}$ ), respectively, and cooling in water before weighing shall be omitted.

**7.8** When data for comparison with absorption values for other plastics are desired, the 24-h immersion procedure described in 7.1 and the equilibrium value determined in 7.4 shall be used.

## 8. Reconditioning

**8.1** When materials are known or suspected to contain any appreciable amount of water-soluble ingredients, the specimens, after immersion, shall be weighed, and then reconditioned for the same time and temperature as used in the original drying period. They shall then be cooled in a desiccator and immediately reweighed. If the reconditioned weight is lower than the conditioned weight, the difference shall be considered as water-soluble matter lost during the immersion test. For such materials, the water-absorption value shall be taken as the sum of the increase in weight on immersion and of the weight of the water-soluble matter.

## 9. Calculation and Report

**9.1** The report shall include the values for each specimen and the average for the three specimens as follows:

**9.1.1** Dimensions of the specimens before test, measured in accordance with 5.6, and reported to the nearest 0.025 mm (0.001 in.),

**9.1.2** Conditioning time and temperature,

**9.1.3** Immersion procedure used,

**9.1.4** Time of immersion (long-term immersion procedure only),

**9.1.5** Percentage increase in weight during immersion, calculated to the nearest 0.01 % as follows:

$$\text{Increase in weight, \%} = \frac{\text{wet weight} - \text{conditioned weight}}{\text{conditioned weight}} \times 100$$

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

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

**9.1.6** Percentage of soluble matter lost during immersion, if determined, calculated to the nearest 0.01 % as follows (see Note 6):

$$\text{Soluble matter lost, \%} = \frac{\text{conditioned weight} - \text{reconditioned weight}}{\text{conditioned weight}} \times 100$$

**NOTE 6**—When the weight on reconditioning the specimen after immersion in water exceeds the conditioned weight prior to immersion, report “none” under 9.1.6.

**9.1.7** For long-term immersion procedure only, prepare a graph of the increase in weight as a function of the square root of each immersion time. The initial slope of this graph is proportional to the diffusion constant of water in the plastic. The plateau region with little or no change in weight as a function of the square root of immersion time represents the saturation water content of the plastic.

**NOTE 7**—Deviation from the initial slope and plateau model indicates that simple diffusion may be a poor model for determining water content. In such cases, additional studies are suggested to determine a better model for water absorption.

**9.1.8** The percentage of water absorbed, which is the sum of the values in 9.1.5 and 9.1.6, and

**9.1.9** Any observations as to warping, cracking, or change in appearance of the specimens.

## 10. Precision and Bias<sup>5</sup>

**10.1 Precision**—An interlaboratory test program was carried out using the procedure outlined in 7.1, involving three laboratories and three materials. Analysis of this data yields the following coefficients of variation (average of three replicates).

	Within Laboratories	Between Laboratories
Average absorption above 1 % (2 materials)	2.33 %	4.89 %
Average absorption below 0.2 % (1 material)	9.01 %	16.63 %

**NOTE 8**—A round robin is currently under way to more completely determine repeatability and reproducibility of this test method.

**10.2 Bias**—No justifiable statement on the bias of this test method can be made, since the true value of the property cannot be established by an accepted referee method.

## 11. Keywords

11.1 absorption; immersion; plastics; water

<sup>5</sup> Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR: D-20-1064.

### Anexo 3. Datos de factor de delaminación Resina Epoxi 109Ø10

RESINA EPOXI 109Ø10							
ENSAYO	VELOCIDAD DE CORTE (m/min)	VELOCIDAD DE HUSILLO (rpm)	VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)	MEDICIÓN DE ENTRADA (mm)	DELAMINACIÓN ENTRADA (Fde)	MEDICIÓN DE SALIDA (mm)	DELAMINACIÓN SALIDA (Fds)
E1-ES1	25.13	800.00	120.00	10.3560	1.0356	13.7340	1.3734
E2-ES2	75.40	2400.00	120.00	11.1920	1.1192	15.3340	1.5334
E3-ES3	25.13	800.00	300.00	10.4660	1.0466	13.3560	1.3356
E4-ES4	75.40	2400.00	300.00	10.4640	1.0464	13.8100	1.3810
E5-ES5	14.72	468.63	210.00	12.7820	1.2782	12.3840	1.2384
E6-ES6	85.81	2731.37	210.00	10.7340	1.0734	15.0360	1.5036
E7-ES7	50.27	1600.00	82.72	10.7940	1.0794	13.5500	1.3550
E8-ES8	50.27	1600.00	337.28	11.3240	1.1324	14.0600	1.4060
E9-ES9	50.27	1600.00	210.00	11.2580	1.1258	14.4620	1.4462
E10-ES10	50.27	1600.00	210.00	11.3340	1.1334	14.4120	1.4412
E11-ES11	50.27	1600.00	210.00	10.7340	1.0734	13.2220	1.3222
E12-ES12	50.27	1600.00	210.00	11.3340	1.1334	13.3560	1.3356
E13-ES13	50.27	1600.00	210.00	10.7280	1.0728	13.2880	1.3288
ER1-ESR1	25.13	800.00	120.00	10.7900	1.0790	15.8280	1.5828
ER2-ESR2	75.40	2400.00	120.00	10.7280	1.0728	15.7140	1.5714
ER3-ESR3	25.13	800.00	300.00	10.5920	1.0592	14.7680	1.4768
ER4-ESR4	75.40	2400.00	300.00	10.8600	1.0860	14.0280	1.4028
ER5-ESR5	14.72	468.63	210.00	12.2520	1.2252	15.6300	1.5630
ER6-ESR6	85.81	2731.37	210.00	10.8600	1.0860	15.3240	1.5324
ER7-ESR7	50.27	1600.00	82.72	10.8860	1.0886	13.3300	1.3330
ER8-ESR8	50.27	1600.00	337.28	10.8000	1.0800	14.4960	1.4496
ER9-ESR9	50.27	1600.00	210.00	11.2580	1.1258	14.0620	1.4062
ER10-ESR10	50.27	1600.00	210.00	12.3840	1.2384	14.3700	1.4370
ER11-ESR11	50.27	1600.00	210.00	10.8000	1.0800	14.0560	1.4056
ER12-ESR12	50.27	1600.00	210.00	11.0000	1.1000	14.8960	1.4896
ER13-ESR13	50.27	1600.00	210.00	10.8000	1.0800	14.4060	1.4406

#### Anexo 4. Datos de factor de delaminación Resina Epoxi 118Ø10

RESINA EPOXI 118Ø10							
ENSAYO	VELOCIDAD DE CORTE (m/min)	VELOCIDAD DE HUSILLO (rpm)	VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)	MEDICIÓN DE ENTRADA (mm)	DELAMINACIÓN ENTRADA (Fde)	MEDICIÓN DE SALIDA (mm)	DELAMINACIÓN SALIDA (Fds)
EE1-EES1	25.13	800.00	120.00	10.3340	1.0334	10.6120	1.0612
EE2-EES2	75.40	2400.00	120.00	10.8060	1.0806	10.4080	1.0408
EE3-EES3	25.13	800.00	300.00	10.7380	1.0738	10.4700	1.0470
EE4-EES4	75.40	2400.00	300.00	10.8060	1.0806	10.3360	1.0336
EE5-EES5	14.72	468.63	210.00	10.7380	1.0738	10.7380	1.0738
EE6-EES6	85.81	2731.37	210.00	10.7380	1.0738	10.5360	1.0536
EE7-EES7	50.27	1600.00	82.72	11.8800	1.1880	10.4700	1.0470
EE8-EES8	50.27	1600.00	337.28	10.9400	1.0940	10.4020	1.0402
EE9-EES9	50.27	1600.00	210.00	11.3420	1.1342	10.4020	1.0402
EE10-EES10	50.27	1600.00	210.00	10.5360	1.0536	10.6000	1.0600
EE11-EES11	50.27	1600.00	210.00	10.8060	1.0806	10.4700	1.0470
EE12-EES12	50.27	1600.00	210.00	10.5360	1.0536	10.4020	1.0402
EE13-EES13	50.27	1600.00	210.00	10.9400	1.0940	10.4660	1.0466
EER1-EESR1	25.13	800.00	120.00	10.6720	1.0672	10.4660	1.0466
EER2-EESR2	75.40	2400.00	120.00	10.6720	1.0672	10.3360	1.0336
EER3-EESR3	25.13	800.00	300.00	10.6720	1.0672	10.2680	1.0268
EER4-EESR4	75.40	2400.00	300.00	10.4700	1.0470	10.4020	1.0402
EER5-EESR5	14.72	468.63	210.00	10.5380	1.0538	10.2680	1.0268
EER6-EESR6	85.81	2731.37	210.00	10.8720	1.0872	10.2680	1.0268
EER7-EESR7	50.27	1600.00	82.72	10.9400	1.0940	10.6000	1.0600
EER8-EESR8	50.27	1600.00	337.28	10.9400	1.0940	10.5380	1.0538
EER9-EESR9	50.27	1600.00	210.00	11.0060	1.1006	10.3360	1.0336
EER10-EESR10	50.27	1600.00	210.00	10.6720	1.0672	10.6040	1.0604
EER11-EESR11	50.27	1600.00	210.00	10.8720	1.0872	10.4660	1.0466
EER12-EESR12	50.27	1600.00	210.00	10.8060	1.0806	10.4660	1.0466
EER13-EESR13	50.27	1600.00	210.00	10.8720	1.0872	10.6000	1.0600

### Anexo 5. Datos de factor de delaminación Resina Poliéster 109 Ø10

RESINA POLIESTER 109Ø10							
ENSAYO	VELOCIDAD DE CORTE (m/min)	VELOCIDAD DE HUSILLO (rpm)	VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)	MEDICIÓN DE ENTRADA (mm)	DELAMINACIÓN ENTRADA (Fde)	MEDICIÓN DE SALIDA (mm)	DELAMINACIÓN SALIDA (Fds)
P1-PS1	25.13	800.00	120.00	10.8560	1.0856	12.1780	1.2178
P2-PS2	75.40	2400.00	120.00	10.8500	1.0850	11.5640	1.1564
P3-PS3	25.13	800.00	300.00	10.6600	1.0660	11.7680	1.1768
P4-PS4	75.40	2400.00	300.00	10.4580	1.0458	11.9720	1.1972
P5-PS5	14.72	468.63	210.00	15.0980	1.5098	13.6240	1.3624
P6-PS6	85.81	2731.37	210.00	11.0520	1.1052	10.8060	1.0806
P7-PS7	50.27	1600.00	82.72	10.4600	1.0460	13.6700	1.3670
P8-PS8	50.27	1600.00	337.28	10.7900	1.0790	12.4840	1.2484
P9-PS9	50.27	1600.00	210.00	12.0620	1.2062	12.4440	1.2444
P10-PS10	50.27	1600.00	210.00	10.8560	1.0856	12.1760	1.2176
P11-PS11	50.27	1600.00	210.00	10.6580	1.0658	10.7700	1.0770
P12-PS12	50.27	1600.00	210.00	11.0520	1.1052	12.9540	1.2954
P13-PS13	50.27	1600.00	210.00	10.5260	1.0526	13.1300	1.3130
PR1-PSR1	25.13	800.00	120.00	11.5680	1.1568	11.9080	1.1908
PR2-PSR2	75.40	2400.00	120.00	11.3080	1.1308	12.2660	1.2266
PR3-PSR3	25.13	800.00	300.00	11.0460	1.1046	11.8660	1.1866
PR4-PSR4	75.40	2400.00	300.00	10.4580	1.0458	12.1340	1.2134
PR5-PSR5	14.72	468.63	210.00	10.5880	1.0588	13.0760	1.3076
PR6-PSR6	85.81	2731.37	210.00	10.6540	1.0654	11.6000	1.1600
PR7-PSR7	50.27	1600.00	82.72	11.1760	1.1176	12.0660	1.2066
PR8-PSR8	50.27	1600.00	337.28	10.5880	1.0588	11.9340	1.1934
PR9-PSR9	50.27	1600.00	210.00	10.9800	1.0980	12.2380	1.2238
PR10-PSR10	50.27	1600.00	210.00	11.2420	1.1242	11.6440	1.1644
PR11-PSR11	50.27	1600.00	210.00	11.2420	1.1242	10.4000	1.0400
PR12-PSR12	50.27	1600.00	210.00	10.5240	1.0524	11.9460	1.1946
PR13-PSR13	50.27	1600.00	210.00	11.2420	1.1242	11.8660	1.1866

## Anexo 6. Datos de factor de delaminación Resina Poliéster 118Ø10

RESINA POLIESTER 118Ø10							
ENSAYO	VELOCIDAD DE CORTE (m/min)	VELOCIDAD DE HUSILLO (rpm)	VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)	MEDICIÓN DE ENTRADA (mm)	DELAMINACIÓN ENTRADA (Fde)	MEDICIÓN DE SALIDA (mm)	DELAMINACIÓN SALIDA (Fds)
PP1-PPS1	25.13	800.00	120.00	10.8500	1.0850	10.5880	1.0588
PP2-PPS2	75.40	2400.00	120.00	10.8500	1.0850	10.3980	1.0398
PP3-PPS3	25.13	800.00	300.00	10.4580	1.0458	10.3320	1.0332
PP4-PPS4	75.40	2400.00	300.00	10.3260	1.0326	10.5380	1.0538
PP5-PPS5	14.72	468.63	210.00	10.6540	1.0654	10.3360	1.0336
PP6-PPS6	85.81	2731.37	210.00	10.6540	1.0654	10.4700	1.0470
PP7-PPS7	50.27	1600.00	82.72	10.5880	1.0588	10.4020	1.0402
PP8-PPS8	50.27	1600.00	337.28	10.7200	1.0720	10.4700	1.0470
PP9-PPS9	50.27	1600.00	210.00	10.6540	1.0654	10.4700	1.0470
PP10-PPS10	50.27	1600.00	210.00	10.5880	1.0588	10.5330	1.0533
PP11-PPS11	50.27	1600.00	210.00	10.4580	1.0458	10.3980	1.0398
PP12-PPS12	50.27	1600.00	210.00	10.4580	1.0458	10.5300	1.0530
PP13-PPS13	50.27	1600.00	210.00	10.5220	1.0522	10.5300	1.0530
PPR1-PPSR1	25.13	800.00	120.00	10.9800	1.0980	10.4700	1.0470
PPR2-PPSR2	75.40	2400.00	120.00	10.2620	1.0262	10.5380	1.0538
PPR3-PPSR3	25.13	800.00	300.00	10.4580	1.0458	10.6720	1.0672
PPR4-PPSR4	75.40	2400.00	300.00	10.2620	1.0262	10.4020	1.0402
PPR5-PPSR5	14.72	468.63	210.00	10.5880	1.0588	10.3360	1.0336
PPR6-PPSR6	85.81	2731.37	210.00	10.9160	1.0916	10.5380	1.0538
PPR7-PPSR7	50.27	1600.00	82.72	10.3260	1.0326	10.4700	1.0470
PPR8-PPSR8	50.27	1600.00	337.28	10.6540	1.0654	10.5360	1.0536
PPR9-PPSR9	50.27	1600.00	210.00	10.5880	1.0588	10.4700	1.0470
PPR10-PPSR10	50.27	1600.00	210.00	10.5220	1.0522	10.8720	1.0872
PPR11-PPSR11	50.27	1600.00	210.00	10.5880	1.0588	10.2680	1.0268
PPR12-PPSR12	50.27	1600.00	210.00	10.2620	1.0262	10.7380	1.0738
PPR13-PPSR13	50.27	1600.00	210.00	10.5880	1.0588	10.4700	1.0470

## Anexo 7. Datos de Rugosidad Resina Epoxi 109 Ø10

RESINA EPOXI 109Ø10						
ENSAYO	VELOCIDAD DE CORTE (m/min)	VELOCIDAD DE HUSILLO (rpm)	VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)	MEDICIÓN 1 (µ m)	MEDICIÓN 2 (µ m)	PROMEDIO (µm)
E1-ES1	25.13	800.00	120.00	4.214	3.180	3.697
E2-ES2	75.40	2400.00	120.00	3.322	3.128	3.225
E3-ES3	25.13	800.00	300.00	2.896	2.612	2.754
E4-ES4	75.40	2400.00	300.00	3.027	3.103	3.065
E5-ES5	14.72	468.63	210.00	3.102	3.566	3.334
E6-ES6	85.81	2731.37	210.00	3.707	3.772	3.740
E7-ES7	50.27	1600.00	82.72	3.867	3.566	3.717
E8-ES8	50.27	1600.00	337.28	3.900	4.041	3.971
E9-ES9	50.27	1600.00	210.00	2.891	2.544	2.718
E10-ES10	50.27	1600.00	210.00	1.299	2.535	1.917
E11-ES11	50.27	1600.00	210.00	3.384	2.562	2.973
E12-ES12	50.27	1600.00	210.00	2.617	3.430	3.024
E13-ES13	50.27	1600.00	210.00	3.330	3.750	3.540
ER1-ESR1	25.13	800.00	120.00	3.067	3.828	3.448
ER2-ESR2	75.40	2400.00	120.00	2.421	3.031	2.726
ER3-ESR3	25.13	800.00	300.00	3.138	2.515	2.827
ER4-ESR4	75.40	2400.00	300.00	3.186	3.659	3.423
ER5-ESR5	14.72	468.63	210.00	3.671	3.517	3.594
ER6-ESR6	85.81	2731.37	210.00	3.434	3.632	3.533
ER7-ESR7	50.27	1600.00	82.72	2.789	2.645	2.717
ER8-ESR8	50.27	1600.00	337.28	2.509	3.269	2.889
ER9-ESR9	50.27	1600.00	210.00	1.291	4.047	2.669
ER10-ESR10	50.27	1600.00	210.00	1.144	3.242	2.193
ER11-ESR11	50.27	1600.00	210.00	3.418	3.242	3.330
ER12-ESR12	50.27	1600.00	210.00	3.389	2.652	3.021
ER13-ESR13	50.27	1600.00	210.00	3.887	3.367	3.627

## Anexo 8. Datos de Rugosidad Resina Epoxi 118Ø10

RESINA EPOXI 118Ø10						
ENSAYO	VELOCIDAD DE CORTE (m/min)	VELOCIDAD DE HUSILLO (rpm)	VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)	MEDICIÓN 1 (µm)	MEDICIÓN 2 (µ m)	PROMEDIO (µ m)
EE1-EES1	25.13	800.00	120.00	2.641	1.506	2.074
EE2-EES2	75.40	2400.00	120.00	1.528	2.876	2.202
EE3-EES3	25.13	800.00	300.00	1.010	0.833	0.922
EE4-EES4	75.40	2400.00	300.00	1.542	2.034	1.788
EE5-EES5	14.72	468.63	210.00	3.041	1.408	2.225
EE6-EES6	85.81	2731.37	210.00	1.369	2.352	1.861
EE7-EES7	50.27	1600.00	82.72	1.117	1.559	1.338
EE8-EES8	50.27	1600.00	337.28	0.854	1.283	1.069
EE9-EES9	50.27	1600.00	210.00	2.750	2.279	2.515
EE10-EES10	50.27	1600.00	210.00	3.456	1.406	2.431
EE11-EES11	50.27	1600.00	210.00	0.774	0.695	0.735
EE12-EES12	50.27	1600.00	210.00	2.802	2.088	2.445
EE13-EES13	50.27	1600.00	210.00	1.443	2.331	1.887
EER1-EESR1	25.13	800.00	120.00	0.750	0.593	0.672
EER2-EESR2	75.40	2400.00	120.00	1.203	2.359	1.781
EER3-EESR3	25.13	800.00	300.00	1.328	1.484	1.406
EER4-EESR4	75.40	2400.00	300.00	1.205	2.411	1.808
EER5-EESR5	14.72	468.63	210.00	1.644	1.373	1.509
EER6-EESR6	85.81	2731.37	210.00	0.967	2.289	1.628
EER7-EESR7	50.27	1600.00	82.72	0.976	1.185	1.081
EER8-EESR8	50.27	1600.00	337.28	1.534	2.385	1.960
EER9-EESR9	50.27	1600.00	210.00	3.627	1.744	2.686
EER10-EESR10	50.27	1600.00	210.00	3.234	1.509	2.372
EER11-EESR11	50.27	1600.00	210.00	0.934	0.814	0.874
EER12-EESR12	50.27	1600.00	210.00	1.718	1.467	1.593
EER13-EESR13	50.27	1600.00	210.00	1.263	1.291	1.277

## Anexo 9. Datos de Rugosidad Resina Poliéster 109 Ø10

RESINA POLIESTER 109Ø10						
ENSAYO	VELOCIDAD DE CORTE (m/min)	VELOCIDAD DE HUSILLO (rpm)	VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)	MEDICIÓN 1 (µm)	MEDICIÓN 2 (µm)	PROMEDIO (µm)
P1-PS1	25.13	800.00	120.00	2.969	3.001	2.985
P2-PS2	75.40	2400.00	120.00	2.653	2.816	2.735
P3-PS3	25.13	800.00	300.00	1.877	1.223	1.550
P4-PS4	75.40	2400.00	300.00	2.587	2.596	2.592
P5-PS5	14.72	468.63	210.00	3.019	3.618	3.319
P6-PS6	85.81	2731.37	210.00	2.867	2.146	2.507
P7-PS7	50.27	1600.00	82.72	2.047	2.582	2.315
P8-PS8	50.27	1600.00	337.28	2.482	2.616	2.549
P9-PS9	50.27	1600.00	210.00	3.371	3.133	3.252
P10-PS10	50.27	1600.00	210.00	2.636	1.716	2.176
P11-PS11	50.27	1600.00	210.00	2.735	3.112	2.924
P12-PS12	50.27	1600.00	210.00	2.352	3.660	3.006
P13-PS13	50.27	1600.00	210.00	2.941	3.422	3.182
PR1-PSR1	25.13	800.00	120.00	2.695	3.127	2.911
PR2-PSR2	75.40	2400.00	120.00	1.284	2.401	1.843
PR3-PSR3	25.13	800.00	300.00	1.716	1.104	1.410
PR4-PSR4	75.40	2400.00	300.00	2.552	1.412	1.982
PR5-PSR5	14.72	468.63	210.00	2.885	3.287	3.086
PR6-PSR6	85.81	2731.37	210.00	2.624	3.388	3.006
PR7-PSR7	50.27	1600.00	82.72	2.691	2.121	2.406
PR8-PSR8	50.27	1600.00	337.28	2.232	2.774	2.503
PR9-PSR9	50.27	1600.00	210.00	2.788	2.509	2.649
PR10-PSR10	50.27	1600.00	210.00	1.992	2.508	2.250
PR11-PSR11	50.27	1600.00	210.00	2.303	2.590	2.447
PR12-PSR12	50.27	1600.00	210.00	1.923	2.906	2.415
PR13-PSR13	50.27	1600.00	210.00	3.624	3.483	3.554

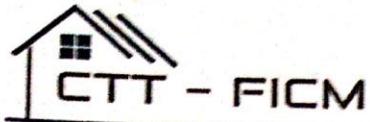
**Anexo 10. Datos de Rugosidad Resina Poliéster 118Ø10**

<b>RESINA POLIESTER 118Ø10</b>						
<b>ENSAYO</b>	<b>VELOCIDAD DE CORTE (m/min)</b>	<b>VELOCIDAD DE HUSILLO (rpm)</b>	<b>VELOCIDAD DE AVANCE (mm/min)</b>	<b>MEDICIÓN 1 (um)</b>	<b>MEDICIÓN 2 (um)</b>	<b>PROMEDIO (um)</b>
<b>PP1-PPS1</b>	25.13	800.00	120.00	1.376	1.774	1.575
<b>PP2-PPS2</b>	75.40	2400.00	120.00	2.314	2.749	2.532
<b>PP3-PPS3</b>	25.13	800.00	300.00	2.230	1.214	1.722
<b>PP4-PPS4</b>	75.40	2400.00	300.00	2.611	2.517	2.564
<b>PP5-PPS5</b>	14.72	468.63	210.00	1.708	1.909	1.809
<b>PP6-PPS6</b>	85.81	2731.37	210.00	2.291	2.777	2.534
<b>PP7-PPS7</b>	50.27	1600.00	82.72	1.233	1.021	1.127
<b>PP8-PPS8</b>	50.27	1600.00	337.28	2.197	1.820	2.009
<b>PP9-PPS9</b>	50.27	1600.00	210.00	2.486	1.784	2.135
<b>PP10-PPS10</b>	50.27	1600.00	210.00	1.836	1.653	1.745
<b>PP11-PPS11</b>	50.27	1600.00	210.00	1.718	1.531	1.625
<b>PP12-PPS12</b>	50.27	1600.00	210.00	1.326	2.103	1.715
<b>PP13-PPS13</b>	50.27	1600.00	210.00	1.786	1.023	1.405
<b>PPR1-PPSR1</b>	25.13	800.00	120.00	2.233	1.943	2.088
<b>PPR2-PPSR2</b>	75.40	2400.00	120.00	1.373	2.422	1.898
<b>PPR3-PPSR3</b>	25.13	800.00	300.00	2.859	2.026	2.443
<b>PPR4-PPSR4</b>	75.40	2400.00	300.00	1.726	1.712	1.719
<b>PPR5-PPSR5</b>	14.72	468.63	210.00	1.800	0.919	1.360
<b>PPR6-PPSR6</b>	85.81	2731.37	210.00	1.206	1.386	1.296
<b>PPR7-PPSR7</b>	50.27	1600.00	82.72	1.055	1.599	1.327
<b>PPR8-PPSR8</b>	50.27	1600.00	337.28	1.492	1.254	1.373
<b>PPR9-PPSR9</b>	50.27	1600.00	210.00	1.223	2.121	1.672
<b>PPR10-PPSR10</b>	50.27	1600.00	210.00	1.077	2.463	1.770
<b>PPR11-PPSR11</b>	50.27	1600.00	210.00	1.928	2.358	2.143
<b>PPR12-PPSR12</b>	50.27	1600.00	210.00	2.407	1.577	1.992
<b>PPR13-PPSR13</b>	50.27	1600.00	210.00	1.498	1.251	1.375

## Anexo 11. Datos Finales

RESULTADOS FINALES							
Velocidad de corte (m/min)	Velocidad de husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Resina	Broca	Delaminación entrada	Delaminación salida	Rugosidad
14.72	468.63	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.2782	1.2384	3.334
14.72	468.63	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.2252	1.5630	3.594
25.13	800.00	120.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0356	1.3734	3.697
25.13	800.00	120.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0790	1.5828	3.448
25.13	800.00	300.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0466	1.3356	2.754
25.13	800.00	300.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0592	1.4768	2.827
50.27	1600.00	82.72	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0794	1.3550	3.717
50.27	1600.00	82.72	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0886	1.3330	2.717
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.1258	1.4462	2.718
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.1334	1.4412	1.917
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0734	1.3222	2.973
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.1334	1.3356	3.024
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0728	1.3288	3.540
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.1258	1.4062	2.669
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.2384	1.4370	2.193
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0800	1.4056	3.330
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.1000	1.4896	3.021
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0800	1.4406	3.627
50.27	1600.00	337.28	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.1324	1.4060	3.971
50.27	1600.00	337.28	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0800	1.4496	2.889
75.40	2400.00	120.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.1192	1.5334	3.225
75.40	2400.00	120.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0728	1.5714	2.726
75.40	2400.00	300.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0464	1.3810	3.065
75.40	2400.00	300.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0860	1.4028	3.423
85.81	2731.37	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0734	1.5036	3.740
85.81	2731.37	210.00	Epóxica	CERIN 109Ø10	1.0860	1.5324	3.533
14.72	468.63	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0738	1.0738	2.225
14.72	468.63	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0538	1.0268	1.509
25.13	800.00	120.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0334	1.0612	2.074
25.13	800.00	120.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0672	1.0466	0.672
25.13	800.00	300.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0738	1.0470	0.922
25.13	800.00	300.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0672	1.0268	1.406
50.27	1600.00	82.72	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.1880	1.0470	1.338
50.27	1600.00	82.72	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0940	1.0600	1.081
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.1342	1.0402	2.515
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0536	1.0600	2.431
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0806	1.0470	0.735
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0536	1.0402	2.445
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0940	1.0466	1.887
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.1006	1.0336	2.686
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0672	1.0604	2.372
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0872	1.0466	0.874
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0806	1.0466	1.593
50.27	1600.00	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0872	1.0600	1.277
50.27	1600.00	337.28	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0940	1.0402	1.069
50.27	1600.00	337.28	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0940	1.0538	1.960
75.40	2400.00	120.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0806	1.0408	2.202
75.40	2400.00	120.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0672	1.0336	1.781
75.40	2400.00	300.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0806	1.0336	1.788

75.40	2400.00	300.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0470	1.0402	1.808
85.81	2731.37	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0738	1.0536	1.861
85.81	2731.37	210.00	Epóxica	CERIN 118Ø10	1.0872	1.0268	1.628
14.72	468.63	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.5098	1.3624	3.319
14.72	468.63	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0588	1.3076	3.086
25.13	800.00	120.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0856	1.2178	2.985
25.13	800.00	120.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.1568	1.1908	2.911
25.13	800.00	300.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0660	1.1768	1.550
25.13	800.00	300.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.1046	1.1866	1.410
50.27	1600.00	82.72	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0460	1.3670	2.315
50.27	1600.00	82.72	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.1176	1.2066	2.406
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.2062	1.2444	3.252
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0856	1.2176	2.176
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0658	1.0770	2.924
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.1052	1.2954	3.006
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0526	1.3130	3.182
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0980	1.2238	2.649
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.1242	1.1644	2.250
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.1242	1.0400	2.447
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0524	1.1946	2.415
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.1242	1.1866	3.554
50.27	1600.00	337.28	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0790	1.2484	2.549
50.27	1600.00	337.28	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0588	1.1934	2.503
75.40	2400.00	120.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0850	1.1564	2.735
75.40	2400.00	120.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.1308	1.2266	1.843
75.40	2400.00	300.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0458	1.1972	2.592
75.40	2400.00	300.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0458	1.2134	1.982
85.81	2731.37	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.1052	1.0806	2.507
85.81	2731.37	210.00	Poliéster	CERIN 109Ø10	1.0654	1.1600	3.006
14.72	468.63	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0654	1.0336	1.809
14.72	468.63	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0588	1.0336	1.360
25.13	800.00	120.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0850	1.0588	1.575
25.13	800.00	120.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0980	1.0470	2.088
25.13	800.00	300.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0458	1.0332	1.722
25.13	800.00	300.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0458	1.0672	2.443
50.27	1600.00	82.72	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0588	1.0402	1.127
50.27	1600.00	82.72	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0326	1.0470	1.327
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0654	1.0470	2.135
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0588	1.0533	1.745
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0458	1.0398	1.625
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0458	1.0530	1.715
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0522	1.0530	1.405
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0588	1.0470	1.672
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0522	1.0872	1.770
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0588	1.0268	2.143
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0262	1.0738	1.992
50.27	1600.00	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0588	1.0470	1.375
50.27	1600.00	337.28	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0720	1.0470	2.009
50.27	1600.00	337.28	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0654	1.0536	1.373
75.40	2400.00	120.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0850	1.0398	2.532
75.40	2400.00	120.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0262	1.0538	1.898
75.40	2400.00	300.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0326	1.0538	2.564
75.40	2400.00	300.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0262	1.0402	1.719
85.81	2731.37	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0654	1.0470	2.534
85.81	2731.37	210.00	Poliéster	CERIN 118Ø10	1.0916	1.0538	1.296



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNIFICACIÓN FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**MEDICIÓN DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL EN MUESTRAS DE**  
**MATERIALES COMPUESTOS**

**FEBRERO DE 2019**  
**AMBATO – ECUADOR**

## INFORME TÉCNICO

### Lb1-0007-2019

#### **Objetivo**

Establecer y mantener un método para evaluar la rugosidad superficial de un objeto o pieza producto.

#### **Alcance**

Aplicable a medición de rugosidad en superficies planas de valores  $R_z$  entre  $0,03 \mu m$  y  $20 \mu m$ .

Proceso de medida bajo normas: ISO 4287-1997, ISO 3274 y ISO 5436-1

#### **ANTECEDENTES:**

Con fecha 12 de enero de 2019, la Srta. Evelyn Pérez, domiciliado en la ciudad de Ambato – Tungurahua, solicita al Centro de Transferencia y Tecnología de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para medir la calidad superficial de dos materiales compuestos.

Se reciben 52 muestras o probetas, bajo el nombre de: **(Resina poliéster combinado con abacá)** de aspecto compuesto del 70% de matriz y 30% de refuerzo. Por anverso: color ocre claro y brillante, superficie lisa y forma regular; por reverso: color ocre oscuro, superficie lisa. Las muestras tienen dimensiones promedias de: **10mm** de diámetro y **10 mm** de espesor

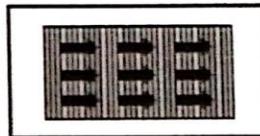
#### **PROCESO GENERAL:**

Alineación del objeto o pieza producto. Se procede antes de cada medición a alinear el objeto o pieza producto con el eje de desplazamiento del palpador.

Selección de los Parámetros a medir. Se selecciona los parámetros a medir en función de la información o documentación suministrada por el usuario o de las necesidades manifestadas por el mismo.

Antes de efectuar las respectivas mediciones de la rugosidad en las probetas se calibra el equipo de medición con la galga de calibración que debe estar cerca de  $2,94 \mu m$  ( $R_a$ ).

Las mediciones se realizan perpendicularmente a las líneas de mecanizado, como se indica en la figura adjunta.



Se efectuaron las mediciones de rugosidades superficiales de las probetas con las réplicas solicitadas por el usuario y los respectivos datos fueron registrados y tabulados.

### CONDICIONES DE ENSAYO

- Temperatura: 20 °C
- Ángulo de la pendiente del cono: 60°
- Fuerza de medición estática: 0,75 mN
- Radio de la punta: 2µm

Se selecciona el palpador en función de la medición a realizar y siguiendo los lineamientos del manual de fabricante del Rugosímetro.

Un criterio práctico aproximado de selección de palpadores podría ser el siguiente:

Ra	Palpadores de radio ap
$R_a \leq 0,4 \mu m$	2 µm o 2,4 µm
$0,4 \mu m \leq R_a \leq 6 \mu m$	5 µm
$R_a \geq 6 \mu m$	10 µm

### Calibración del Equipo

Con la medición se puede verificar un error de 0.001 µm con lo cual se asegura la fiabilidad de los resultados.



**RESULTADOS**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA					
Centro de Transferencia y Tecnología					
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>					
<b>Fecha:</b>	06/02/2019	<b>Ciudad:</b>	Ambato		
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de Materiales de la FICM	<b>Campus Huachi</b>			
<b>Equipo:</b>	Rugosímetro digital MITUTOYO Surfrest SJ-210				
<b>Realizado por:</b>	Gustavo Pomaquero	<b>Revisado por:</b>	Ing. Sebastián Villegas		
<b>Tipo de material:</b>	Material compuesto (Resina poliéster combinado con abacá)				
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>					
<b>Tipo de Medición:</b>	Medición de rugosidad (Ra)	<b>Norma:</b>	ISO 4287-1997		
<b>Dimensiones (mm):</b>	Ø10mm x 10mm	<b>Nº de probetas:</b>	52		
					
<b>Resultados de la medición de rugosidad (um)</b>					
	<b>Nº</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>0</b>	<b>180</b>	<b>PROMEDIO</b>
	1	RE-CA	2.969	3.001	2.985
	2	RE-CA	2.653	2.816	2.735
	3	RE-CA	1.877	1.223	1.550
	4	RE-CA	2.587	2.596	2.592
	5	RE-CA	3.019	3.618	3.319
	6	RE-CA	2.867	2.146	2.507
	7	RE-CA	2.047	2.582	2.315
	8	RE-CA	2.482	2.616	2.549
	9	RE-CA	3.371	3.133	3.252
	10	RE-CA	2.636	1.716	2.176
	11	RE-CA	2.735	3.112	2.924
	12	RE-CA	2.352	2.660	2.506
	13	RE-CA	2.941	3.422	3.182
	14	RE-CA	2.695	3.127	2.911
	15	RE-CA	1.284	2.401	1.843
	16	RE-CA	1.716	1.104	1.410

17	RE-CA	2.552	1.412	1.982
18	RE-CA	2.885	3.287	3.086
19	RE-CA	2.624	3.381	3.003
20	RE-CA	2.691	2.121	2.406
21	RE-CA	2.232	2.774	2.503
22	RE-CA	2.788	2.509	2.649
23	RE-CA	1.992	2.774	2.383
24	RE-CA	2.303	2.590	2.447
25	RE-CA	1.923	2.906	2.415
26	RE-CA	3.624	3.483	3.554
27	RE-CA	1.376	1.774	1.575
28	RE-CA	2.214	2.749	2.482
29	RE-CA	2.230	1.214	1.722
30	RE-CA	2.611	2.517	2.564
31	RE-CA	1.708	1.909	1.809
32	RE-CA	2.291	2.777	2.534
33	RE-CA	1.233	1.021	1.127
34	RE-CA	2.197	1.820	2.009
35	RE-CA	2.486	1.784	2.135
36	RE-CA	1.836	1.653	1.745
37	RE-CA	1.718	1.531	1.625
38	RE-CA	1.326	2.103	1.715
39	RE-CA	1.786	1.023	1.405
40	RE-CA	2.223	1.943	2.083
41	RE-CA	1.373	2.422	1.898
42	RE-CA	2.859	2.026	2.443
43	RE-CA	1.726	1.712	1.719
44	RE-CA	1.800	0.979	1.390
45	RE-CA	1.206	1.386	1.296
46	RE-CA	1.055	1.599	1.327
47	RE-CA	1.492	1.254	1.373
48	RE-CA	1.223	2.121	1.672
49	RE-CA	1.077	2.463	1.770
50	RE-CA	1.928	2.358	2.143
51	RE-CA	2.407	1.577	1.992
52	RE-CA	1.498	1.251	1.375

**Observaciones:** Se tomó dos mediciones a 0 y 180° obteniendo valores próximos para las mediciones sobre el material compuesto epóxica combinado con fibra de abacá de los cuales se muestra los valores promedios para cada orientación.



  
.....  
Egdo. Gustavo Pomaquero  
**TÉCNICO LABORATORISTA U.T.A.**



  
.....  
Ing. Sebastián Villegas  
**TÉCNICO DE LABORATORIO**



  
.....  
Ing. Jorge Cevallos  
**COORDINADOR DE CTT**





CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**MEDICIÓN DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL EN MUESTRAS DE**  
**MATERIALES COMPUESTOS**

**FEBRERO DE 2019**  
**AMBATO - ECUADOR**

## INFORME TÉCNICO Lb1-0008-2019

### **Objetivo**

Establecer y mantener un método para evaluar la rugosidad superficial de un objeto o pieza producto.

### **Alcance**

Aplicable a medición de rugosidad en superficies planas de valores Rz entre 0,03  $\mu\text{m}$  y 20  $\mu\text{m}$ .

Proceso de medida bajo normas: ISO 4287-1997, ISO 3274 y ISO 5436-1

### **ANTECEDENTES:**

Con fecha 12 de enero de 2019, la Srta. Evelyn Pérez, domiciliada en la ciudad de Ambato – Tungurahua, solicita al Centro de Transferencia y Tecnología de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para medir la calidad superficial de dos materiales compuestos.

Se reciben 52 muestras o probetas, bajo el nombre de: **(Resina epóxica combinado con abaca)** de aspecto compuesto del 70% de matriz y 30% de refuerzo. Por anverso: color ocre claro y brillante, superficie lisa y forma regular; por reverso: color ocre oscuro, superficie lisa. Las muestras tienen dimensiones promedias de: **10 mm** de diámetro y espesor de **10 mm**.

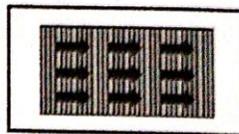
### **PROCESO GENERAL:**

Alineación del objeto o pieza producto. Se procede antes de cada medición alinear el objeto o pieza producto con el eje de desplazamiento del palpador.

Selección de los Parámetros a medir. Se selecciona los parámetros a medir en función de la información o documentación suministrada por el usuario o de las necesidades manifestadas por el mismo.

Antes de efectuar las respectivas mediciones de la rugosidad en las probetas se calibra el equipo de medición con la galga de calibración que debe estar cerca de 2,94  $\mu\text{m}$  ( $R_a$ ).

Las mediciones se realizan perpendicularmente a las líneas de mecanizado, como se indica en la figura adjunta.



Se efectuaron las mediciones de rugosidades superficiales de las probetas con las réplicas solicitadas por el usuario y los respectivos datos fueron registrados y tabulados.

### CONDICIONES DE ENSAYO

- Temperatura: 20 °C
- Ángulo de la pendiente del cono: 60°
- Fuerza de medición estática: 0,75 mN
- Radio de la punta: 2µm

Se selecciona el palpador en función de la medición a realizar y siguiendo los lineamientos del manual de fabricante del Rugosímetro.

Un criterio práctico aproximado de selección de palpadores podría ser el siguiente:

Ra	Palpadores de radio ap
$R_a \leq 0,4 \mu m$	2 $\mu m$ o 2,4 $\mu m$
$0,4 \mu m \leq R_a \leq 6 \mu m$	5 $\mu m$
$R_a \geq 6 \mu m$	10 $\mu m$

### Calibración del Equipo

Con la medición se puede verificar un error de 0.001 µm con lo cual se asegura la fiabilidad de los resultados.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

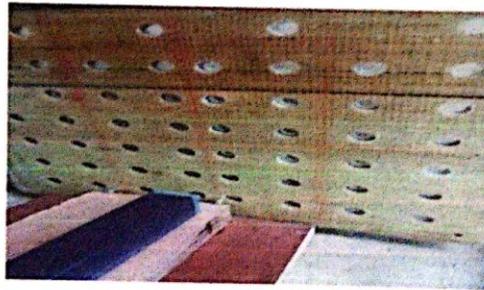
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**DATOS INFORMATIVOS:**

<b>Fecha:</b>	12/01/2019	<b>Ciudad:</b>	Ambato
<b>Lugar:</b>	Laboratorios de Materiales de la FICM	<b>Campus Huachí</b>	
<b>Equipo:</b>	Rugosímetro digital MITUTOYO SurfTest SJ-210		
<b>Realizado por:</b>	Gustavo Pomaquero	<b>Revisado por:</b>	Ing. Sebastián Villegas
<b>Tipo de material:</b>	Material compuesto (Resina epóxica combinado con abacá)	<b>Orden: 20</b>	
<b>PARÁMETROS DE ENSAYO</b>			
<b>Tipo de Medición:</b>	Medición de rugosidad (Ra)	<b>Norma:</b>	ISO 4287-1997
<b>Dimensiones (mm):</b>	Ø10mm x 10mm	<b>Nº de probetas:</b>	52


**Resultados de la medición de rugosidad con broca con diamante(um)**

Nº	CÓDIGO	0°	180°	PROMEDIO
1	RE-CA	4.204	3.180	3.692
2	RE-CA	3.322	3.128	3.225
3	RE-CA	2.896	2.612	2.754
4	RE-CA	3.027	3.103	3.065
5	RE-CA	3.102	3.566	3.334
6	RE-CA	3.707	3.772	3.740
7	RE-CA	3.862	3.567	3.715
8	RE-CA	3.909	4.041	3.975
9	RE-CA	2.891	2.544	2.718
10	RE-CA	1.299	2.535	1.917
11	RE-CA	3.384	2.362	2.873
12	RE-CA	2.627	3.430	3.029
13	RE-CA	3.330	3.750	3.540
14	RE-CA	3.087	3.828	3.458

15	RE-CA	2.421	3.031	2.726
16	RE-CA	3.138	2.515	2.827
17	RE-CA	3.186	3.659	3.423
18	RE-CA	3.671	3.517	3.594
19	RE-CA	3.438	3.232	3.335
20	RE-CA	2.789	2.645	2.717
21	RE-CA	2.509	3.269	2.889
22	RE-CA	1.291	4.047	2.669
23	RE-CA	1.144	3.242	2.193
24	RE-CA	3.418	3.242	3.330
25	RE-CA	3.389	2.652	3.021
26	RE-CA	3.887	3.367	3.627
27	RE-CA	2.641	1.506	2.074
28	RE-CA	1.528	2.376	1.952
29	RE-CA	1.010	0.833	0.922
30	RE-CA	1.542	2.034	1.788
31	RE-CA	3.041	1.408	2.225
32	RE-CA	1.369	2.352	1.861
33	RE-CA	1.117	1.559	1.338
34	RE-CA	0.854	1.283	1.069
35	RE-CA	2.750	2.379	2.565
36	RE-CA	3.456	1.406	2.431
37	RE-CA	0.774	0.695	0.735
38	RE-CA	2.802	2.088	2.445
39	RE-CA	1.443	2.331	1.887
40	RE-CA	0.750	0.593	0.672
41	RE-CA	1.203	2.359	1.781
42	RE-CA	1.328	1.484	1.406
43	RE-CA	1.205	2.411	1.808
44	RE-CA	1.644	1.373	1.509
45	RE-CA	0.967	2.289	1.628
46	RE-CA	0.936	1.185	1.061
47	RE-CA	1.543	2.385	1.964
48	RE-CA	3.627	1.744	2.686
49	RE-CA	3.234	1.509	2.372
50	RE-CA	0.934	0.814	0.874
51	RE-CA	1.718	1.467	1.593
52	RE-CA	1.263	1.291	1.277

**Observaciones:** Se tomó dos mediciones a 0 y 180° obteniendo valores próximos para las mediciones sobre el material compuesto epóxica combinado con fibra de abacá de los cuales se muestra los valores promedios para cada orientación.



*[Handwritten signature]*

Egdo. Gustavo Pomaquero  
TÉCNICO LABORATORISTA

*[Handwritten signature]*  
Ing. Sebastián Villegas  
TÉCNICO DE LABORATORIO



*[Handwritten signature]*

Ing. Jorge Cevallos  
COORDINADOR DE CTT



cf.perez@uta.edu.ec

https://outlook.office.com/owa/?realm=uta.edu.ec&ssvui=1&ll cc=3082&msid=0

Factura del pedido: 100652081023

OnTheHub

vi 01/02/2019 11:42

hwaPerez Salinas Cristian Fabian <cf.perez@uta.edu.ec>

\*\* Este es un mensaje automático - por favor, no responda ya que no recibirá respuesta

# OnTheHub<sup>™</sup> eStore

by Kivuto

Estimado cristian perez:

Gracias por el pedido.

01/02/2019 11:46

cf.perez@uta.edu.ec

https://outlook.office.com/owa/?realm=uta.edu.ec&ssvui=1&ll cc=3082&msid=0

cristian perez  
Avenida Los Chasquis y Rio Payamino  
Tungurahua 180150  
Ecuador

Ítems (Todos los precios están en Dólares estadounidenses)

Vea los artículos por separado. Los precios de los artículos

	Cantidad	Precio unitario	Importe
1. Material de Metal para el Proyecto de la Universidad	1	\$29.99	\$29.99
2. Estándar de Calidad para el Proyecto	1	\$4.95	\$4.95
		Subtotal	\$34.94
		Impuestos	..
		Total	\$34.94

Asegúrese de que toda la información listada a continuación sea correcta y guarde esta factura para su registro.

Si tiene alguna pregunta, consulte la página de Ayuda de la tienda web

Gracias,

OnTheHub

01/02/2019 11:46