UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

TRABAJO EXPERIMENTAL

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"

AUTOR: Johanna Elizabeth Guallichico Acurio

TUTOR: Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas, PhD.

AMBATO – ECUADOR

Agosto - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniera Mecánica, con el tema: **"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"**, elaborado por la señorita **Johanna Elizabeth Guallichico Acurio**, portadora de la cédula de ciudadanía C.I. 1805282991, estudiante de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, agosto 2024

.....

Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas, PhD.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Johanna Elizabeth Guallichico Acurio**, con C.I. 1805282991, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: **"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"**, así como también el proceso, parámetros, criterios, análisis, graficas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del trabajo experimental, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, agosto 2024

.....

Johanna Elizabeth Guallichico Acurio

C.I. 1805282991

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo 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.

Ambato, agosto 2024

.....

Johanna Elizabeth Guallichico Acurio

C.I. 1805282991

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado, aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante: Johanna Elizabeth Guallichico Acurio de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"**.

Ambato, agosto 2024

Por constancia firma:

Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

Ing. Jorge Enrique López Velástegui, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente proyecto quiero dedicar principalmente a mis abuelos, Blanca Acurio y Francisco Acurio, quienes a pesar de que estan en el cielo, siempre me apoyaron en cada travesura, sueños, sin importar cuan difíciles sea o cuanto tiempo me tomaría, siempre creyendo en mis capacidades, gustos y anhelos sin reprocharme nada, solo con el fin de ser feliz, donde los cuales siempre quisieron y querrán verme triunfar, estoy muy segura de que estuvieron acompañándome en el camino, guiándome en cada momento, compartiendo cada uno de los momentos buenos y malos en esta travesía, ahora nuestro sueño se cumple al verme como Ingeniera, sé que donde estén se sienten muy orgullosos de mí.

También le dedico a mis padres y hermanos, Wilmer Guallichico y Aida Acurio quienes me guiaron en esta trayectoria académica, en la cual no soltaron mi mano hasta acabar, con aliento en cada caída, de seguir siendo una persona responsable.

A mis hermanos Bryan Guallichico y Wilmer Guallichico por ser cómplices de cada proyecto, de cada travesura, de ser un aliento para seguir, y de aconsejarme para no rendirme en cada obstáculo que se interponga.

A mi mascota y fiel amiga Luna que ha estado conmigo cada noche de desvelo, cada alegría y tristeza en todo este sueño de estudiar y ahora en mi proyecto experimental, cuando se quedaba a mi lado haciéndome compañía hasta altas horas de la noche o simplemente esperándome a que regrese a la casa, quitándome el estrés con sus juegos.

Finalmente, A mi familia, quienes han estado conmigo apoyándome, dándome consejos para no rendirme, a su vez a mis amig@s, Melanie C, Janina R, Alex G, Jimmy C, Carolina A, Jennifer S, Marcos S, Jonathan L, Daniel L, Alex Q. y Emily M. quienes me han ayudado a no rendirme.

Johanna Elizabeth Guallichico Acurio

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios y al niño de Isinche por darme las fuerzas y salud, por bendecirme al rodearme de personas increíbles durante mi vida.

Quiero expresar mi gran agradecimiento a mi tutor, Ing. Mg. Juan Paredes, por su guía durante este proceso, por sus consejos, conocimientos, por su apoyo y confianza en mí, a su vez también quiero agradecer al Ing. Henry Erazo, por su ayuda en la parte técnica de mi proyecto y a todos los Ingenieros que han sido mis docentes en la carrera.

A mi familia, a mis padres y mis hermanos que todos los días me ayudan a esforzarme en ser una mejor persona y siempre van guiando mi camino, por su paciencia y su amor incondicional.

Finalmente agradezco a mis amig@s: Melanie C, Sofia M, Janina R, Alex G, Jimmy C, Carolina A, Jennifer S, Marcos S, Jonathan L, Jonathan S, Daniel L, Alex Q. y Emily M. quienes me han ayudado a no rendirme, por tenerme paciencia en todo, por sus palabras de motivación, por cada broma, chistes, regaños y risas que nunca faltaron cuando nos reunimos, por cada momento compartido, por estar para mí.

Johanna Elizabeth Guallichico Acurio

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS viii
ÍNDICE DE TABLAS xii
ÍNDICE DE FIGURAS xvii
ÍNDICE DE DIAGRAMAS xix
RESUMEN EJECUTIVO xx
ABSTRACT xxi
CAPITULO I 1
MARCO TEÓRICO 1
1.1. Antecedentes 1
1.2. Justificación 2
1.3. Fundamentación teórica 3
1.3.1. Introducción 3
1.3.2. Materiales compuestos 4
1.3.3. Material polimérico 7
1.3.4. Biopolímeros 8
1.3.5. Almidón 10
1.3.6. Celulosa 12
1.3.7. Glicerina 12

1.3.8. Ácido Acético....13
1.3.9. DOE – MEZCLAS....13
1.3.10. Estándares....14
1.3.11. Ensayos de materiales a base de los estándares descritos. 15
1.4. Objetivos 20
1.4.1. Objetivo General 20
1.4.2. Objetivos específicos....20
1.5. Planteamiento de la Hipótesis 20
CAPITULO II 21
MARCO METODOLÓGICO....21
2.1. Materiales....21
2.2 Métodos....27
2.2.1. Experimental 28
2.2.2. Bibliográfico....28
2.2.3. Cuantitativo 28
2.3. Diagrama de flujo del proyecto experimental 29
2.4. Hipótesis....30
2.4.1 Variable independiente....30
2.5. Operacionalización de variables....31
2.5.1. Variable independiente....31
2.5.2 Variable dependientes (Propiedades mecánicas) 31
2.5.3. MINI TAB 19....32
2.6. Materia prima 36
2.6.1 Proceso de obtención del almidón de camote morado 36
2.6.2. Diagrama de procesos de la obtención del almidón del camote 37
2.6.3. Procesos de obtención de la celulosa de brócoli 38

2.6.4. Diagrama de procesos para la obtención de la celulosa de brócoli 39
2.7. Procesos de obtención del biopolímero.....39
2.8. Proceso de desmoldeo y obtención de probetas 41
2.9. Parámetros principales para la realización de ensayos.....42
2.9.1. Tracción.....42
2.9.2. Impacto.....43
2.9.3. Dureza 44
CAPÍTULO III 46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....46
3.1. Interpretación y tabulación de resultados de los ensayos realizados. 46
3.1.2. Descripción del método DOE MEZCLAS.....46
3.1.3. Análisis de tiempo de secado de las probetas 46
3.1.4 Fichas técnicas de probetas a tracción.....47
3.1.5. Análisis de biodegradabilidad 87
3.1.6. Análisis del ensayo de impacto 125
3.1.7. Análisis del ensayo de dureza 128
3.2. Análisis y discusión de los resultados 131
3.2.1. Resultados generales de las pruebas mecánicas Tracción.....131
3.2.3.2. Comparación de resultados pruebas de tracción 134
3.2.3. Resultados generales de las pruebas mecánicas Impacto.....135
3.2.4. Resultados generales de las pruebas mecánicas Dureza 136
3.2.5. Resultados generales de las pruebas mecánicas Biodegradabilidad 137
3.2.6. Análisis Mezclas 138
3.2.7. Validación de la Hipótesis.....151
CAPÍTULO IV 152
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....152

4.1. Conclusiones 152

4.2 Recomendaciones.....153

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....154

ANEXOS.....156

Anexo 1. Procesos para la obtención de las probetas del biopolímero 156

Anexo 2. Ensayos de tracción 156

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los materiales compuestos [9]. 4

Tabla 2. Clasificación de los materiales micro compuesto [9]. 4

Tabla 3. Fibras más usadas en materiales compuestos [9]. 5

Tabla 4. Clasificación de las diferentes matrices utilizadas en los materiales compuestos [9]. 6

Tabla 5. Clasificación de las resinas termoestables en función de la te temperatura de utilización [9]. 7

Tabla 6. Fechas de introducción y los usos comunes de los polímeros comerciales [10]. 7

Tabla 7. Clasificación de los biopolímeros [12]. 9

Tabla 8. Composición del almidón del camote [14]. 11

Tabla 9. Composición nutrimental del camote de acuerdo con los tipos de cocción [26]. . 11

Tabla 10. Códigos de fallas según la ASTM 5628. 19

Tabla 11. Descripción de materiales 21

Tabla 12. Variables independientes con el almidón del camote, celulosa de brócoli. 31

Tabla 13. Variables dependientes de propiedades mecánicas 31

Tabla 14. Resultados de las combinaciones del programa Minitab19. 35

Tabla 15. Obtención del almidón del camote. 36

Tabla 16. Obtención de la celulosa de brócoli. 38

Tabla 17. Obtención del biopolímero. 39

Tabla 18. Proceso para la obtención de probetas 41

Tabla 19. Análisis de tiempo y obtención de las probetas. 46

Tabla 20. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J1-01, J1-02, J1-03 47

Tabla 21. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J2-01, J2-02, J2-03 49

Tabla 22 Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J3-01, J3-02, J3-03 51

Tabla 23. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J4-01, J4-02, J4-03 53

Tabla 24. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J5-01, J5-02, J5-03 55

Tabla 25. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J6-01, J6-02, J6-03 57

Tabla 26. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J7-01, J7-02, J7-03 59

Tabla 27. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J8-01, J8-02, J8-03 61

Tabla 28. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J9-01, J9-02, J9-03 63

Tabla 29. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J10-01, J10-02, J10-03 65

Tabla 30. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J11-01, J11-02, J11-03 67

Tabla 31. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J12-01, J12-02, J12-03 69

Tabla 32. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J13-01, J13-02, J13-03 71

Tabla 33. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J14-01, J14-02, J14-03 73

Tabla 34. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J15-01, J15-02, J15-03 75

Tabla 35. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J16-01, J16-02, J16-03 77

Tabla 36. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J17-01, J17-02, J17-03 79

Tabla 37. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J18-01, J18-02, J18-03 81

Tabla 38. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J19-01, J19-02, J19-03 83

Tabla 39. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J20-01, J20-02, J20-03 85

Tabla 40. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J1.1, J1.2 87

Tabla 41. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J2.1, J2.2 89

Tabla 42. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J3.1, J3.2 91

Tabla 43. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J4.1, J4.2 92

Tabla 44. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J5.1, J5.2 95

Tabla 45. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J6.1, J6.2 97

Tabla 46. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J7.1, J7.2 99

Tabla 47. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J8.1, J8.2 101

Tabla 48. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J9.1, J9.2 103

Tabla 49. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J10.1, J10.2 105

Tabla 50. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J11.1, J11.2 107

Tabla 51. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J12.1, J12.2 109

Tabla 52. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J13.1, J13.2 111

Tabla 53. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J14.1, J14.2 113

Tabla 54. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J15.1, J15.2 115

Tabla 55. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J16.1, J16.2 117

Tabla 56. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J17.1, J17.2 119

Tabla 57. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J18.1, J18.2 121

Tabla 58. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J19.1, J19.2 123

Tabla 59. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de impacto de la probeta J1..... 125

Tabla 60. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de impacto de la probeta J2..... 126

Tabla 61. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de impacto de la probeta J3..... 127

Tabla 62. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de dureza de la probeta J1 128

Tabla 63. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de dureza de la probeta J2 129

Tabla 64. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de dureza de la probeta J3 130

Tabla 65. Propiedades generales mecánicas de los ensayos a tracción 131

Tabla 66. Resultados promedios de ensayos a tracción del biopolímero. 133

Tabla 67. Resultados de pruebas de tracción de fundas comerciales. 133

Tabla 68. Comparación de los resultados de pruebas de tracción. 135

Tabla 69. Resultados de los ensayos de impacto. 135

Tabla 70. Resultados promedios de los ensayos de dureza de las probetas J8, J5 y J4. 136

Tabla 71. Resultados de los ensayos de biodegradabilidad de todos los 19 casos. 137

Tabla 72. Análisis de varianza para el esfuerzo máximo 138

Tabla 73. Análisis de varianza para el módulo elástico 142

Tabla 74. Análisis de varianza para el % de elongación. 146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los polímeros [10]. 8

Figura 2. Proceso general sobre el proceso de biodegradación [12]. 9

Figura 3. Máquina universal de ensayo [20]. 17

Figura 4. Probetas para ensayos de tracción 17

Figura 5. Probetas para ensayos de biodegradabilidad 18

Figura 6. Ejemplo de matriz de gráficas de diseño simplex en cantidades. 32

Figura 7. Ejemplo de la gráfica resultante de la regresión para mezclas. 33

Figura 8. Ejemplo de la gráfica de contorno para mezclas. 33

Figura 9. Ejemplo de la gráfica de superficies para mezclas. 34

Figura 10. Ejemplo de la gráfica de rastreo de respuestas para mezclas. 34

Figura 11. Ejemplo de la gráfica de optimización de respuesta para mezclas 35

Figura 12. Máquina universal de ensayos a tracción. 42

Figura 13. Realización del ensayo a tracción. 43

Figura 14. Máquina de Impacto 43

Figura 15. Kit de implementos de la máquina de impacto 44

Figura 16. Realización del ensayo. 44

Figura 17. Equipo para el ensayo de dureza. 45

Figura 18. Realización del ensayo 45

Figura 19. Resultados de las fundas comerciales. 134

Figura 20. Resultados de las mejores probetas experimentales J8, J5 y J4. 134

Figura 21. Comparación de resultados probetas J8 y M20. 135

Figura 22. Resultados de los ensayos de impacto de J8, J5 y J4. 136

Figura 23. Resultados promedios de los ensayos de dureza de J8, J5 y J4. 136

Figura 24. Resultados de los ensayos de biodegradabilidad de los 19 casos. 138

Figura 25. Análisis de residuos para el esfuerzo máximo. 140

Figura 26. Gráfica de contorno de mezclas para esfuerzo máximo 141

Figura 27. Gráfica de superficie de mezclas para esfuerzo máximo.....141

Figura 28. Gráfica de rastreo de respuesta para Esfuerzo máximo.....142

Figura 29. Análisis de residuos para el módulo elástico.....143

Figura 30. Gráfica de contorno de mezclas para módulo elástico. 144

Figura 31. Gráfica de superficie de mezclas para módulo elástico.....145

Figura 32. Gráfica de rastreo de respuesta de mezclas para módulo elástico 146

Figura 33. Análisis de residuos para el porcentaje de elongación. 147

Figura 34. Gráfica de contorno de mezclas para el % de elongación. 148

Figura 35. Gráfica de superficie de mezclas para el % de elongación.....148

Figura 36. Gráfica de rastreo de respuesta para el % Elongación.....149

Figura 37. Optimización de respuesta.....150

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Etapas principales del proyecto técnico. 29

Diagrama 2. Proceso general del proyecto experimental.....30

Diagrama 3. Procesos para la obtención del almidon de camote.....37

Diagrama 4. Procesos para la obtención de la celulosa de brócoli 39

Diagrama 5. Procesos para la obtención del biopolímero.....41

RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente se toma en relevancia el impacto ambiental por los cambios bruscos del clima, dando un concepto de crear productos amigables para el medio ambiente, dando paso a los materiales biodegradables, en el cual se busca reducir los desperdicios, crear nuevos materiales renovables, entre otros ideales, con ayuda de los avances tecnológicos.

El proyecto experimental se enfocó en la caracterización mecánica de un biopolímero buscando optimizar sus propiedades para aplicaciones potenciales; a través de un diseño de experimentos (DOE), se exploraron diferentes combinaciones del almidón de camote y la celulosa, para determinar la influencia de sus proporciones en las propiedades mecánicas del material. Se planteó en tres etapas principales: la extracción para asegurar la calidad de las materias primas; el análisis de la influencia de las diferentes proporciones de los componentes en la resistencia a la tracción, módulo elástico, tenacidad, dureza y elongación a la rotura del biopolímero a través de análisis estadísticos; y la caracterización precisa de las propiedades mecánicas del material según normas vigentes.

Como resultado el presente trabajo planteó que primero se debe determinar la relación entre la composición del biopolímero y sus propiedades mecánicas, después se debió identificar las tres mejores combinaciones de almidón y celulosa para obtener las características deseadas, lo cual contribuirá al desarrollo de biopolímeros con propiedades mecánicas controladas, ofreciendo una alternativa ecológica y sostenible, abriendo nuevas posibilidades para su aplicación en diversos sectores, con estos resultados se podrá utilizar en el desarrollo de productos desechables, contribuyendo con una alternativa más para salvaguardar al planeta

Palabras clave: Almidón, celulosa, DOE, material biodegradable, tracción, dureza, impacto.

ABSTRACT

Currently, the environmental impact of sudden climate changes is considered relevant, giving rise to the concept of creating environmentally friendly products, giving way to biodegradable materials, which seek to reduce waste, create new renewable materials, among other ideals, with the help of technological advances.

The experimental project focused on the mechanical characterization of a biopolymer seeking to optimize its properties for potential applications; through a design of experiments (DOE), different combinations of sweet potato starch and cellulose were explored to determine the influence of their proportions on the mechanical properties of the material. It was planned in three main stages: extraction to ensure the quality of the raw materials; analysis of the influence of the different proportions of the components on the tensile strength, elastic modulus, toughness, hardness and elongation at break of the biopolymer through statistical analysis; and the precise characterization of the mechanical properties of the material according to current standards.

As a result, the present work proposed that first the relationship between the composition of the biopolymer and its mechanical properties must be determined, then the three best combinations of starch and cellulose should be identified to obtain the desired characteristics, which will contribute to the development of biopolymers with controlled mechanical properties, offering an ecological and sustainable alternative, opening new possibilities for its application in various sectors, with these results it can be used in the development of disposable products, contributing with one more alternative to safeguard the planet.

Keywords: Starch, cellulose, DOE, biodegradable material, traction, hardness, impact.

CAPITULO I
MARCO TEÓRICO

"Caracterización mecánica de un biopolímero a partir del almidón del camote y celulosa de brócoli obtenido mediante mezclas DOE".

1.1. Antecedentes

Para el presente proyecto experimental fundamentalmente se necesita obtener información en relación a la creación de biopolímeros a partir de celulosa de brócoli con glicerina y almidón de camote con glicerina o PLA, además con la ayuda del método de diseño de mezclas se realiza una recopilación de datos para obtener la mejor combinación de los componentes para que se mejore las propiedades mecánicas.

Los polímeros sintéticos fueron inventados desde hace aproximadamente 60 años y desde entonces se han hecho numerosos progresos en el campo de sus aplicaciones. Una de sus características es su durabilidad lo cual constituye una desventaja debido a su persistencia en el medio durante tiempos muy largos, ocupando espacio en los rellenos sanitarios y a la emisión de gases durante la incineración. Por lo anterior, se han hecho grandes esfuerzos por desarrollar polímeros biodegradables con el fin de reemplazar los polímeros convencionales en aplicaciones tales como: empaques para alimentos y bolsas para basura. La introducción del almidón en la obtención de polímeros biodegradables es de especial importancia por ser un recurso renovable que reemplaza los recursos no renovables como el petróleo, del cual se fabrican muchos polímeros sintéticos tradicionales. Los almidones que más se han utilizado son la papa y el maíz. Existen diversas variedades de yuca para uso industrial, una composición típica es: Humedad: 70%, Almidón: 24% - 30%, Fibra: 2%, Proteínas: 1%, Otros: 3% [1].

Según la referencia [2], realizaron una investigación donde se determinaron la evaluación mecánica y química de los biopolímeros, con el fin de obtener buenas propiedades del nuevo material que es el biopolímero y de esta manera reducir el uso excesivo del plástico. La metodología que emplearon fue la modificación del almidón de la papa con el ácido acético al 5% realizó pruebas de tracción y elongación, obtuvieron como resultado un polímero con 38,28% de amilopectina y 61,76% de amilosa. Finalmente, con el almidón modificado mostraron mejores propiedades en comparación al almidón natural.

Para Hernández [3], al comparar la calidad de los bioplásticos obtenidos a base de los almidones de los residuos de papa y camote, con combinación de glicerina, ácido acético y agua destilada,

donde se realizó la mezcla a fuego durante aproximadamente 5 minutos y se dejó secar en un lapso de 3 días, se obtuvo que el bioplástico que la fuerza de elongación es de 18.67 ± 6.17(%) este siendo mayor a la fuerza de elongación del bioplástico obtenidos de los residuos de almidón de papa cuyo valor es de 10.85± 2.50 (%), la fuerza de tracción del bioplástico de camote es de 1.88± 0.92 Newtons siendo mayor a la fuerza de tracción del bioplástico de papa siendo el valor de 0.93± 0.14 Newtons y por último se comparó la fuerza de tracción del bioplástico de camotes es de 0.148±0.92 (MPa) siendo esto menor que el polietileno de baja densidad cuya fuerza de tracción es de 6.98±0.095 (MPa).

Según la referencia [4], se redacta los derivados de la celulosa se han utilizado en el desarrollo de películas con una mejora en las propiedades de la película a comparación de la celulosa nativa, son mayormente utilizados en envases de alimentos mayormente en alimentos secos, congelados o liquidas. En la adición de la celulosa a los biopolímeros se logró disminuir la impermeabilidad al vapor de agua y la mejora de las propiedades mecánicas, al unir las películas de celulosa y almidón se logra mejorar sus propiedades como mayor módulo de elasticidad y resistencia a la tracción.

Como se indica en [5], se desarrolló un bioplástico a partir de celulosa y un compuesto de flúor (Compuesto presente en teflón), tiene como propiedades la resistencia a grasas y aceites, biodegradables, seguro esto se hace apto para el uso en el envasado de alimentos preparados como galletas, aperitivos, otras propiedades interesantes es la resistencia al agua u otros liquidas, resistencia al vapor de agua, el oxígeno no se traspasa el compuestos y su versatilidad mecánica.

1.2. Justificación

El plástico nace como respuesta a el declive del uso de marfil en los años 1860, cuando se desarrolló la baquelita, a partir de eso fueron creando materiales de base plástica sintética teniendo como características de: termoestablidad, resistencia y la cualidad de ser un aislante. En la actualidad los plásticos se han vuelto imprescindibles, se encuentran en una amplia variedad de sectores como: la construcción, textil o medicina. Por más de décadas el uso del plástico se ha asociado con la palabra contaminación debido a su larga vida útil, su degradabilidad dependida al plástico promedio es de 400 a 500 años [6].

Los biopolímeros se han vuelto una alternativa sustentable, basados en fuentes renovables como el almidón, celulosa, entre otros polímeros naturales, se basa en la comparación de las propiedades mecánicas en tiempo de uso, su vida útil (reciclaje). La caracterización del material

a estudiar de basa en la necesidad de reducir el impacto ambiental, como los desechos que se generan en el medio. En Latinoamérica, se han realizado amplios trabajos de investigación de la variabilidad de los biopolímeros en presencia de agentes químicos y en las diferentes latitudes. Por medio del estudio de mezclas DOE, se estima en base a la variabilidad del material orgánico la efectividad del biopolímero con agentes accionantes [7].

Utilizar un material biodegradable hace que el ser humano sea más amigable con la naturaleza ya que la descomposición de un material biodegradable es mucho más rápida que la descomposición de un material plástico, porque en la descomposición del material biodegradable existe la participación de factores como el viento, el sol, la temperatura, la lluvia, la humedad, y los hongos, que depende de la composición química y física para retornar a la tierra de forma natural y ecológica, sin ninguna intervención por parte del ser humano [7].

En Ecuador, los residuos del plástico mayormente de encuentran mezclados en los vertederos de basura sin ningún tipo de tratamiento, generando daños graves al ecosistema, por ello se plantea el uso de biopolímeros a partir de los desechos orgánicos abundantes en la región. El desarrollo del biopolímero a base de celulosa de brócoli y almidón de camote se lo va a llevar a cabo en la provincia de Tungurahua, donde se encuentra ubicado la Universidad Técnica de Ambato, la cual dispone de equipos tecnológicos avanzados para realizar pruebas mecánicas de tracción, biodegradabilidad, dureza e impacto además el equipo de encargado de los laboratorios y docentes se encuentran capacitados donde estableceremos si es factible la elaboración del biopolímero a partir del almidón del camote y celulosa del brócoli obtenido mediante DOE – MEZCLAS.

1.3. Fundamentación teórica

1.3.1. Introducción

Los biopolímeros, se obtienen a partir de fuentes naturales o materia viva, y representan una alternativa viable a los polímeros sintéticos con el objetivo de reducir la dependencia de materiales fósiles. Estos materiales han captado el interés de la comunidad científica debido a sus distintivas características, como la biodegradabilidad y baja toxicidad, lo que los convierte en aplicaciones versátiles en diversas áreas de investigación. Los biopolímeros exhiben propiedades físicas y mecánicas excepcionales, permitiendo su uso en sectores como textil, automotriz, medicina, entre otros. Algunos de los biopolímeros más accesibles incluyen el quitosano, almidón, trigo, celulosa, entre otros. Las nanofibras de biopolímeros han sido objeto de extensa investigación debido a sus diversas propiedades, como resistencia y tenacidad

destacadas, peso ligero y bajo costo. En la actualidad se han ampliado sus aplicaciones en distintos campos, Por ejemplo, las nanofibras derivadas de celulosa, quitosano, seda y colágeno se han utilizado en la fabricación de dispositivos optoelectrónicos, en aplicaciones ambientales como el tratamiento de suelos y aguas, en el sector energético, en biomedicina (para la construcción de andamios utilizados en la migración de nutrientes, ingeniería de tejidos, etc.), en la industria alimentaria (para empaques, emulsificantes, etc.) y en cosmética, gracias a sus propiedades como biodegradabilidad, bio-funcionalidad, actividad antimicrobiana y facilidad de procesamiento [8].

1.3.2. Materiales compuestos

En definición los materiales compuestos se basan en la combinación de dos o más componentes, por lo general las propiedades generadas son superiores a la cada una de sus componentes individuales. La clasificación relacionada a la ingeniería se muestra en la **Tabla 1.** en la cual la mayoría de los materiales se encuentra en la naturaleza obteniendo grandes propiedades analizadas a nivel microscópico ópticos, además teniendo en cuenta la resistencia y la dureza de las aleaciones metálicas y plásticos se consiguen en la combinación de fases de gran resistencia con etapas o fases dúctiles y tenaces [9].

Tabla 1. *Clasificación de los materiales compuestos [9].*

	Ejemplos
Materiales compuestos naturales	Madera Hueso Bambú Músculos y otros tejidos
Materiales micro compuestos	Aleaciones metálicas (aceros), Termoplásticos endurecidos (ABS), Hojas para moldeo continuo (SMC), Termoplásticos reforzados
Macro composites (Productos ingenieriles)	Acero galvanizado Vigas de hormigón armado Palas de helicópteros Esquís

En la **Tabla 2.** se detalla otra clasificación de los materiales basándose en el tamaño, forma y distribución de las dos fases o más fases del conjunto se le denomina “micro compuestos” se debe a la influencia de los métodos de fabricación se relaciona una no precisión exacta [9].

Tabla 2. *Clasificación de los materiales micro compuesto [9].*

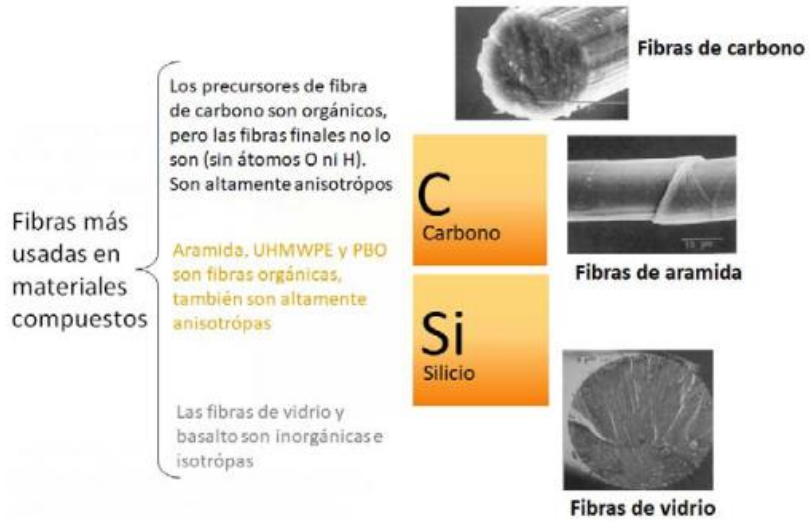
1.	Fibras continuas en matriz: orientadas, en distribución aleatoria.

2.	Fibras cortas en matriz: orientadas, en disposición aleatoria.
3.	Particulado (macropartículas esféricas, planas, elipsoidales, irregulares, huecas o macizas) en matriz.
4.	Dispersión reforzada, como para 3 anterior, pero con tamaños de partículas $< \mathbf{10^{-8}}\ \boldsymbol{m}$.
5.	Estructuras laminares
6.	Esqueletos o redes Inter penetrantes.
7.	Multicomponentes, fibras, partículas, etc.

Los grupos de los materiales compuestos son:

- Fibras: Aportan al material compuesto la resistencia y rigidez, es decir, soportan la mayor parte de la carga.
- Matriz termoestable o polímero: Transfieren la carga externa a la fibra, se encuentran unidas entre sí [9].

Tabla 3. *Fibras más usadas en materiales compuestos [9].*



Las matrices orgánicas, son aquellos materiales compuestos que pueden estar constituidos por matrices orgánicas, metálicas y cerámicas, comúnmente se los conoce con términos: polímeros (Macromolécula sintética), macromoléculas (Compuesto químico formados por (n-meros) estructurales repetidas) y plásticos (Polímero adicionado y acondicionado para el uso de la industria). Categorizando en tres grupos: el primer grupo podemos incluir lanas, proteínas, celulosas, entre otros. En el segundo grupo son los plásticos, los cuales salen de los reactores de polimerización. Por último, son los mismos plásticos, pero con adiciones de antioxidantes, estabilizadores a la radiación, plastificantes, entre otras [9].

Tabla 4*. Clasificación de las diferentes matrices utilizadas en los materiales compuestos [9].*

Inorgánicas	Cemento, Geo polímeros, Yeso, Matrices cerámicas, Matrices metálicas	
Orgánicas	Termoestables	Epoxi, Vinil éster, Poliéster fenólica, Esteres cianato, Bismaleimidas, Poliimidas, Polieteramida
	Termoplásticas	Policloruro de vinilo (PCV), Copolímeros de estireno (ABS, SAN), Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Policarbonato (PC), Polimetacrilato de metilo (PMMA), Acetato, Poliestireno (PS), Polioximetilo (POM), PBT, Polieterimida, PET, Nylon, Poliamida, PEEK, PEKK, PAI, PAS.

En el campo de los materiales compuestos, las resinas juegan un papel fundamental en la configuración de sus propiedades y rendimiento.

- Resinas termoestables o químico-estables: Estas resinas se caracterizan por su estado líquido a temperatura ambiente y la necesidad de un proceso de curado para alcanzar su estado final sólido. Este curado puede realizarse mediante diferentes mecanismos, incluyendo reacciones químicas a temperatura ambiente, calentamiento a alta temperatura o radiación [9].
- Las resinas termoplásticas: son sólidas a temperatura ambiente y requieren calentamiento para alcanzar su estado líquido, pudiendo fundirse y solidificarse repetidamente sin sufrir cambios químicos. Pueden ser amorfas o parcialmente cristalinas, siendo las últimas las que presentan una HDT superior y mayor resistencia a solventes [9].

***Tabla 5**. Clasificación de las resinas termoestables en función de la te temperatura de utilización [9].*

Bajas Temperaturas	Poliéster	Isoftálica, Ortoftálica, Ácido caliente
Medias Temperaturas	Vinil éster, Epoxi	
Medias – Altas – Temperaturas	Fenólica	
Altas Temperaturas	Bismaleimida, Poliimida, Esteres cianato, Polieteramida	

1.3.3. Material polimérico

Ha fines del 2000 el auge de los polímeros se desarrolló alrededor del mundo con 200 millones de toneladas de plásticos donde se consumió alrededor del 2% de madera, 5% del petróleo extraído, con un valor aproximado en EE. UU de $ 250.000 millones [10].

***Tabla 6.** Fechas de introducción y los usos comunes de los polímeros comerciales [10].*

Fecha	Material	Uso Típico
1868	Nitrato de celulosa	Marcos de anteojos
1909	Resinas de fenol formaldehido	Auriculares, perillas, manijas
1919	Caseína	Agujas de tejer
1926	Resinas alquídicas	Aislantes eléctricos
1927	Acetato de celulosa	Cepillos de dientes, embalajes
1927	Policloruro de vinilo	Impermeables, pisos
1929	Urea formaldehido	Artefactos eléctricos, interruptores
1935	Etil celulosa	Carcazas para linternas
1936	Poliacrilonitrilo	Mangos de cepillos, monitores
1936	Poliacetato de vinilo	Revestimientos, adhesivos
1938	Nylon (poliamida)	Engranajes, fibras, films
1938	Polivinil acetal	Capas intermedias para vidrios de seguridad
1939	Policloruro de vinilideno	Cobertor de butacas de coches, films, papel, recubrimientos
1939	Melamina–formaldehído	Recubrimiento de muebles
1942	Poliéster (entrecruzable)	Cascos de embarcaciones
1942	Polietileno de baja densidad	Envases compresibles
1943	Fluoropolímeros	Empaquetaduras industriales, recubrimientos antideslizantes
1943	Silicona	Artículos de goma
1945	Propionato de celulosa	Bolígrafos y lápices automáticos
1947	Epoxis	Herramientas y plantillas
1948	Copolímero de acrilonitrilo–butadieno–estireno	Valijas, gabinetes para radio y TV
1949	Alilo	Conectores eléctricos
1954	Poliuretano	Colchones de espuma
1956	Resina acetal	Autopartes
1957	Polipropileno	Cascos de seguridad, fibras para alfombras
1957	Policarbonato	Piezas de aparatos
1959	Poliéter clorado	Válvulas y conectores
1962	Resina fenoxi	Adhesivos, revestimientos
1962	Polialómero	Carcasas de máquinas de escribir
1964	Resina ionómero	Cajas de cosméticos, molduras

Según su estructura molecular además a su comportamiento mecánico a temperatura ambiente, se los clasifica en: Termoplásticos, elastómeros y termoestables.



Figura 1. *Clasificación de los polímeros [10].*

- Termoplásticos: Materiales rígidos a temperatura ambiente, pero se vuelven deformables o flexibles a temperaturas mayores. Una importante característica de estos materiales son que se pueden volver a fundir y moldear repetidas veces.
- Elastómeros: Materiales blandos y su comportamiento es elástico.
- Termoestables, termo endurecibles o termorrígidos: Materiales no se pueden volver a fundir ni se disuelven [11].

1.3.4. Biopolímeros

Los biopolímeros son polímeros que se producen naturalmente en organismos vivos o se pueden sintetizar a partir de fuentes renovables, como plantas, animales o microorganismos. Estos polímeros tienen una variedad de aplicaciones en campos como la medicina, la agricultura, la industria alimentaria y la fabricación de materiales biodegradables. Se dividen en las siguientes categorías [12]:

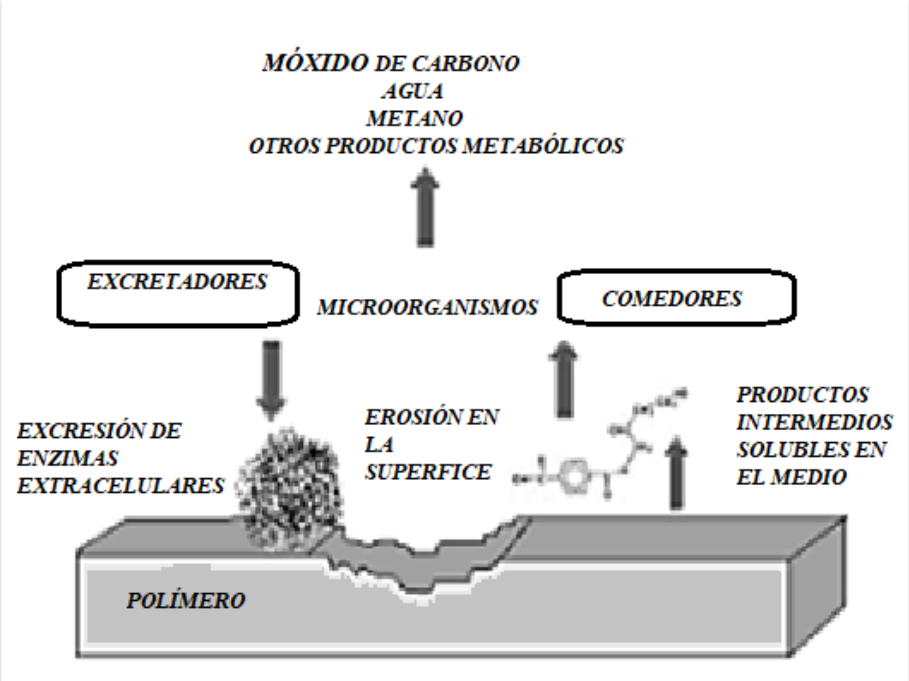
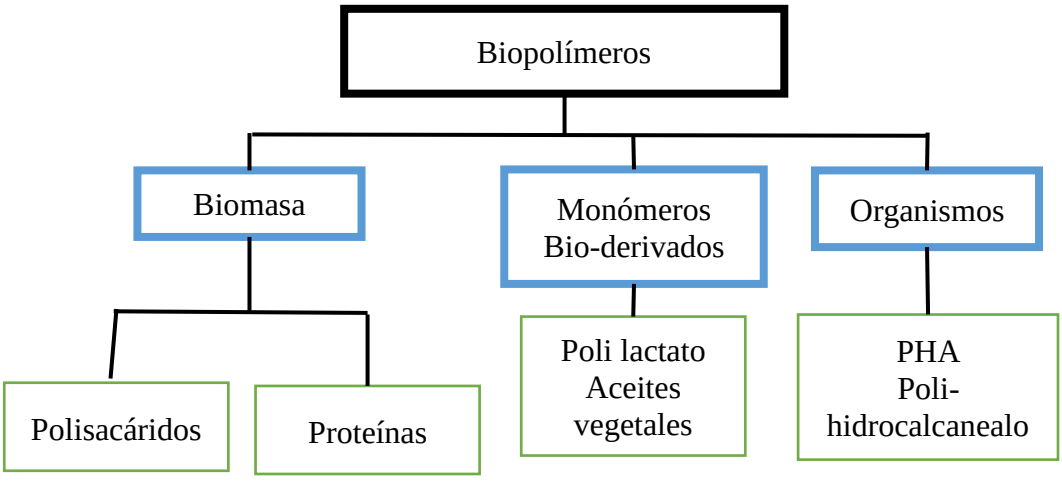


Figura 2. *Proceso general sobre el proceso de biodegradación [12].*

Los biopolímeros se clasifican en base a recursos renovables, estos se pueden dividir en tres grupos: Polímeros basados en recursos renovables (Almidón y celulosa), Polímeros biodegradables basados en monómeros bio-derivados (Aceites vegetales y ácido láctico) y biopolímeros sintetizados por microorganismos (PHA) y degradables los cuales estan estrictamente cumplimento las normas de biodegradabilidad y compostaje de los plásticos, teniendo en cuenta que el término biodegradación hace referencia al ataque de microorganismos, cuyo proceso desintegra la cadena principal en pequeños fragmentos [12].

Tabla 7*. Clasificación de los biopolímeros [12].*



Biopolímeros extraídos directamente de la biomasa:

- Biopolímeros basados en almidon: Contiene limitaciones debido a la baja resistencia a la humedad, baja procesabilidad e incompatibilidad con algunos polímeros hidrofóbicos.
- Biopolímeros basados en celulosa: Se producen mediante modificación química de la celulosa natural pueden utilizarse en procesos de extrusión y moldeo [12].

Biopolímeros obtenidos a partir de monómeros bio-derivados:

- Aceites vegetales: Basados en los poliuretanos del aceite de higuerilla presenta propiedades buenas como la resistencia química al ataque por solventes bajo módulo de Young, baja resistencia a tratamientos con alta temperatura y resistencia al rasgado.
- Poli (ácido láctico) (PLA): Se caracteriza por sus buenas propiedades mecánicas a comparación de otros termoplásticos. Se utiliza más en la industria biomédica [12].

Polímeros producidos por organismos directamente:

- Poli(hidroxialconoatos) (PHA): Son sustitutos atractivos de los poliésteres con un origen petroquímico por su alto grado de polimerización con un grado de cristalinidad [12].

1.3.5. Almidón

El almidón está constituido por amilosa (estructura larga y recta) y amilopectina (estructura ramificada y corta), contienen propiedades fisicoquímicas y térmicas únicas, tiene propiedades termoplásticas cuando se realiza la disrupción estructural a nivel molécula. La presencia de amilosa en un 70% en almidones de amilo-maíz da una estructura fuerte y más flexible a la película [13].

1.3.5.1. Almidón del camote

El almidón de camote, también conocido como batata o boniato, es un tipo de almidón que se extrae de las raíces del camote. El almidón es insoluble en el agua fría, al calentarse y descender la temperatura adquiere un aspecto gelatinoso. El consumo de este tubérculo en estudios es para la salud. [14].

***Tabla 8**. Composición del almidón del camote [14].*

CAMOTE	
Reino:	Viridiplantae
División:	Magnoliopyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Convolvulaceae
Género:	Ipomoea
Sección:	Batatas
Nombre Científico:	*Ipomoea batata* (L).
Nombre Común:	Boniato, batata, patata dulce, camote.

Aplicaciones del almidón:

- Agente de ligadura: Debido a su capacidad para retener agua y formar geles, el almidón de camote se utiliza como agente de ligadura en la fabricación de productos alimenticios como embutidos, hamburguesas vegetarianas y productos cárnicos procesados.
- Estabilizador: En la industria alimentaria, el almidón de camote se emplea como estabilizador para prevenir la separación de los ingredientes en productos como salsas, aderezos y postres lácteos.
- Alto contenido de fibra: El almidón de camote contiene una cantidad significativa de fibra dietética, lo que puede ayudar a mejorar la salud digestiva, promover la sensación de saciedad y regular los niveles de azúcar en la sangre [14].

A continuación, se describe algunas características importantes de acuerdo unidad / 100g [26]:

- Contenido: Fibra 1.2- 35gr
- Contenido: Almidones 11.8 gr
- Contenido: Agua 64 – 74 gr
- Contenido Glucosa 2.37 – 4.68 mg

Se presenta en la siguiente **Tabla 9.** sobre la composición nutrimental del camote:

***Tabla 9**.Composición nutrimental del camote de acuerdo con los tipos de cocción [26].*

Contenido	**Fresco Unidad/ 100g**	**Hervido Unidad /100g**
Materia seca	31.07 – 33.76 g	33 - 37.65 g
Fibra cruda	2.33 – 2.65 g	2.45 – 2.76 g
Almidón	63.90 – 64.89 g	49.22 – 57.43 g

1.3.6. Celulosa

La celulosa tiene una estructura cristalina que le confiere propiedades mecánicas únicas. Es un material muy fuerte, flexibilidad y resistente a la degradación, lo que lo hace ideal para una variedad de aplicaciones, como la fabricación de papel, textiles y plásticos La celulosa es un polímero natural que se encuentra en las paredes celulares de las plantas [15].

1.3.6.1. Celulosa de brócoli

Los tallos de brócoli contienen el 35% de la fibra dietética medido en peso en seco y la fibra de celulosa es una materia primordial en la industria moderna, dado a la propiedad de insolubilidad en agua de la celulosa y en disolventes esto limita su aplicación, para utilizarla se necesita modificar químicamente para producir derivados como ejemplos éteres y esteres de celulosa con los cuales aumenta su versatilidad [16].

1.3.7. Glicerina

Es un líquido incoloro, viscoso, con un sabor dulce y una textura similar a la del jarabe. La glicerina se encuentra de forma natural en muchas grasas vegetales y animales, sus propiedades más relevantes son: antivirales y antimicrobianas [17] .

Propiedades físicas:

- Punto de ebullición: La glicerina tiene un punto de ebullición de alrededor de 290°C (554°F). Esto la convierte en un líquido viscoso a temperatura ambiente y en un líquido incoloro cuando se encuentra en estado puro.
- Solubilidad: La glicerina es miscible en agua y en la mayoría de los disolventes orgánicos, lo que significa que puede mezclarse en cualquier proporción con estos líquidos. Esta propiedad la hace útil como solvente en diversas aplicaciones industriales y farmacéuticas.
- Densidad: La densidad de la glicerina varía según su concentración y temperatura, pero típicamente se encuentra alrededor de 1.26 g/cm^3 a temperatura ambiente.
- Higroscopicidad: Capacidad de absorber la humedad y retenerla por un rango largo de tiempo.
- Punto de congelación: La temperatura casi exacta es de 18.170°C, su tendencia es a enfriarse rápidamente cuando tiene cantidades pequeñas de agua.
- Viscosidad: Cuando se enfría, la viscosidad aumenta gradualmente [17]

1.3.8. Ácido Acético

El ácido acético, también conocido como ácido etanoico, es un compuesto químico orgánico perteneciente a la familia de los ácidos carboxílicos. Su fórmula química es CH3COOH. Se presenta comúnmente como un líquido incoloro de olor acre y penetrante, similar al del vinagre, ya que el vinagre es una solución acuosa de ácido acético [19].

- Peso molecular: 60.05 g/mol
- Densidad: 8.8 lb/gal
- Punto de inflamación: 104 °F
- Propiedades químicas: El ácido acético es un ácido débil que reacciona con bases para formar acetatos y agua. A temperatura ambiente, es corrosivo para los metales y puede irritar la piel y las membranas mucosas si se manipula sin precaución [19].

1.3.9. DOE – MEZCLAS

El método DOE MEZCLAS es una herramienta poderosa para optimizar procesos que involucran la combinación de diferentes componentes o ingredientes, es decir, experimentos de superficie de respuesta. Es ideal para situaciones donde:

- Tenemos varios componentes que se mezclan en diferentes proporciones: Por ejemplo, en la formulación de un nuevo tipo de materiales

- El objetivo es encontrar la mejor combinación de componentes para lograr un resultado específico.

Donde tenemos que entender que existen tres tipos de experimentos cuales son:

- Mezcla: Donde la respuesta solo depende de las proporciones de los componentes de la mezcla.
- Variable de proceso de la mezcla: La respuesta depende según las proporciones relativas de cada componente y las variables del proceso, los cuales no forman parte de la mezcla, pero podrían afectar a las propiedades de la combinación.
- Cantidad de la mezcla: Depende de las porciones de los componentes y de la cantidad de la mezcla [20].

Ventajas del método de mezclas:

- Eficiencia: Permite explorar un amplio rango de combinaciones de componentes con un número relativamente pequeño de experimentos.

- Optimización: Ayuda a identificar la mejor combinación de componentes para lograr el resultado deseado.

- Análisis de interacciones: Permite estudiar cómo los componentes interactúan entre sí.

Desventajas del método

- Complejidad: Puede ser complejo de implementar, especialmente cuando se tienen muchos componentes.

- Restricciones: Es necesario tener un buen conocimiento del sistema y de las variables que influyen en la respuesta [20].

1.3.10. Estándares

Se utilizó normas específicas para los ensayos de tracción, impacto, dureza y biodegradabilidad.

- La norma ASTM D638 establece los métodos de prueba para determinar las propiedades de tracción de materiales plásticos y compuestos plásticos reforzados con fibra. Esta norma es ampliamente utilizada en la industria para evaluar la resistencia y la deformación de los materiales plásticos bajo tensión.
- La norma INTE ISO 14855-1 define el método de ensayo para determinar la biodegradabilidad aeróbica de plásticos en condiciones de compostaje controladas. Se utiliza para evaluar la capacidad de un material plástico para descomponerse en compost bajo condiciones específicas, mediante la medición de la cantidad de dióxido de carbono generado.
- La norma ASTM D2240 establece el método para determinar la dureza de plásticos rígidos mediante el ensayo de penetración de una aguja para medir la profundidad de penetración de la aguja en el material plástico bajo una carga específica, los resultados se expresan en unidades de dureza Shore (HP).
- La norma ASTM D5628-96 define el método de ensayo para determinar la resistencia al impacto de materiales plásticos utilizando un péndulo, el cual se deja caer con una determinada energía sobre una muestra del material y medir la energía absorbida por la muestra durante el impacto, los resultados se expresan en unidades de energía absorbida por unidad de área.

1.3.11. Ensayos de materiales a base de los estándares descritos.

1.3.11.1. Ensayo a Tracción

La prueba ASTM D638 mide las propiedades de resistencia a la tracción de los plásticos al aplicar una fuerza de tracción a una muestra hasta que falla. Se realiza utilizando una máquina de pruebas universal a velocidades de tracción variables, este rango va desde 1 a 500 mm/min [21].

Las principales propiedades que se miden son:

- Resistencia a la tracción: la cantidad de fuerza que puede soportar un plástico antes de deformarse permanentemente o romperse.
- Módulo de tracción: una medida de la rigidez del material, indica cuánta tensión se necesita para estirar el material una cierta cantidad.
- Alargamiento: la cantidad que se estira la muestra antes de romperse, indica la ductilidad del material.
- Relación de Poisson: mide la relación entre la deformación en la dirección de la tracción y la deformación perpendicular a la tracción [21] .

A continuación, se presenta de forma analítica con varias fórmulas como se obtienen los valores de las propiedades mecánicas.

- Resistencia a la tracción: Sus unidades son en MPa.

$$\sigma = \frac{P}{A} \qquad (1)$$

Los componentes de la fórmula anterior son:

P = Fuerza aplicada, su unidad es Newtons (N).

A = Área de la sección transversal, su unidad es metros cuadrados (m^2).

- Deformación por tracción

$$\varepsilon_i = \frac{\delta_i}{L_i} \qquad (2)$$

Los componentes de la fórmula anterior son:

ε_i = Deformación máxima.

δ_i= Desplazamiento del cabezal móvil, su unidad es milímetros (mm).

L_i = Longitud calibrada, su unidad es milímetros (mm).

- Módulo de elasticidad (Módulo de Young)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \qquad (3)$$

Los componentes de la fórmula anterior son:

σ = Esfuerzo máximo a la tracción, su unidad es MPa.

ε = Elongación del material.

- Ductilidad (%)

$$\%\ de\ deformación = \frac{l_f - l_o}{l_0} \qquad (4)$$

Los componentes de la fórmula anterior son:

l_o = Longitud inicial, su unidad es milímetros (mm).

l_f = Longitud final, su unidad es milímetros (mm).



***Figura 3**. Máquina universal de ensayo [20].*

Características principales

- Se empleará la norma ASTM D638 Tipo 1.
- Medidas específicas de las probetas son: Ancho: 19 mm y Largo: 165 mm por el espesor que tenga el material, se puede observar en la siguiente **Figura 4.**



***Figura 4.** Probetas para ensayos de tracción*

1.3.11.2. Ensayo de biodegradabilidad

Se busca la determinación de la biodegradabilidad final de los compuestos de los plásticos, basada en compuestos orgánicos, se basa en condiciones controladas de un compostaje donde mediante la medición de la cantidad de dióxido de carbono generado y el grado de desintegración del mismo [22].



Figura 5*. Probetas para ensayos de biodegradabilidad*

Características principales:

- Dimensiones de las probetas: Ancho: 4 cm y Alto: 4 cm.
- Peso: Mayor a 3 gr.
- Utilización de compost para las probetas de tierra.
- Tiempo de medición: cada 2 días por 32 días.

Cálculo de la cantidad teórica de dióxido de carbono

Calculamos la cantidad teórica de dióxido de carbono, en unidades de gramos por recipiente, que se puede producir por el material del ensayo, para ello utilizamos la ecuación (1), como se muestra a continuación:

$$\boldsymbol{ThCO_2 = M_{TOT} * C_{TOT} * \frac{44}{12}} \qquad (5)$$

Donde:

$\boldsymbol{M_{TOT}}$ Es el total de material solido introducido en el recipiente.

$\boldsymbol{C_{TOT}}$ Es la proporción de carbono orgánico total del material solido en gramos.

44 y 12 Es la masa atómica del dióxido de carbono y del carbono.

Cálculo del porcentaje de biodegradación

Calculamos el porcentaje de biodegradación (Dt) del material ensayado en el intervalo de medición, para ello utilizamos la ecuación (2), como se muestra a continuación:

$$\boldsymbol{Dt = \frac{(CO_2)_T - (CO_2)_B}{ThCO_2} * 100} \qquad (6)$$

Donde:

$(\boldsymbol{CO_2})_{\boldsymbol{T}}$ Es la cantidad acumulada de dióxido de carbono generado por el material, sus unidades son gramos x recipiente.

$(\boldsymbol{CO_2})_{\boldsymbol{B}}$ Es la cantidad acumulada media de dióxido de carbono generado por el material, sus unidades son gramos x recipiente.

$\boldsymbol{ThCO_2}$ Es la cantidad teórica de dióxido de carbono que puede producir el material.

1.3.11.3. Ensayo de Impacto

Este ensayo se utiliza para medir la energía de fractura de las muestras, se utilizan muestras planas donde con un dardo de gota se deja caer de diferentes alturas donde se rompe el nuevo material, y si no pasa nada con el material se vuelve a lanzar el dardo de otra altura diferente ya que se debe determinar la energía media de rotura.[23].

Características principales

- Dimensiones: Ancho: 58 mm y Largo 58 mm
- Peso del dardo: 232.2 g
- Gravedad: 9.81 m/s^2

Cálculo de la energía máxima de rotura o Resistencia máxima al impacto (J)

Se necesita saber el peso del dardo, la gravedad y la altura de lanzamiento del dardo de gota, por eso utilizamos la siguiente ecuación (3):

$$\boldsymbol{MEF = h * w * f} \qquad (7)$$

Donde:

MEF = Energía máxima de rotura (J).

h = Altura máxima de rotura (mm).

w = Masa máxima de rotura (kg).

f = Factor normalizado para conversión a Joules $9{,}80665x10^{-3}$.

A continuación, se señala los códigos de identificación de fallas según la ASTM 5628:

Tabla 10. *Códigos de fallas según la ASTM 5628.*

TIPO DE FALLA	DESCRIPCIÓN
A	Grieta o grietas en una superficie

TIPO DE FALLA	DESCRIPCIÓN
B	Grietas que penetran en todo su espesor
C	Quebradizo, se generan varios pedazos
D	Falla dúctil

1.3.11.4. Ensayo de Dureza

El ensayo consiste en medir la dureza del material por la profundidad de penetración, los valores de dureza van de 0 a 100 HD, teniendo una resolución de 0.5 HD [24].

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Caracterizar mecánicamente un biopolímero compuesto por almidón de camote y celulosa de brócoli obtenido a través de mezclas experimentales utilizando Diseño de Experimentos (DOE), con el fin de evaluar sus propiedades mecánicas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de obtención del almidón de camote y la celulosa de brócoli para establecer los diferentes casos según DOE.
- Analizar la influencia de las proporciones de almidón de camote y celulosa de brócoli en las propiedades mecánicas de los biopolímeros a través de análisis estadísticos.
- Caracterizar las propiedades mecánicas de los biopolímeros, incluyendo resistencia a la tracción, módulo elástico, tenacidad, dureza, y elongación a la rotura según la norma ASTM D638.

1.5. Planteamiento de la Hipótesis

Ho: La combinación de parámetros de almidón del camote y celulosa del brócoli en la elaboración de un biopolímero mejorará sus propiedades mecánicas.

CAPITULO II
MARCO METODOLÓGICO

Se describe la metodología empleada en el desarrollo del presente trabajo de investigación. Primeramente, se proporciona la información de los materiales utilizados, los tipos de investigación, el procedimiento detallado de la obtención del material y un flujograma del desarrollo.

2.1. Materiales

Para el desarrollo de la parte experimental se utilizan varios materiales como se detalla en la **Tabla 11.**

Tabla 11. *Descripción de materiales*

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Almidón de camote morado (Ipomoea batatas L.)	Polvo suave de color blanco. Utilizado como materia prima en la elaboración de biopolímeros.	
Celulosa de brócoli (Brassica oleracea var. italica)	Polvo suave de color verde. Utilizado como materia prima en la elaboración de biopolímeros.	
Agua (Tesalia)	Se utilizará para licuar el camote morado para obtener el almidón. - Alto contenido de bicarbonato de magnesio. - Menor contenido de sulfatos de potasio y de sodio, fosfato de aluminio y sílice.	
Colador	Sirve para eliminar cualquier grumo que contenga la mezcla. - Tamaño de agujeros pequeños del cedazo.	

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Recipientes de plásticos de 1L (UMCO)	Envase donde reposará la mezcla hasta su sedimentación. - Hermético - Contra los olores - Protege de la humedad - Durabilidad - Reutilización	
Piedra de trituración (Morteros)	Facilita la trituración de las hojas secas del brócoli. Con el fin de obtener una textura muy fina. - Larga vida útil - No requiere electricidad. - Control del polvo fino	
Licuadora (Oster)	Permite mezclar el agua con el camote. - Control de perilla - 3 velocidades - 1.25 – 1.5 litros - 700-1000 W de potencia - Cromada - BLST 4655 - Vaso: Vidrio	
Agua destilada PARACELSO 1000 ml	Sirve como disolvente para la elaboración del biopolímero, la cantidad de uso para la elaboración de cada probeta depende del diseño experimental por mezclas. - Incolora, inodora e insípida. - El pH ronda en 5.8. - Sin electrolitos, sales minerales, microorganismos. - Repele magnetismo	

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Glicerina Líquida USP 1 Galón	Sirve para modificar las propiedades mecánicas del biopolímero, debido a que es compatible con los almidones. La cantidad de uso para cada probeta depende del diseño experimental por mezclas. - Liquido incoloro, inodoro. - Baja toxicidad ambiental. - Soluble en agua y otros disolventes polares. - Insoluble en hidrocarburos. - No es un líquido volátil.	
Ácido acético o Vinagre (Sumilab)	Modificador químico que permite reducir el carácter hidrofílico del almidón. La cantidad que se utilizada para cada probeta depende del diseño experimental por mezclas. - Líquido incoloro - Si se mezcla con agua, se contrae el volumen. - Disolvente en agua - Solidificación en contacto con aire húmedo. - A bajas temperaturas se forman cristales. - Capacidad de disociarse.	
Moldes de vidrio (Vidrio transparente de 2 mm)	Las dimensiones del molde son: 200x80x20 mm, el espesor del vidrio es de 3 mm. En este molde reposará la mezcla hasta que se enfríe en su totalidad. - Material sólido y frágil - Transparente - Resistente a la mayoría de ácidos industriales.	

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Vasos de precipitación de 50 ML (Vidrio LBG)	Recipiente donde se medirá la cantidad necesaria de los componentes en gramos. - Altamente resistente al agua, soluciones neutras y ácidas. - Temperatura máxima de trabajo: 500°C. - Altura: 60 mm - Diámetro: 42 mm - Intervalo de graduación: 10 ml hasta 40 ml.	
Varilla de agitación (PTFE)	Permite mezclar los diferentes reactivos con los almidones con el fin de homogeneizar. - Fino cilindro macizo de vidrio de borosilicato (Pyrex) o plástico de polipropileno. - Longitud entre 10 y 40 cm y aproximadamente medio centímetro de diámetro. - Resistentes químicamente, inertes y no abrasivas.	
Balanza digital gramica 100g (Eha601 - Camry)	Permite medir las cantidades de los diferentes insumos que se va a utilizar en la elaboración del biopolímero. - Sensibilidad de la balanza: 1g. - A pila. - Capacidad: 200g/ 7oz/ 128dwt/ 6ozT. - Graduación: 0.02g/ 0.001oz/ 0.02dwt/ 0.001ozt. - Material: Plástico - Apagado automático después de 2 min.	

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Jeringas (SHINC. G)	Jeringa de 3ml, facilita la medición de la glicerina, agua destilada y vinagre para la elaboración de la mezcla. - Esterilizadas por óxido de etileno. - Libre de piretógenos. - Libre de látex. - Uso una sola vez. - Empate luer lok	
Cocina con horno (Indurama)	Artefacto que permite calentar la mezcla para la obtención del biopolímero. - Cuatro quemadores - Cocina a gas - Dimensiones: Altura: 84 cm, Ancho: 51 cm y Profundidad: 58 cm. - Uso de un tomacorriente tipo “B”	
Guantes de látex (Top Glove)	Elemento destinado para proteger la integridad del individuo a la par de mantener la sinterización de la mezcla - Material: Látex natural - No estéril - Fácil colocación - Alta resistencia - Suaves al tacto - Alta adaptación a las manos.	
Mandil de laboratorio	Elemento fundamental en prácticas de laboratorios para proteger la integridad de la persona. - Materiales empleados deben tener condiciones como la durabilidad, confort, resistencia, solidez de color y calidad.	

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Cortador de grabado láser de CO_2 (omtech)	Equipo de corte de las probetas - Voltaje: 110V - Potencia del láser: 5W - Potencia de la máquina: 40W. - Velocidad de grabado: 185 mm/s. - Velocidad de corte: 35 mm/s. - Largo del área de trabajo: 30 cm. - Ancho del área de trabajo: 20cm. - Espesor máximo de corte: 3 mm.	
Máquina universal de ensayos WAW600B	Máquina donde se realizarán los ensayos de tracción. - Máxima capacidad: 600kN. - Peso: 1900 kg. - Fuente de alimentación: AC 380V - Cantidad de columna: 4 - Unidad manual. - Sistema de carga hidráulica. - Medición del rango de fuerza: 2% - 100%. - Mayor espacio de prueba de tracción (mm): 600 - Sujeción del espesor de muestra (mm): 0-30. - Potencia total del motor (kW): 2	
Computadora (Asus)	Equipo utilizado para el desarrollo del proyecto y la visualización de los resultados - Sistema operativo: 64 bits - RAM: 6 GB - Procesador: Intel(R) Core (TM) i7-4720HQ CPU @ 2.60GHz.	

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
	- Windows 10 Pro.	
Máquina de impacto de caída libre dardo	Máquina donde se realizarán los ensayos de impacto, el ensayo consiste en someter una muestra al impacto de una masa conocida (dardo) que cae desde una altura determinada. - Altura de caída del dardo: 1cm hasta 100cm. - Peso del dardo: 232.2 g - Peso del anillo: 17.7 g.	
Durometro Shore D	Equipo donde se realizarán los ensayos de dureza. - Medición: 0 a 100 HD - Resolución: 0.5 HD - Tamaño: 87 x 56 x 25 mm - Peso: 136 g o 4.79 oz - Running de penetración: 0-2.5mm - Fuerza medida total: 44.5N - Temperatura de trabajo: 0-40°C - Precisión: ± 1% - Función cero: restablece las lecturas. - Tecla H: Hold (mantiene lecturas).	

2.2 Métodos

La parte experimental del trabajo se realizará en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato y en el LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador. Debido a que cuenta con los equipos y máquinas necesarias para la elaboración del biopolímero a partir del almidón de camote y la celulosa de brócoli. El laboratorio está equipado para realizar diferentes tipos de ensayos como tracción, rigidez, dureza, etc. Los principales equipos a utilizar son la máquina de ensayos, balanza entre otros. Los materiales principales que se utilizarán son el almidón del camote y celulosa de brócoli, el

agua destilada, la glicerina y el ácido acético. Además, de la licencia de software para desarrollar el diseño experimental por mezclas.

El presente trabajo se realizará en cuatro etapas: la primera etapa es la obtención del almidón de camote y celulosa de brócoli. La segunda etapa consiste en la aplicación del diseño experimental por mezclas que permita obtener varios casos en la preparación del material para la elaboración del biopolímero. La tercera etapa es la obtención del biopolímero a partir de los casos de preparación brindados por el diseño experimental, para después hacer las diferentes probetas que se va a utilizar. La cuarta y última etapa es la caracterización del biopolímero para determinar sus propiedades mecánicas a partir del ensayo de tracción en base a la norma ASTM D638, ensayo de dureza, ensayo de impacto y la biodegradabilidad del biopolímero en condiciones ambientales, aire y tierra en un tiempo de 32 días. Para finalmente, realizar un análisis de los diferentes resultados obtenidos de cada probeta para conocer la que presenta mejores propiedades y determinar su formulación.

Para realizar este trabajo se utilizará referencias bibliográficas como artículos de revistas, trabajos, tesis, publicaciones, libros y más. Esto nos ayudará a determinar la mejor metodología para la obtención del biopolímero y caracterización del mismo. Con el fin de obtener los mejores resultados para su elaboración. A continuación, se describen los métodos que se aplicaran en este proyecto experimental.

2.2.1. Experimental

La investigación experimental es el principal método cuantitativo, que parte de una variable independiente que el investigador puede controlar, con el fin de observar y medir las consecuencias que genera en la variable dependiente.

2.2.2. Bibliográfico

La investigación bibliográfica es un proceso de búsqueda y revisión de conocimientos/fundamentos existentes en torno al tema de investigación. Para la cual en la presente investigación se recopilo información de diferentes estudios de materiales compuestos enfocados al desarrollo de productos biodegradables en la industria alimentaria.

2.2.3. Cuantitativo

Este método se basa en la medición y la recolección de datos numéricos, que luego se analizan estadísticamente para identificar patrones, tendencias y relaciones entre variables

2.2.5. Descripción de etapas

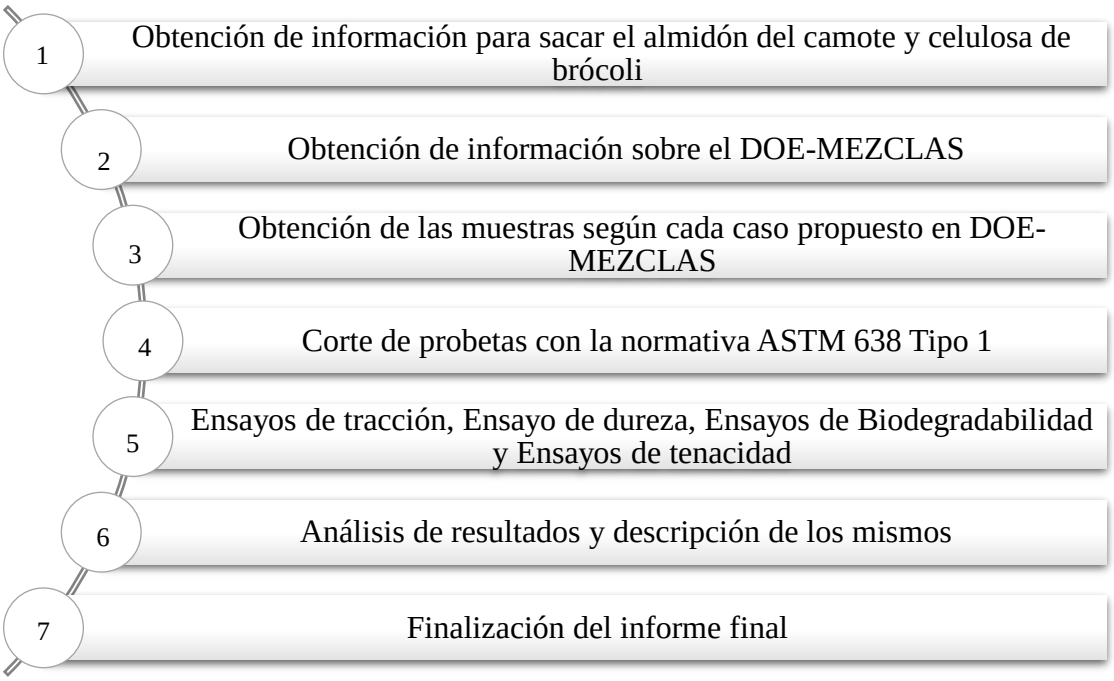
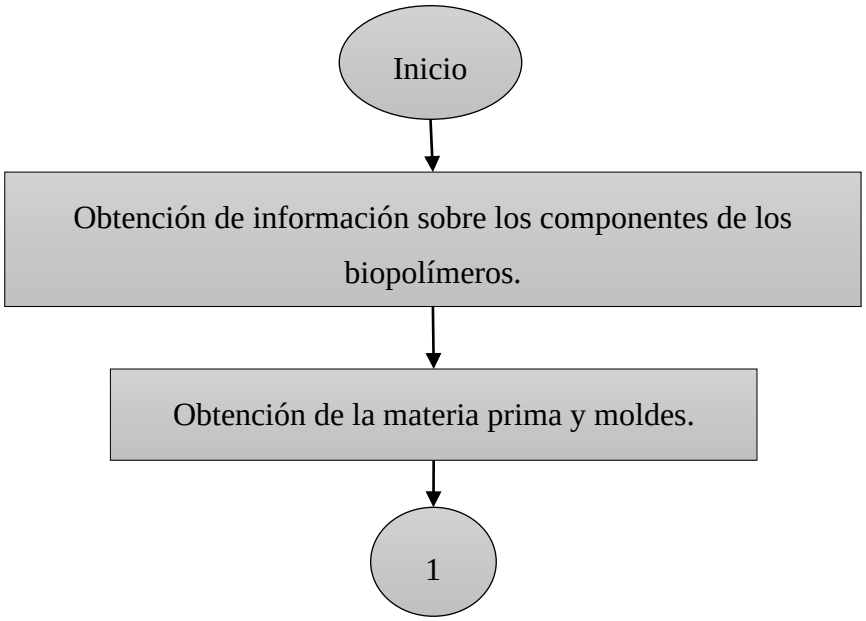


Diagrama 1. *Etapas principales del proyecto técnico.*

2.3. Diagrama de flujo del proyecto experimental



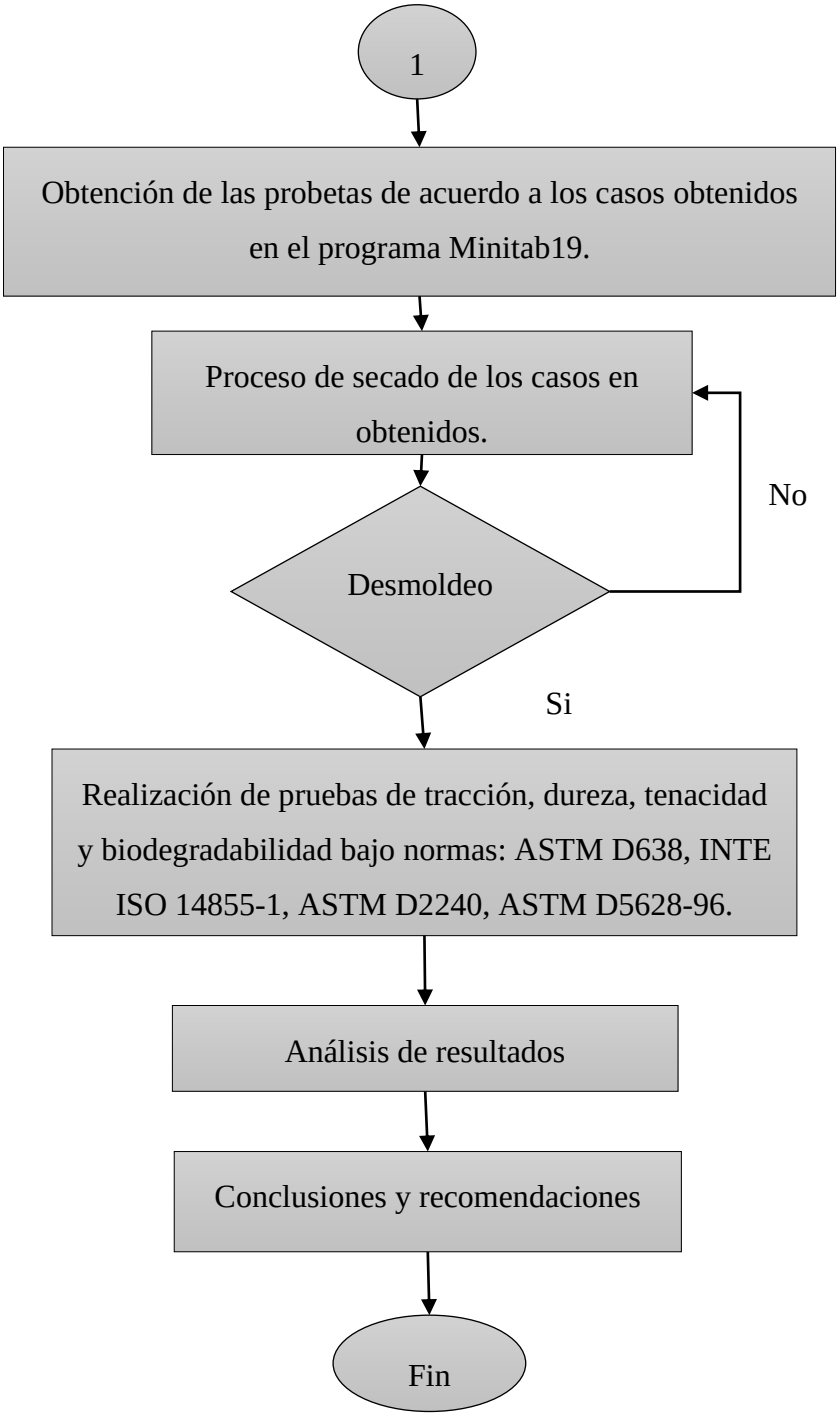


***Diagrama 2**. Proceso general del proyecto experimental*

2.4. Hipótesis

La combinación de parámetros de almidón del camote y celulosa del brócoli en la elaboración de un biopolímero mejorará sus propiedades mecánicas.

2.4.1 Variable independiente

La combinación de parámetros de almidón del camote y celulosa del brócoli.

2.4.2 Variable dependiente

Propiedades mecánicas del biopolímero.

2.4.3 Término relación

Mejorará

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. Variable independiente

Tabla 12. *Variables independientes con el almidón del camote, celulosa de brócoli.*

Tipo variable	Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentación
Independiente	Un material compuesto es la combinación uno o más materiales de propiedades diferentes en este caso materiales orgánicos, que forma otro con mejores características que los que lo conformaron inicialmente.	Material compuesto	Fracciones Volumétricas	Casos mediante DOE MEZCLAS	-Observación directa - Fichas de datos técnicas -Normas ASTM - Bibliografía

2.5.2 Variable dependientes (Propiedades mecánicas)

Tabla 13*. Variables dependientes de propiedades mecánicas*

Tipo variable	Conceptualización	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentación
Dependiente	Las propiedades mecánicas de un material describen cómo este responde a la aplicación de fuerzas externas, condiciones ambientales. Estas propiedades se revelan a través de pruebas específicas y se evalúan de acuerdo con las normas.	Tracción	Esfuerzo máximo	¿Cuál será el esfuerzo máximo de tracción?	- Recolección de datos - Ensayos de laboratorio bajo normas ASTM y INTE. - Fichas técnicas de resultados.
			Módulo de elasticidad	¿Cuál será el módulo de elasticidad?	
			Deformación máxima	¿Cuál será la deformación máxima?	
		Impacto	Cantidad de absorción de energía	¿Qué energía se absorbe?	
		Dureza	Resistencia de penetración	¿Cuál será la dureza Shore?	
		Biodegradabilidad	Tasa de biodegradación	¿Existirá la tasa de biodegradación en 32 días?	

2.5.3. MINI TAB 19

Minitab 19 es un software estadístico en el ámbito de la ingeniería, especialmente para el diseño de experimentos (DOE). Es una herramienta esencial que nos ayuda a analizar datos, identificar patrones y optimizar procesos [25]. Se utilizó la prueba gratuita.

A continuación, se presentará los pasos que se utilizaron para realizar el Diseño de Mezclas DOE:

1. Se realiza un diseño de centroide simplex: Cuenta con 4 componentes con 3 repeticiones, al momento de crearlo se debe desmarcar la opción de aleatorizar corridas, para que salgan en orden los casos.
2. Se crea una gráfica de diseño: Para ver los valores fijos.

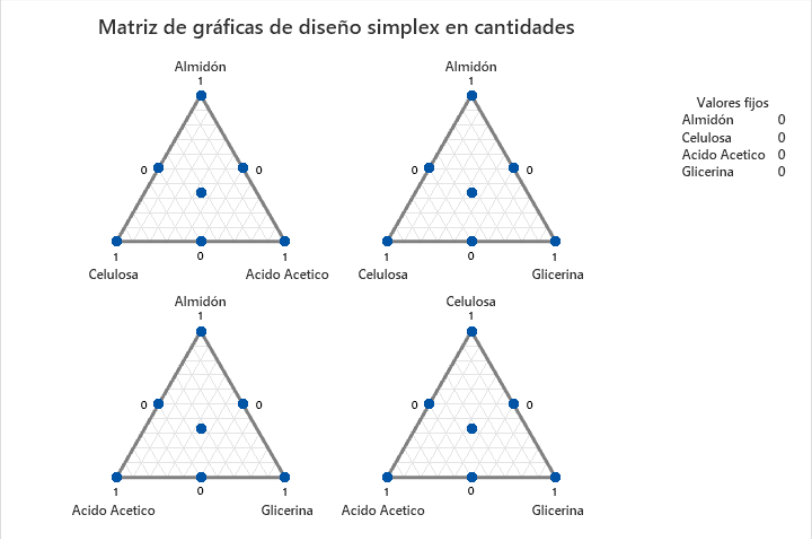


Figura 6. *Ejemplo de matriz de gráficas de diseño simplex en cantidades.*

3. Se crea la regresión de Mezclas para el esfuerzo máximo, módulo de elástico y el % de elongación.

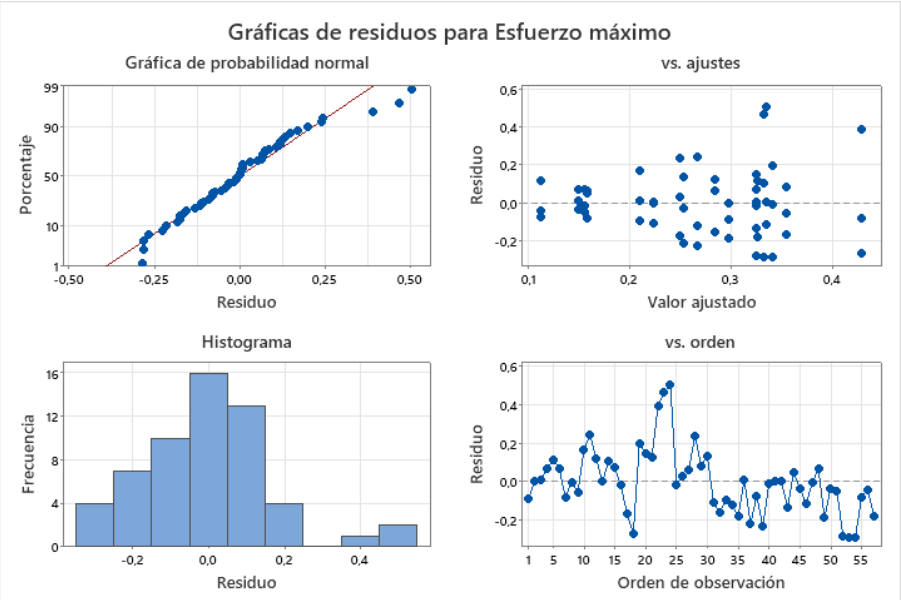


***Figura 7**. Ejemplo de la gráfica resultante de la regresión para mezclas.*

4. Se crea la gráfica de contorno para el esfuerzo máximo, módulo elástico y % de elongación.

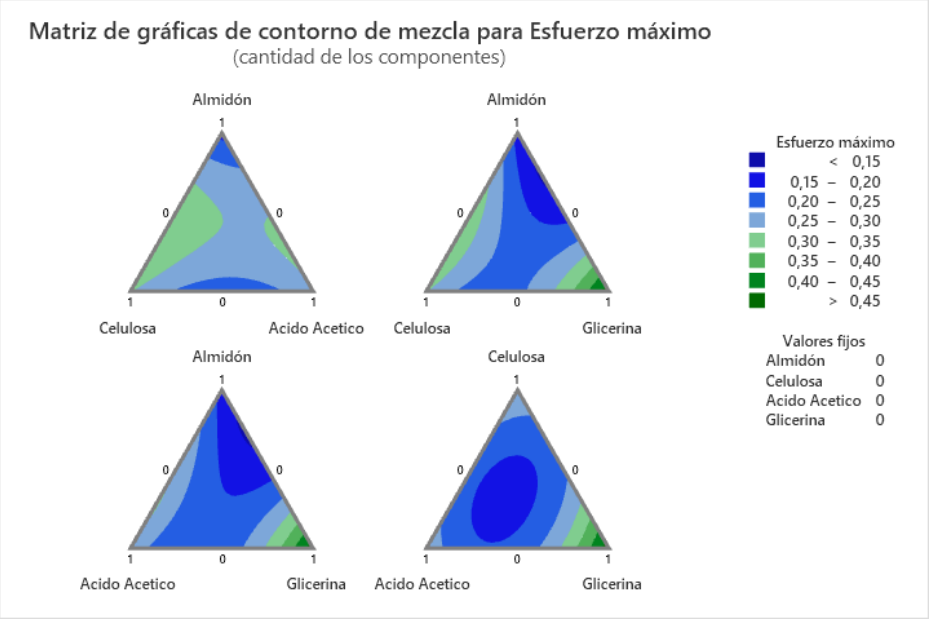


***Figura 8**. Ejemplo de la gráfica de contorno para mezclas.*

5. Se crea la gráfica de superficie para el esfuerzo máximo, módulo elástico y % de elongación.

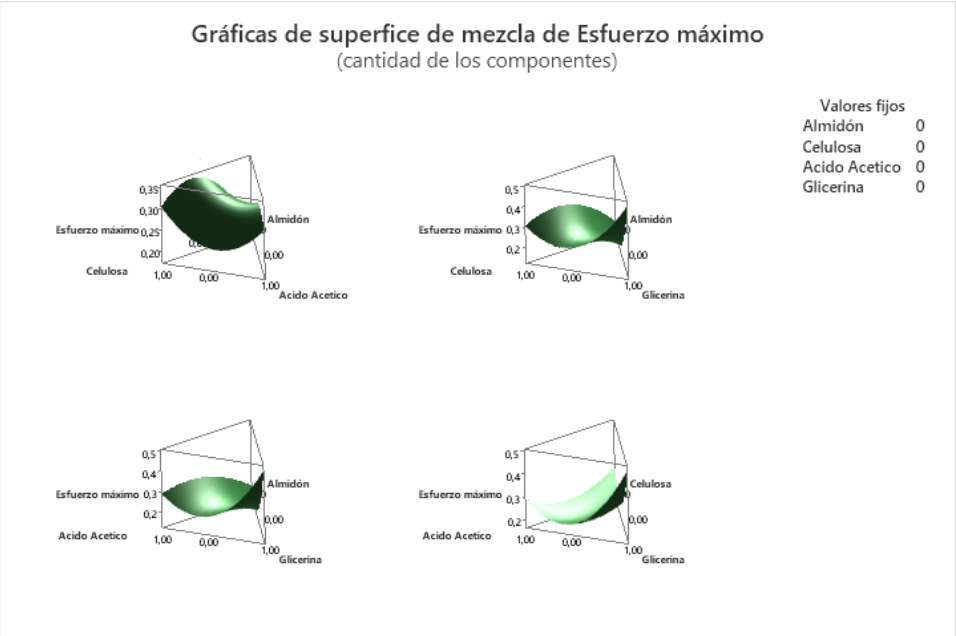


Figura 9. *Ejemplo de la gráfica de superficies para mezclas.*

6. Se crea la gráfica de rastreo de respuesta de Cox para el esfuerzo máximo, módulo elástico y % de elongación.

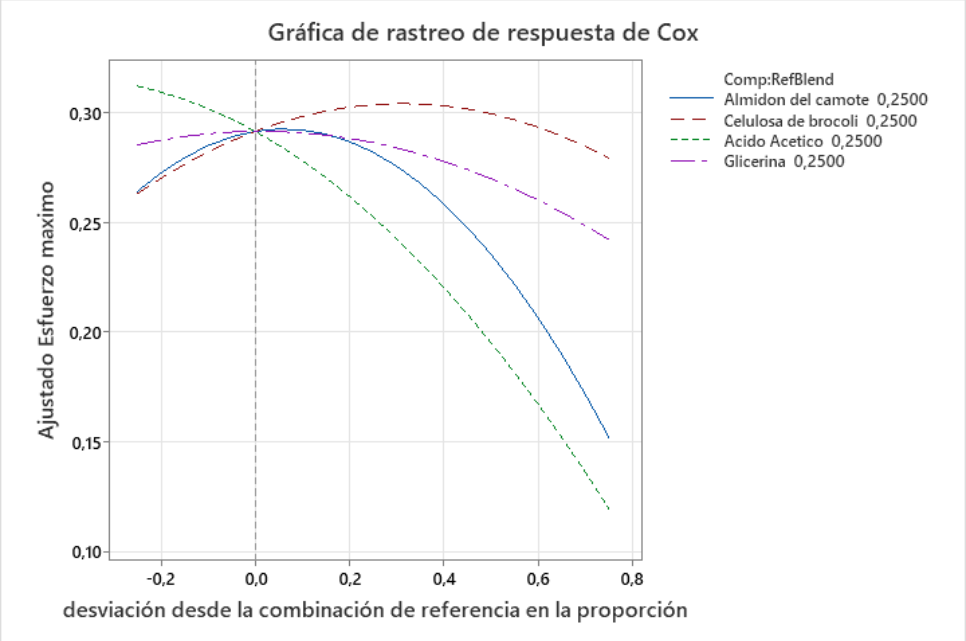


Figura 10*. Ejemplo de la gráfica de rastreo de respuestas para mezclas.*

7. Se crea la gráfica de optimización de respuesta para el esfuerzo máximo, módulo elástico y % de elongación.

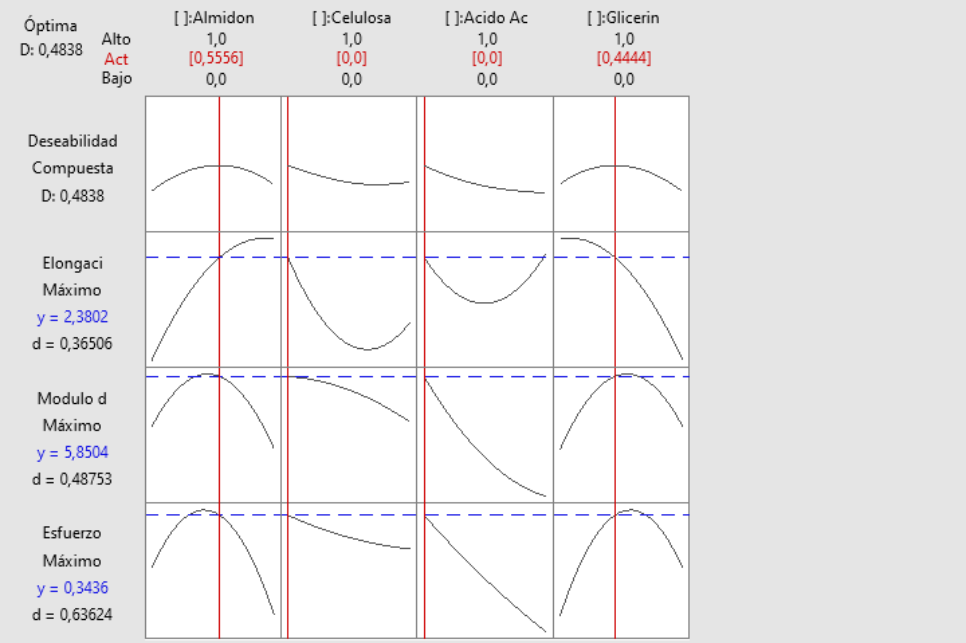


Figura 11. *Ejemplo de la gráfica de optimización de respuesta para mezclas*

A continuación, se presentará las combinaciones en el programa:

Tabla 14*. Resultados de las combinaciones del programa Minitab19.*

	Resultados en gr				
	Almidón	**Celulosa**	**Glicerina**	**Ac. Acético**	**Agua**
1	11,61	8,04	6,25	2,68	150
2	8,04	11,61	6,25	2,68	150
3	10,71	7,14	5,36	5,36	150
4	7,14	7,14	5,36	8,93	150
5	8,93	8,93	7,14	3,57	150
6	14,29	7,14	5,36	1,79	150
7	9,52	7,14	7,74	4,17	150
8	8,04	8,04	6,25	6,25	150
9	7,14	10,71	8,93	1,79	150
10	9,52	9,52	7,74	1,79	150
11	7,14	7,14	8,93	5,36	150
12	10,71	7,14	8,93	1,79	150
13	7,14	10,71	5,36	5,36	150
14	7,14	9,52	7,74	4,17	150
15	7,14	14,29	5,36	1,79	150
16	8,04	8,04	9,82	2,68	150
17	9,52	9,52	5,36	4,17	150
18	10,71	10,71	5,36	1,79	150
19	7,14	7,14	12,50	1,79	150

2.6. Materia prima

En este proyecto experimental la materia prima son los componentes que por medio de un proceso o tratamiento cambian sus propiedades para obtener un valor comercial, además de garantizar la calidad y disponibilidad del producto.

2.6.1 Proceso de obtención del almidón de camote morado

El camote morado tiene un valor fundamental en la industria alimentaria a nivel mundial. En China se utiliza el 55% de la producción en la obtención del almidón, en Perú lo utilizan para la elaboración de alimentos panificados y fideos, entre otros países. La adición del compuesto a base de camote crea un efecto protector ante las enfermedades crónicas [26].

Para la obtención del almidón se necesita el siguiente proceso:

Tabla 15*. Obtención del almidón del camote.*

Almidón del camote morado		
Etapas	Descripción	Imagen
1	Percepción del camote morado en el mercado	
2	Selección del camote morado: Se eligió los camotes de mayor volumen.	
3	Lavado y pelado: Se lavo el producto para eliminar rastros de tierra y después se procedió a pelar el camote de manera superficial.	
4	Rasgado delgado: Con un rallador metálico se rasgó delgadamente el camote, después de este proceso se deja reposar por 30 minutos.	

Almidón del camote morado		
Etapas	Descripción	Imagen
5	Triturado: Se utiliza la licuadora para triture y se mezcle con agua en una proporción de 150 gr de camote y 350 ml de agua.	
6	Filtrado: Con ayuda del colador se separa los residuos espesos y líquidos.	
7	Primera sedimentación y remoción de agua: En un intervalo de tiempo de 3 horas, el almidón se ubica en la parte baja del molde, después del tiempo se procese a eliminar el exceso de agua del molde	
8	Segunda sedimentación y secado: Se deja a temperatura ambiente por 4 días la segunda sedimentación y se traspasa a otro recipiente para que se acabe se secar el almidón	

2.6.2. Diagrama de procesos de la obtención del almidón del camote

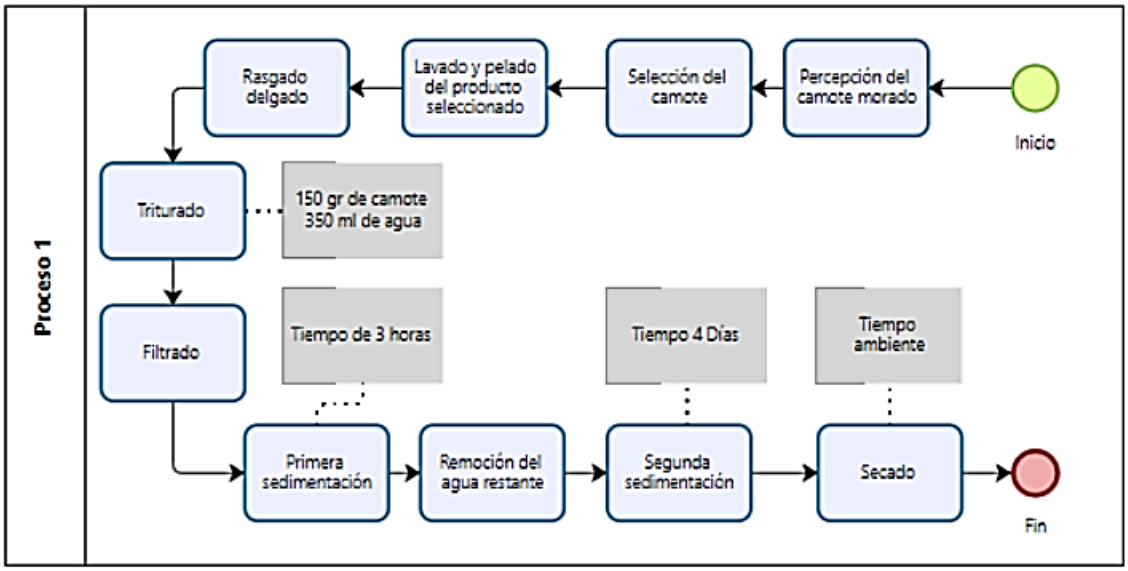


Diagrama 3.*Procesos para la obtención del almidon de camote.*

2.6.3. Procesos de obtención de la celulosa de brócoli

El brócoli tiene grandes atributos a nivel de salud, según estudios demuestran que posee propiedades anticancerígenas, anti anémicas, preventivas de la gastritis, entre más beneficios. Teniendo en cuenta lo anterior su valor nutricional por cada 100 gr es [27]:

- Contenido: Fibra 2.6 gr
- Contenido: Grasas 3.1 gr
- Contenido: Proteínas 2.8 gr

Para la obtención de la celulosa de brócoli se necesita el siguiente proceso:

Tabla 16*. Obtención de la celulosa de brócoli.*

Celulosa de brócoli		
Etapas	Descripción	Imagen
1	Percepción de las hojas de brócoli en el mercado	
2	Selección de las hojas y lavado: Se eligió las hojas de mayor volumen, posteriormente se lava las hojas para eliminar las impurezas.	
3	Ubicación de las hojas en un molde para el secado en el horno: Clasificación de las hojas dependiendo el tamaño.	
4	Precalentamiento del horno: Se precalienta el horno a una temperatura mínima de 125°C en un tiempo de 20 minutos.	
5	Primer secado: Se realiza en el intervalo de tiempo de 3 horas, después de ese tiempo se sacan las hojas ya secas.	
6	Segundo secado: Se realiza en un intervalo de tiempo de 2 horas las hojas restantes y se proceden a sacar todas las hojas.	
7	Reposo de las hojas: A temperatura ambiente por dos horas se deja secar las hojas.	

Celulosa de brócoli		
Etapas	Descripción	Imagen
8	Trituración y almacenamiento del polvo de las hojas: Se tritura y después se almacena en un envase de vidrio.	

2.6.4. Diagrama de procesos para la obtención de la celulosa de brócoli

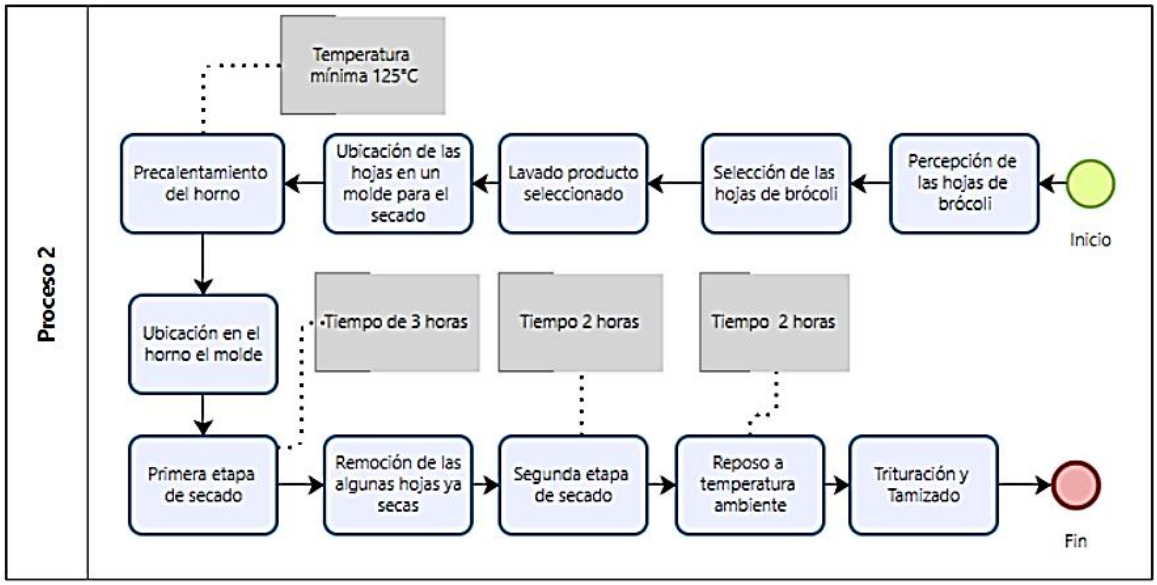


***Diagrama 4**. Procesos para la obtención de la celulosa de brócoli*

2.7. Procesos de obtención del biopolímero

Para la obtención del biopolímero se necesita el siguiente proceso:

***Tabla 17**. Obtención del biopolímero.*

Biopolímero		
Etapas	Descripción	Imagen
1	Medición del agua destilada	

Biopolímero		
Etapas	Descripción	Imagen
2	Medición de la glicerina	
3	Medición del ácido acético	
4	Medición de la celulosa de brócoli	
5	Medición del almidón del camote	
6	Ubicación de todos los elementos en un recipiente y después se calienta por un tiempo de 5 minutos.	
7	Se deja reposar por varios días en el recipiente de vidrio, la mezcla obtenida	

2.7.1. Diagrama procesos para la obtención del biopolímero

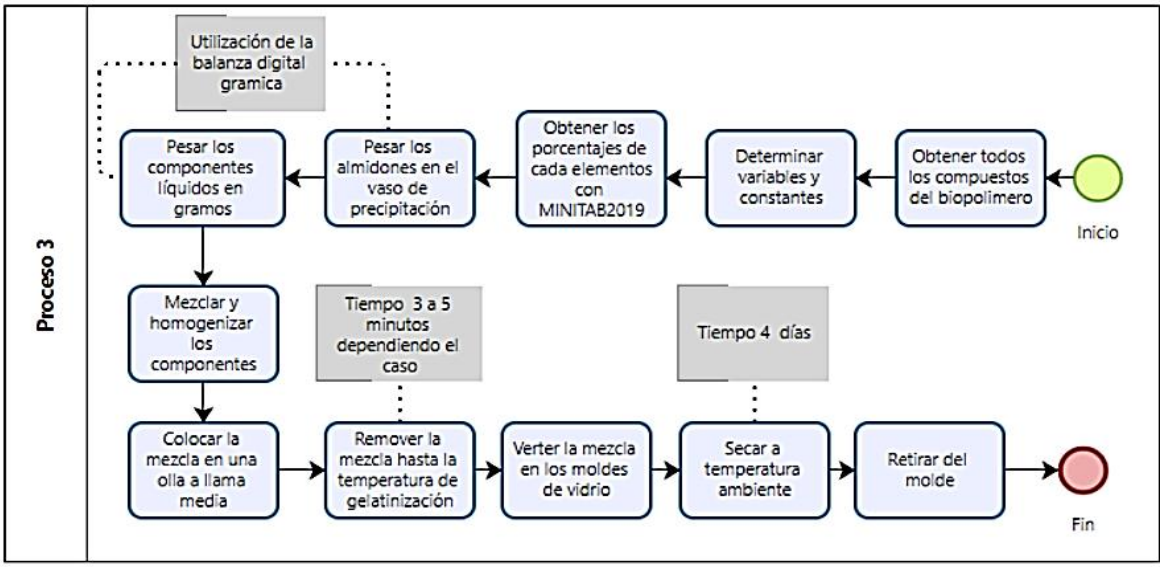
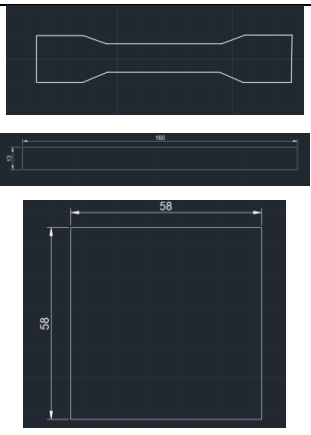


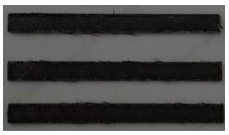
Diagrama 5. *Procesos para la obtención del biopolímero*

2.8. Proceso de desmoldeo y obtención de probetas

A continuación, en la **Tabla 17.** se presenta la secuencia como se obtuvo las probetas para los diferentes ensayos:

Tabla 18*. Proceso para la obtención de probetas*

Obtención de probetas		
Etapas	Descripción	Imagen
1	Después de pasado el tiempo de 15 días, se procede a desmoldar.	
2	Diseño de las probetas en un software CAD, con las dimensiones específicas en las normas ASTM para tracción, impacto, dureza	

Obtención de probetas		
Etapas	Descripción	Imagen
3	Cortar las probetas con la cortadora Láser CO2 con su potencia de 80 Watts	
4	Obtención de probetas para: a) Tracción b) Dureza	a)  b) 

2.9. Parámetros principales para la realización de ensayos

En la realización de los ensayos en los materiales es necesario para la determinación de sus propiedades mecánicas del biopolímero.

2.9.1. Tracción

El ensayo de tracción consiste en aplicar una fuerza axial a una probeta hasta que se rompa, con una velocidad de deformación aplicada esta no afecte al resultado la cual debe ser baja, se mide la fuerza y la extensión de la probeta [28].Con ayuda de la máquina universal de ensayos se ocupará la norma ASTM D638 caso Tipo 1.

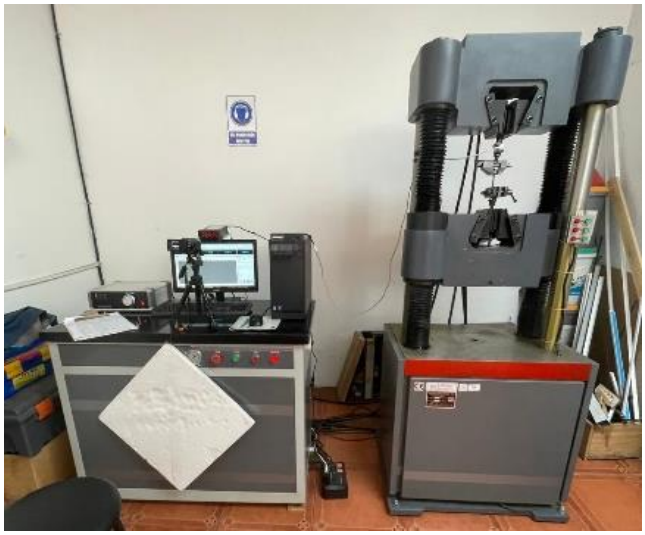


Figura 12. *Máquina universal de ensayos a tracción.*



***Figura 13**. Realización del ensayo a tracción.*

2.9.2. Impacto

Este ensayo de impacto consiste en tests de corta duración el cual nos da la información sobre el comportamiento de fallo de materiales sometidos a cargas breves [29]. Con ayuda de la máquina de impacto se ocupará la norma ASTM D 5628 – 96.



***Figura 14**. Máquina de Impacto*

Se utilizó el kit, el cual consiste en un dardo y anillos de masa para biopolímeros, que, en la norma, dice que debemos utilizar el dardo FE el cual tiene un peso de 232.2 gramos y los anillos de masa cada una tiene un peso de 17.7 gramos.



Figura 15. *Kit de implementos de la máquina de impacto*

Para calcular la tenacidad utilizamos la ecuación (7).



Figura 16. *Realización del ensayo.*

2.9.3. Dureza

En el ensayo de dureza se define como la resistencia que opone un cuerpo al ser penetrado por otro cuerpo (más duro) [30]. Con ayuda del equipo Durómetro shore se ocupará la norma ASTM D2240.



Figura 17. *Equipo para el ensayo de dureza.*

Se debe realizar por lo menos 5 mediciones en distintos puntos de la probeta para determinar la dureza



Figura 18. *Realización del ensayo*

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se interpreta los resultados de cada ensayo realizado al biopolímero.

3.1. Interpretación y tabulación de resultados de los ensayos realizados.

Es la recopilación de datos obtenidos en los ensayos mecánicos del biopolímero se analizó, la influencia de los de los componentes en el biopolímero.

3.1.2. Descripción del método DOE MEZCLAS

Se obtuvo un total de 19 casos mediante el programa Minitab DOE MEZCLAS, con un diseño de centroide simple, los casos varían las cantidades de las variables independientes cuales son: Almidón del camote, Celulosa de brócoli, Glicerina y Ácido Acético.

3.1.3. Análisis de tiempo de secado de las probetas

En el presente proyecto experimental, se dejó en tiempo de secado de 8 hasta 15 días a temperatura ambiente controlada para que las probetas no contengan fisuras internas y asi dañar la probeta. Para la obtención del parámetro tiempo de secado de las probetas es importante saber la proporción de cada variable independiente.

Las probetas con menor cantidad de celulosa de brócoli cuales son: J1, J3, J6, J7, J12 su tiempo de secado fue de 9 días.

Las probetas con menor cantidad de almidón de camote cuales son: J2, J9, J13, J14, J15 su tiempo de secado fue de 15 días.

Las probetas con igual cantidad de almidón de camote y celulosa de brócoli con diferentes cantidades de glicerina y ácido acético su tiempo de secado fue de 12 días.

A continuación, en la **Tabla 19.** Se muestra un resumen de los resultados obtenidos en el tiempo de secado.

Tabla 19*. Análisis de tiempo y obtención de las probetas.*

Fecha	Número de caso	Menor almidón	Menor celulosa	Iguales	Tiempo secado
6 mayo	J1, J3, J6, J7, J12		X		9 días
	J2, J9, J13, J14, J15	X			15 días
	J4, J5, J8, J10, J11			X	12 días

3.1.4 Fichas técnicas de probetas a tracción

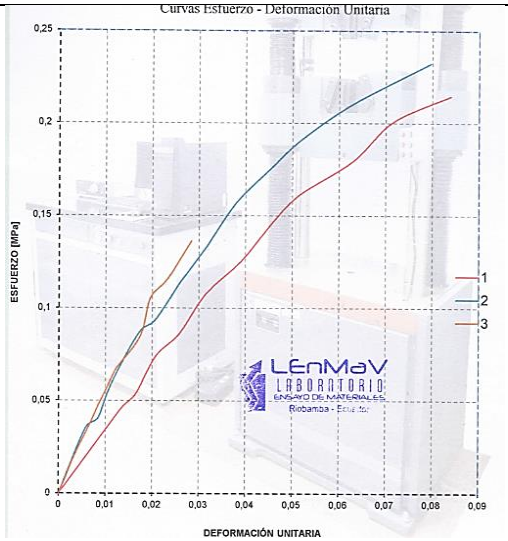
Tabla 20. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J1-01, J1-02, J1-03*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

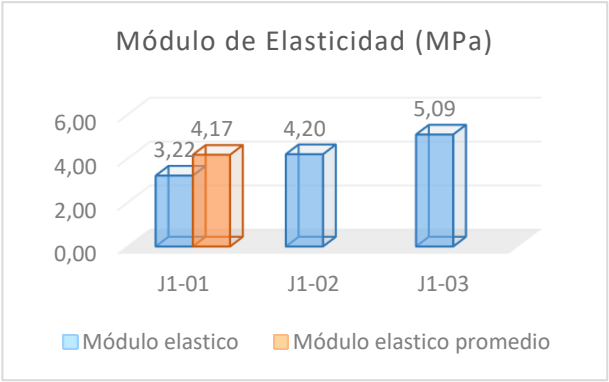
Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J1-01, J1-02, J1-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.3	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J1-01	3,22	0,21	0,16
J1-02	4,20	0,23	0,02
J1-03	5,09	0,14	0
Promedio	4.17	0.193	0.06
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			



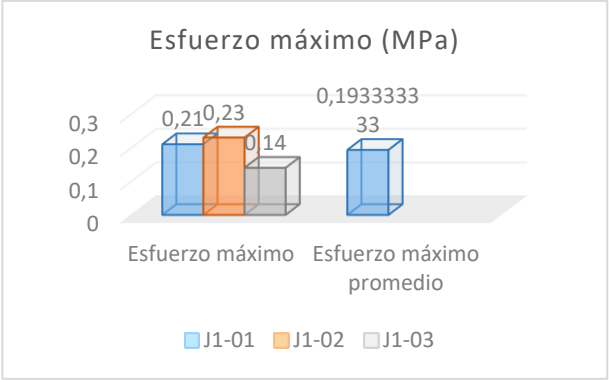
GRÁFICAS
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de elasticiddad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



OBSERVACIÓN

La muestra J1-03 fue descartada debido a que sus resultados del esfuerzo máximo, con un valor de 0.14 MPa, fueron irregulares en comparación con los obtenidos de las muestras J1-01 y J1-02, que presentaron valores de 0.21 y 0.23 MPa, respectivamente. En consecuencia, se seleccionaron las muestras J1-01 y J1-02 para realizar la comparación de resultados.

Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.193	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	0.06	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	4.17	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 21. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J2-01, J2-02, J2-03*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J2-01, J2-02, J2-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.36	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min

RESULTADOS

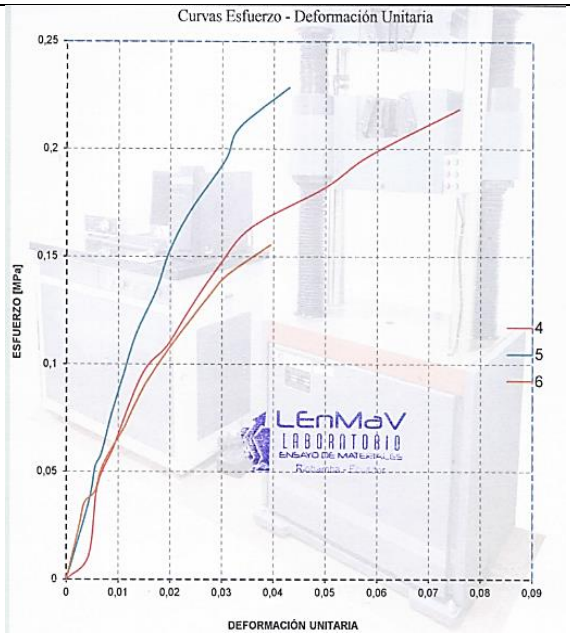
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J2-01	5,47	0,22	0
J2-02	7,88	0,23	1,42
J2-03	5,82	0,16	0,84
Promedio	6.39	0.20	0.753

PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA

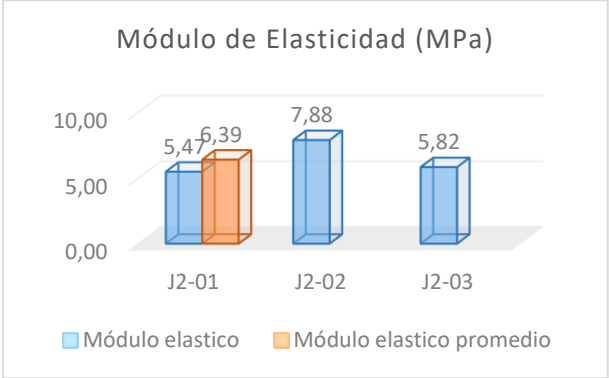


GRÁFICAS

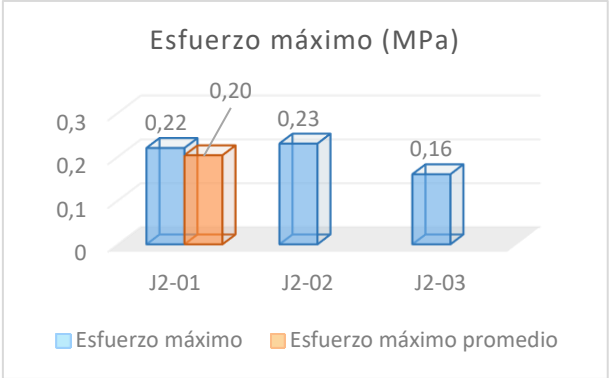
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de elasticiddad Vs Probetas



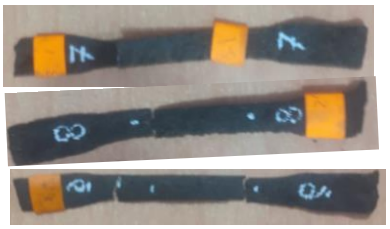
Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



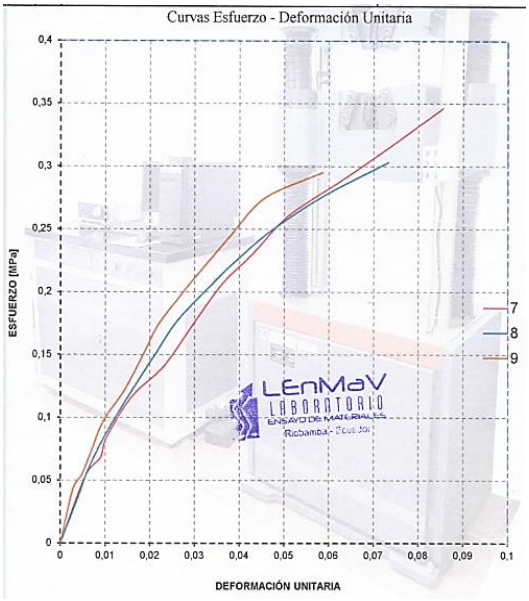
OBSERVACIÓN			
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.20	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	0.753	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	6.39	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 22 *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J3-01, J3-02, J3-03*

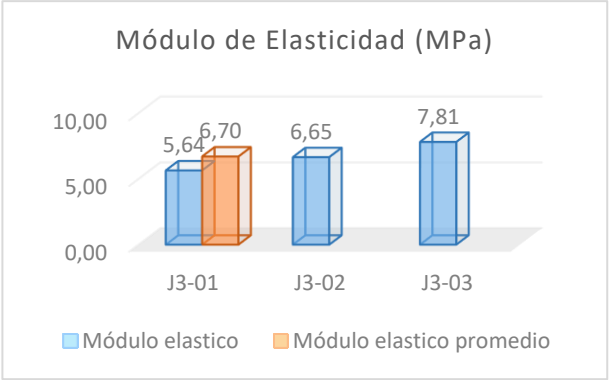
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J3-01, J3-02, J3-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.32	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J3-01	5,64	0,35	0,32
J3-02	6,65	0,3	0,34
J3-03	7,81	0,3	0,96
Promedio	6.70	0.3167	0.54
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

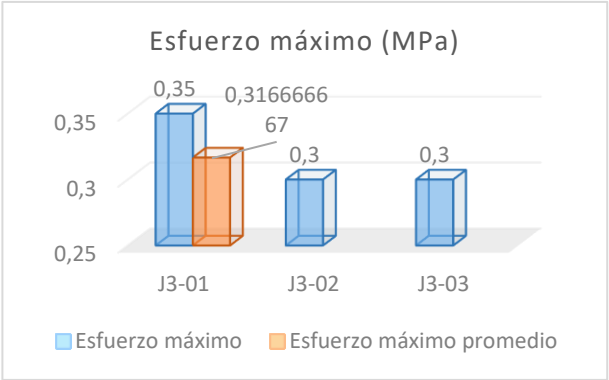
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



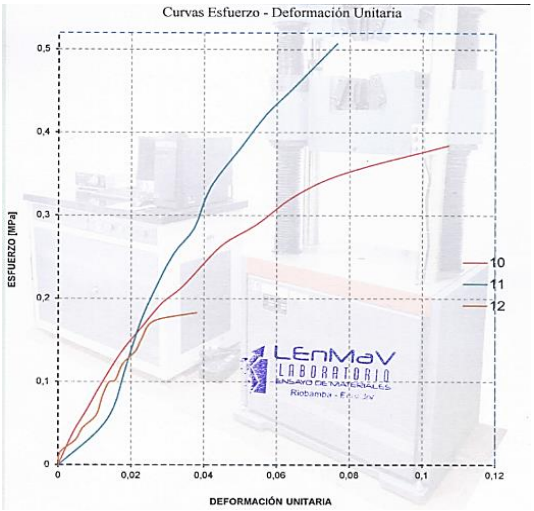
OBSERVACIÓN			
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.3167	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	0.54	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	6.70	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 23. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J4-01, J4-02, J4-03*

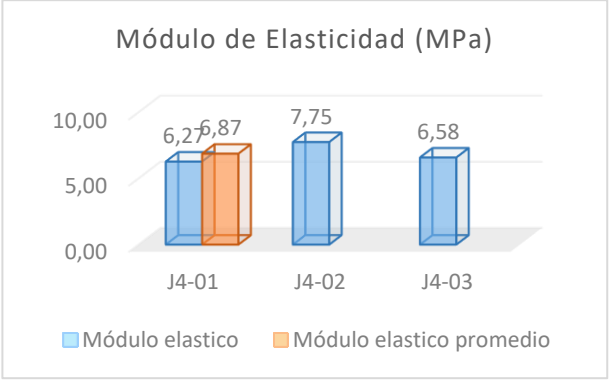
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J4-01, J4-02, J4-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	0.997	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J4-01	6,27	0,38	0,16
J4-02	7,75	0,51	0,24
J4-03	6,58	0,18	0,64
Promedio	6.87	0.3567	0.3467
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

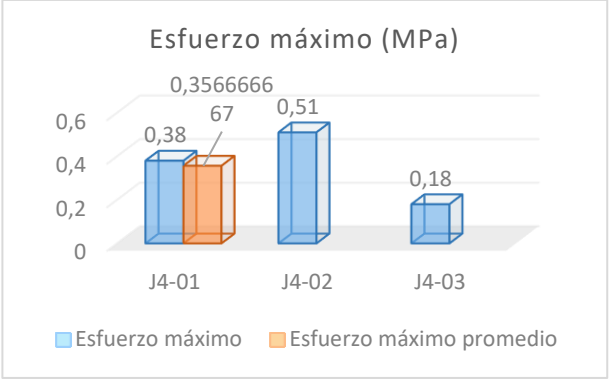
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



OBSERVACIÓN

La muestra J4-03 fue descartada debido a que sus resultados, con un valor de 0.18 MPa, fueron irregulares en comparación con los obtenidos de las muestras J4-01 y J4-02, que presentaron valores de 0.38 y 0.51 MPa, respectivamente. En consecuencia, se seleccionaron las muestras J4-01 y J4-02 para realizar la comparación de resultados.

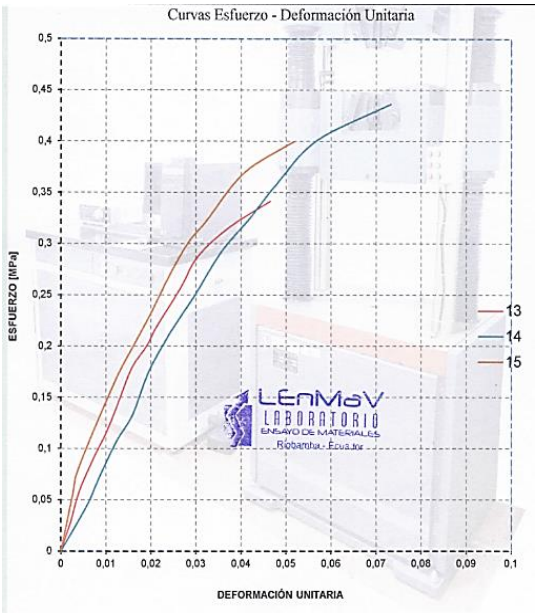
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.3567	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	0.3467	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	6.87	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 24. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J5-01, J5-02, J5-03*

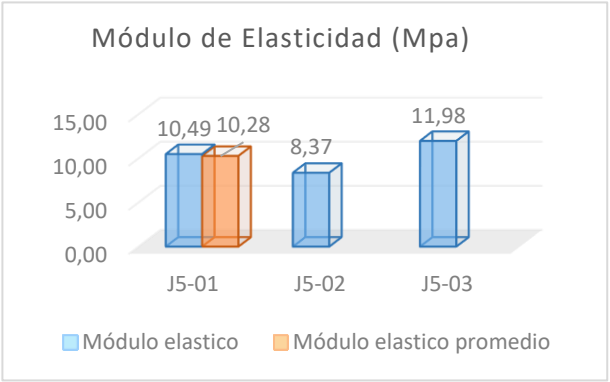
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J5-01, J5-02, J5-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.03	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J5-01	10,49	0,34	0,24
J5-02	8,37	0,44	0,92
J5-03	11,98	0,4	0,24
Promedio	10.28	0.393	0.4667
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

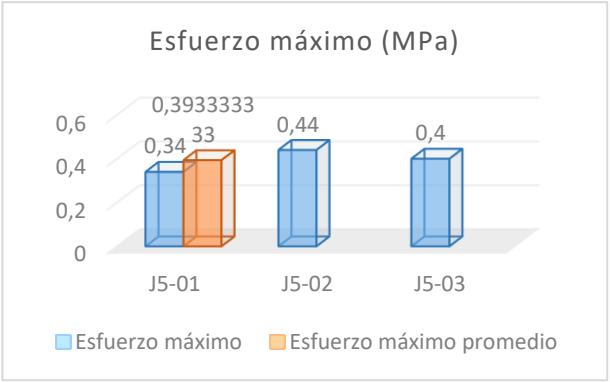
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



OBSERVACIÓN			
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.393	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	0.4667	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	10.28	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 25. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J6-01, J6-02, J6-03*

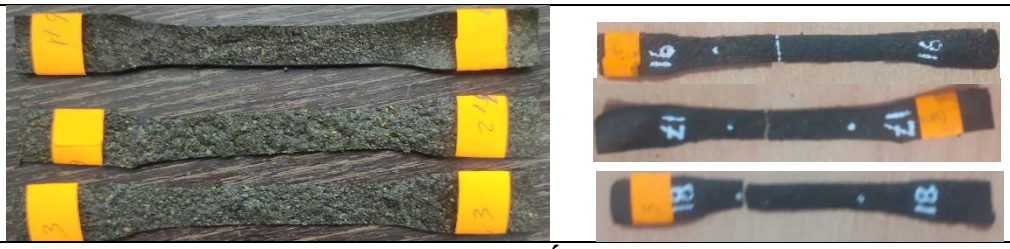
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J6-01, J6-02, J6-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.43	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min

RESULTADOS

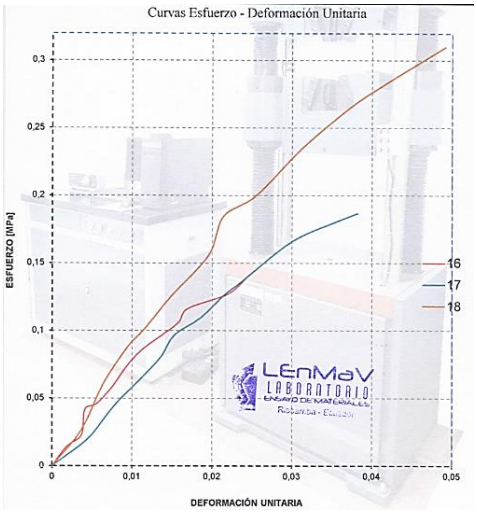
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J6-01	7,43	0,14	1,92
J6-02	5,86	0,19	0,22
J6-03	8,18	0,31	0,24
Promedio	7.16	0.213	0.793

PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA

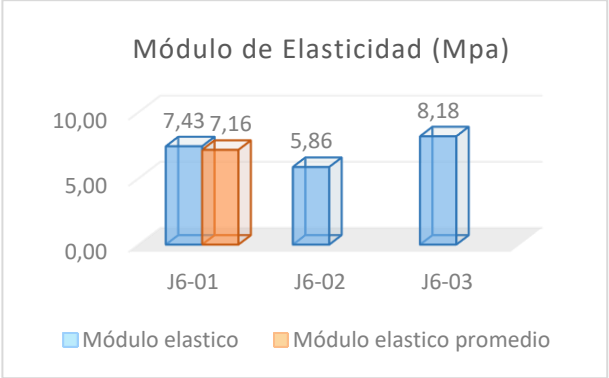


GRÁFICAS

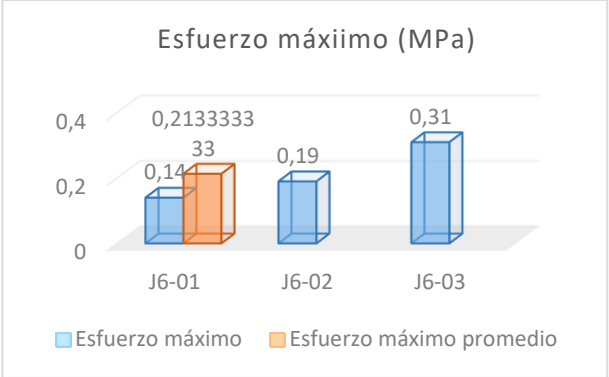
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



OBSERVACIÓN

La muestra J6-01 fue descartada debido a que sus resultados, con un valor de 0.14 MPa, fueron irregulares en comparación con los obtenidos de las muestras J6-02 y J6-03, que presentaron valores de 0.19 y 0.31 MPa, respectivamente. En consecuencia, se seleccionaron las muestras J6-02 y J6-03 para realizar la comparación de resultados.

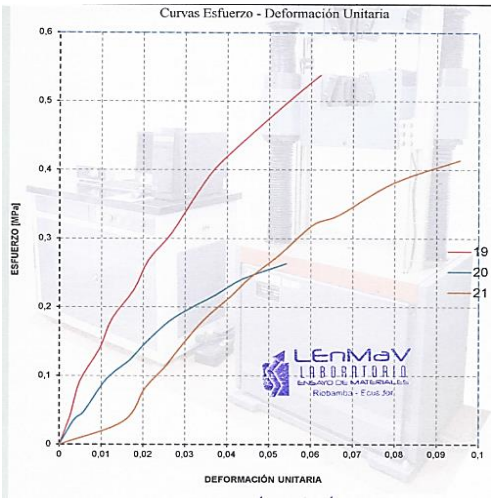
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.213	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	0.793	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	7.16	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 26. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J7-01, J7-02, J7-03*

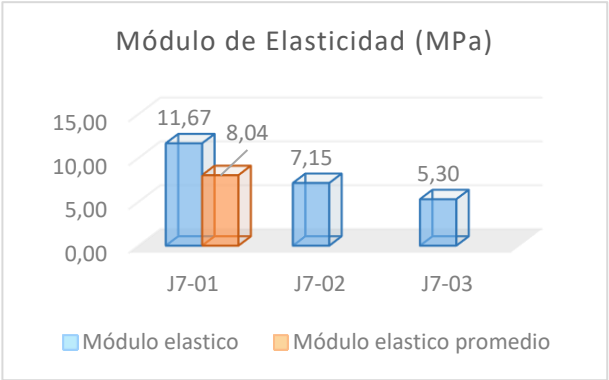
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J7-01, J7-02, J7-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	0.93	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J7-01	11,67	0,54	0,2
J7-02	7,15	0,26	0
J7-03	5,30	0,41	0
Promedio	8.04	0.403	0.066
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

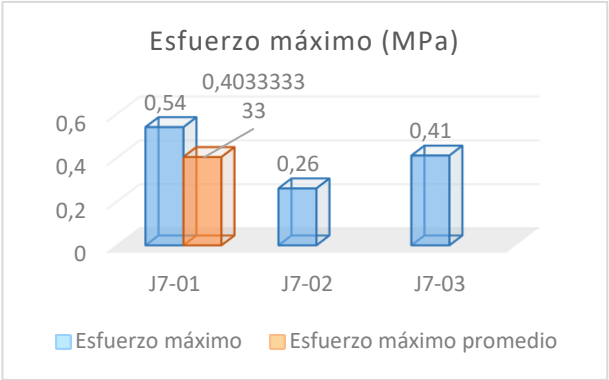
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



OBSERVACIÓN

La muestra J7-02 fue descartada debido a que sus resultados, con un valor de 0.26 MPa, fueron irregulares en comparación con los obtenidos de las muestras J7-01 y J7-03, que presentaron valores de 0.54 y 0.41 MPa, respectivamente. En consecuencia, se seleccionaron las muestras J7-01 y J7-03 para realizar la comparación de resultados.

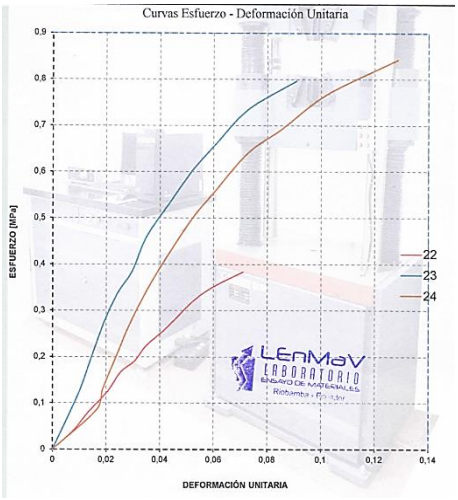
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.403	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	0.066	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	8.04	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 27. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J8-01, J8-02, J8-03*

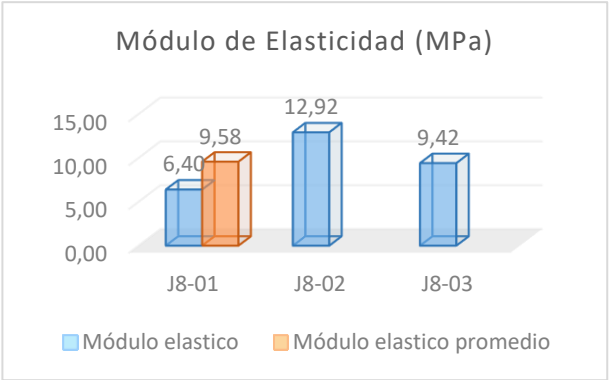
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J8-01, J8-02, J8-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	0.83	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J8-01	6,40	0,38	1,26
J8-02	12,92	0,8	0,4
J8-03	9,42	0,84	0,44
Promedio	9.58	0.673	0.7
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

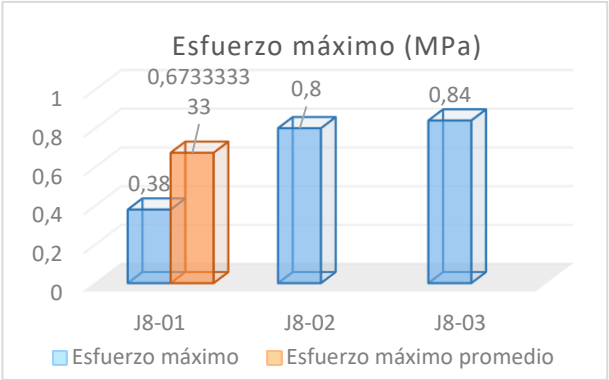
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



OBSERVACIÓN

La muestra J8-01 fue descartada debido a que sus resultados, con un valor de 0.38 MPa, fueron irregulares en comparación con los obtenidos de las muestras J8-02 y J8-03, que presentaron valores de 0.80 y 0.84 MPa, respectivamente. En consecuencia, se seleccionaron las muestras J8-02 y J8-03 para realizar la comparación de resultados.

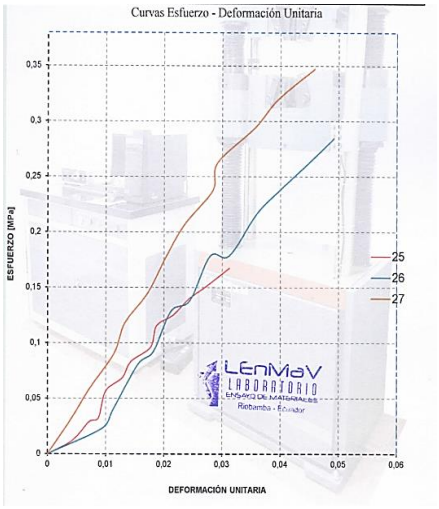
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.673	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	0.7	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	9.58	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 28. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J9-01, J9-02, J9-03*

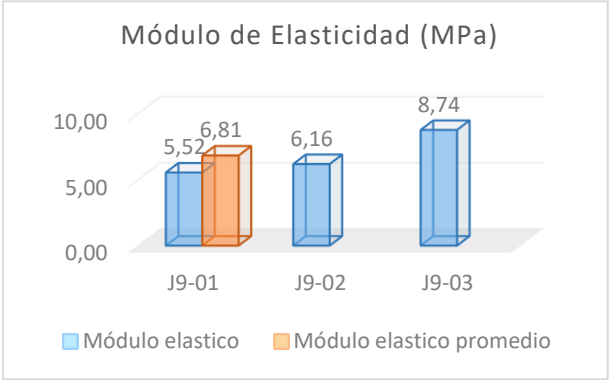
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J9-01, J9-02, J9-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	0.77	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J9-01	5,52	0,17	0
J9-02	6,16	0,28	0,32
J9-03	8,74	0,35	0,22
Promedio	6.81	0.2667	0.18
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

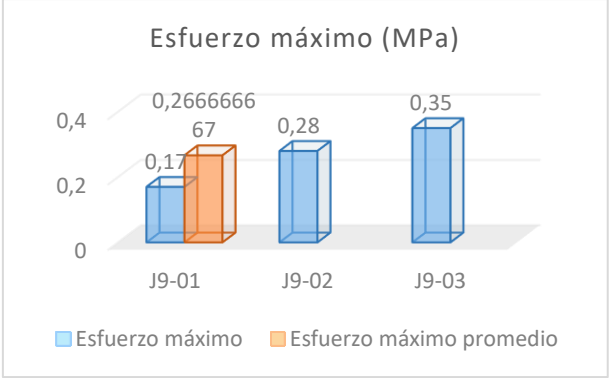
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



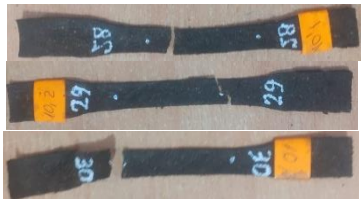
OBSERVACIÓN

La muestra J9-01 fue descartada debido a que sus resultados, con un valor de 0.17 MPa, fueron irregulares en comparación con los obtenidos de las muestras J9-02 y J9-03, que presentaron valores de 0.28 y 0.35 MPa, respectivamente. En consecuencia, se seleccionaron las muestras J9-02 y J89-03 para realizar la comparación de resultados.

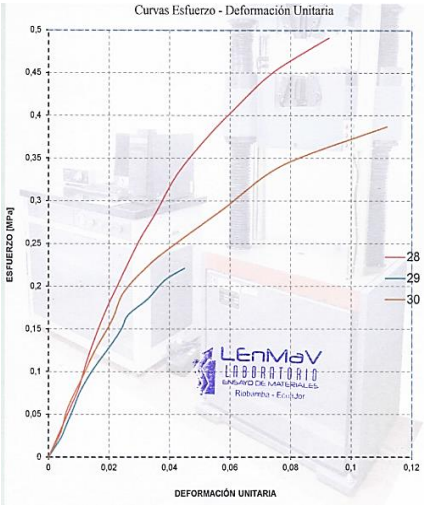
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.2667	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	0.18	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	6.81	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 29. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J10-01, J10-02, J10-03*

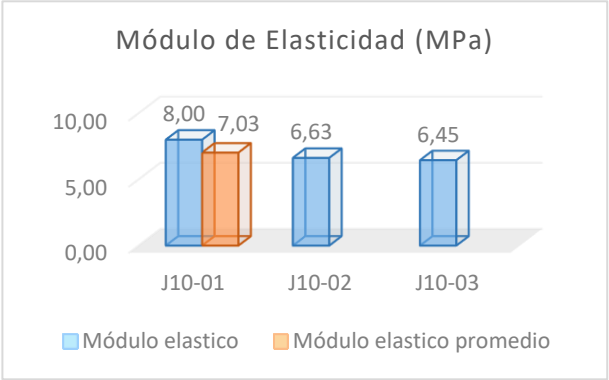
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J10-01, J10-02, J10-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.173	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J10-01	8,00	0,49	0,84
J10-02	6,63	0,22	0,68
J10-03	6,45	0,39	0,82
Promedio	7.03	0.3667	0.78
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

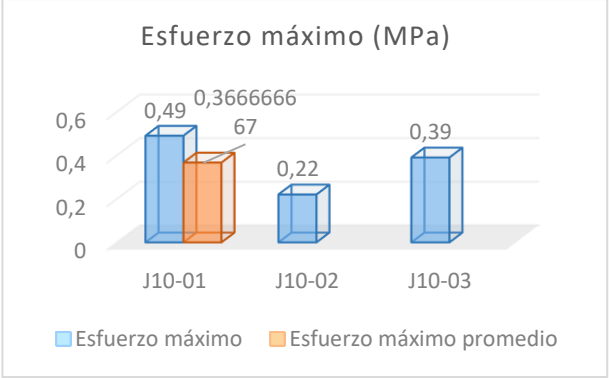
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



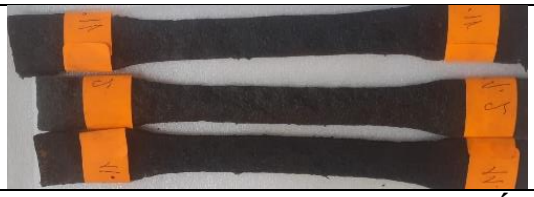
OBSERVACIÓN

La muestra J10-02 fue descartada debido a que sus resultados, con un valor de 0.22 MPa, fueron irregulares en comparación con los obtenidos de las muestras J10-01 y J10-03, que presentaron valores de 0.49 y 0.39 MPa, respectivamente. En consecuencia, se seleccionaron las muestras J10-01 y J10-03 para realizar la comparación de resultados.

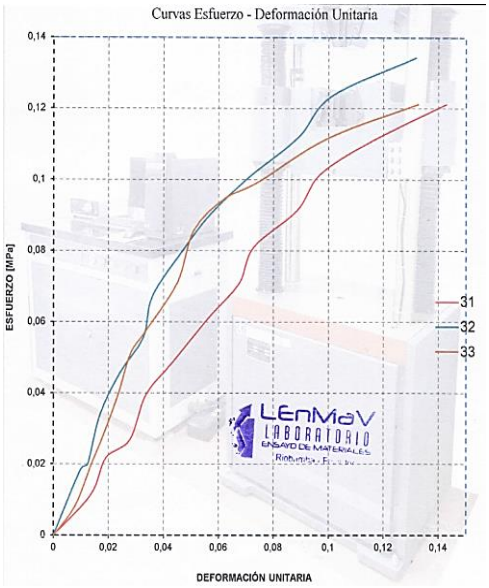
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.3667	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	0.78	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	7.03	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 30. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J11-01, J11-02, J11-03*

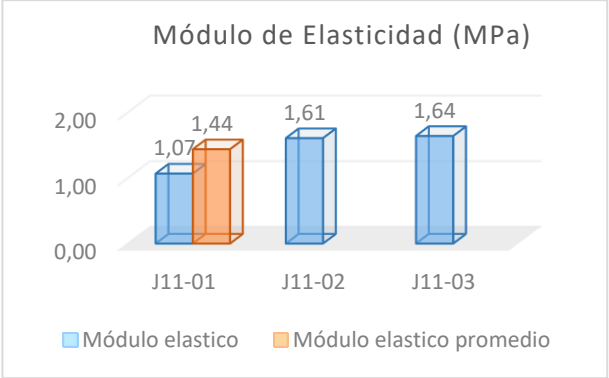
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J11-01, J11-02, J11-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.177	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J11-01	1,07	0,12	1,7
J11-02	1,61	0,13	2,42
J11-03	1,64	0,12	1,16
Promedio	1.44	0.123	1.76
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

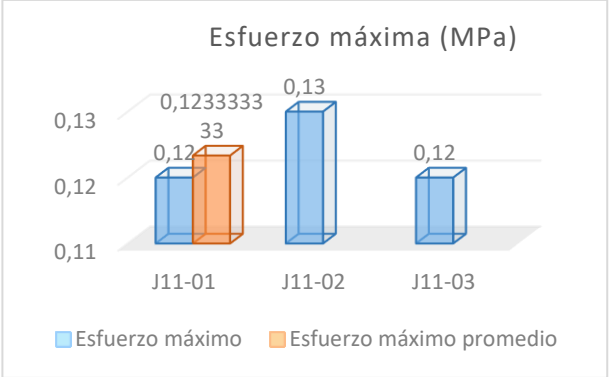
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



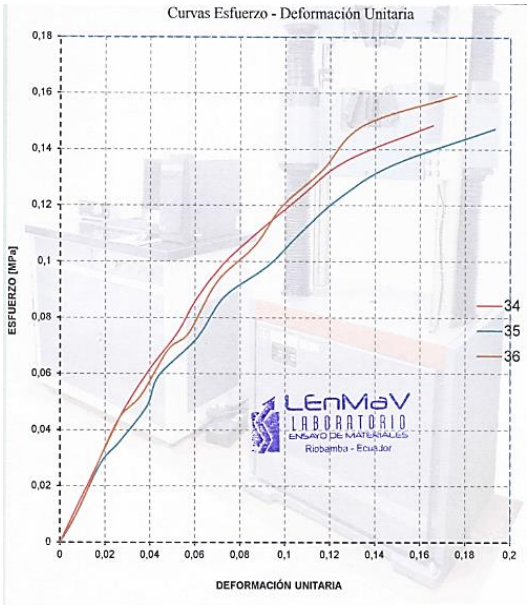
OBSERVACIÓN			
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.123	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	1.76	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	1.44	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 31. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J12-01, J12-02, J12-03*

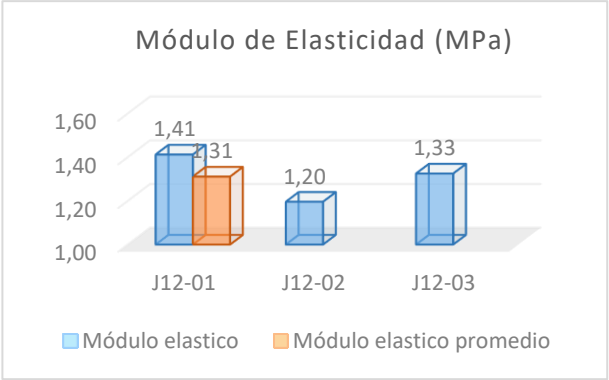
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J12-01, J12-02, J12-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.937	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J12-01	1,41	0,15	0,66
J12-02	1,20	0,15	0,28
J12-03	1,33	0,16	2,58
Promedio	1.31	0.153	1.173
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

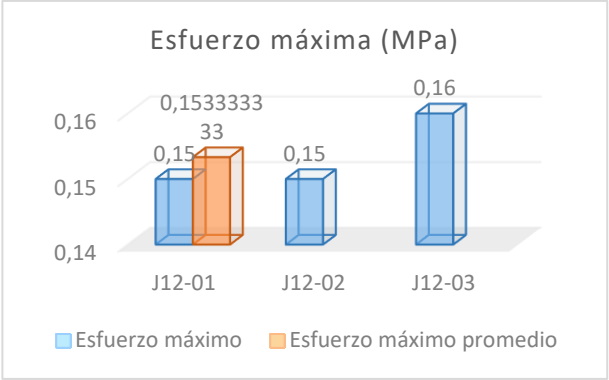
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



OBSERVACIÓN

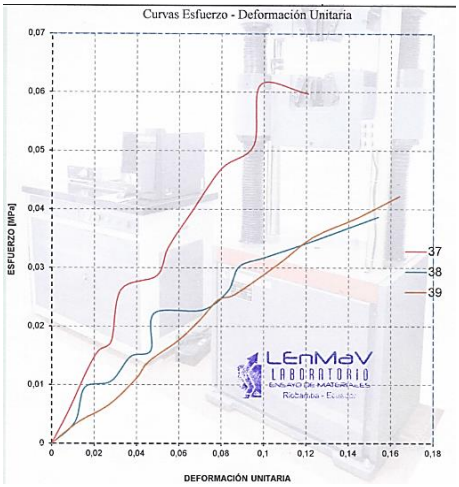
Valores promedios		Aprobación y validación	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.153	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	1.173	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	1.31	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 32. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J13-01, J13-02, J13-03*

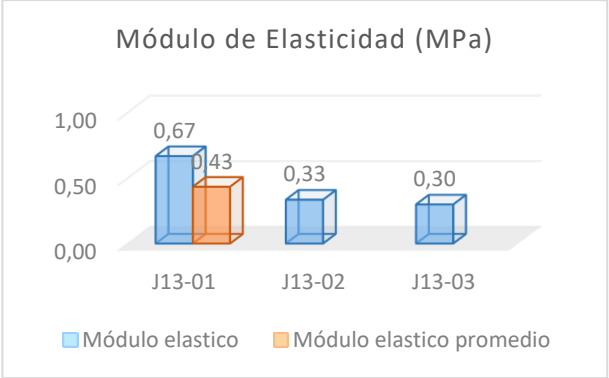
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J13-01, J13-02, J13-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.483	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J13-01	0,67	0,06	4,36
J13-02	0,33	0,039	1,46
J13-03	0,30	1.77	6,52
Promedio	0.43	0.047	4.11
PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

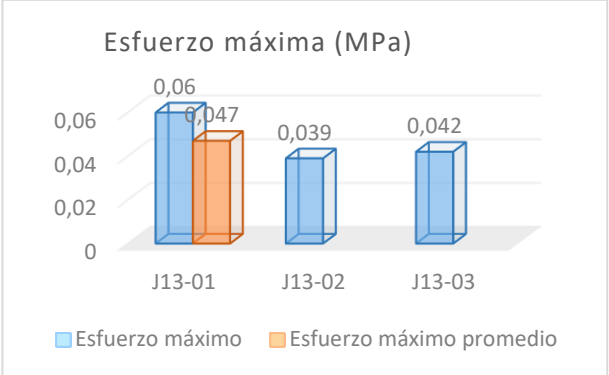
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



OBSERVACIÓN

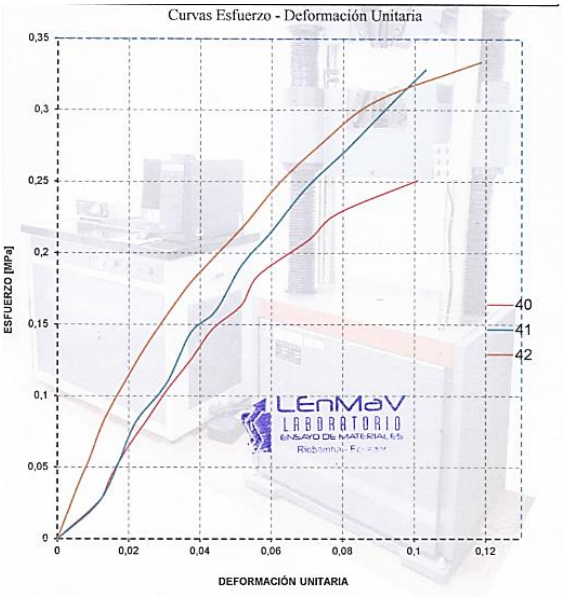
La muestra J13-01 fue descartada debido a que sus resultados, con un valor de 0.060 MPa, fueron irregulares en comparación con los obtenidos de las muestras J13-02 y J13-03, que presentaron valores de 0.039 y 0.042 MPa, respectivamente. En consecuencia, se seleccionaron las muestras J13-02 y J13-03 para realizar la comparación de resultados.

Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.047	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	4.113	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	0.43	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

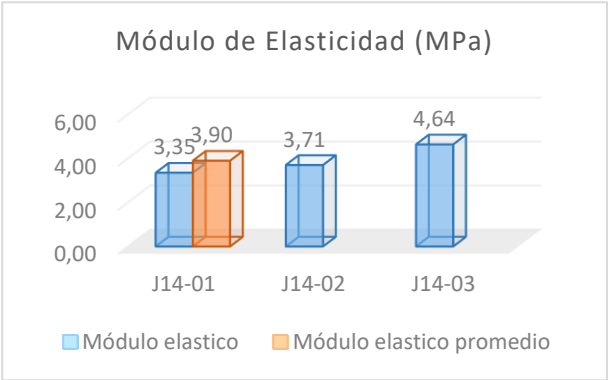
Tabla 33. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J14-01, J14-02, J14-03*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA			
Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J14-01, J14-02, J14-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.10	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J14-01	3,35	0,251	3,8
J14-02	3,71	0,329	2,16
J14-03	4,64	0,334	3,68
Promedio	3.90	0.305	3.21
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

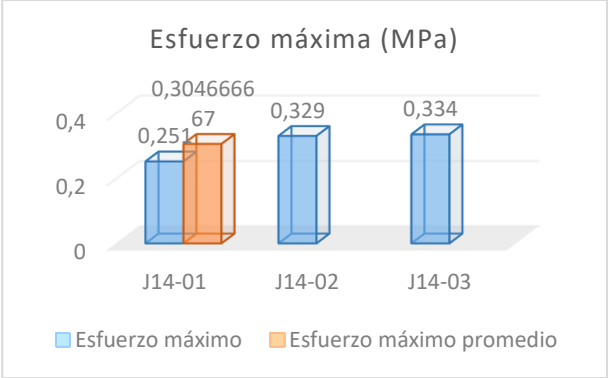
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



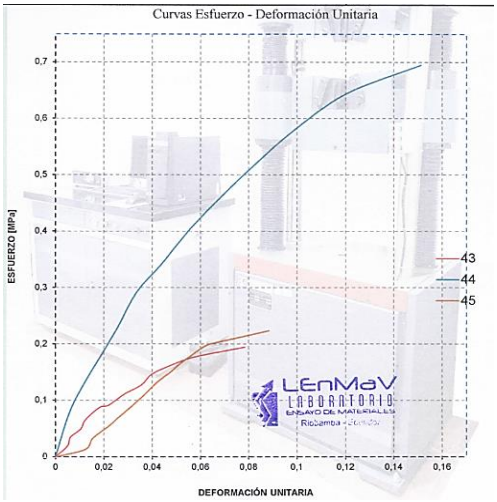
OBSERVACIÓN

Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.305	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	3.21	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	3.90	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

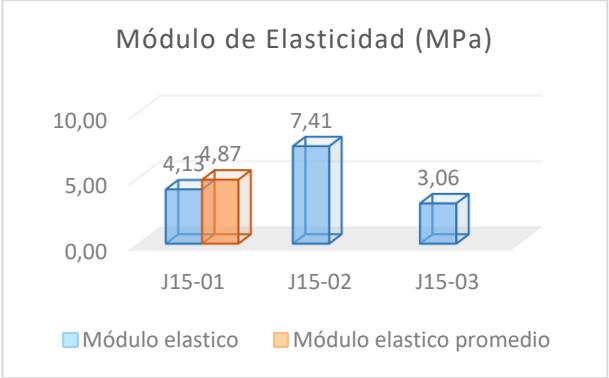
***Tabla 34**. Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J15-01, J15-02, J15-03*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA			
Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J15-01, J15-02, J15-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.33	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J15-01	4,13	0,195	1,76
J15-02	7,41	0,695	1,6
J15-03	3,06	0,224	1,8
Promedio	4.87	0.371	1.72
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

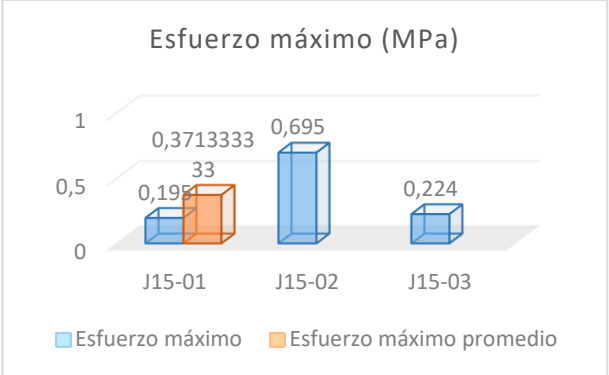
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



OBSERVACIÓN

La muestra J15-02 fue descartada debido a que sus resultados, con un valor de 0.695 MPa, fueron irregulares en comparación con los obtenidos de las muestras J15-01 y J15-03, que presentaron valores de 0.195 y 0.224 MPa, respectivamente. En consecuencia, se seleccionaron las muestras J15-01 y J15-03 para realizar la comparación de resultados.

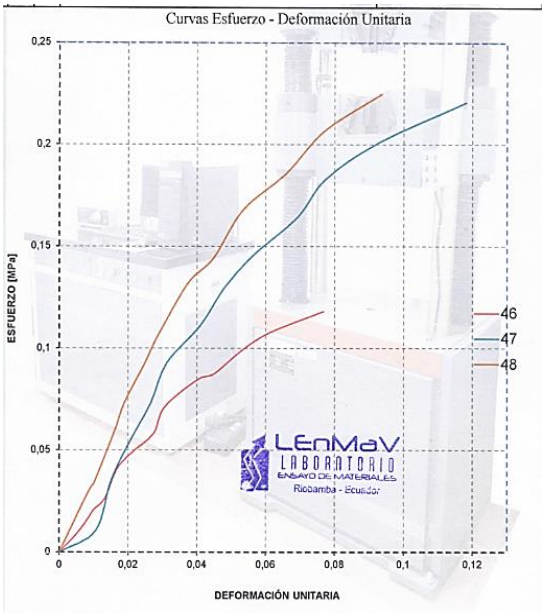
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.371	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	1.72	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	4.87	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 35. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J16-01, J16-02, J16-03*

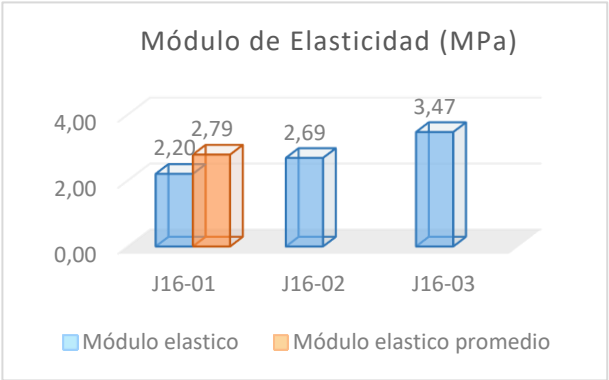
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J16-01, J16-02, J16-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.33	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J16-01	2,20	0,118	2,88
J16-02	2,69	0,221	2,04
J16-03	3,47	0,225	3,92
Promedio	2.79	0.188	2.95
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

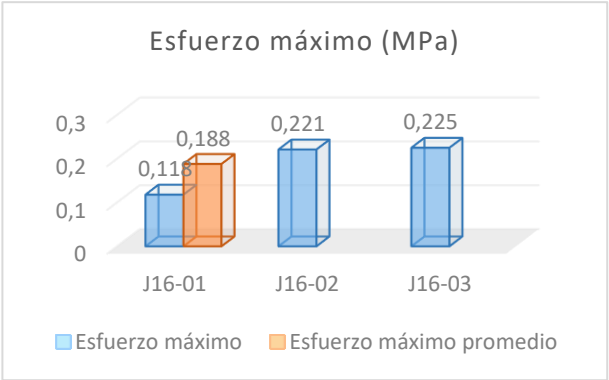
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



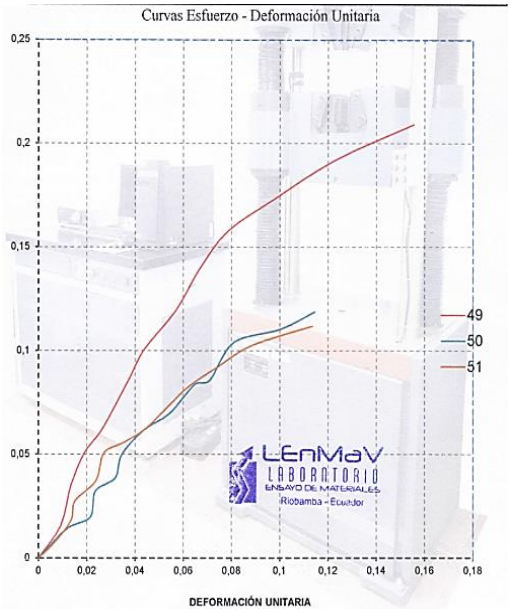
OBSERVACIÓN			
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.188	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	2.95	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	2.79	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 36. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J17-01, J17-02, J17-03*

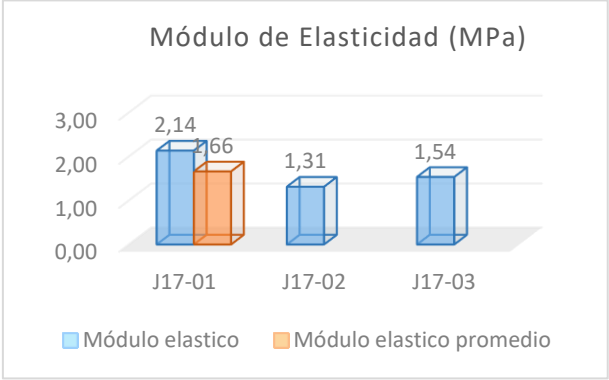
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J17-01, J17-02, J17-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.34	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J17-01	2,14	0,209	1,74
J17-02	1,31	0,119	2,4
J17-03	1,54	0,112	2,64
Promedio	1.66	0.147	2.26
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

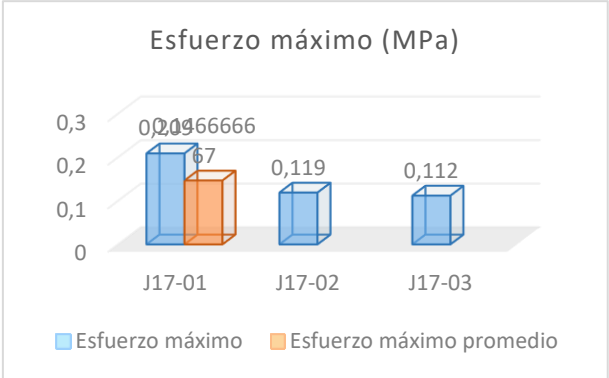
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



OBSERVACIÓN

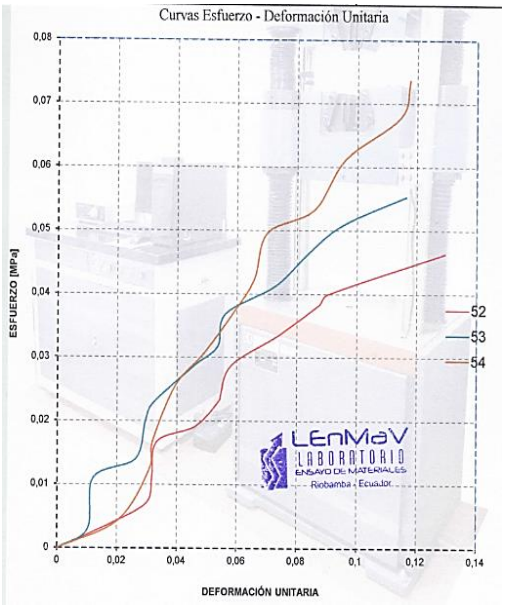
Valores promedios		Aprobación y validación	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.147	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	2.26	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	1.66	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 37. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J18-01, J18-02, J18-03*

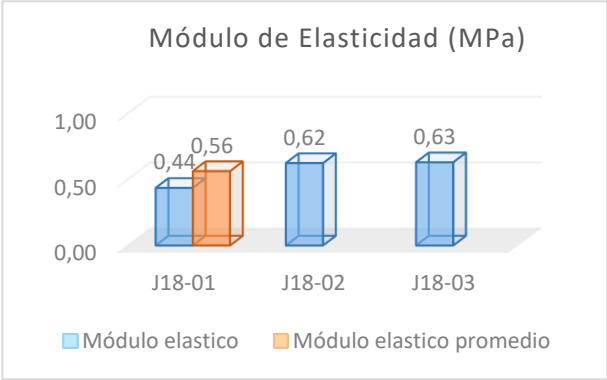
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J18-01, J18-02, J18-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.08	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J18-01	0,44	0,046	2,22
J18-02	0,62	0,055	3,66
J18-03	0,63	0,074	1,06
Promedio	0.56	0.058	2.31
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

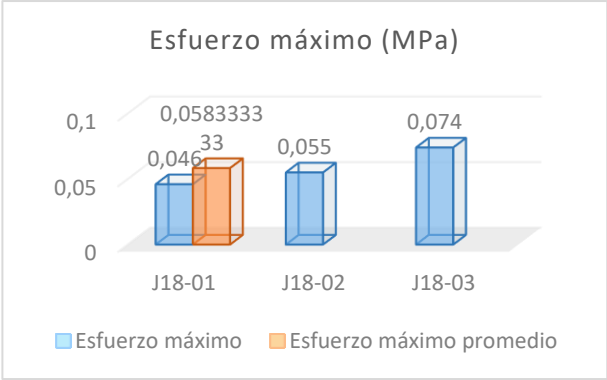
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas

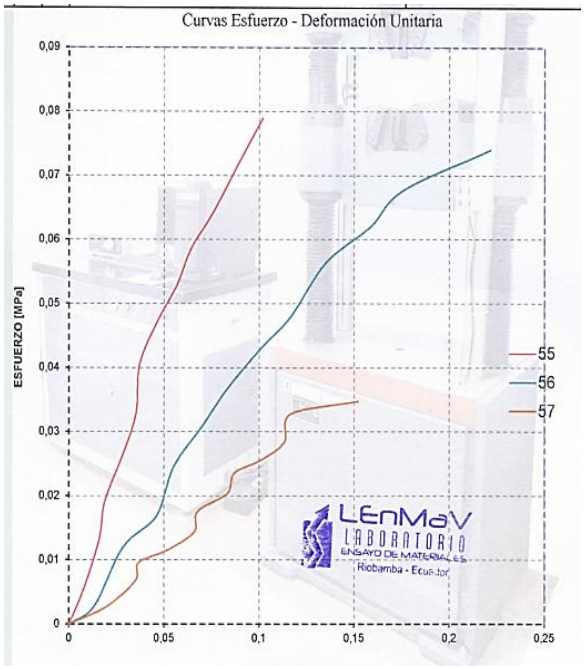


OBSERVACIÓN			
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.058	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	2.313	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	0.56	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

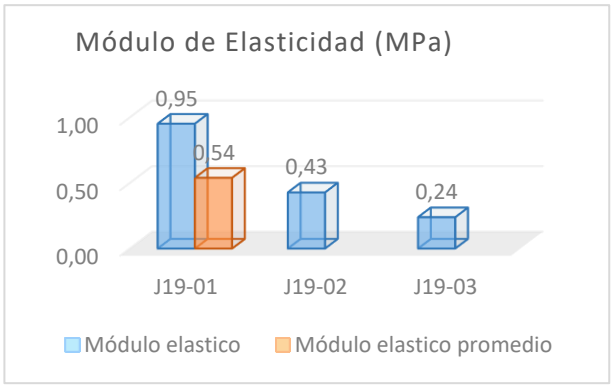
Tabla 38. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J19-01, J19-02, J19-03*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE MECÁNICA**			
Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J19-01, J19-02, J19-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.52	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J19-01	0,95	0,079	1,68
J19-02	0,43	0,074	3,94
J19-03	0,24	0,035	1,78
Promedio	0.54	0.063	2.467
PROBETA NO ENSAYADA VS PROBETA ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

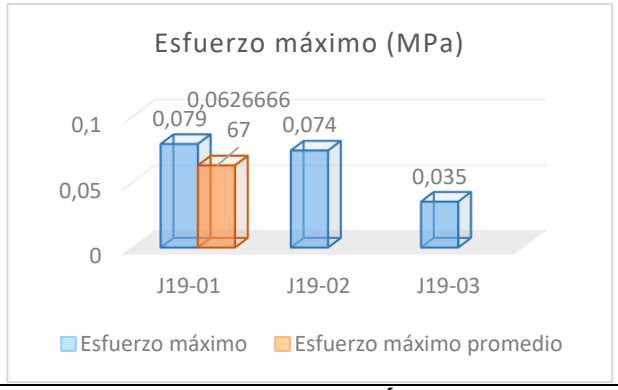
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas

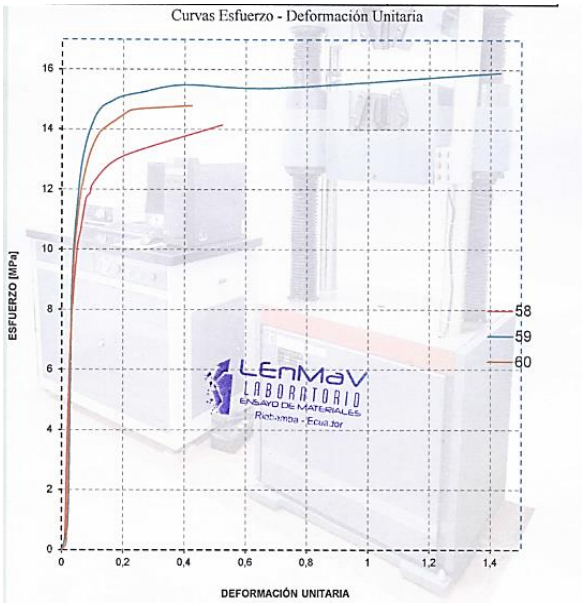


OBSERVACIÓN			
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	0.0627	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	2.467	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	0.54	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

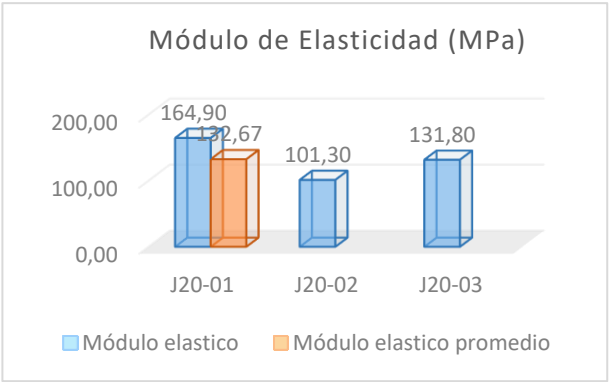
Tabla 39. *Ficha técnica del biopolímero en los ensayos de tracción de las probetas J20-01, J20-02, J20-03*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA			
Ficha de recolección de datos			
TRACCIÓN_ASTM D638			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J20-01, J20-02, J20-03
Fecha de ejecución:	24/05/2024	**Equipo:**	Máquina universal de ensayos WAW600B
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	LenMaV Laboratorio- Riobamba-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Plástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D638	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	0.5	**Velocidad de ensayo:**	2 mm/min
RESULTADOS			
N° probetas	**Módulo de elasticidad (MPa)**	**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Porcentaje de elongación (%)**
J20-01	164,90	14,153	83,02
J20-02	101,30	15,908	113,32
J20-03	131,80	14,789	61,52
Promedio	132.67	14.95	85.95
PROBETA NO ENSAYADA			
			
GRÁFICAS			

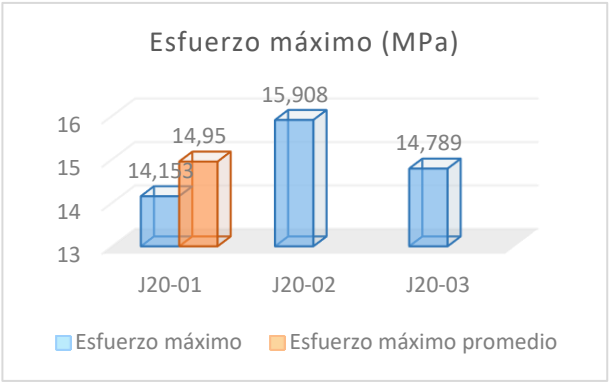
Gráfica 1: Curva Esfuerzo- Deformación unitaria



Gráfica 2: Módulo de Elasticidad Vs Probetas



Gráfica 3: Esfuerzo máximo Vs Probetas



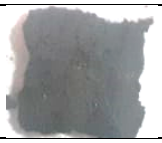
OBSERVACIÓN

Valores promedios		Aprobación y validación	
Esfuerzo máximo de tracción (MPa):	14.95	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
% Elongación:	85.95	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Módulo de elasticidad (MPa):	132.67	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

3.1.5. Análisis de biodegradabilidad

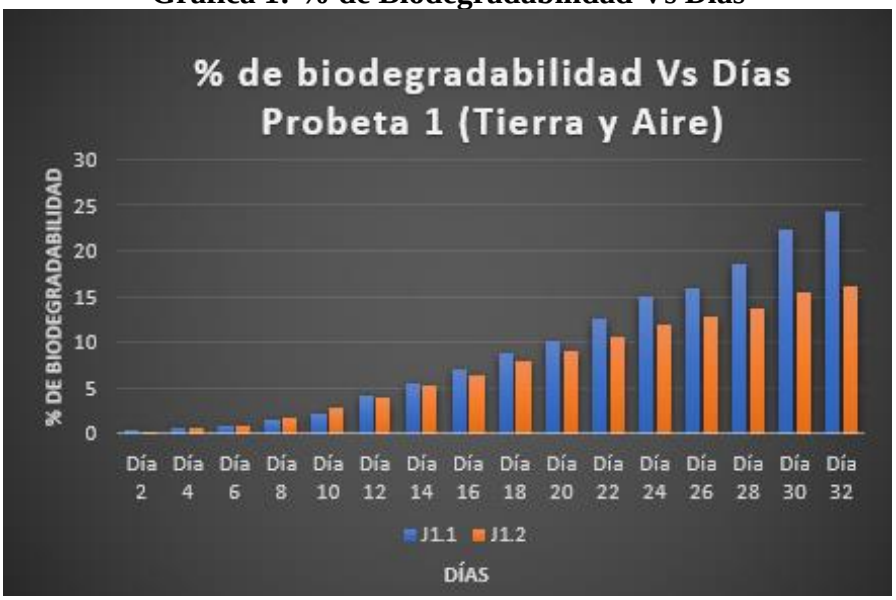
Tabla 40. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J1.1, J1.2*

<table>
<tr><td colspan="6">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA</td></tr>
<tr><td colspan="6">Ficha de recolección de datos</td></tr>
<tr><td colspan="6">BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1</td></tr>
<tr><td colspan="6">DATOS INFORMATIVOS</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Tipo de estudio:</td><td rowspan="2">Experimental</td><td colspan="2" rowspan="2">Codificación:</td><td>Tierra</td><td>Aire</td></tr>
<tr><td>J1.1</td><td>J1.2</td></tr>
<tr><td colspan="2">Fecha de ejecución:</td><td>11/05/2024</td><td colspan="2">Equipo:</td><td colspan="2">Balanza digital</td></tr>
<tr><td colspan="2">Realizado por:</td><td>Guallichico Acurio Johanna Elizabeth</td><td colspan="2">Revisado por:</td><td colspan="2">Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Lugar:</td><td colspan="4">Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador</td></tr>
<tr><td colspan="6">PARÁMETROS DE ENSAYO</td></tr>
<tr><td colspan="2">Material:</td><td>Bioplástico</td><td colspan="2">Número de probetas:</td><td colspan="2">2</td></tr>
<tr><td colspan="2">Norma:</td><td>INTE ISO 14855-1</td><td colspan="2">Dimensiones (mm):</td><td colspan="2">40X40</td></tr>
<tr><td colspan="2">Espesor promedio:</td><td>1.3</td><td colspan="2">Duración del ensayo (días)</td><td colspan="2">32</td></tr>
<tr><td colspan="6">RESULTADOS</td></tr>
<tr><td colspan="2">N° Probeta</td><td colspan="2">J1.1</td><td colspan="2">J1.2</td></tr>
<tr><td colspan="2">Peso inicial (g)</td><td colspan="2">3,04</td><td colspan="2">3,15</td></tr>
<tr><td colspan="2">Peso final (g)</td><td colspan="2">2,63</td><td colspan="2">2,88</td></tr>
<tr><td rowspan="17">% de biodegradación</td><td>Día 2</td><td colspan="2">0,40</td><td colspan="2">0,25</td></tr>
<tr><td>Día 4</td><td colspan="2">0,57</td><td colspan="2">0,58</td></tr>
<tr><td>Día 6</td><td colspan="2">0,95</td><td colspan="2">0,96</td></tr>
<tr><td>Día 8</td><td colspan="2">1,50</td><td colspan="2">1,65</td></tr>
<tr><td>Día 10</td><td colspan="2">2,26</td><td colspan="2">2,77</td></tr>
<tr><td>Día 12</td><td colspan="2">4,20</td><td colspan="2">3,89</td></tr>
<tr><td>Día 14</td><td colspan="2">5,60</td><td colspan="2">5,22</td></tr>
<tr><td>Día 16</td><td colspan="2">6,98</td><td colspan="2">6,29</td></tr>
<tr><td>Día 18</td><td colspan="2">8,83</td><td colspan="2">7,85</td></tr>
<tr><td>Día 20</td><td colspan="2">10,24</td><td colspan="2">9,01</td></tr>
<tr><td>Día 22</td><td colspan="2">12,63</td><td colspan="2">10,56</td></tr>
<tr><td>Día 24</td><td colspan="2">14,98</td><td colspan="2">11,90</td></tr>
<tr><td>Día 26</td><td colspan="2">16,01</td><td colspan="2">12,88</td></tr>
<tr><td>Día 28</td><td colspan="2">18,60</td><td colspan="2">13,68</td></tr>
<tr><td>Día 30</td><td colspan="2">22,34</td><td colspan="2">15,52</td></tr>
<tr><td>Día 32</td><td colspan="2">24,31</td><td colspan="2">16,22</td></tr>
<tr><td colspan="2">% Biodegradabilidad</td><td colspan="2">24,31</td><td colspan="2">16,22</td></tr>
<tr><td colspan="6">PROBETA ENSAYADA</td></tr>
<tr><td colspan="3">J1.1</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

J1.2	

GRÁFICA

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J1.1	J1.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	24.31	**16.22**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 41. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J2.1, J2.2*

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

Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J2.1	J2.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.36	**Duración del ensayo (días)**	32	

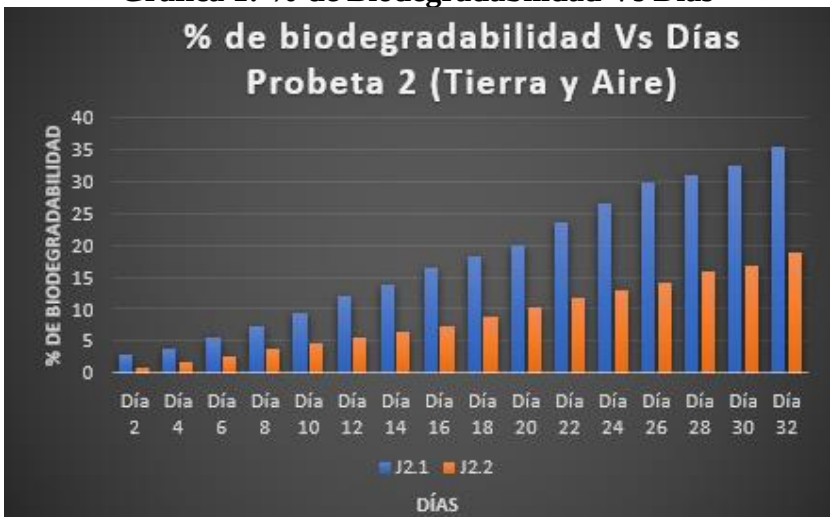
RESULTADOS			
N° Probeta		J2.1	J2,2
Peso inicial (g)		3,10	3,06
Peso final (g)		2.54	2.81
% de biodegradación	**Día 2**	2,87	0,9
	Día 4	3,71	1,81
	Día 6	5,64	2,65
	Día 8	7,41	3,89
	Día 10	9,32	4,77
	Día 12	11,92	5,65
	Día 14	13,92	6,35
	Día 16	16,53	7,46
	Día 18	18,26	8,90
	Día 20	20,17	10,26
	Día 22	23,57	11,71
	Día 24	26,59	12,98
	Día 26	29,85	14,08
	Día 28	30,89	15,90
	Día 30	32,31	16,77
	Día 32	35,46	18,73
% Biodegradabilidad		**35,46**	**18,73**

PROBETA ENSAYADA	
J2.1	

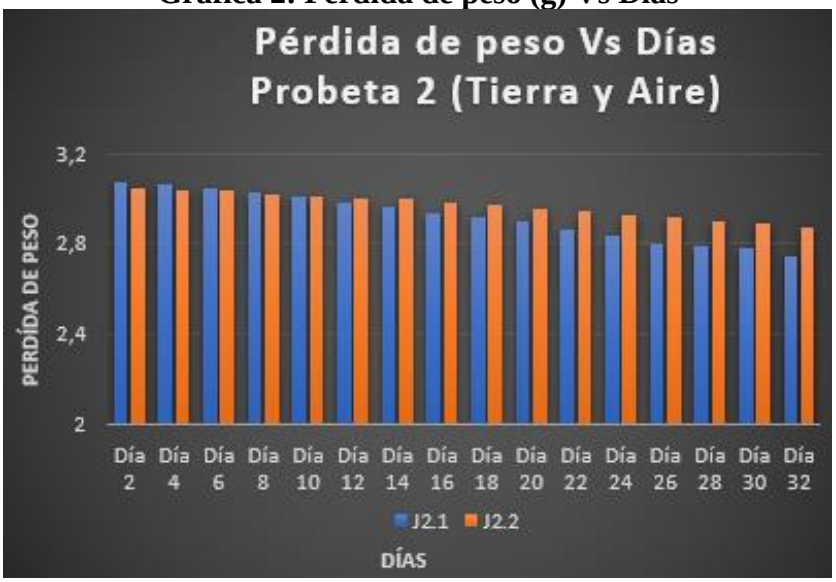
J2.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J2.1	J2.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	35,46	**18,73**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 42. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J3.1, J3.2*

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

Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J3.1	J3.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.32	**Duración del ensayo (días)**	32	

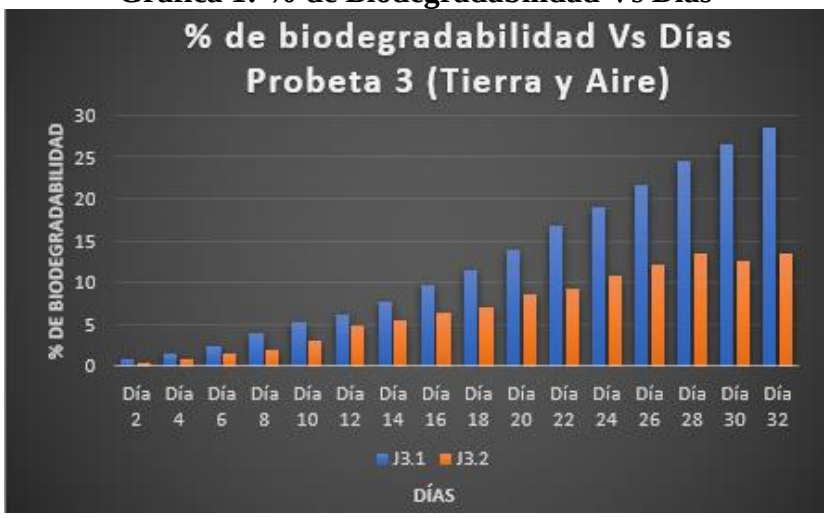
RESULTADOS			
N° Probeta		J3.1	J3.2
Peso inicial (g)		3.00	2.97
Peso final (g)		2.62	2.75
% de biodegradación	**Día 2**	0,75	0,38
	Día 4	1,47	0,92
	Día 6	2,34	1,43
	Día 8	3,94	2,02
	Día 10	5,39	3,17
	Día 12	6,16	4,75
	Día 14	7,72	5,42
	Día 16	9,65	6,43
	Día 18	11,49	7,14
	Día 20	13,92	8,52
	Día 22	16,80	9,26
	Día 24	18,92	10,87
	Día 26	21,77	12,19
	Día 28	24,55	13,38
	Día 30	26,577	12,67
	Día 32	28,45	13,56
% Biodegrada56bilidad		**28,45**	**13,56**

PROBETA ENSAYADA	
J3.1	

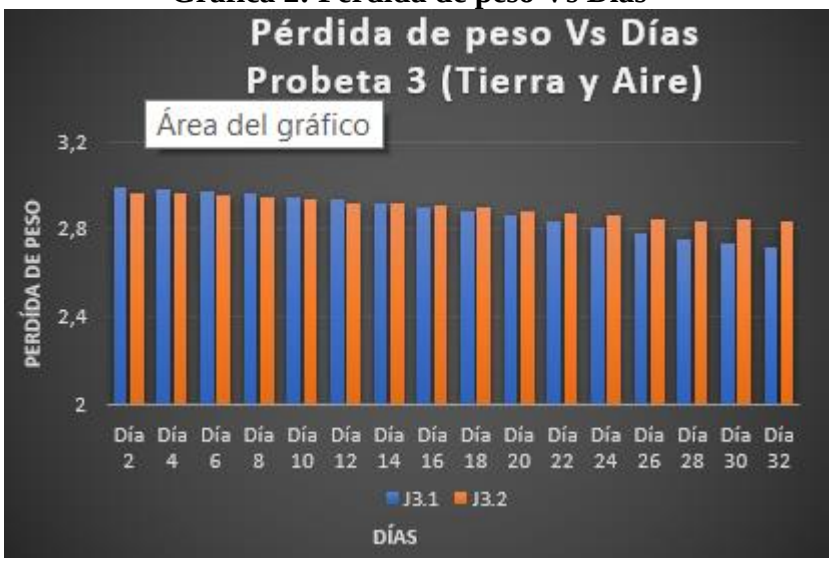
J3.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios		**Aprobación y validación**		
% Biodegradabilidad	J3.1	J3.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	28,45	**13,56**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 43. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J4.1, J4.2*

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos

BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1

DATOS INFORMATIVOS

Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J4.1	J4.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			

PARÁMETROS DE ENSAYO

Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40
Espesor promedio:	0.997	**Duración del ensayo (días)**	32

RESULTADOS

N° Probeta		J4.1	J4.2
Peso inicial (g)		3.40	3.05
Peso final (g)		2.96	2.86
% de biodegradación	**Día 2**	1,95	0,53
	Día 4	3,21	0,90
	Día 6	5,48	1,25
	Día 8	7,27	1,73
	Día 10	9,78	2,02
	Día 12	10,99	2,89
	Día 14	13,41	3,83
	Día 16	15,06	4,43
	Día 18	18,02	5,49
	Día 20	21,56	6,22
	Día 22	23,94	7,52
	Día 24	26,02	8,79
	Día 26	28,16	9,25
	Día 28	31,77	10,51
	Día 30	34,57	11,68
	Día 32	37,54	12,84
% Biodegradabilidad		**37, 54**	**12,84**

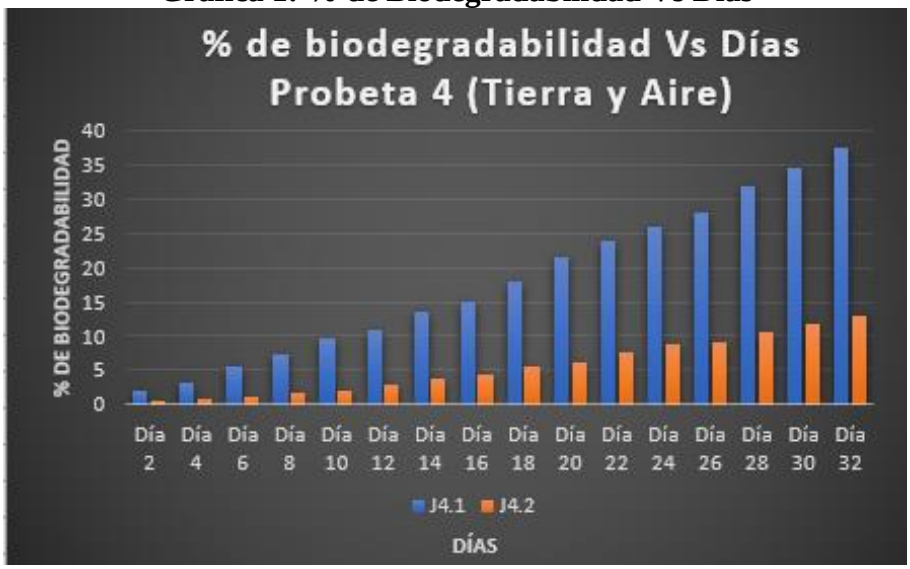
PROBETA ENSAYADA

J4.1	

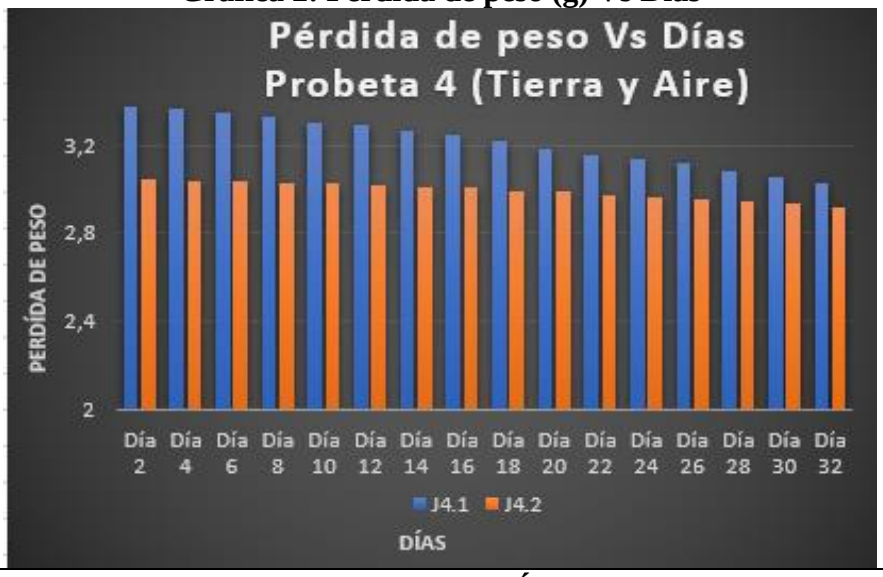
J4.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J4.1	J4.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	37, 54	**12,84**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 44. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J5.1, J5.2*

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

Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J5.1	J5.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.03	**Duración del ensayo (días)**	32	

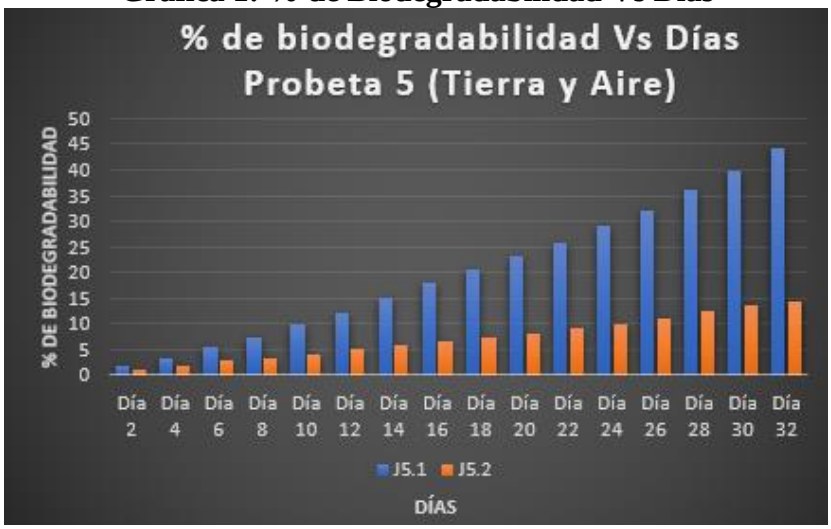
RESULTADOS			
N° Probeta		J5.1	J5.2
Peso inicial (g)		2.99	3.04
Peso final (g)		2.46	2.82
% de biodegradación	**Día 2**	1,95	1,01
	Día 4	3,11	1,95
	Día 6	5,66	2,77
	Día 8	7,48	3,39
	Día 10	9,87	4,02
	Día 12	12,13	4,98
	Día 14	15,25	5,81
	Día 16	18,07	6,54
	Día 18	20,47	7,45
	Día 20	23,26	8,11
	Día 22	25,92	9,06
	Día 24	29,15	9,99
	Día 26	32,24	11,17
	Día 28	35,95	12,41
	Día 30	39,87	13,75
	Día 32	44,25	14,16
% Biodegradabilidad		**44,25**	**14,16**

PROBETA ENSAYADA	
J5.1	

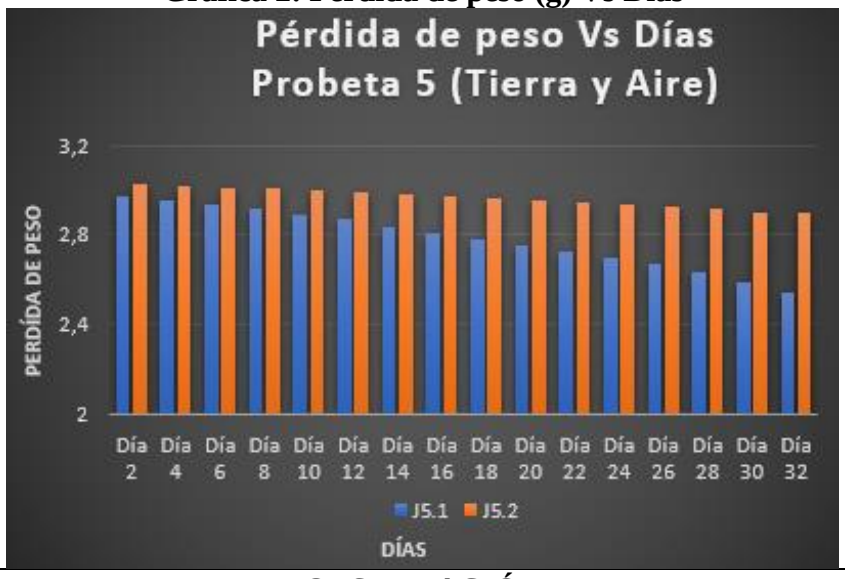
J5.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J5.1	J5.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	44,25	**14,16**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 45. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J6.1, J6.2*

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

Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J6.1	J6.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.43	**Duración del ensayo (días)**	32	

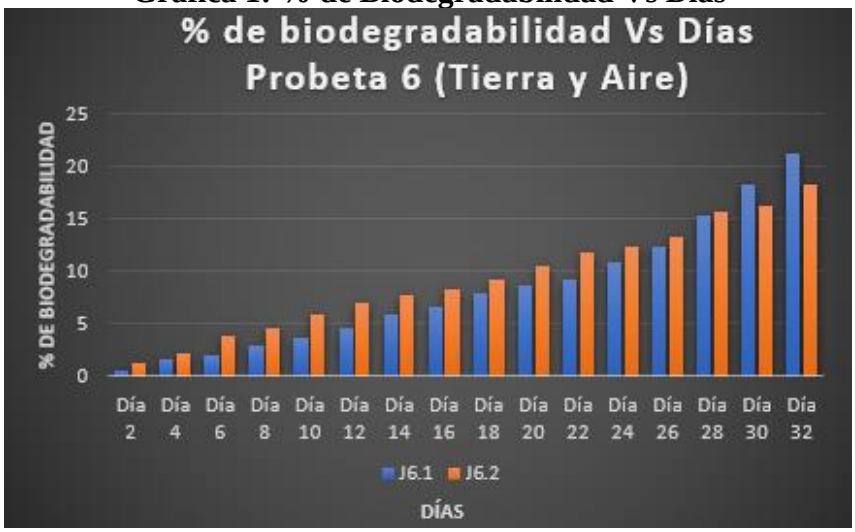
RESULTADOS			
N° Probeta		J6.1	J6.2
Peso inicial (g)		3.2	3.01
Peso final (g)		2.92	2.83
% de biodegradación	**Día 2**	0,47	1,28
	Día 4	1,57	2,18
	Día 6	2,00	3,92
	Día 8	2,96	4,56
	Día 10	3,68	5,85
	Día 12	4,55	6,90
	Día 14	5,85	7,81
	Día 16	6,57	8,19
	Día 18	7,91	9,29
	Día 20	8,66	10,55
	Día 22	9,23	11,78
	Día 24	10,81	12,36
	Día 26	12,32	13,21
	Día 28	15,24	15,66
	Día 30	18,17	16,29
	Día 32	21,14	18,23
% Biodegradabilidad		**21,14**	**18,23**

PROBETA ENSAYADA	
J6.1	

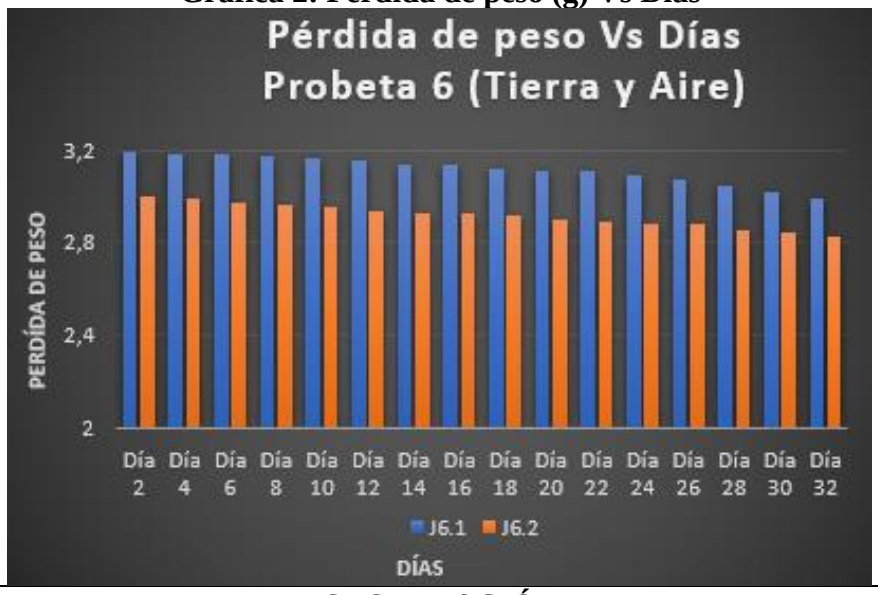
J6.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J6.1	J6.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	21,14	**18,23**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 46. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J7.1, J7.2*

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

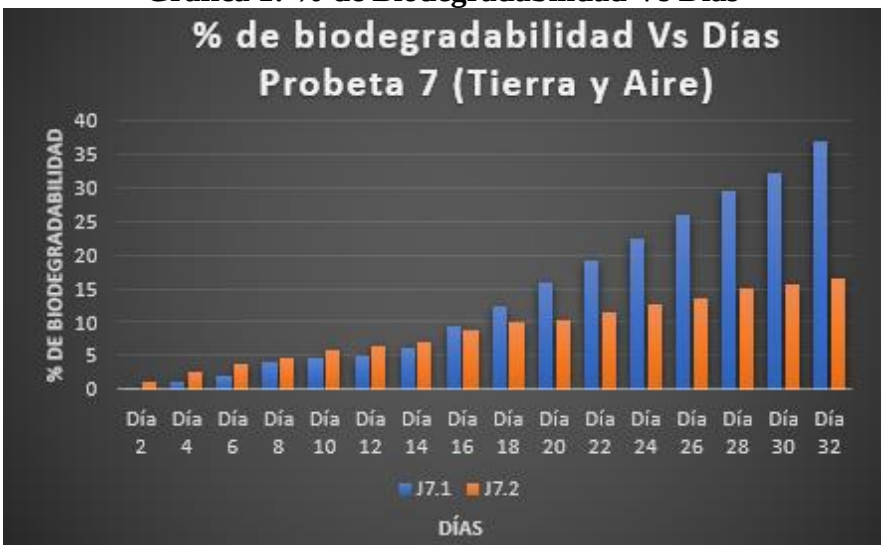
Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J7.1	J7.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	0.93	**Duración del ensayo (días)**	32	

RESULTADOS			
N° Probeta		J7.1	J7.2
Peso inicial (g)		2.986	2.987
Peso final (g)		2.52	2.81
% de biodegradación	**Día 2**	0,37	1,28
	Día 4	1,1	2,56
	Día 6	2,06	3,87
	Día 8	3,98	4,63
	Día 10	4,56	5,85
	Día 12	5,12	6,54
	Día 14	6,18	7,04
	Día 16	9,27	8,69
	Día 18	12,48	9,87
	Día 20	15,78	10,23
	Día 22	19,26	11,56
	Día 24	22,47	12,59
	Día 26	26,02	13,45
	Día 28	29,51	14,89
	Día 30	32,08	15,66
	Día 32	36,84	16,59
% Biodegradabilidad		**36.84**	**16.59**
PROBETA ENSAYADA			
J7.1			

J7.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J7.1	J7.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	36.84	**16.59**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 47. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J8.1, J8.2*

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

Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J8.1	J8.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	0.83	**Duración del ensayo (días)**	32	

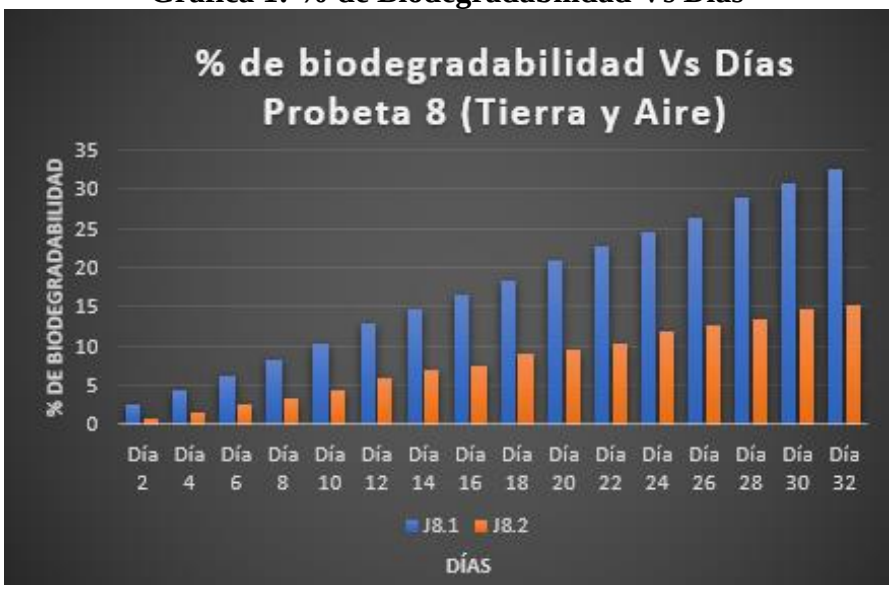
RESULTADOS			
N° Probeta		J8.1	J8.2
Peso inicial (g)		2.973	2.991
Peso final (g)		2.51	2.821
% de biodegradación	**Día 2**	2,56	0,81
	Día 4	4,48	1,62
	Día 6	6,25	2,56
	Día 8	8,32	3,34
	Día 10	10,19	4,31
	Día 12	12,96	5,78
	Día 14	14,73	6,84
	Día 16	16,5	7,51
	Día 18	18,27	8,98
	Día 20	20,93	9,58
	Día 22	22,7	10,31
	Día 24	24,47	11,78
	Día 26	26,24	12,65
	Día 28	28,91	13,34
	Día 30	30,68	14,75
	Día 32	32,45	15,25
% Biodegradabilidad		**32,45**	**15,25**

PROBETA ENSAYADA	
J8.1	

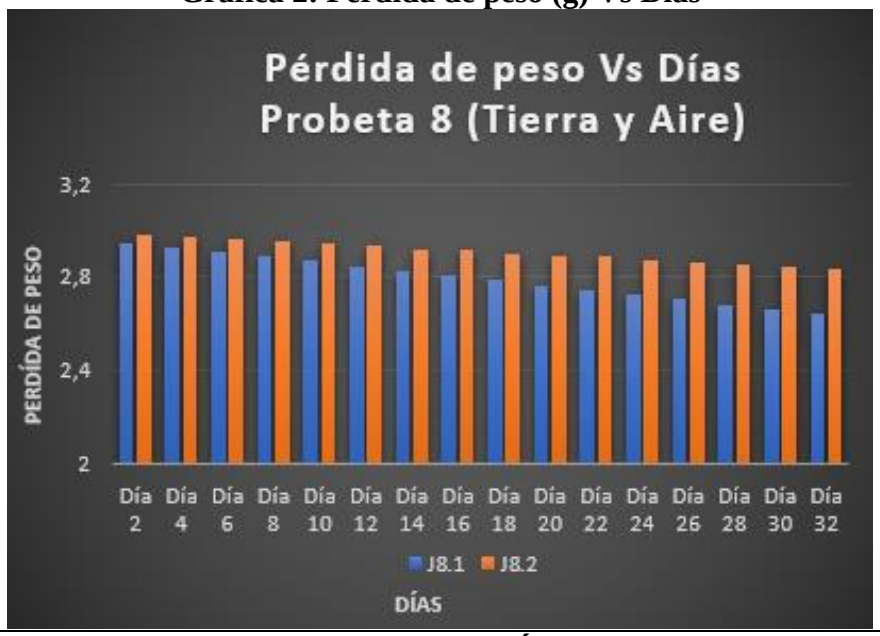
J8.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J8.1	J8.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	32,45	**15,25**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

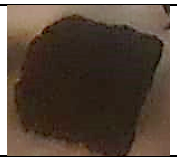
***Tabla 48**. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J9.1, J9.2*

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

Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J9.1	J9.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	0.773	**Duración del ensayo (días)**	32	

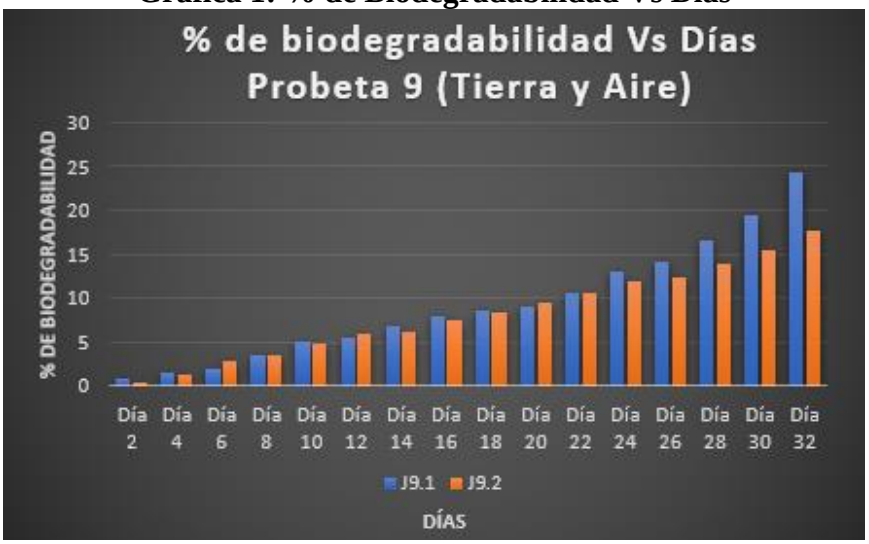
RESULTADOS			
N° Probeta		J9.1	J9.2
Peso inicial (g)		3.07	3.01
Peso final (g)		2.259	2.65
% de biodegradación	**Día 2**	0,84	0,45
	Día 4	1,57	1,21
	Día 6	2,05	2,78
	Día 8	3,45	3,56
	Día 10	4,98	4,89
	Día 12	5,56	5,87
	Día 14	6,87	6,1
	Día 16	7,91	7,41
	Día 18	8,66	8,29
	Día 20	9,14	9,58
	Día 22	10,58	10,54
	Día 24	12,98	11,98
	Día 26	14,23	12,41
	Día 28	16,48	13,89
	Día 30	19,47	15,42
	Día 32	24,26	17,65
% Biodegradabilidad		**24.26**	**17.65**

PROBETA ENSAYADA	
J9.1	

J9.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J9.1	J9.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	24.26	**17.65**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

***Tabla 49**. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J10.1, J10.2*

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

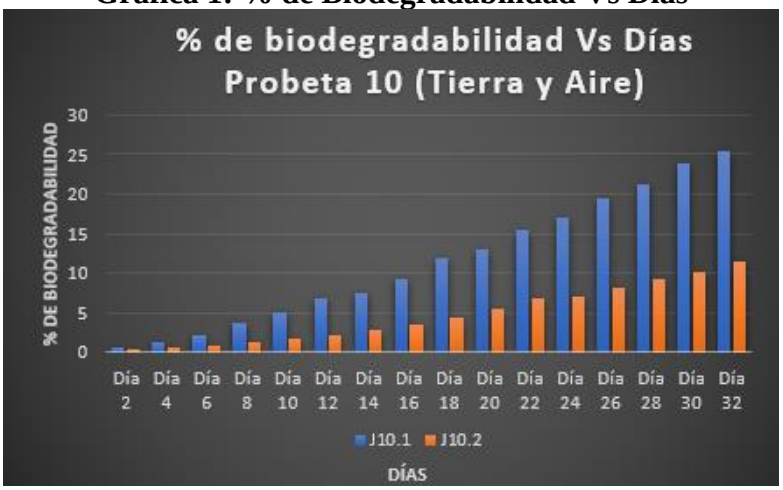
Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J10.1	J10.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.173	**Duración del ensayo (días)**	32	

RESULTADOS			
N° Probeta		J10.1	J10.2
Peso inicial (g)		2.85	3.02
Peso final (g)		2.57	2.858
% de biodegradación	**Día 2**	0,67	0,37
	Día 4	1,25	0,65
	Día 6	2,13	0,9
	Día 8	3,65	1,25
	Día 10	4,98	1,65
	Día 12	6,85	2,14
	Día 14	7,45	2,78
	Día 16	9,18	3,56
	Día 18	11,87	4,39
	Día 20	13,09	5,48
	Día 22	15,45	6,89
	Día 24	17,12	7,02
	Día 26	19,56	8,12
	Día 28	21,23	9,36
	Día 30	23,98	10,12
	Día 32	25,41	11,56
% Biodegradabilidad		**25.41**	**11.56**
PROBETA ENSAYADA			

J10.1	
J10.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J10.1	J10.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	25.41	**11.56**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

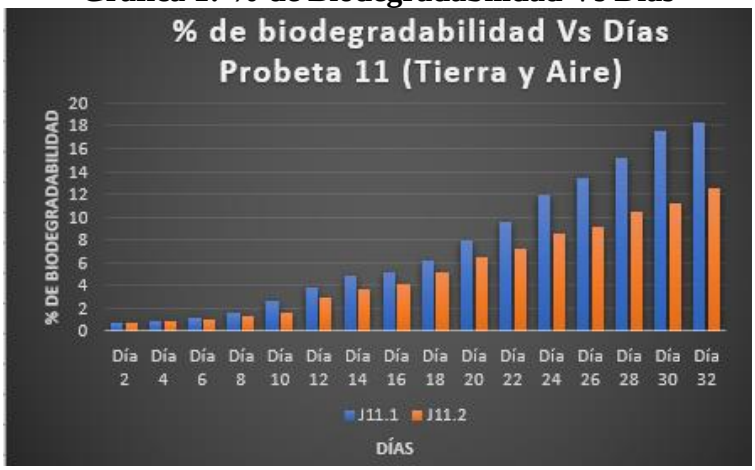
***Tabla 50**. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J11.1, J11.2*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE MECÁNICA**				
Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J11.1	J11.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.177	**Duración del ensayo (días)**	32	
RESULTADOS				
N° Probeta		J11.1	J11.2	
Peso inicial (g)		3.01	3.02	
Peso final (g)		2.82	2.92	
% de biodegradación	**Día 2**	0,66	0,7	
	Día 4	0,9	0,92	
	Día 6	1,23	1,01	
	Día 8	1,56	1,32	
	Día 10	2,65	1,65	
	Día 12	3,89	2,89	
	Día 14	4,87	3,68	
	Día 16	5,18	4,12	
	Día 18	6,21	5,09	
	Día 20	7,89	6,48	
	Día 22	9,51	7,18	
	Día 24	11,98	8,51	
	Día 26	13,4	9,12	
	Día 28	15,12	10,41	
	Día 30	17,56	11,24	
	Día 32	18,26	12,54	
% Biodegradabilidad		**18.26**	**12.54**	
PROBETA ENSAYADA				

J11.1	
J11.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J11.1	J11.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	18.26	**12.54**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 51. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J12.1, J12.2*

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

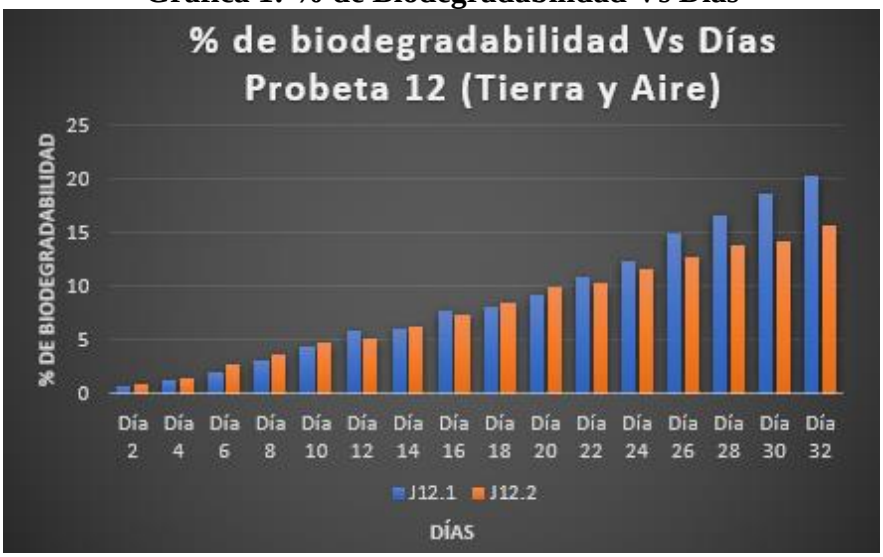
Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J12.1	J12.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.937	**Duración del ensayo (días)**	32	

RESULTADOS			
N° Probeta		J12.1	J12.2
Peso inicial (g)		3.242	3.10
Peso final (g)		2.81	2.89
% de biodegradación	**Día 2**	0,79	0,85
	Día 4	1,2	1,36
	Día 6	1,98	2,83
	Día 8	3,2	3,69
	Día 10	4,36	4,78
	Día 12	5,81	5,14
	Día 14	6,05	6,32
	Día 16	7,69	7,41
	Día 18	8,041	8,45
	Día 20	9,23	9,85
	Día 22	10,85	10,24
	Día 24	12,41	11,56
	Día 26	14,96	12,74
	Día 28	16,54	13,89
	Día 30	18,69	14,23
	Día 32	20,35	15,69
% Biodegradabilidad		**20.35**	**15.69**
PROBETA ENSAYADA			
J12.1			

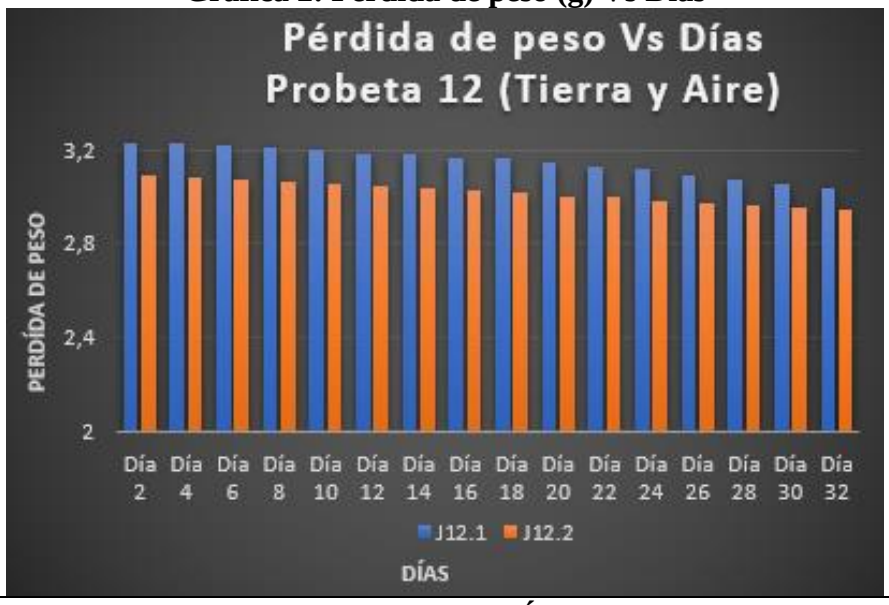
J12.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J12.1	J12.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	20.35	**15.69**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 52. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J13.1, J13.2*

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

Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J13.1	J13.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.483	**Duración del ensayo (días)**	32	

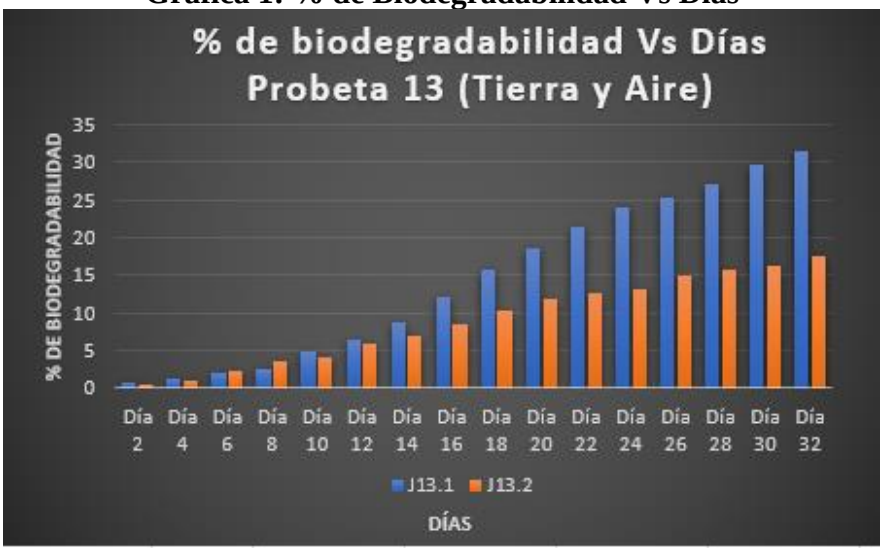
RESULTADOS			
N° Probeta		J13.1	J13.2
Peso inicial (g)		3.15	3.09
Peso final (g)		2.806	2.891
% de biodegradación	**Día 2**	0,69	0,52
	Día 4	1,2	1,1
	Día 6	1,98	2,36
	Día 8	2,65	3,56
	Día 10	4,83	4,12
	Día 12	6,41	5,78
	Día 14	8,73	6,98
	Día 16	12,06	8,58
	Día 18	15,63	10,23
	Día 20	18,56	11,96
	Día 22	21,3	12,54
	Día 24	23,91	13,12
	Día 26	25,36	14,85
	Día 28	27,1	15,69
	Día 30	29,56	16,2
	Día 32	31,48	17,54
% Biodegradabilidad		**31.48**	**17.54**

PROBETA ENSAYADA	
J13.1	

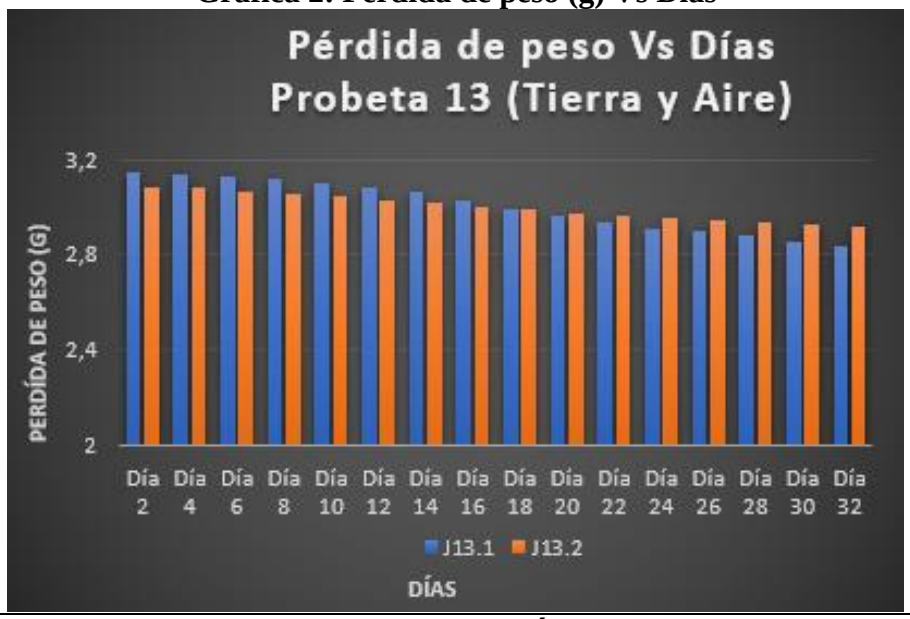
J13.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J13.1	J13.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	31.48	**17.54**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

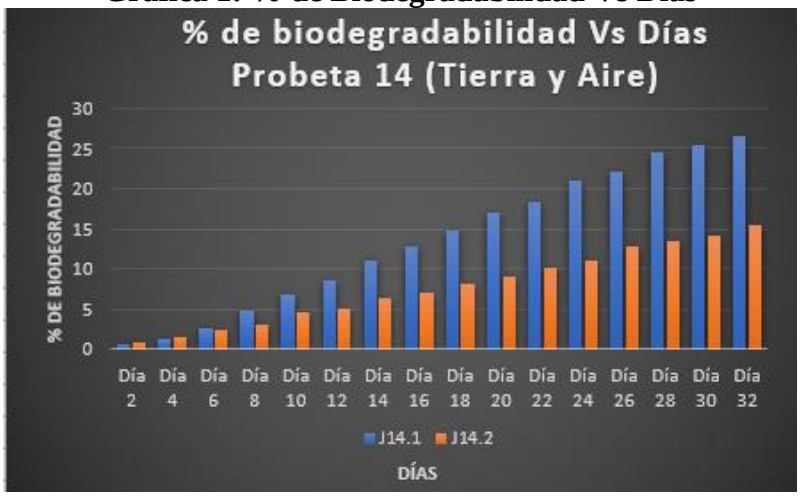
***Tabla 53**. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J14.1, J14.2*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA				
Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J14.1	J14.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.10	**Duración del ensayo (días)**	32	
RESULTADOS				
N° Probeta		J14.1	J14.2	
Peso inicial (g)		2.90	3.02	
Peso final (g)		2.521	2.803	
% de biodegradación	**Día 2**	0,54	0,84	
	Día 4	1,2	1,51	
	Día 6	2,69	2,47	
	Día 8	4,89	3,02	
	Día 10	6,87	4,58	
	Día 12	8,65	5,12	
	Día 14	10,96	6,36	
	Día 16	12,84	7,15	
	Día 18	14,81	8,06	
	Día 20	16,93	9,14	
	Día 22	18,26	10,23	
	Día 24	20,93	11,02	
	Día 26	22,15	12,85	
	Día 28	24,61	13,45	
	Día 30	25,47	14,23	
	Día 32	26,47	15,48	
% Biodegradabilidad		**26.47**	**15.48**	
PROBETA ENSAYADA				

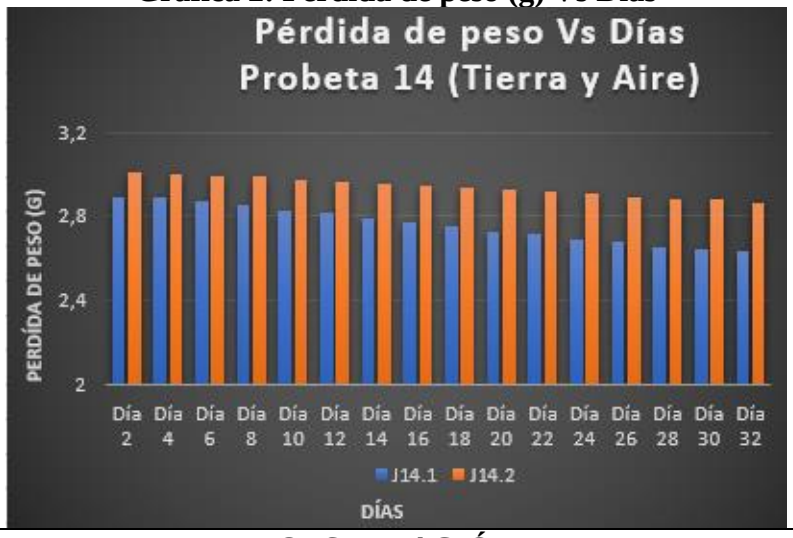
J14.1	
J14.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J14.1	J14.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	26,47	**15,48**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 54. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J15.1, J15.2*

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

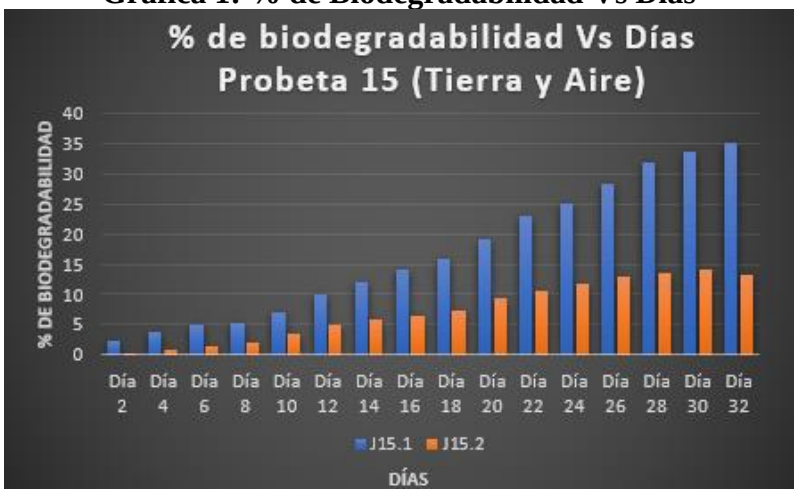
Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J15.1	J15.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.33	**Duración del ensayo (días)**	32	

RESULTADOS			
N° Probeta		J15.1	J15.2
Peso inicial (g)		3.16	3.06
Peso final (g)		1.87	2.86
% de biodegradación	**Día 2**	2,21	0,35
	Día 4	3,65	0,86
	Día 6	4,98	1,52
	Día 8	5,14	2,03
	Día 10	6,93	3,45
	Día 12	9,92	4,96
	Día 14	12,08	5,82
	Día 16	14,05	6,35
	Día 18	16,03	7,45
	Día 20	19,12	9,36
	Día 22	22,87	10,45
	Día 24	25,06	11,65
	Día 26	28,42	12,85
	Día 28	31,98	13,65
	Día 30	33,56	14,23
	Día 32	35,15	13,25
% Biodegradabilidad		**35.15**	**13.25**
PROBETA ENSAYADA			

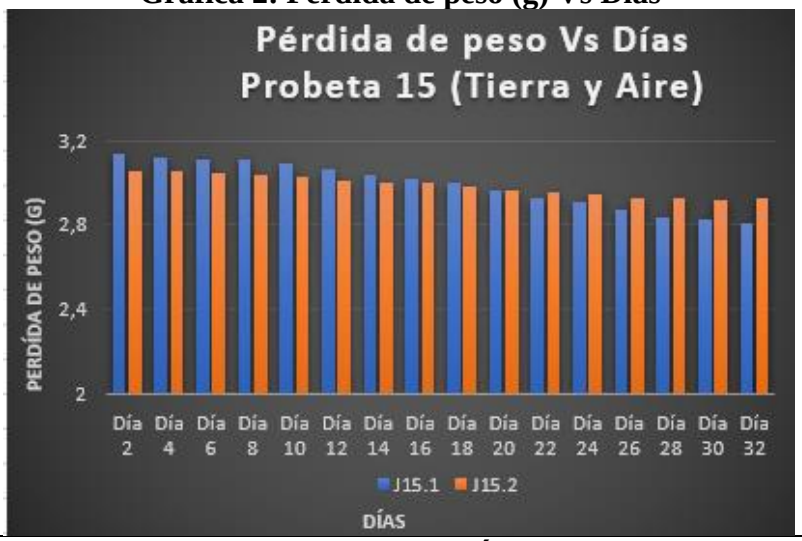
J15.1	
J15.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J15.1	J15.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	35.15	**13.25**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 55. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J16.1, J16.2*

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

Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J16.1	J16.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.33	**Duración del ensayo (días)**	32	

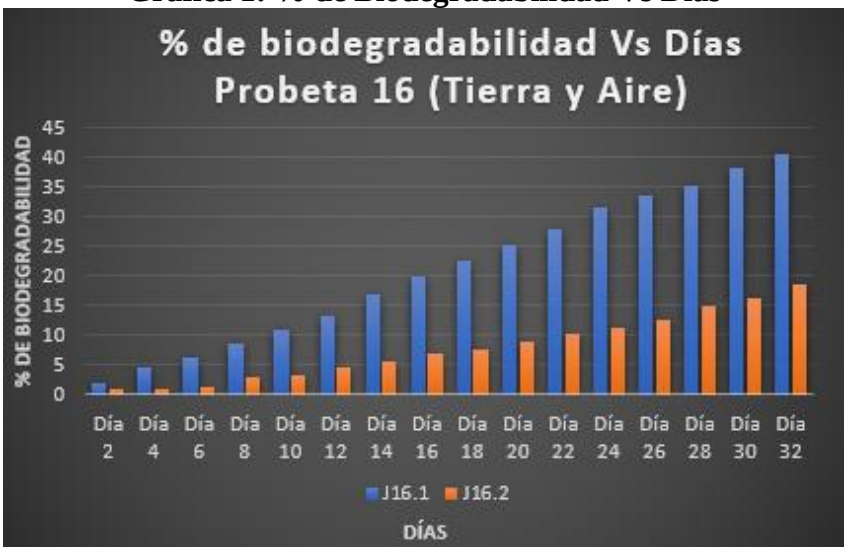
RESULTADOS			
N° Probeta		J16.1	J16.2
Peso inicial (g)		3.014	3.01
Peso final (g)		2.70	2.921
% de biodegradación	**Día 2**	2,01	0,85
	Día 4	4,65	0,86
	Día 6	6,25	1,23
	Día 8	8,56	2,96
	Día 10	10,98	3,21
	Día 12	13,21	4,56
	Día 14	16,98	5,63
	Día 16	19,74	6,87
	Día 18	22,58	7,52
	Día 20	25,36	8,96
	Día 22	28,02	10,25
	Día 24	31,56	11,34
	Día 26	33,42	12,54
	Día 28	35,09	14,83
	Día 30	38,31	16,23
	Día 32	40,65	18,65
% Biodegradabilidad		**40.65**	**18.65**

PROBETA ENSAYADA	
J16.1	

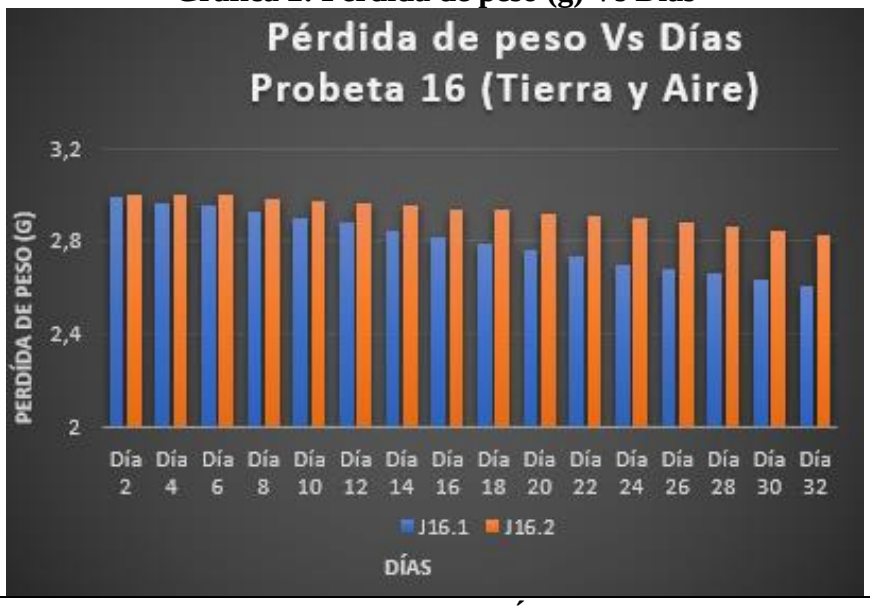
J16.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J16.1	J16.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	40.65	**18.65**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 56. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J17.1, J17.2*

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

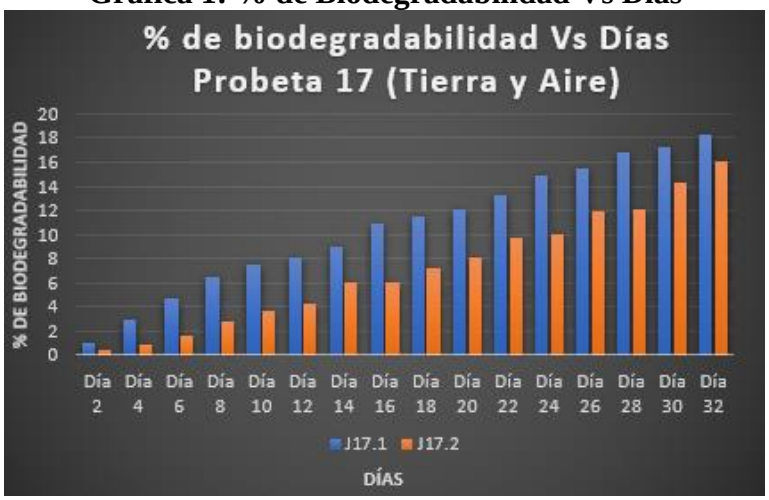
Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J17.1	J17.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.34	**Duración del ensayo (días)**	32	

RESULTADOS			
N° Probeta		J17.1	J17.2
Peso inicial (g)		2.967	3.015
Peso final (g)		2.328	2.792
% de biodegradación	**Día 2**	1,02	0,42
	Día 4	2,89	0,86
	Día 6	4,63	1,56
	Día 8	6,41	2,84
	Día 10	7,52	3,65
	Día 12	8,04	4,21
	Día 14	9,03	5,98
	Día 16	10,84	6,02
	Día 18	11,56	7,23
	Día 20	12,12	8,12
	Día 22	13,3	9,78
	Día 24	14,89	10,05
	Día 26	15,47	11,96
	Día 28	16,85	12,12
	Día 30	17,3	14,28
	Día 32	18,28	16,03
% Biodegradabilidad		**18.28**	**16.03**
PROBETA ENSAYADA			

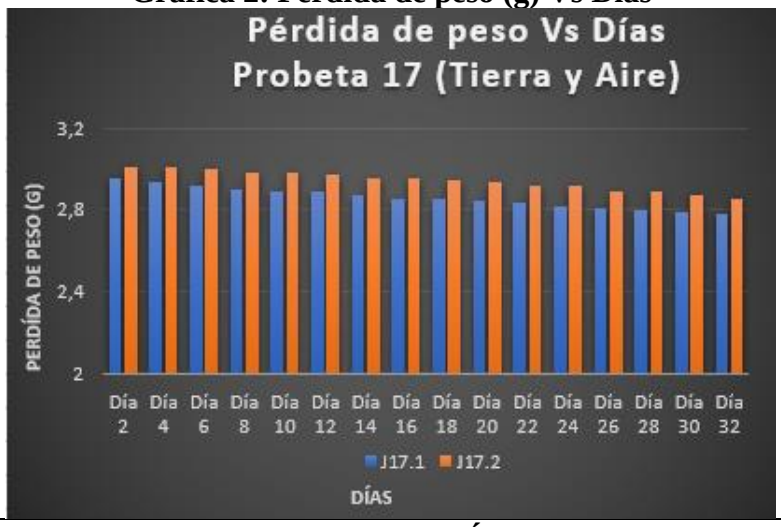
J17.1	
J17.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J17.1	J17.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	18.28	**16.03**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

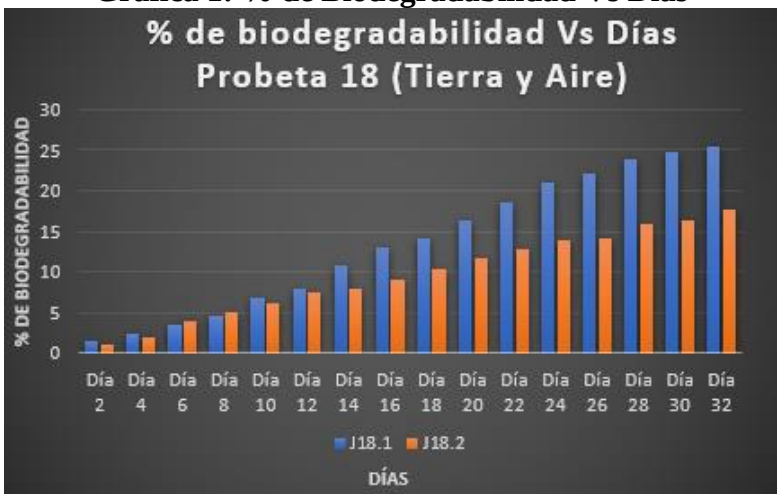
***Tabla 57**. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J18.1, J18.2*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNI CARRERA DE MECÁNICA				
Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J18.1	J18.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.083	**Duración del ensayo (días)**	32	
RESULTADOS				
N° Probeta		J18.1	J18.2	
Peso inicial (g)		2.859	2.97	
Peso final (g)		2.48	2.79	
% de biodegradación	**Día 2**	1,45	1,01	
	Día 4	2,45	2,02	
	Día 6	3,45	4,06	
	Día 8	4,65	5,14	
	Día 10	6,87	6,23	
	Día 12	8,04	7,58	
	Día 14	10,87	8,04	
	Día 16	12,98	9,01	
	Día 18	14,21	10,36	
	Día 20	16,35	11,65	
	Día 22	18,54	12,85	
	Día 24	20,96	13,96	
	Día 26	22,12	14,05	
	Día 28	23,98	15,87	
	Día 30	24,68	16,41	
	Día 32	25,41	17,72	
% Biodegradabilidad		**25.41**	**17.72**	
PROBETA ENSAYADA				

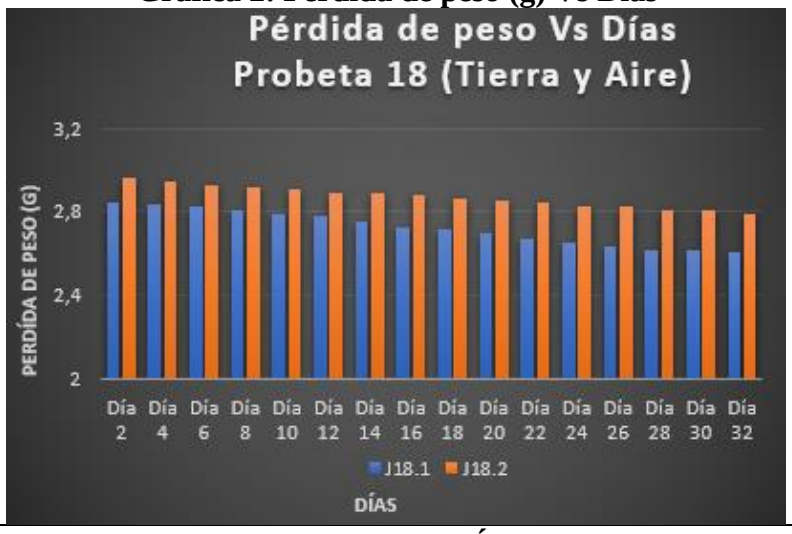
J18.1	
J18.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J18.1	J18.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	25.41	**17.72**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 58. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de biodegradabilidad de las probetas J19.1, J19.2*

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

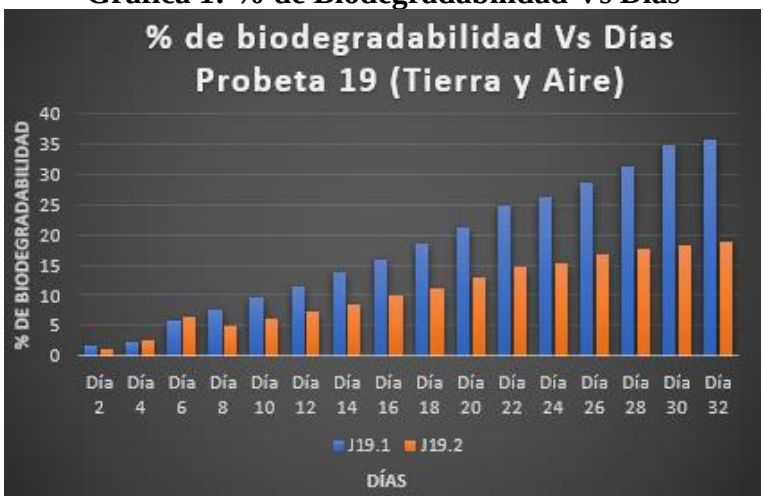
Ficha de recolección de datos				
BIODEGRADABILIDAD INTE ISO 14855-1				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	Tierra	Aire
			J19.1	J19.2
Fecha de ejecución:	11/05/2024	**Equipo:**	Balanza digital	
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	2	
Norma:	INTE ISO 14855-1	**Dimensiones (mm):**	40X40	
Espesor promedio:	1.52	**Duración del ensayo (días)**	32	

RESULTADOS			
N° Probeta		J19.1	J19.2
Peso inicial (g)		3.06	2.99
Peso final (g)		2.65	2.79
% de biodegradación	**Día 2**	1,73	1,22
	Día 4	2,45	2,65
	Día 6	5,98	6,58
	Día 8	7,69	4,99
	Día 10	9,56	6,05
	Día 12	11,36	7,23
	Día 14	13,78	8,52
	Día 16	15,98	10,03
	Día 18	18,65	11,23
	Día 20	21,35	12,85
	Día 22	24,69	14,85
	Día 24	26,32	15,32
	Día 26	28,75	16,69
	Día 28	31,35	17,54
	Día 30	34,82	18,16
	Día 32	35,82	18,92
% Biodegradabilidad		**35.82**	**18.92**
PROBETA ENSAYADA			

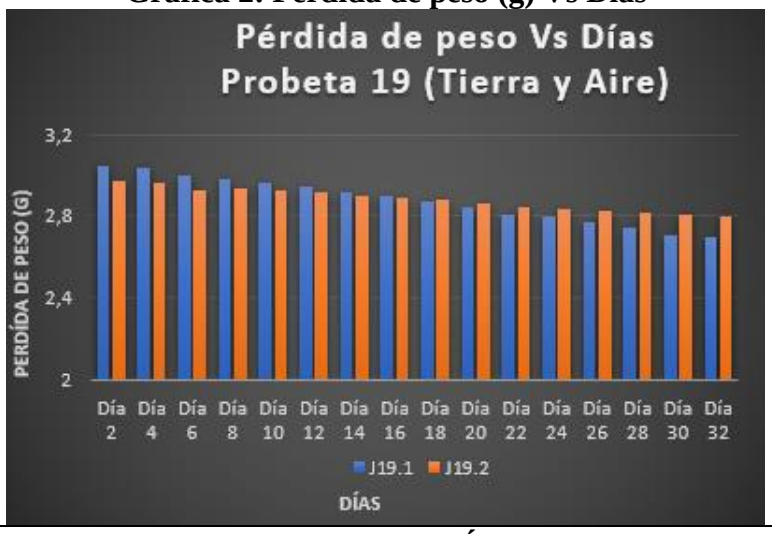
J19.1	
J19.2	

GRÁFICAS

Gráfica 1: % de Biodegradabilidad Vs Días



Gráfica 2: Pérdida de peso (g) Vs Días



OBSERVACIÓN

Valores promedios			**Aprobación y validación**	
% Biodegradabilidad	J19.1	J19.2	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
			Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
	35.82	**18.92**	**Aprobado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
			Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

3.1.6. Análisis del ensayo de impacto

Tabla 59. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de impacto de la probeta J1*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
IMAPACTO_ASTM D5628-96			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J1
Fecha de ejecución:	6/06/2024	**Equipo:**	Máquina de Impacto
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D5628-96	**Dimensiones (mm):**	58*58*e
Geometría del dardo	FE	**Masa del dardo**	0.232 kg
Espesor promedio:	0.83	**Diámetro del dardo**	20 mm

RESULTADOS

N° probetas	**Altura (mm)**	**Peso del dardo (Kg)**	**Coficiente**	**Resistencia al impacto (J)**	**Tipo de Falla**
J1-01	100	0.232	9.80665E-03	0.2278 J	B
J1-02	50	0.232	9.80665E-03	0.114 J	B
J1-03	25	0.232	9.80665E-03	0.057 J	B

FOTOGRAFÁS DEL ENSAYO

Probeta	**Peso del dardo (Kg)**	**Peso adicional (Kg)**	**Piezas adiconales**	**Tipo de falla**	**Fotografía**
J1-01	**0.235**	**0**	**0**	**B:** Grietas que penetran todo el espesor	
J1-02	**0.235**	**0**	**0**	**B:** Grietas que penetran todo el espesor	
J1-03	**0.235**	**0**	**0**	**B:** Grietas que penetran todo el espesor	

OBSERVACIÓN

En todas las probetas analisadas solo soportaron el peso del dardo, además que al momento de que la máquina de impacto al sujetar a presión se queda marcado el círculo donde transita el dardo.

Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Resistencia al impacto	0.13J	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth

Altura	5.83 cm	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
		Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 60. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de impacto de la probeta J2.*

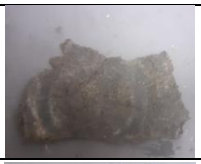
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
IMAPACTO_ASTM D5628-96			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J2
Fecha de ejecución:	6/06/2024	**Equipo:**	Máquina de Impacto
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D5628-96	**Dimensiones (mm):**	58*58*e
Geometría del dardo	FE	**Masa del dardo**	0.232 kg
Espesor promedio:	1.03	**Diámetro del dardo**	20 mm

RESULTADOS

N° probetas	**Altura (mm)**	**Peso del dardo (Kg)**	**Coficiente**	**Resistencia al impacto (J)**	**Tipo de Falla**
J2-01	75	0.232	9.80665E-03	0.171 J	B
J2-02	50	0.232	9.80665E-03	0.114 J	B
J2-03	25	0.232	9.80665E-03	0.057 J	B

FOTOGRAFÁS DEL ENSAYO

Probeta	**Peso del dardo (Kg)**	**Peso adicional (Kg)**	**Piezas adiconales**	**Tipo de falla**	**Fotografía**
J2-01	**0.235**	**0**	**0**	**B:** Grietas que penetran todo el espesor	
J2-02	**0.235**	**0**	**0**	**B:** Grietas que penetran todo el espesor	
J2-03	**0.235**	**0**	**0**	**B:** Grietas que penetran todo el espesor	

OBSERVACIÓN

En todas las probetas analisadas solo soportaron el peso del dardo, además que al momento de que la máquina de impacto al sujetar a presión se queda marcado el círculo donde transita el dardo.			
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Resistencia al impacto	0.114J	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
Altura	7.5 cm	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
		Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

***Tabla 61**. Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de impacto de la probeta J3*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

Ficha de recolección de datos			
IMAPACTO_ASTM D5628-96			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J3
Fecha de ejecución:	6/06/2024	**Equipo:**	Máquina de Impacto
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	3
Norma:	ASTM D5628-96	**Dimensiones (mm):**	58*58*e
Geometría del dardo	FE	**Masa del dardo**	0.232 kg
Espesor promedio:	0.997	**Diámetro del dardo**	20 mm

RESULTADOS

N° probetas	**Altura (mm)**	**Peso del dardo (Kg)**	**Coficiente**	**Resistencia al impacto (J)**	**Tipo de Falla**
J3-01	40	0.232	9.80665E-03	0.091 J	B
J3-02	30	0.232	9.80665E-03	0.068 J	B
J3-03	20	0.232	9.80665E-03	0.05 J	B

FOTOGRAFÁS DEL ENSAYO

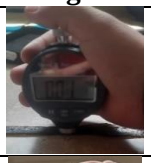
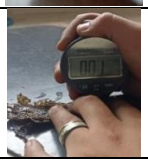
Probeta	**Peso del dardo (Kg)**	**Peso adicional (Kg)**	**Piezas adiconales**	**Tipo de falla**	**Fotografía**
J3-01	**0.235**	**0**	**0**	**B:** Grietas que penetran todo el espesor	
J3-02	**0.235**	**0**	**0**	**B:** Grietas que penetran todo el espesor	

J3-03	**0.235**	**0**	**0**	**B:** Grietas que penetran todo el espesor	

OBSERVACIÓN			
En todas las probetas analisadas solo soportaron el peso del dardo, además que al momento de que la máquina de impacto al sujetar a presión se queda marcado el círculo donde transita el dardo.			
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Resistencia al impacto	0.07J	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
Altura	4.5 cm	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
		Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

3.1.7. Análisis del ensayo de dureza

Tabla 62. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de dureza de la probeta J1*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA			
Ficha de recolección de datos			
DUREZA_ASTM D2240			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J1
Fecha de ejecución:	6/06/2024	**Equipo:**	Durometro Shore D
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	1
Norma:	ASTM D2240	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	0.83		
RESULTADOS			
N° de ensayos	**Dureza en HD**	**Fotografia**	
J1-01	1 HD		
J1-02	1 HD		

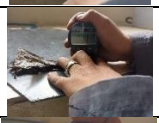
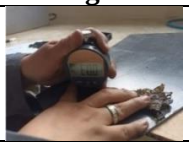
J1-03	1.5 HD		
J1-04	1HD		
J1-05	1.5 HD		
Promedio	1 HD		
OBSERVACIÓN			
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Dureza promedio	1 HD	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
		Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
		Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 63. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de dureza de la probeta J2*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO **FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA** **CARRERA DE MECÁNICA**			
Ficha de recolección de datos			
DUREZA_ASTM D2240			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J2-01
Fecha de ejecución:	6/06/2024	**Equipo:**	Durometro Shore D
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	1
Norma:	ASTM D2240	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	1.03		
RESULTADOS			
N° de ensayos	**Dureza en HD**	**Fotografia**	
J2-01	3 HD		

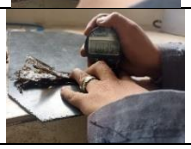
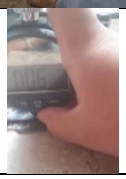
J2-02	3 HD		
J2-03	3 HD		
J2-04	3.5 HD		
J2-05	3.5 HD		
Promedio	3.20 HD		
OBSERVACIÓN			
Valores promedios		**Aprobación y validación**	
Dureza promedio	3.10 HD	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
		Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
		Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

Tabla 64. *Ficha técnica del biopolímero en el ensayo de dureza de la probeta J3*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA			
Ficha de recolección de datos			
DUREZA_ASTM D2240			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de estudio:	Experimental	**Codificación:**	J3
Fecha de ejecución:	6/06/2024	**Equipo:**	Durometro Shore D
Realizado por:	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth	**Revisado por:**	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato – Laboratorio de Innovación y Desarrollo, Área de ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Meánica - Ambato-Ecuador		
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Material:	Bioplástico	**Número de probetas:**	1
Norma:	ASTM D2240	**Dimensiones (mm):**	165*19*e
Espesor promedio:	0.997		
RESULTADOS			

N° de ensayos	Dureza en HD	Fotografia
J3-01	4.5 HD	
J3-02	5.5 HD	
J3-03	4.5 HD	
J3-04	6.5 HD	
J3-05	6 HD	
Promedio	5.4 HD	
OBSERVACIÓN		

Valores promedios		Aprobación y validación	
Dureza promedio	5.40 HD	**Elaborado por:**	Guallichico Acurio Johanna Elizabeth
		Revisado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
		Aprobado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.
		Validado por:	Ing. Juan Paredes Salinas, PhD.

3.2. Análisis y discusión de los resultados

3.2.1. Resultados generales de las pruebas mecánicas tracción

En la **Tabla 65,** se detallan los resultados de las propiedades mecánicas a tracción bajo el diseño de mezclas DOE.

Tabla 65*. Propiedades generales mecánicas de los ensayos a tracción*

Caso		Resultados ensayos a tracción					
		Esfuerzo máximo (MPa)	**Módulo elástico (MPa)**	**Elongación (%)**	**Esfuerzo promedio (MPa)**	**Módulo promedio (MPa)**	**Elongación promedio (%)**
1	J1-01	0,21	3,22	0,16	0,19333333	4,17	0,06
	J1-02	0,23	4,20	0,02			
	J1-03	0,14	5,09	0			

Resultados ensayos a tracción							
Caso		**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Módulo elástico (MPa)**	**Elongación (%)**	**Esfuerzo promedio (MPa)**	**Módulo promedio (MPa)**	**Elongación promedio (%)**
2	J2-01	0,22	5,47	0	0,20333333	6,39	0,753
	J2-02	0,23	7,88	1,42			
	J2-03	0,16	5,82	0,84			
3	J3-01	0,35	5,64	0,32	0,31666667	6,70	0,54
	J3-02	0,3	6,65	0,34			
	J3-03	0,3	7,81	0,96			
4	J4-01	0,38	6,27	0,16	0,35666667	6,87	0,3467
	J4-02	0,51	7,75	0,24			
	J4-03	0,18	6,58	0,64			
5	J5-01	0,34	10,49	0,24	0,39333333	10,28	0,46667
	J5-02	0,44	8,37	0,92			
	J5-03	0,4	11,98	0,24			
6	J6-01	0,14	7,43	1,92	0,21333333	7,16	0,7933
	J6-02	0,19	5,86	0,22			
	J6-03	0,31	8,18	0,24			
7	J7-01	0,54	11,67	0,2	0,40333333	8,04	0,06667
	J7-02	0,26	7,15	0			
	J7-03	0,41	5,30	0			
8	J8-01	0,38	6,40	1,26	0,67333333	9,58	0,7
	J8-02	0,8	12,92	0,4			
	J8-03	0,84	9,42	0,44			
9	J9-01	0,17	5,52	0	0,26666667	6,81	0,18
	J9-02	0,28	6,16	0,32			
	J9-03	0,35	8,74	0,22			
10	J10-01	0,49	8,00	0,84	0,36666667	7,03	0,78
	J10-02	0,22	6,63	0,68			
	J10-03	0,39	6,45	0,82			
11	J11-01	0,12	1,07	1,7	0,12333333	1,44	1,76
	J11-02	0,13	1,61	2,42			
	J10-03	0,12	1,64	1,16			
12	J12-01	0,15	1,41	0,66	0,15333333	1,31	1,1733
	J12-02	0,15	1,20	0,28			
	J12-03	0,16	1,33	2,58			
13	J13-01	0,06	0,67	4,36	0,047	0,43	4,1133
	J13-02	0,039	0,33	1,46			
	J13-03	0,042	0,30	6,52			
14	J14-01	0,251	3,35	3,8	0,30466667	3,90	3,21333
	J14-02	0,329	3,71	2,16			
	J14-03	0,334	4,64	3,68			
15	J15-01	0,195	4,13	1,76	0,37133333	4,87	1,72
	J15-02	0,695	7,41	1,6			
	J15-03	0,224	3,06	1,8			
16	J16-01	0,118	2,20	2,88	0,188	2,79	2,946667

Resultados ensayos a tracción							
Caso		**Esfuerzo máximo (MPa)**	**Módulo elástico (MPa)**	**Elongación (%)**	**Esfuerzo promedio (MPa)**	**Módulo promedio (MPa)**	**Elongación promedio (%)**
	J16-02	0,221	2,69	2,04			
	J16-03	0,225	3,47	3,92			
17	J17-01	0,209	2,14	1,74	0,14666667	1,66	2,26
	J17-02	0,119	1,31	2,4			
	J17-03	0,112	1,54	2,64			
18	J18-01	0,046	0,44	2,22	0,05833333	0,56	2,31333
	J18-02	0,055	0,62	3,66			
	J18-03	0,074	0,63	1,06			
19	J19-01	0,079	0,95	1,68	0,06266667	0,54	2,466667
	J19-02	0,074	0,43	3,94			
	J19-03	0,035	0,24	1,78			
				Promedio	0,2548421	4,76401	1,4028

Con los resultados principales de los ensayos a tracción del biopolímero se obtuvo un Esfuerzo Máximo de 0.255 MPa, un Módulo de elasticidad de 4.76 MPa y un Porcentaje de elongación de 1.40. En la **Tabla 66.,** se representan los valores promedios finales obtenidos donde se puede observar la variación de resultados dependiendo el caso predispuesto por el diseño de MEZCLAS DOE.

Tabla 66*. Resultados promedios de ensayos a tracción del biopolímero.*

Propiedades mecánicas	**Biopolímero**
Esfuerzo Máx. a la tracción (MPa)	0.255
Módulo de elasticidad (MPa)	4.76
Elongación (%)	1.40

En la **Tabla 67**, se presenta los resultados de tracción de cuatro fundas plástica comercial.

Tabla 67. *Resultados de pruebas de tracción de fundas comerciales.*

	Caso	Esfuerzo máximo (MPa)	Módulo elástico (MPa)	Elongación (%)	Esfuerzo promedio (MPa)	Módulo promedio (MPa)	Elongación promedio (%)
Probeta Externa (Comercial Ecuaplastic)	J20-01	14,15	164,90	83,02	14,95	132,67	85,953
	J20-02	15,91	101,30	113,32			
	J20-03	14,79	131,80	61,52			
Probeta Externa (Comercial IPOJAR)	N20-01	6,29	27,68	74,00	7,053	37,383	77,1467
	N20-02	7,82	50,87	89,48			
	N20-03	7,05	33,60	67,96			
	M20-01	6,82	23,50	54,20	6,9943	22,22	53,7

	Caso	Esfuerzo máximo (MPa)	Módulo elástico (MPa)	Elongación (%)	Esfuerzo promedio (MPa)	Módulo promedio (MPa)	Elongación promedio (%)
Probeta Externa (Comercial Flexiplast)	M20-02	7,07	21,07	56,94			
	M20-03	7,09	22,09	49,96			
Probeta Externa (Comercial Paraíso)	F20-01	6,64	23,52	108,48	6,4693	29,133	90,46
	F20-02	6,10	38,72	69,32			
	F20-03	6,67	25,16	93,58			

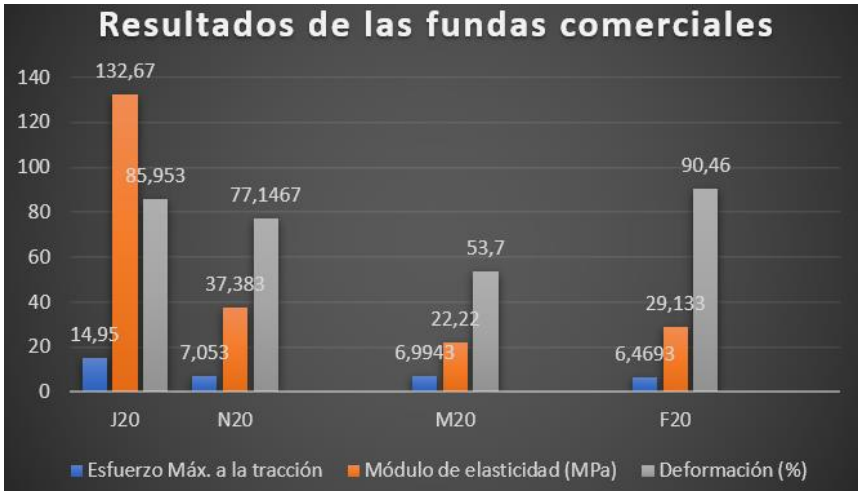


Figura 19. *Resultados de las fundas comerciales.*

3.2.3.2. Comparación de resultados pruebas de tracción

En la **Tabla 68**, se realizó una comparación de resultados entre los casos escogidos como los mejores de todas las combinaciones del método, se seleccionó el caso J8, J5 y J4, por sus mejores propiedades mecánicas.

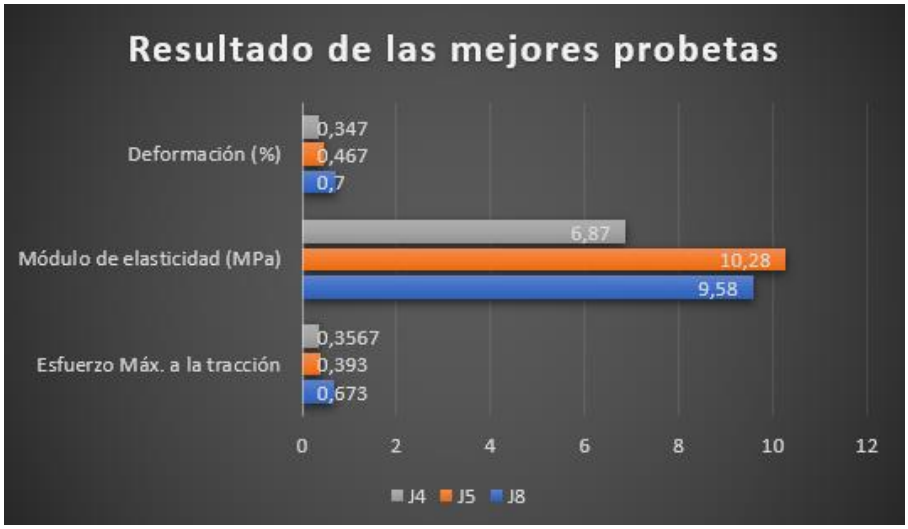


Figura 20. *Resultados de las mejores probetas experimentales J8, J5 y J4.*

Tabla 68. *Comparación de los resultados de pruebas de tracción.*

	Caso	Esfuerzo Máx. a la tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación (%)
Probeta Experimental	J8	0.673	9.58	0.7
	J5	0.393	10.28	0.467
	J4	0.3567	6.87	0.347
Probeta Ecuaplastic	J20	14,95	132,67	85,953
Probeta IPOJAR	N20	7,053	37,383	77,1467
Probeta Flexiplast	M20	6,9943	22,22	53,7
Probeta Paraíso	F20	6,4693	29,133	90,46

En la **Figura 21.** se muestra el comportamiento de las propiedades mecánicas del biopolímero a base del almidón del camote y celulosa de brócoli del caso J8 a comparación de funda plástica comercial Flexiplast.

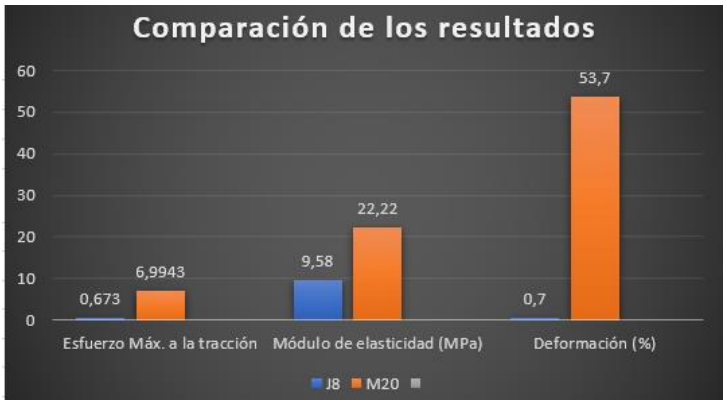


Figura 21*. Comparación de resultados probetas J8 y M20.*

Como se observó en la **Figura 21**, los valores obtenidos del trabajo experimental son irrelevantes a comparación de las fundas comerciales.

3.2.3. Resultados generales de las pruebas mecánicas Impacto

En la **Tabla 69. s**e detallan los resultados promedios de las propiedades mecánicas de impacto, teniendo en cuenta las tres probetas con mayor absorción de energía dependiendo de una altura considera.

Tabla 69. *Resultados de los ensayos de impacto.*

Caso	Resistencia al impacto (J)	Altura (mm)
J8	0,13	58,3
J5	0,114	75
J4	0,07	45

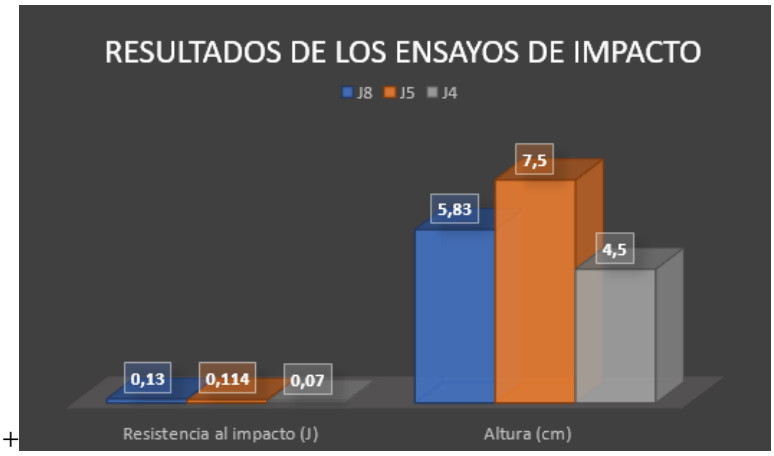


Figura 22. *Resultados de los ensayos de impacto de J8, J5 y J4.*

De las tres probetas mejores comportadas mecánicamente el caso J8, obtuvo que en una altura promedio de 5.83 cm una absorción de energía de 0.13 J.

3.2.4. Resultados generales de las pruebas mecánicas Dureza

En la **Tabla 70. s**e detallan los resultados promedios de las propiedades mecánicas de dureza, teniendo en cuenta las tres probetas con mayor dureza.

Tabla 70*. Resultados promedios de los ensayos de dureza de las probetas J8, J5 y J4.*

Caso	Dureza (HD)
J8	1
J5	3,2
J4	5,4



Figura 23. *Resultados promedios de los ensayos de dureza de J8, J5 y J4.*

De las tres probetas mejores comportadas mecánicamente el caso J4, obtuvo que en una dureza promedio de 5.4 HD.

3.2.5. Resultados generales de las pruebas mecánicas Biodegradabilidad

En la **Tabla 71. s**e detallan los resultados de los ensayos a biodegradabilidad, para esto utilizamos el % de biodegradabilidad promedio de cada caso.

Tabla 71*. Resultados de los ensayos de biodegradabilidad de todos los 19 casos.*

	Caso	Tierra	Agua
% de Biodegradabilidad	J1	24,31	16,22
	J2	35,46	18,73
	J3	28,45	13,56
	J4	37,54	12,84
	J5	44,25	14,16
	J6	21,14	18,23
	J7	36,84	16,59
	J8	32,45	15,25
	J9	24,26	17,65
	J10	25,41	11,56
	J11	18,26	12,54
	J12	20,35	15,69
	J13	31,48	17,54
	J14	26,47	15,48
	J15	35,15	13,25
	J16	40,65	18,65
	J17	18,28	16,03
	J18	25,41	17,72
	J19	35,82	18,92

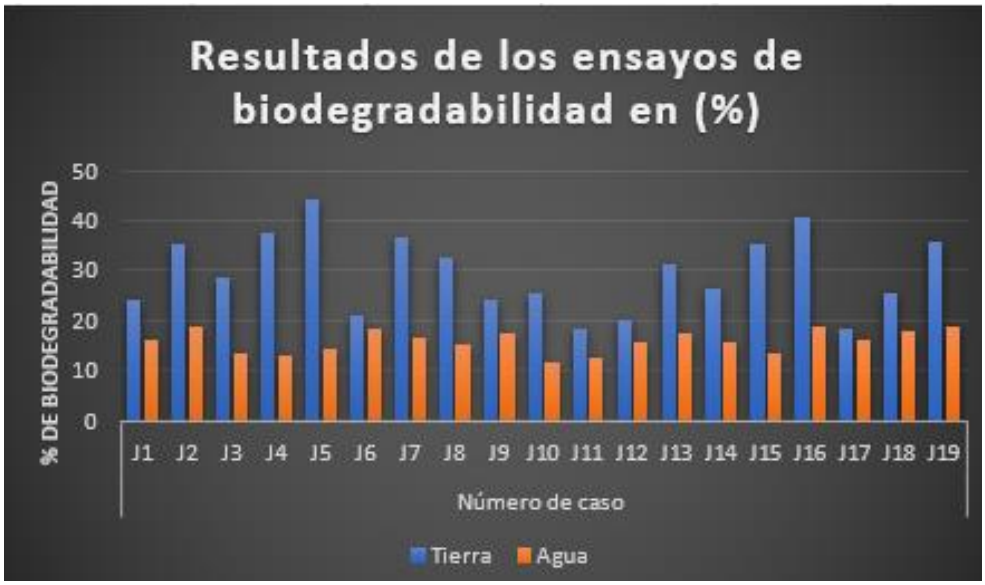


***Figura 24**. Resultados de los ensayos de biodegradabilidad de los 19 casos.*

De los 19 casos por el método DOE, el caso J5 en el tiempo de 32 días obtuvo un 44.25% de biodegradabilidad en ambiente tierra y el caso J19 en el tiempo de 32 días obtuvo un 18.92 % de biodegradabilidad en ambiente aire.

3.2.6. Análisis Mezclas

La regresión para mezclas nos detalla sobre los valores de p y el R^2, los cuales tienen una relación en la cual cuando la regresión está oscilando por los 0.5 el valor de p baja, pero eso no quiere decir que si el valor p es bajo es malo, es, al contrario.

Análisis de varianza para Esfuerzo máximo

***Tabla 72**. Análisis de varianza para el esfuerzo máximo*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor p
Regresión	9	0,38251	0,382	0,043	1,26	0,285
Lineal	3	0,03504	0,032	0,0108	0,32	0,810
Cuadrático	6	0,34747	0,348	0,0579	1,71	0.139
Almidón del camote*Celulosa de brócoli	1	0,06040	0,076	0,0764	2,26	0.140
Almidón del camote*Ácido Acético	1	0,00005	0,00065	0,000654	0,02	0.890
Almidón del camote*Glicerina	1	0,05441	0,05107	0,051073	1,51	0,225
Celulosa de brócoli*Ácido Acético	1	0,22943	0,23183	0,231833	6,86	0.012
Celulosa de brócoli*Glicerina	1	0,00089	0,00102	0,001015	0,03	0.863
Ácido Acético*Glicerina	1	0,00229	0,00229	0,002291	0,07	0.796
Error residual	47	1,58937	1,58937	0,033816		
Falta de ajuste	9	0,14078	0,14078	0,015642	0,41	0.922
Error puro	38	1,44859	1,44859	0,038121		
Total	56	1,97188				

- La interacción entre Almidón de camote y celulosa de brócoli es significativa (valor-p = 0.140), lo cual sugiere que la relación entre estas dos variables afecta al esfuerzo máximo.
- El modelo de regresión explica un 28.5% de la varianza del Esfuerzo máximo (valor-p = 0.285), lo cual sugiere que el modelo no es significativo.
- La interacción entre Celulosa de brócoli y Ácido acético es significativa (valor-p = 0.012), lo cual indica que esta interacción es significativa en el modelo.
- La falta de ajuste del modelo no es significativa (valor-p = 0.922), lo que sugiere que el modelo se ajusta bien a los datos.
- Los parámetros controlados en el diseño de mesclas R^2 es de 19.40%, el restante que seria 80.60% son otras variables no controladas para el esfuerzo máximo.

En la siguiente **Figura 25.** trata de la interpretación de la Gráfica de probabilidad normal vs ajustes y Residuo vs Orden de observación.

- La gráfica de probabilidad normal sugiere que los datos se aproximan a una distribución normal, aunque no es necesario que sea una línea recta perfecta. El análisis de varianza es robusto a pequeñas y moderadas desviaciones de la normalidad, como las que se observan en este caso.
- El valor-p en la gráfica de probabilidad normal es superior a 0,05, lo que confirma que se cumple el supuesto de normalidad.
- El histograma de los datos no muestra evidencia de asimetría o valores atípicos, lo que refuerza la idea de normalidad.
- La gráfica de valores ajustados contra residuos muestra que los residuos se distribuyen aleatoriamente alrededor de la línea horizontal, sin ningún patrón discernible. Esto indica que se cumple el supuesto de independencia de los errores.
- La gráfica de orden de observación contra residuos no muestra una tendencia hacia arriba o hacia abajo del eje cero, lo que confirma que los errores no están correlacionados.
- Debemos tener en cuenta que el ajuste es el promedio y los residuos son las diferencias de media de cada caso en global.

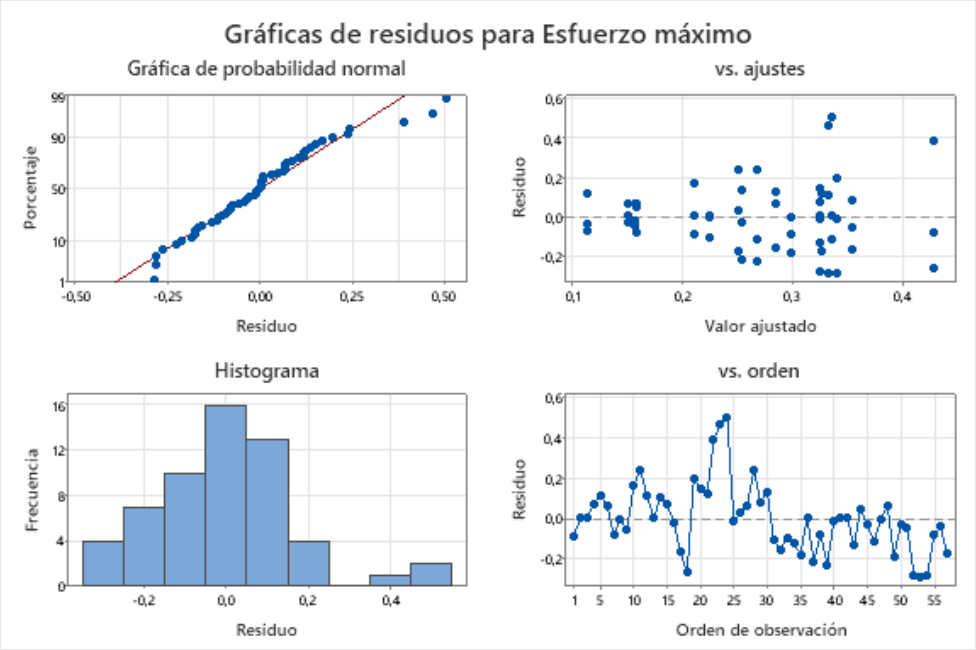


Figura 25. *Análisis de residuos para el esfuerzo máximo.*

La **Figura26.** muestra un mapa de contorno de la fuerza máxima de una mezcla de cuatro componentes: almidón de camote, celulosa de brócoli, ácido acético y glicerina. Las gráficas muestran la fuerza máxima en función de las proporciones relativas de dos de los componentes, manteniendo constantes las otras dos. Las diferentes regiones de color representan diferentes rangos de fuerza máxima, la cual aumenta a medida que aumenta la proporción de celulosa y ácido acético. Sin embargo, la fuerza máxima es más variable en el caso de mezclas que contienen glicerina, lo que sugiere que la presencia de glicerina puede tener un impacto significativo en la fuerza de la mezcla.

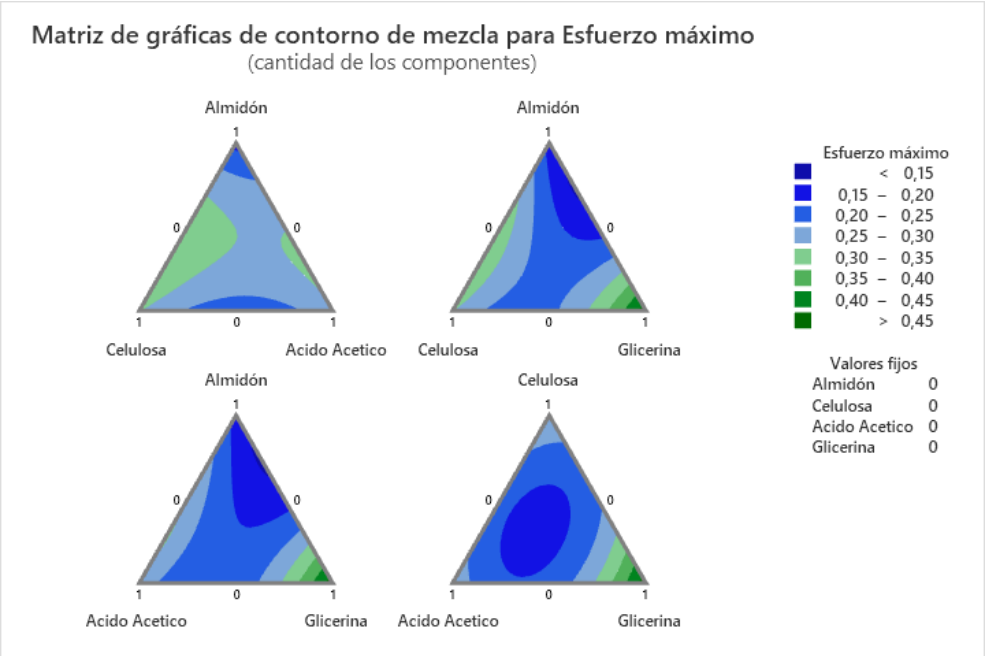


Figura 26. *Gráfica de contorno de mezclas para esfuerzo máximo*

En la **Figura 27.** Las gráficas indican que la fuerza máxima de la mezcla es más alta cuando se aumenta la proporción de celulosa y ácido acético. La presencia de glicerina parece tener un impacto más variable en la fuerza de la mezcla se visualiza cómo la proporción de cada componente afecta a la fuerza máxima de la mezcla. Esto podría ser útil para optimizar la mezcla para obtener la fuerza máxima deseada.

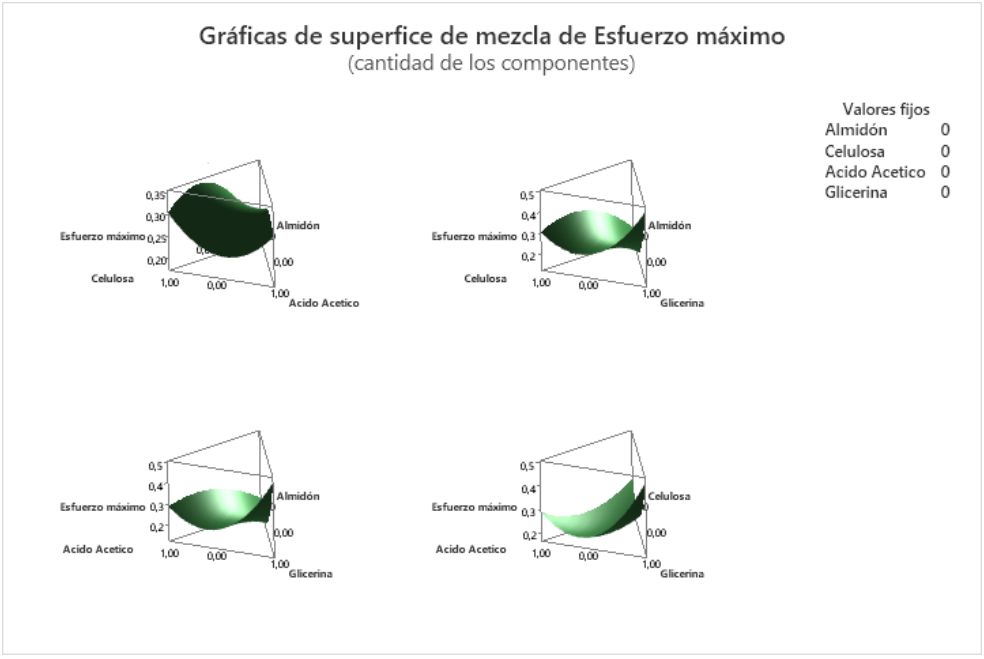


Figura 27*. Gráfica de superficie de mezclas para esfuerzo máximo.*

En la **Figura 28.** muestra el efecto de la variación de la proporción de los diferentes componentes de la mezcla sobre el esfuerzo máximo que puede soportar, a continuación que significa cada curva:

- Al aumentar la cantidad de almidón de camote en la mezcla, el esfuerzo máximo aumenta hasta llegar al punto óptimo y después empieza a disminuir ligeramente.
- El esfuerzo disminuye linealmente a medida que aumenta la proporción de la celulosa en la mezcla.
- Representa la disminución del esfuerzo máximo a medida que se proporciona más el ácido acético en la mezcla.
- Muestra una disminución del esfuerzo máximo a medida que se aumenta la glicerina.

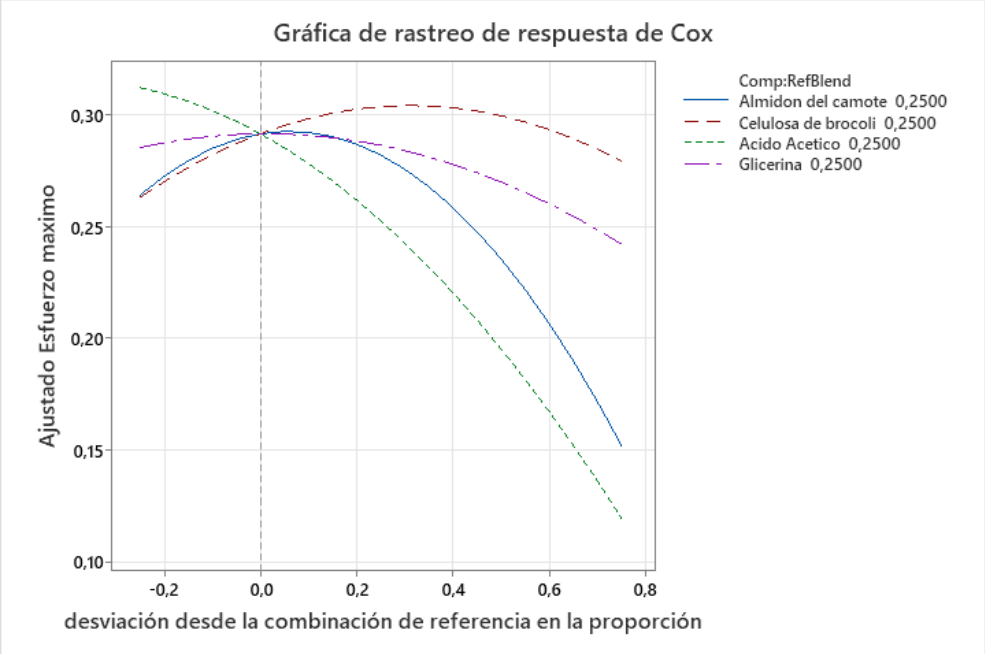


Figura 28. *Gráfica de rastreo de respuesta para Esfuerzo máximo.*

Análisis de varianza para Módulo elástico

Tabla 73. *Análisis de varianza para el módulo elástico*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Regresión	9	86,495	86,495	9,6106	1,05	0,413
Lineal	3	15,772	10,076	3,3588	0,37	0,776
Cuadrático	6	70,723	70,723	11,7871	1,29	0,279
Almidón del camote*Celulosa de brócoli	1	18,901	21,707	21,7072	2,38	0,130
Almidón del camote*Ácido Acético	1	0,016	0,277	0,2771	0,03	0,862

Almidón del camote*Glicerina	1	0,889	0,687	0,6873	0,08	0,785
Celulosa de brócoli*Ácido Acético	1	49,807	50,152	50,1520	5,50	0,023
Celulosa de brócoli*Glicerina	1	0,039	0,022	0,0224	0,00	0,961
Ácido Acético*Glicerina	1	1,071	1,071	1,0712	0,12	0,733
Error residual	47	428,544	428,544	9,1180		
Falta de ajuste	9	56,923	56,923	6,3248	0,65	0,750
Error puro	38	371,621	371,621	9,7795		
Total	56	515,039				

- Los parámetros controlados en el diseño de mesclas es R^2 de 16.79%, el restante que seria 83.29% son otras variables no controladas para el módulo elástico
- La interacción entre "Celulosa de brócoli" y "Ácido Acético" es significativa (valor p = 0.023).
- La interacción entre "Almidón del camote" y "Ácido Acético" no es significativa (valor p = 0.862).
- La falta de ajuste del modelo no es significativa (valor p = 0.750), lo que indica que el modelo se ajusta bien a los datos.

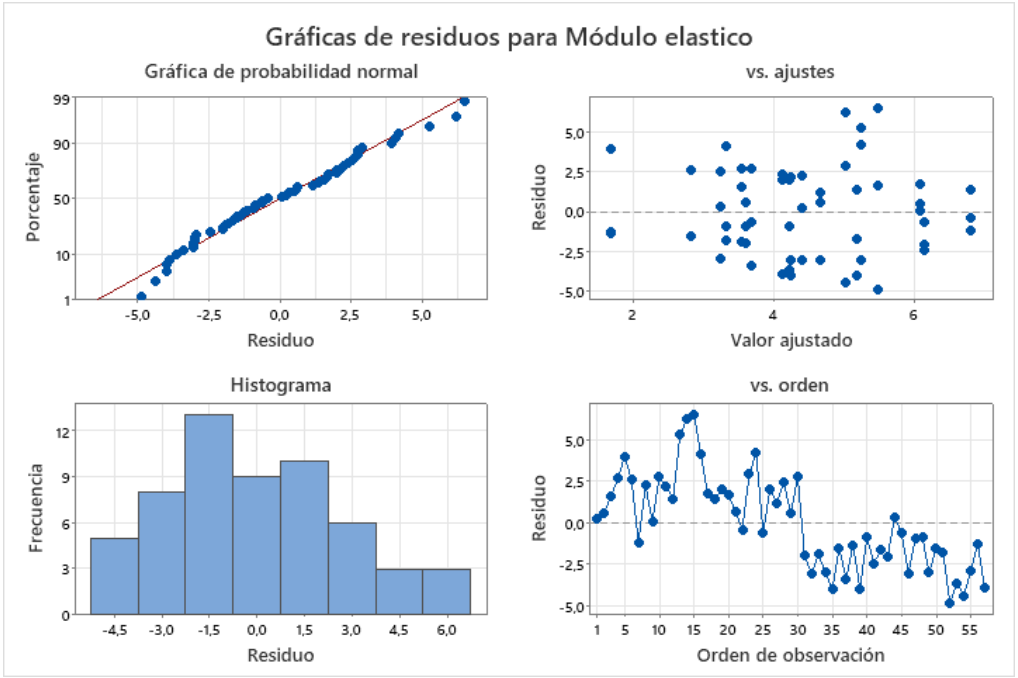


***Figura 29**. Análisis de residuos para el módulo elástico.*

En la **Figura 30.** Las gráficas muestran el módulo elástico de una mezcla de cuatro componentes: almidón de camote, celulosa de brócoli, ácido acético y glicerina donde se visualiza cómo la proporción de cada componente afecta al módulo elástico de la mezcla.

- Las zonas de mayor módulo elástico se encuentran en áreas donde la concentración de celulosa es alta, especialmente cuando se combina con ácido acético.

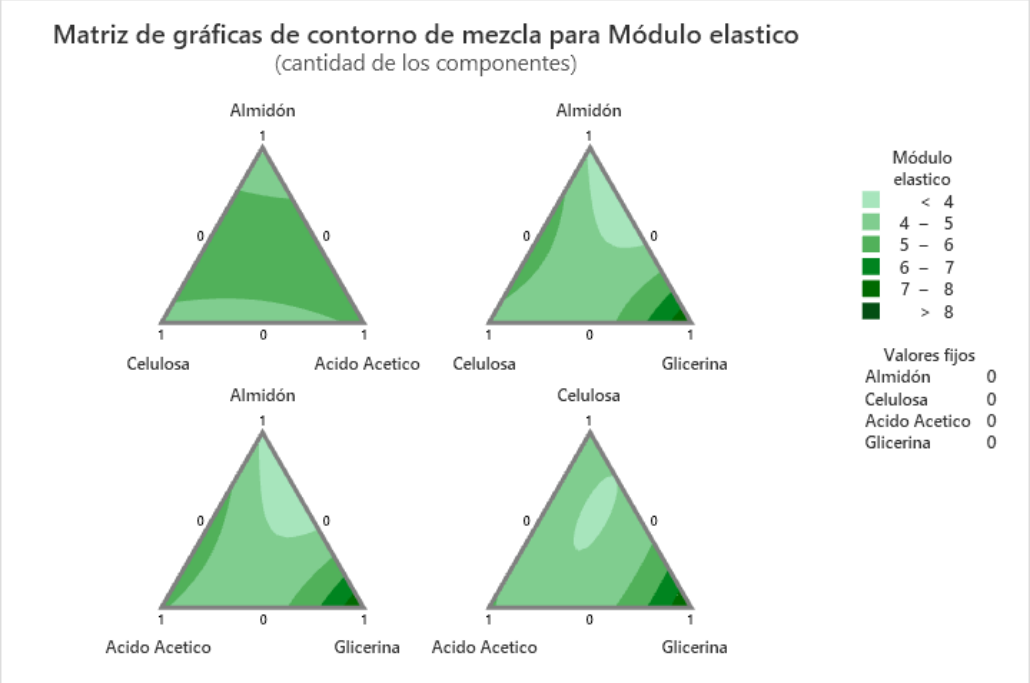


***Figura 30**. Gráfica de contorno de mezclas para módulo elástico.*

En la **Figura 31.** Las gráficas representan:

- En las gráficas donde se varía la proporción de ácido acético (primera y tercera), se observa que el módulo elástico aumenta a medida que la proporción de ácido acético aumenta.
- La segunda gráfica muestra que el módulo elástico aumenta con la proporción de celulosa. Sin embargo, la relación no es tan pronunciada como en las otras gráficas, lo que podría indicar que la celulosa tiene una menor influencia en la rigidez que el ácido acético.
- En las gráficas donde se varían las proporciones de almidón y glicerina (segunda y cuarta), indican que estos componentes tienen una menor influencia en la rigidez de la mezcla.

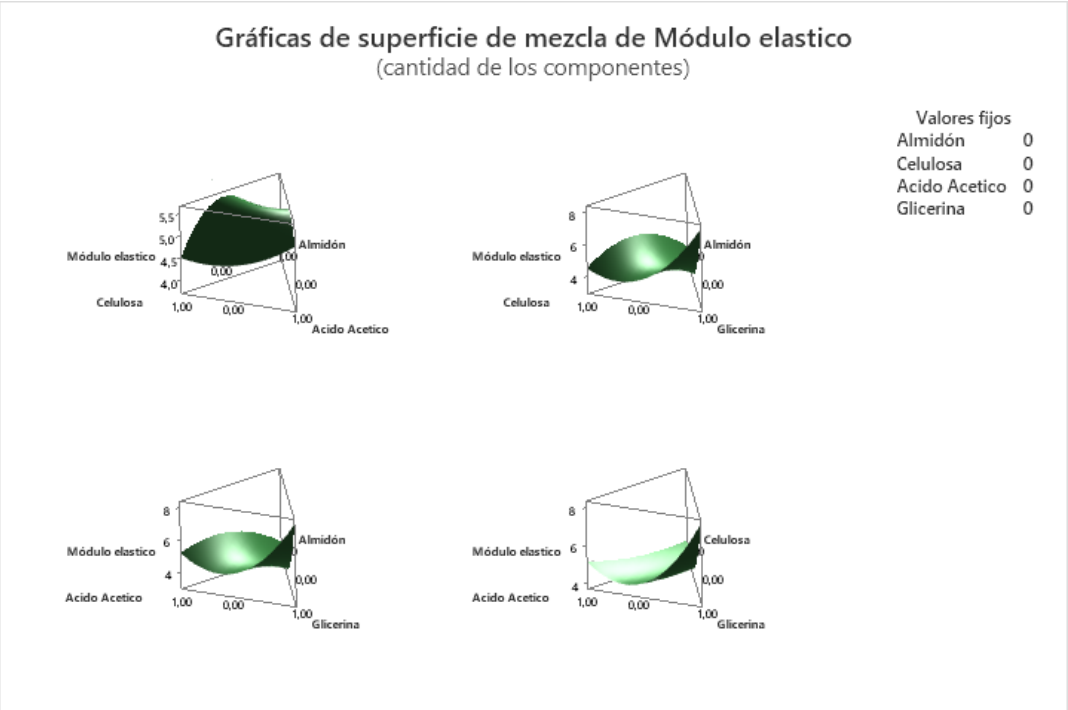


Figura 31. *Gráfica de superficie de mezclas para módulo elástico.*

La **Figura 32.** muestra el efecto de la desviación de la proporción de los diferentes componentes de la mezcla sobre el módulo de elasticidad que puede soportar, a continuación que significa cada curva:

- Al aumentar la cantidad de almidón de camote en la mezcla, el módulo de elasticidad aumenta hasta llegar al punto máximo y después empieza a disminuir ligeramente.
- El módulo elástico disminuye linealmente a medida que aumenta la proporción de la celulosa en la mezcla.
- Representa la disminución del módulo elástico a medida que se proporciona más el ácido acético en la mezcla.
- Muestra una disminución del módulo elástico a medida que se aumenta la glicerina.

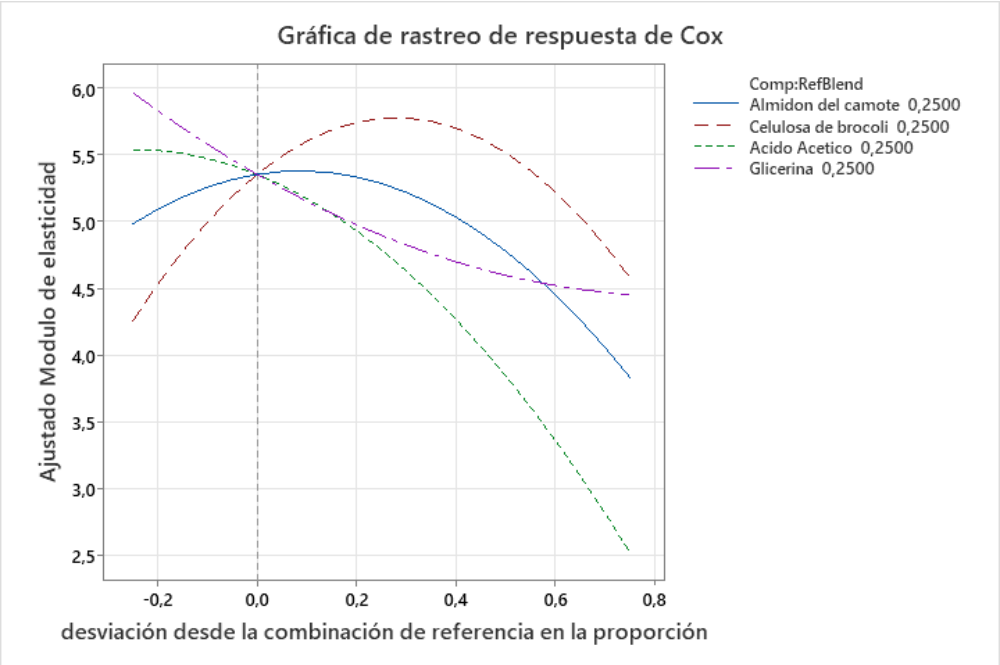


Figura 32. *Gráfica de rastreo de respuesta de mezclas para módulo elástico*

Análisis de varianza para Elongación (%)

Tabla 74. *Análisis de varianza para el % de elongación.*

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	9	5,5761	5,5761	0,61957	0,44	0,906
Lineal	3	1,8320	1,0267	0,34224	0,24	0,865
Cuadrático	6	3,7441	3,7441	0,62402	0,44	0,845
Almidon del camote*Celulosa de brócoli	1	0,3387	0,4094	0,40943	0,29	0,592
Almidon del camote*Ácido Acético	1	0,0667	0,0954	0,09538	0,07	0,796
Almidon del camote*Glicerina	1	0,3950	0,4233	0,42331	0,30	0,586
Celulosa de brócoli*Ácido Acético	1	2,9009	2,9332	2,93321	2,09	0,155
Celulosa de brócoli*Glicerina	1	0,0154	0,0172	0,01723	0,01	0,912
Ácido Acético*Glicerina	1	0,0275	0,0275	0,02747	0,02	0,889
Error residual	47	66,0224	66,0224	1,40473		
Falta de ajuste	9	11,6564	11,6564	1,29516	0,91	0,531
Error puro	38	54,3660	54,3660	1,43068		
Total	56	71,5986				

- Los parámetros controlados en el diseño de mesclas es R^2 de 7.79%, el restante que seria 92.21% son otras variables no controladas para el porcentaje de elongación.
- La falta de ajuste del modelo no es significativa (valor p = 0.531), lo que indica que el modelo se ajusta bien a los datos.

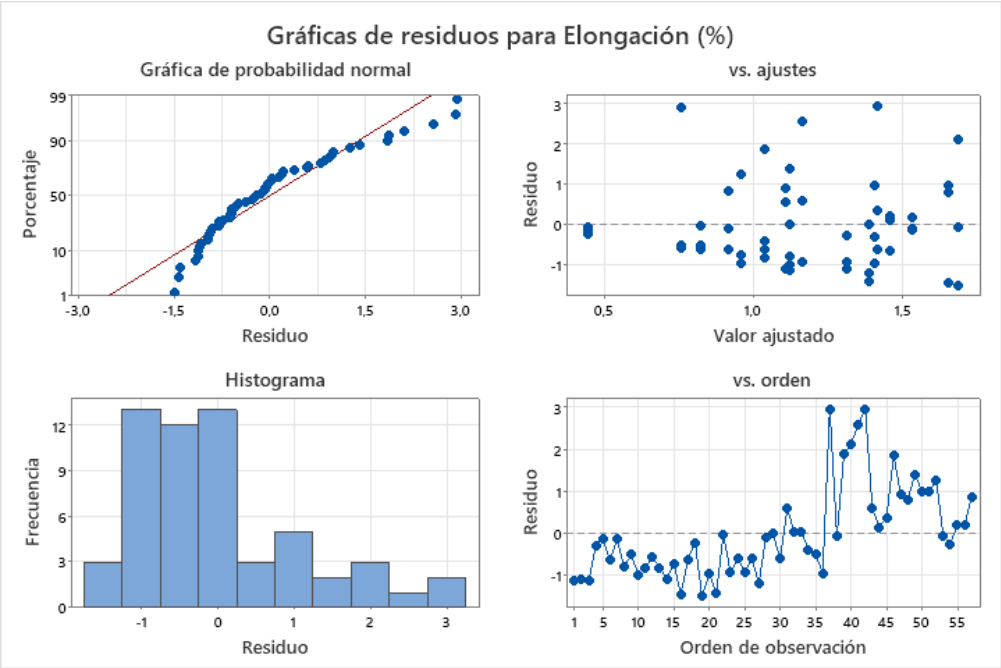


Figura 33. *Análisis de residuos para el porcentaje de elongación.*

En la **Figura 34.** La imagen muestra los colores representan diferentes rangos de elongación en porcentaje.

- La elongación es mayor cuando la proporción de glicerina es alta, especialmente cuando se combina con almidón.

- La elongación disminuye al aumentar la proporción de celulosa, especialmente en combinación con ácido acético.

- La elongación tiende a ser baja cuando la proporción de ácido acético es alta.

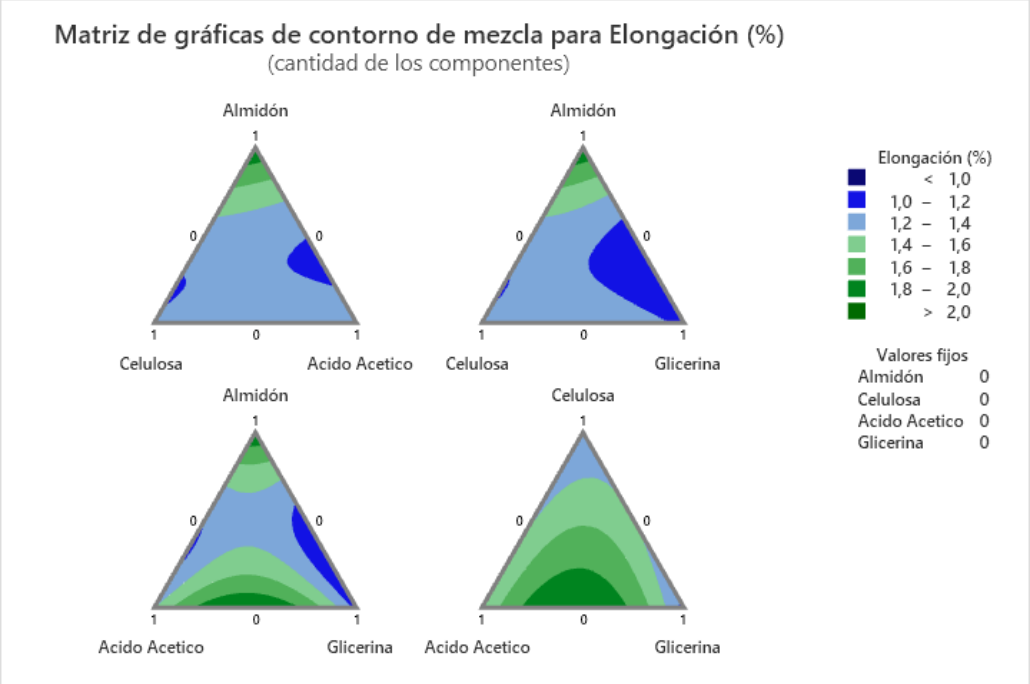


***Figura 34**. Gráfica de contorno de mezclas para el % de elongación.*

En la **Figura 35.** Las gráficas de superficie muestran que la elongación de la mezcla está influenciada principalmente por la proporción de glicerina y ácido acético. La elongación es mayor cuando la proporción de glicerina es alta y disminuye con el aumento de la proporción de ácido acético. La celulosa parece tener un efecto menor en la elongación.

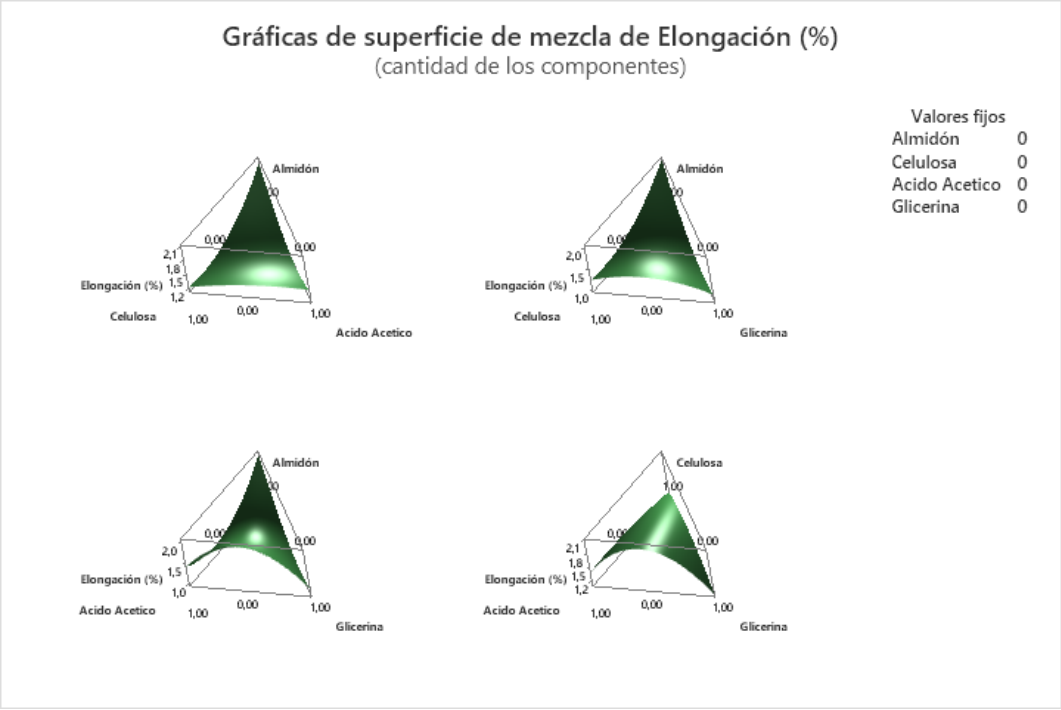


***Figura 35**. Gráfica de superficie de mezclas para el % de elongación.*

La **Figura 36.** muestra el efecto de la desviación de la proporción de los diferentes componentes de la mezcla sobre el módulo de elasticidad que puede soportar, a continuación que significa cada curva:

- Al aumentar la cantidad de almidón de camote en la mezcla, la elongación aumenta linealmente.
- La elongación disminuye linealmente a medida que aumenta la proporción de la celulosa en la mezcla.
- Representa la disminución de elongación a medida que se proporciona más el ácido acético en la mezcla.
- Muestra una disminución de la elongación a medida que se aumenta la glicerina.

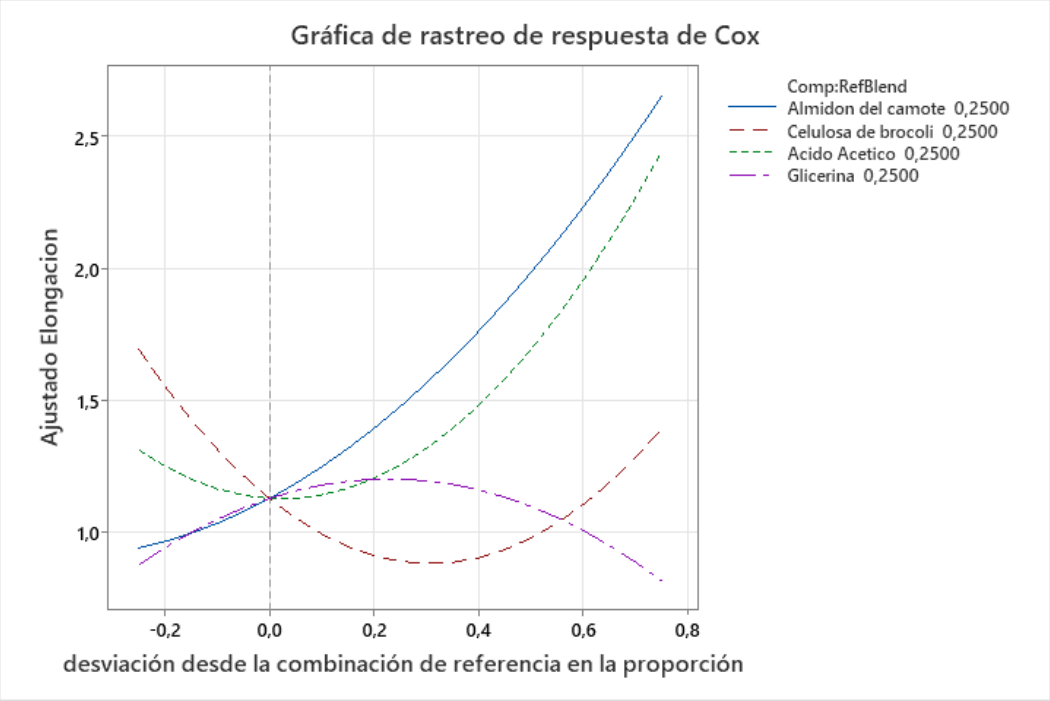


Figura 36*. Gráfica de rastreo de respuesta para el % Elongación.*

Optimización Global de resultados

Las gráficas muestran un análisis de mezclas utilizando el método de DOE (Diseño de Experimentos). Se ha estudiado la influencia de la proporción de cuatro componentes (almidón, celulosa, ácido acético y glicerina) sobre las propiedades de una mezcla, incluyendo el esfuerzo máximo, el módulo elástico y la elongación.

Análisis de los Resultados

Esfuerzo Máximo:

- Las gráficas de superficie confirman esta tendencia, mostrando un pico de esfuerzo máximo cuando la proporción de almidón y glicerina es alta.

Módulo Elástico:

- Las gráficas de contorno indican que el módulo elástico es mayor cuando se utiliza una mayor proporción de almidón, especialmente en combinación con celulosa.

- Las gráficas de superficie muestran una tendencia similar, con un pico de módulo elástico en las mezclas con alta proporción de almidón y celulosa.

Elongación:

- Las gráficas de contorno muestran que la elongación es mayor cuando se utiliza una mayor proporción de glicerina. La combinación de glicerina con almidón produce la mayor elongación.

- Las gráficas de superficie confirman esta tendencia, con un pico de elongación cuando la proporción de glicerina es alta y se utiliza en combinación con almidón.

- Para maximizar el esfuerzo máximo y la elongación, se recomienda utilizar una mayor proporción de almidón y glicerina.

- Para maximizar el módulo elástico, se recomienda utilizar una mayor proporción de almidón y celulosa.

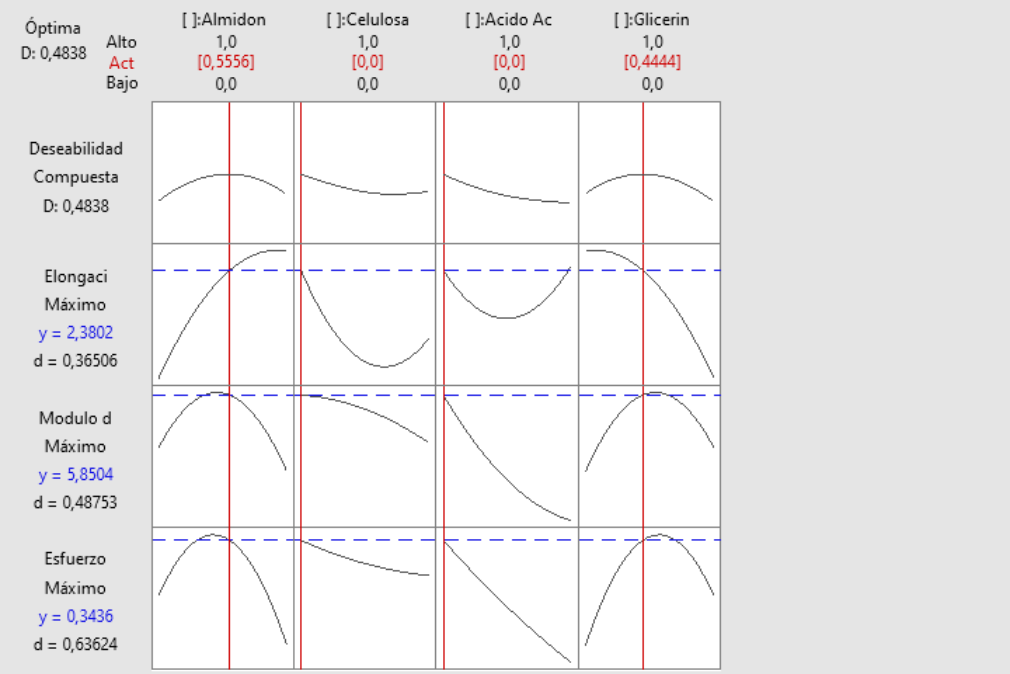


Figura 37. *Optimización de respuesta*

3.2.7. Validación de la Hipótesis

Teniendo en cuenta la hipótesis plateada:

Ho: La combinación de parámetros de almidón del camote y celulosa del brócoli en la elaboración de un biopolímero mejorará sus propiedades mecánicas.

Después de analizar las gráficas de rastreo de respuesta, se da por hipótesis validada ya que con ayuda de la combinación de componentes en un biopolímero mejora las propiedades mecánicas, pero en este trabajo experimental falto establecer un rango de utilización de la celulosa de brócoli, ya que se pasó de las proporciones máximas.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez culminado el presente trabajo experimental, se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones.

4.1. Conclusiones

- Se elaboró un diseño de mezclas DOE para la obtención del biopolímero de almidón de camote y celulosa de brócoli, en el cual permitió la optimización de la cantidad de cada componente.
- El biopolímero se vio afectado por la variación de los componentes independientes en sus propiedades mecánicas analizadas a comparación de las fundas comerciales.
- En el método de mezclas DOE, para la adición de celulosa de brócoli con otro componente debe ser en un rango del 2 hasta 3%, no al 4% por que pierde todas sus características mecánicas.
- Se realizó el ensayo de tracción del biopolímero obteniendo como resultados: Esfuerzo Máximo a la tracción de 0.255 MPa, un módulo de elasticidad de 4.76 MPa, un porcentaje elongación de 1.40%.
- Las probetas J5 en el tiempo de 32 días obtuvo un 44.25% de biodegradabilidad en ambiente tierra y el caso J19 en el tiempo de 32 días obtuvo un 18.92 % de biodegradabilidad en ambiente aire.
- Se comprobó que las propiedades mecánicas de un material biodegradable dependen de su materia prima y hasta cuanto se le puede añadir en la mezcla con los demás componentes.
- Se concluyó que, para maximizar el esfuerzo máximo y la elongación, se recomienda utilizar una mayor proporción de almidón y glicerina, teniendo en cuenta que sus valores máximos son: D es aproximadamente de 0.636 para esfuerzo máximo y D es aproximadamente de 0.35 para la elongación del 20%.
- Se concluyó que, para maximizar el módulo elástico, se recomienda utilizar una mayor proporción de almidón y celulosa, teniendo en cuante que el valor máximo D es aproximadamente 0.75 y dando un módulo de elasticidad de 3 GPa.

4.2 Recomendaciones

- Al crear el diseño por mezclas, deberá saber cuáles son sus variables dependientes e independientes.
- Al momento del secado de las hojas de brócoli se debe realizar en un lugar ventilado, ya que se genera un olor fuerte.
- El tiempo de secado del brócoli, se debe tener en cuenta del tamaño de las hojas ya que se pueden quemar, por lo tanto, no se puede extraer la celulosa.
- En el secado del almidón del brócoli, después del segundo sedimento o tamizado se debe extraer la mayor parte de agua restante para que no se forme grumos.
- En el secado de las probetas se recomienda hacerlo en un lugar caliente, para que no se rompa o si es posible crear un inmueble con luces infrarrojos.
- Posterior al secado de las probetas de 15 días, se recomienda hacer los ensayos pertinentes inmediato ya que como es un material biodegradable va perdiendo sus propiedades.
- Antes de utilizar las máquinas de ensayos se debe calibrar y verificar los parámetros de cada equipo. En el ensayo de tracción la velocidad recomendable es de 2 m/s.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. Zhang *et al.*, «Effects of different sources of cellulose on mechanical and barrier properties of thermoplastic sweet potato starch films», *Industrial Crops and Products*, vol. 194, p. 116358, abr. 2023, doi: 10.1016/j.indcrop.2023.116358.

[2] H. A. Alarcón Cavero y E. Arroyo Benites, «Evaluación de las propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón modificado de la papa», *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 82, n.º 3, pp. 315-323, jul. 2016.

[4] M. E. Mena *et al.*, «Biopolímeros de celulosa en empaques alimenticios: Retos y aplicaciones», *Agro Productividad*, vol. 12, n.º 11, oct. 2019, Accedido: 9 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1499

[5] S. Guzman-Puyol *et al.*, «Greaseproof, hydrophobic, and biodegradable food packaging bioplastics from C6-fluorinated cellulose esters», *Food Hydrocolloids*, vol. 128, p. 107562, jul. 2022, doi: 10.1016/j.foodhyd.2022.107562.

[6] «Historia del plástico: origen y evolución | Naeco». Accedido: 9 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://naeco.com/es/actualidad/historia-del-plastico/

[7] «¿Qué son los biopolímeros y para qué se utilizan en la industria?», ZS España. Accedido: 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-son-los-biopolimeros/

[8] «2018 - [No title found].pdf». Accedido: 11 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.setcor.org/files/papers/1545178080_NanotechFrance2018-ConferenceProceedings.pdf

[9] R. H. Areal Guerra, *Materiales compuestos*. Accedido: 11 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www-digitaliapublishing-com.uta.lookproxy.com/a/110569/materiales-compuestos

[10] «Digitalia Visor». Accedido: 11 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www-digitaliapublishing-com.uta.lookproxy.com/viewepub/?id=110620

[11] «Meira-y-Gugliotta_Digital-solo-cap.-1.pdf». Accedido: 15 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.fiq.unl.edu.ar/institucional/wp-content/uploads/sites/3/2021/08/Meira-y-Gugliotta_Digital-solo-cap.-1.pdf

[12] M. F. Valero-Valdivieso, Y. Ortegón, y Y. Uscategui, «BIOPOLÍMEROS: AVANCES Y PERSPECTIVAS BIOPOLYMERS: PROGRESS AND PROSPECTS», 2013.

[13] «Almidones resistentes, importancia funcional, fundamentos de su determinación». Accedido: 11 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/suplemento-1/art-100/

[14] «AL 680.pdf». Accedido: 15 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28375/1/AL%20680.pdf

[15] «La celulosa, un producto biodegradable, natural y versátil | Comindex». Accedido: 15 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.comindex.es/novedades/la-celulosa-un-producto-biodegradable-natural-y-versatil

[16] S. Sayanjali, Y. Lu, y K. Howell, «Extraction and Characterization of Cellulose from Broccoli Stems as a New Biopolymer Source for Producing Carboxymethyl Cellulose Films», *Int J Food Sci*, vol. 2024, p. 7661288, abr. 2024, doi: 10.1155/2024/7661288.

[17] «What is Glycerin: Definition, Formation, Properties, Uses, Examples», Toppr-guides. Accedido: 16 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.toppr.com/guides/chemistry/chemical-bonding-and-molecular-structure/glycerin/

[19] PubChem, «Acetic Acid». Accedido: 16 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/176

[20] «¿Qué es un diseño de mezclas?» Accedido: 16 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/doe/supporting-topics/mixture-designs/what-is-a-mixture-design/

[21] «ASTM D638: la guía definitiva para los ensayos de tracción de plásticos». Accedido: 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.instron.com/es-ar/testing-solutions/astm-standards/astm-d638

[22] «INTE ISO 14855-1 2019.pdf». Accedido: 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/CRI/INTE%20ISO%2014855-1%202019.pdf

[23] «ANEXO 3 NORMA ASTM D5628.pdf». Accedido: 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2751/3/ANEXO%203%20NORMA%20ASTM%20D5628.pdf

[24] «ASTM D2240 - Normas», Industrial Physics. Accedido: 17 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://industrialphysics.com/es/normas/astm-d2240-es/

[25] «¿Qué es un diseño de mezclas?» Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/doe/supporting-topics/mixture-designs/what-is-a-mixture-design/

[26] A. R. Vidal, A. L. Zaucedo-Zuñiga, y M. de L. Ramos-García, «Propiedades nutrimentales del camote (Ipomoea batatas L.) y sus beneficios en la salud humana», *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 19, n.º 2, 2018, Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/813/81357541001/html/

[27] «Brócoli: todas sus propiedades y beneficios para la salud», Cuerpomente. Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.cuerpomente.com/guia-alimentos/brocoli

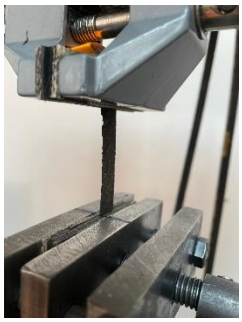
[28] «Ensayo de tracción de materiales:Aplicación», Ensayo de tracción de materiales:Aplicación. Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-traccion/

[29] «Ensayo de impacto: Garantizar la seguridad de sus productos», Ensayo de impacto: Garantizar la seguridad de sus productos. Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-impacto/

[30] «Ensayo de dureza: Definición y método de ensayo de dureza», Ensayo de dureza: Definición y método de ensayo de dureza. Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-dureza/

ANEXOS

Anexo 1. Procesos para la obtención de las probetas del biopolímero

Corte Láser de las probetas	Calibración de la máquina de impacto	Mediciones del ensayo de dureza
		
Ensayo de tracción	**Probetas**	**Máquina de Corte Láser**
		

Anexo 2. Ensayos de tracción

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 1

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	1	2	3
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J1-01	J1-02	J1-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,51	1,08	1,31
ANCHURA [mm]	12,87	12,16	11,71
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	19,43	13,13	15,34
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	3,223,E+00	4,197,E+00	5,292,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	3,44	2,69	1,78
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,18	0,20	0,12
CARGA MAXIMA [N]	4,17	3,05	2,09
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,21	0,23	0,14
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,16	0,02	0,00

OBSERVACIONES:

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - E.

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

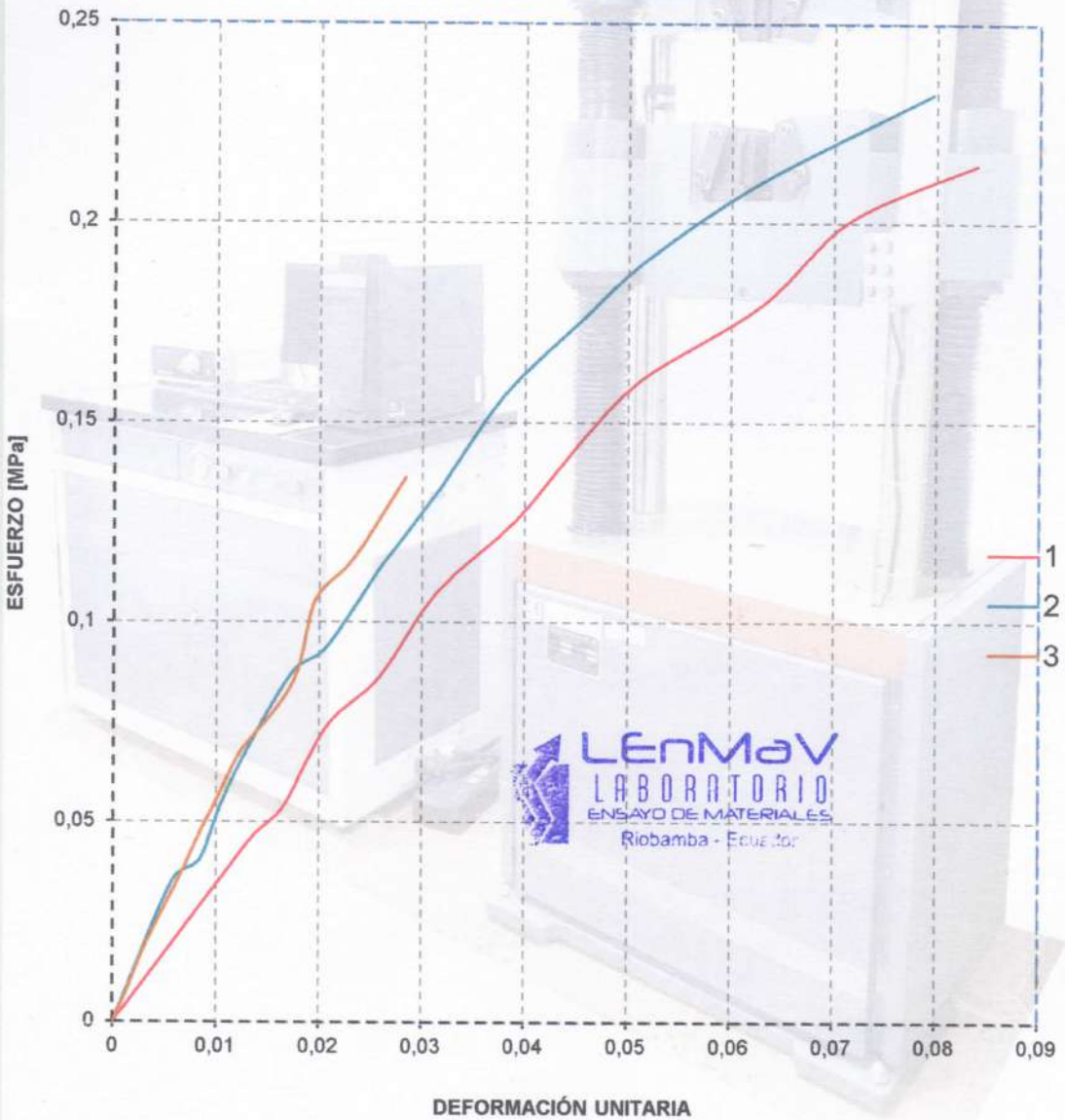
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
1	2	3	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 2

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	4	5	6
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J2-01	J2-02	J2-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,75	1,2	1,13
ANCHURA [mm]	15,35	12,51	12,12
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	26,86	15,01	13,70
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5,470,E+00	7,877,E+00	5,818,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	4,99	2,91	1,86
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,19	0,19	0,14
CARGA MAXIMA [N]	5,87	3,43	2,13
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,22	0,23	0,16
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,00	1,42	0,84

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

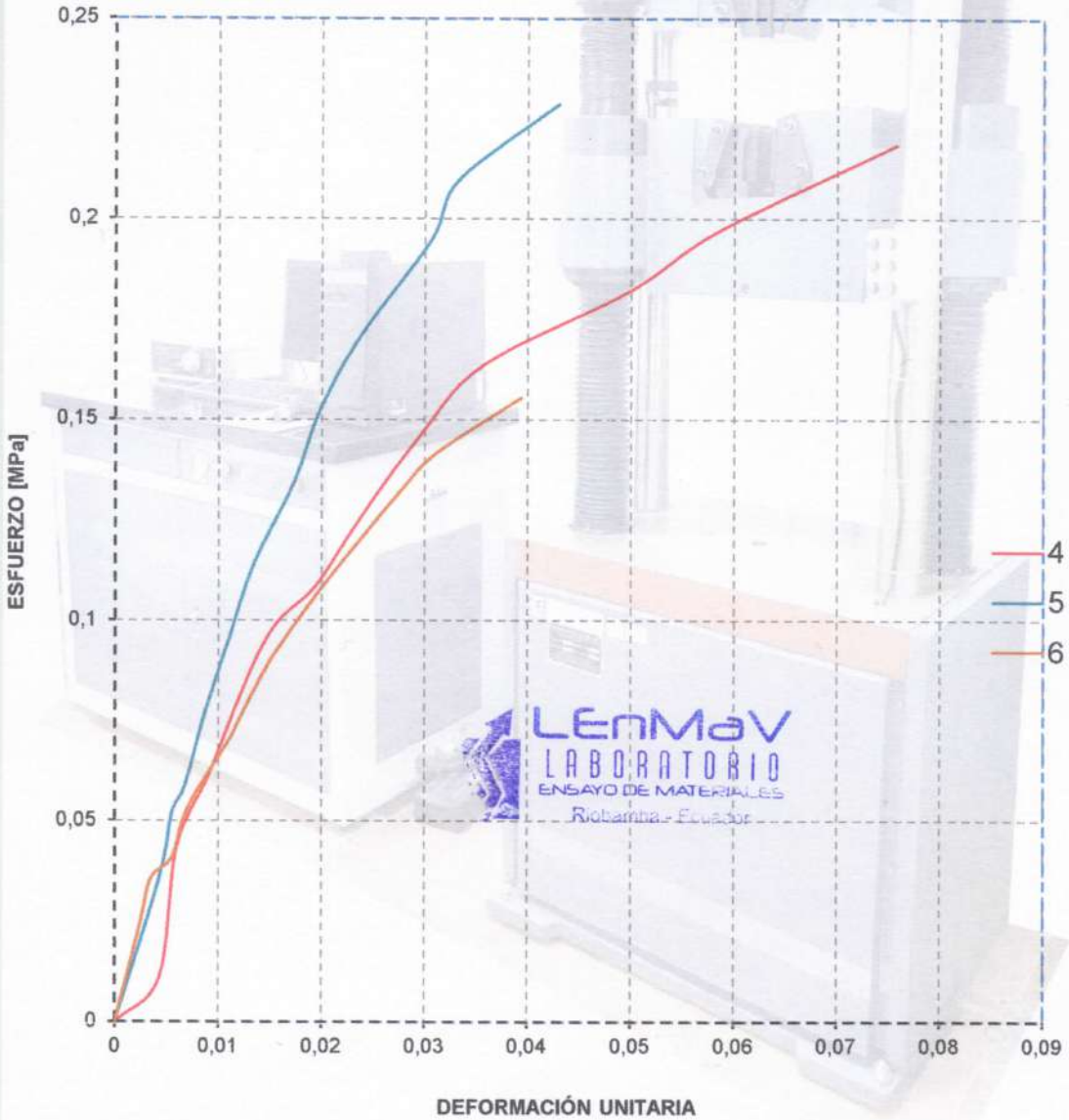
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
4	5	6	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 3

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	7	8	9
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J3-01	J3-02	J3-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,12	1,6	1,24
ANCHURA [mm]	11,71	12,45	11,77
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	13,12	19,92	14,59
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5,642,E+00	6,652,E+00	7,808,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	3,69	5,14	3,82
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,28	0,26	0,26
CARGA MAXIMA [N]	4,54	6,04	4,31
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,35	0,30	0,30
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,32	0,34	0,96

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

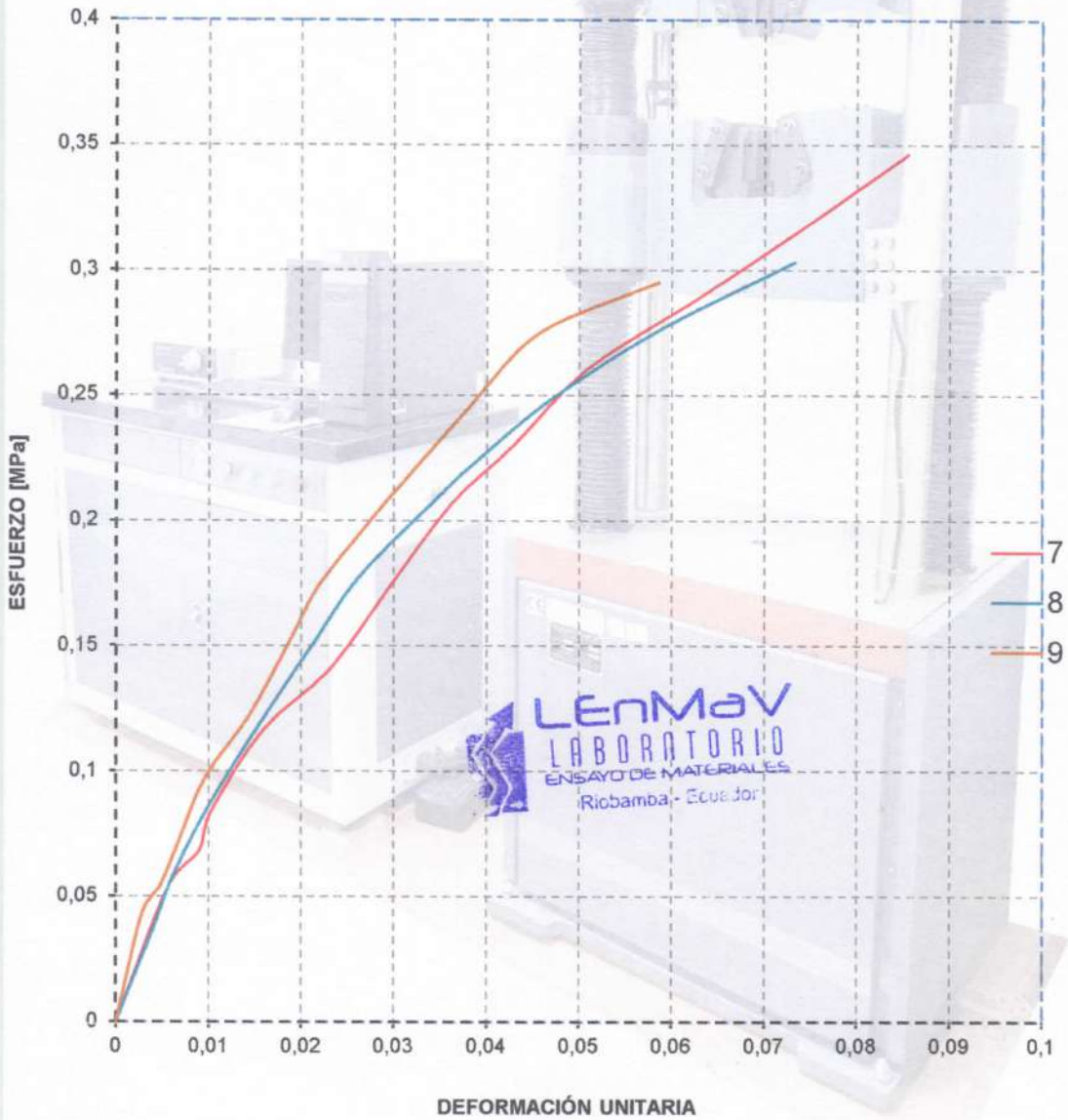
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
7	8	9	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 4

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	10	11	12
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J4-01	J4-02	J4-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,18	0,81	1
ANCHURA [mm]	11,05	12,15	11,84
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	13,04	9,84	11,84
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	6,273,E+00	7,747,E+00	6,582,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	4,46	4,25	2,06
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,34	0,43	0,17
CARGA MAXIMA [N]	5,01	4,99	2,17
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,38	0,51	0,18
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,16	0,24	0,64

OBSERVACIONES:

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

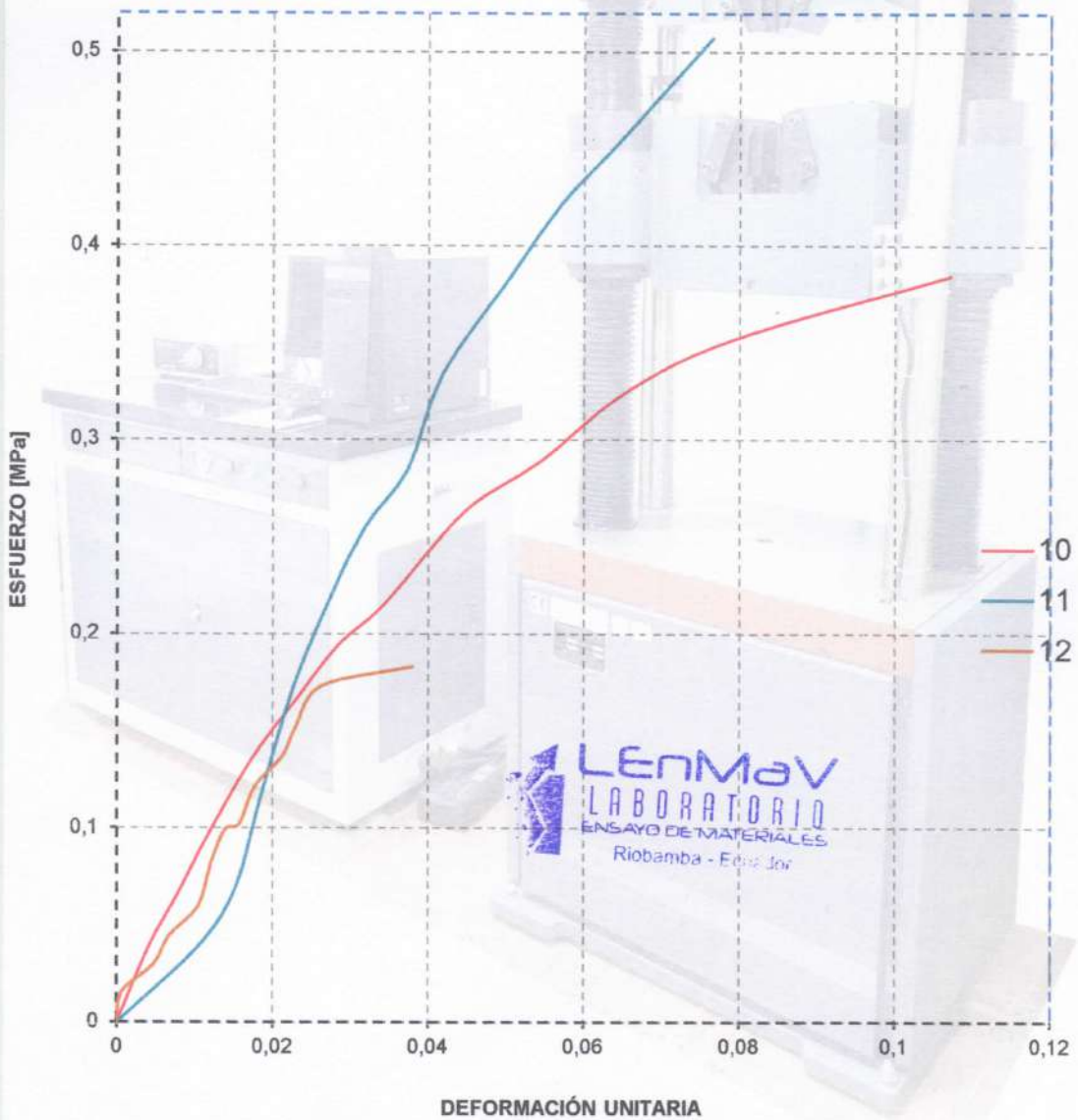
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
10	11	12	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñan B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 5

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	13	14	15
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J5-01	J5-02	J5-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	0,88	1	1,21
ANCHURA [mm]	11,20	12,91	13,12
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	9,86	12,91	15,88
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1,049,E+01	8,366,E+00	1,198,E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	2,97	5,07	5,59
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,30	0,39	0,35
CARGA MAXIMA [N]	3,36	5,63	6,35
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,34	0,44	0,40
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,24	0,92	0,24
OBSERVACIONES:			

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

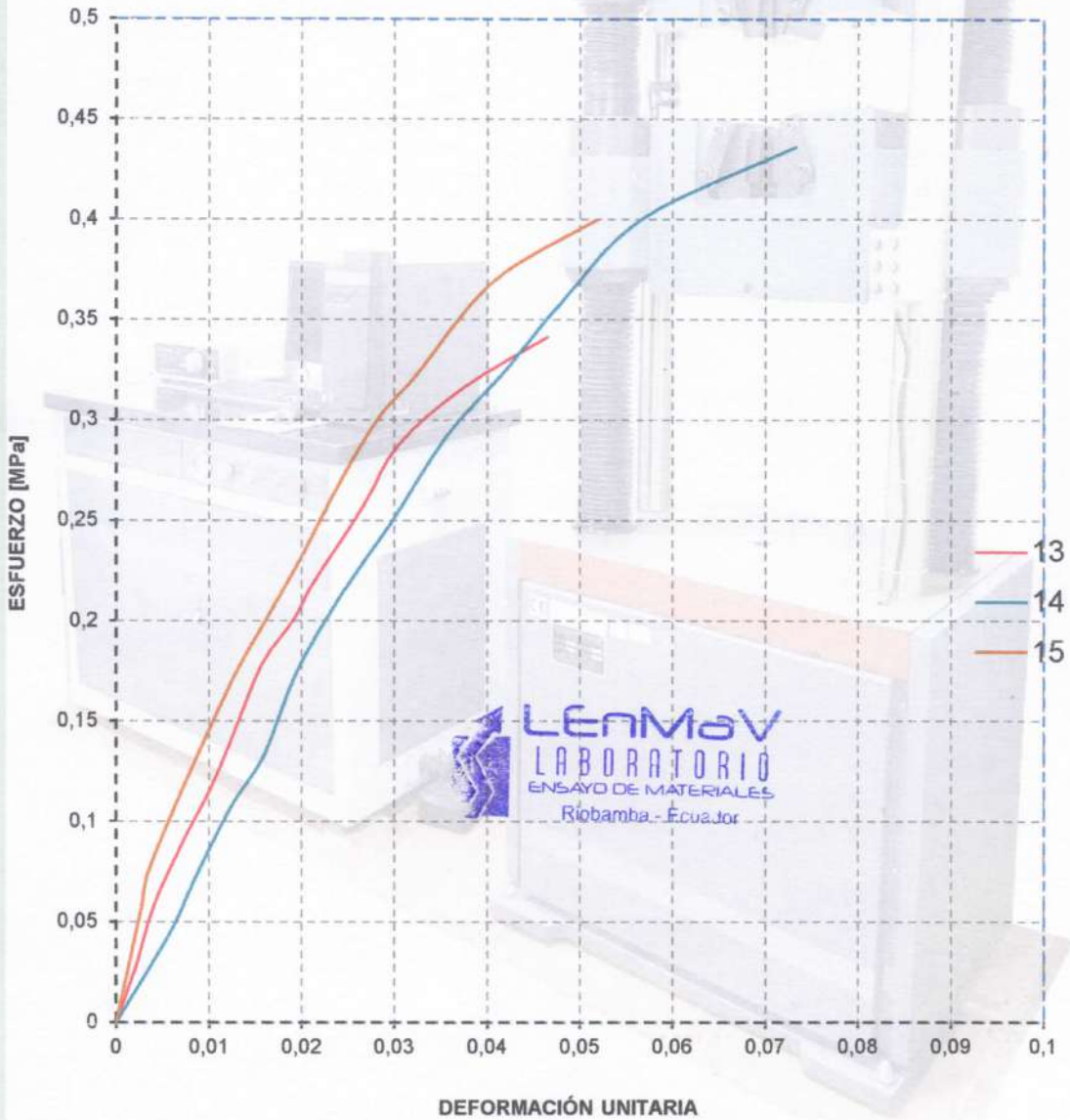
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
13	14	15	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 6

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	16	17	18
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J6-01	J6-02	J6-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,65	1,72	0,92
ANCHURA [mm]	11,96	11,73	11,21
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	19,73	20,18	10,31
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	7,429,E+00	5,864,E+00	8,183,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	2,43	3,42	2,72
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,12	0,17	0,26
CARGA MAXIMA [N]	2,75	3,77	3,20
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,14	0,19	0,31
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	1,92	0,22	0,24

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

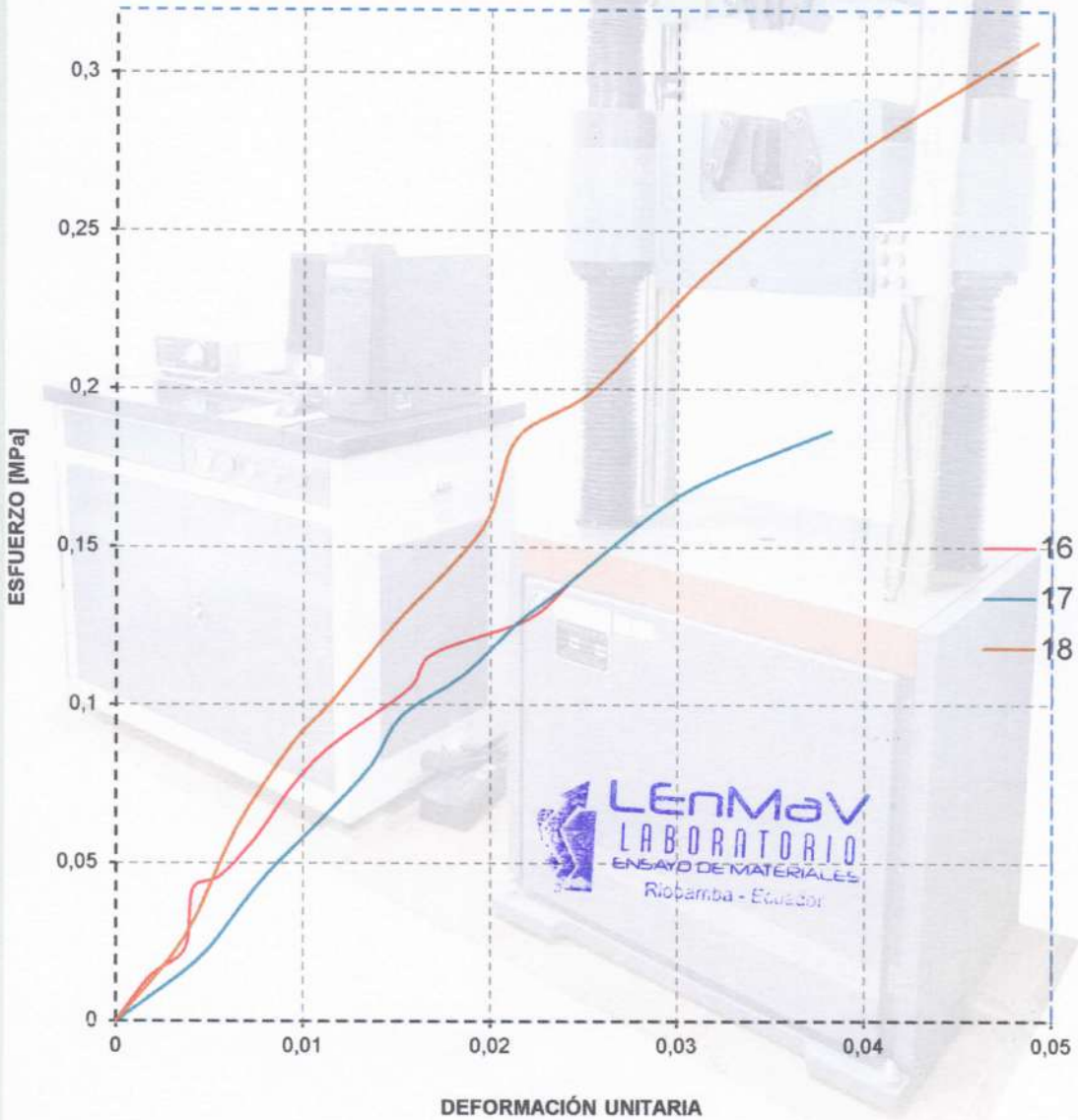
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
16	17	18	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 7

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B

MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD

SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	19	20	21
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J7-01	J7-02	J7-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	0,73	1,18	0,88
ANCHURA [mm]	11,36	11,83	11,87
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	8,29	13,96	10,45
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1,167,E+01	7,147,E+00	5,296,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	3,71	3,12	3,83
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,45	0,22	0,37
CARGA MAXIMA [N]	4,46	3,68	4,33
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,54	0,26	0,41
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,20	0,00	0,00

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

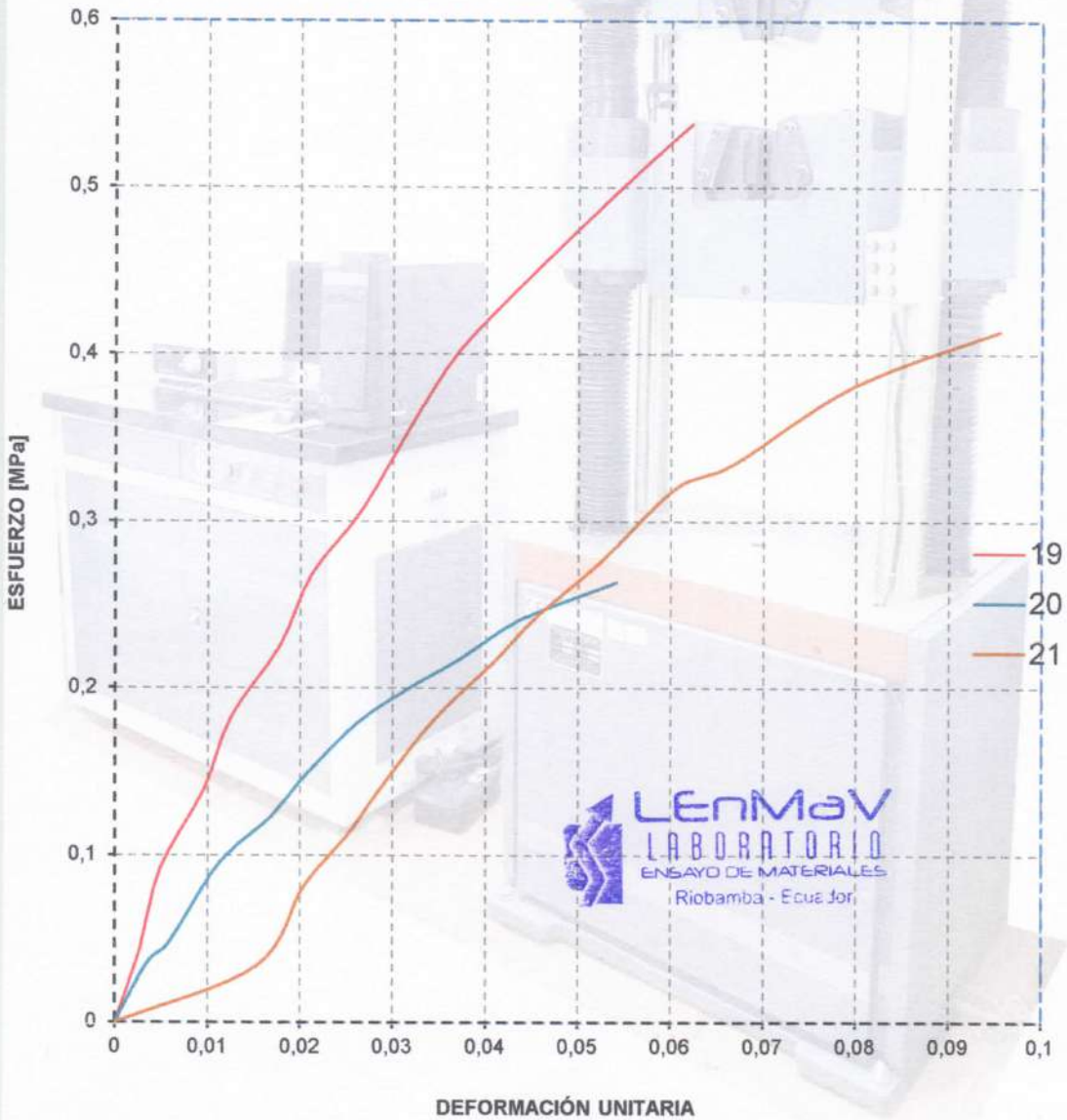
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
19	20	21	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 8

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	22	23	24
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J8-01	J8-02	J8-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	0,99	0,73	0,77
ANCHURA [mm]	12,36	11,44	11,69
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	12,24	8,35	9,00
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	6,400,E+00	1,292,E+01	9,415,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	4,29	5,81	6,48
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,35	0,70	0,72
CARGA MAXIMA [N]	4,70	6,65	7,58
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,38	0,80	0,84
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	1,26	0,40	0,44

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

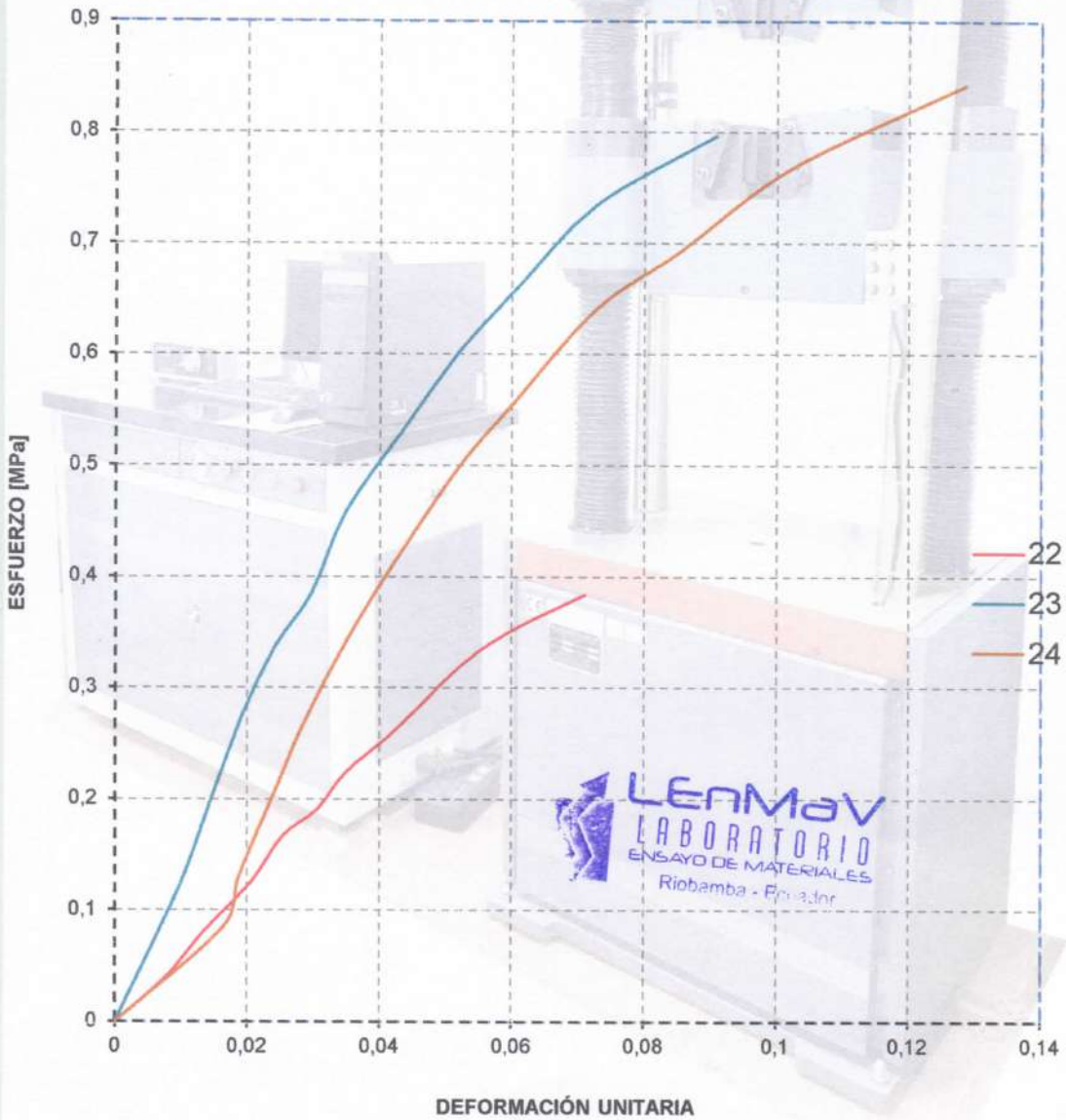
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
22	23	24	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 9

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	25	26	27
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J9-01	J9-02	J9-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	0,69	0,89	0,74
ANCHURA [mm]	11,80	11,47	11,11
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	8,14	10,21	8,22
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5,523,E+00	6,161,E+00	8,740,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1,22	2,67	2,56
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,15	0,26	0,31
CARGA MAXIMA [N]	1,36	2,90	2,85
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,17	0,28	0,35
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,00	0,32	0,22
OBSERVACIONES:			

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

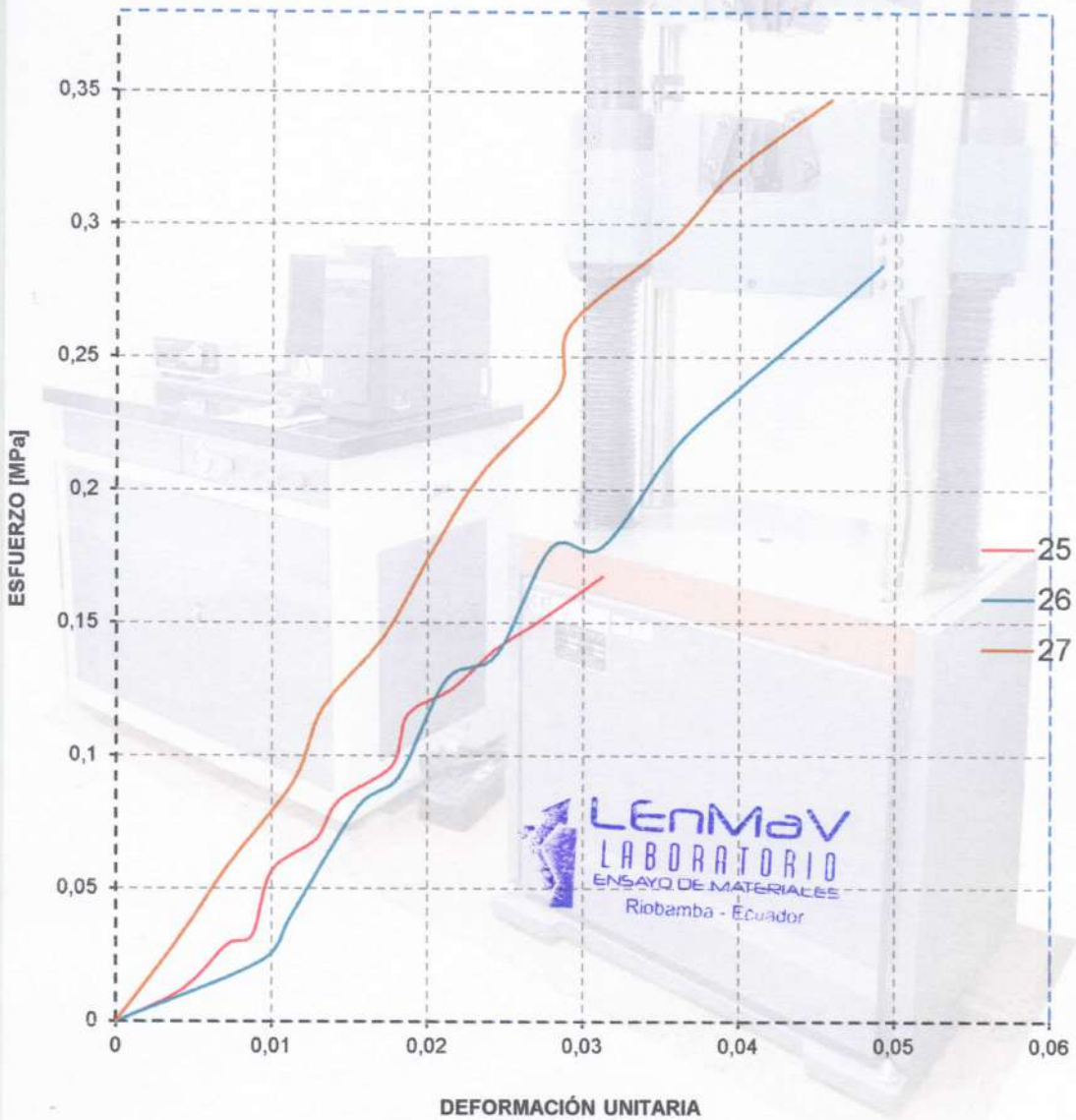
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
25	26	27	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 10

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	28	29	30
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J10-01	J10-02	J10-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,13	1,21	1,18
ANCHURA [mm]	11,08	12,21	12,39
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	12,52	14,77	14,62
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	8,002,E+00	6,627,E+00	6,450,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	5,32	2,68	5,03
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,42	0,18	0,34
CARGA MAXIMA [N]	6,15	3,27	5,66
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,49	0,22	0,39
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,84	0,68	0,82

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

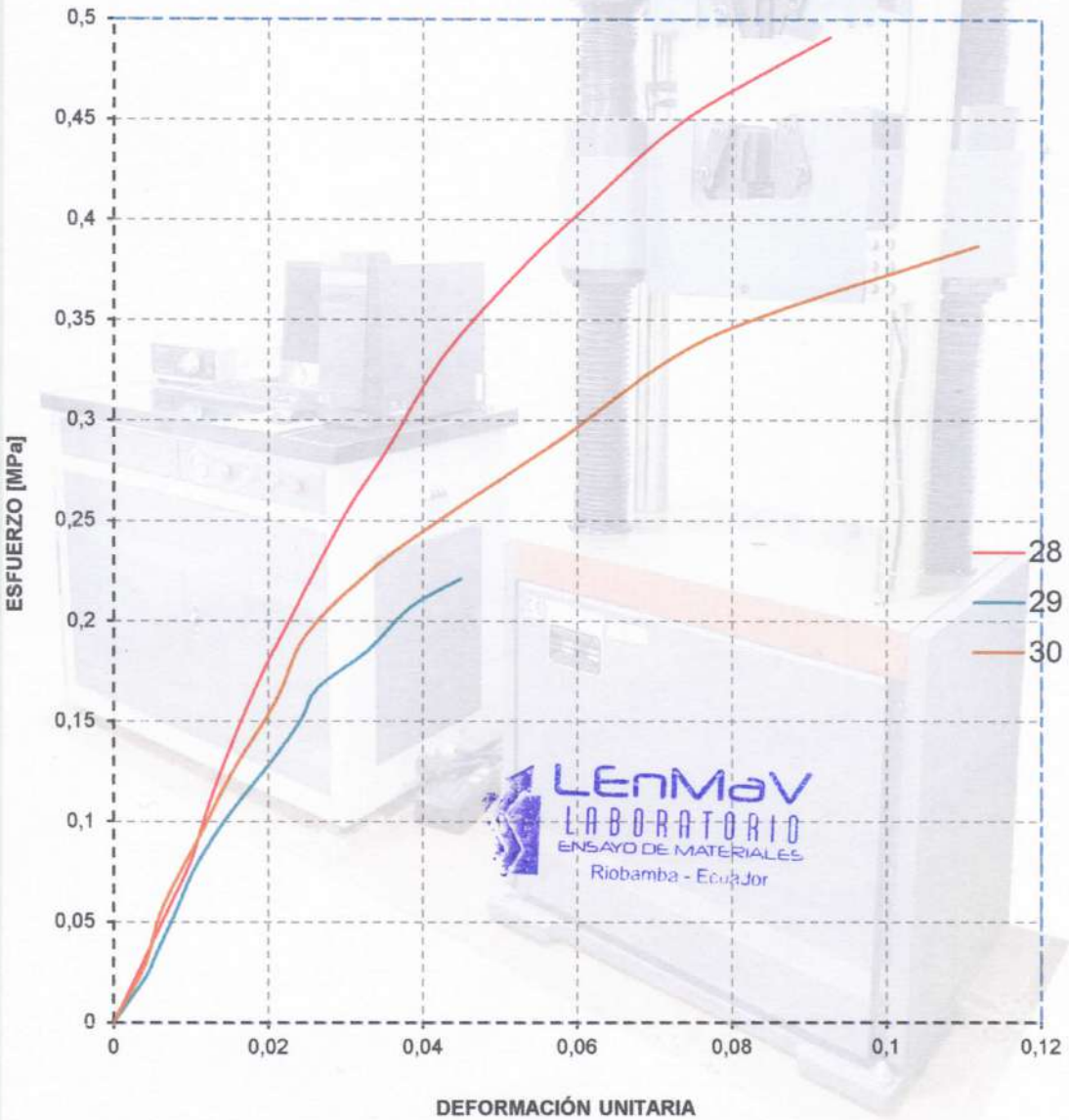
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
28	29	30	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñan B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 11

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	31	32	33
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J11-01	J11-02	J11-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,28	1,12	1,13
ANCHURA [mm]	12,01	11,34	10,74
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	15,37	12,70	12,14
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1,067,E+00	1,608,E+00	1,641,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1,67	1,41	1,31
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,11	0,11	0,11
CARGA MAXIMA [N]	1,86	1,71	1,47
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,12	0,13	0,12
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	1,70	2,42	1,16

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

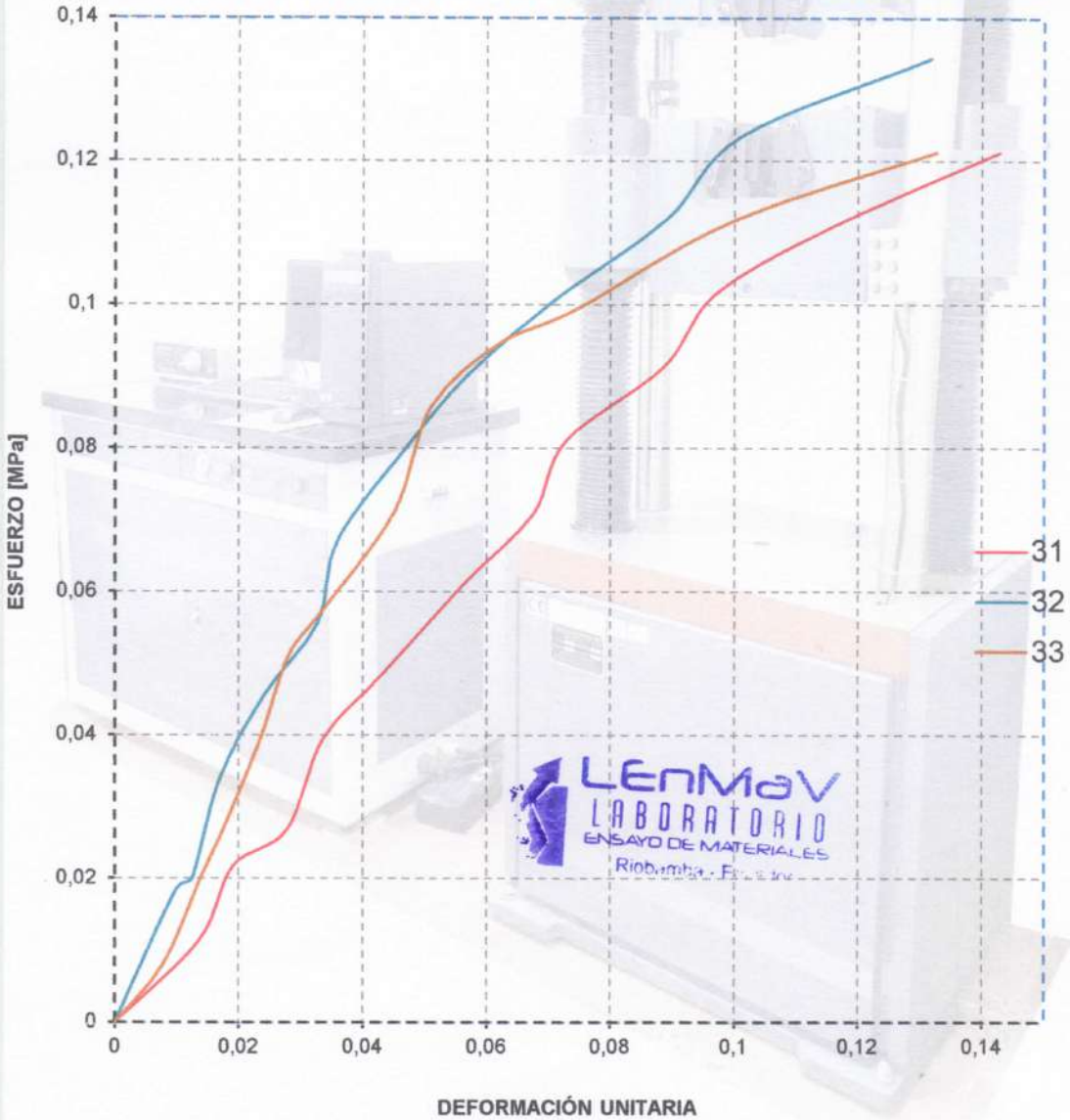
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
31	32	33	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 12

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	34	35	36
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J12-01	J12-02	J12-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	2,12	1,87	1,82
ANCHURA [mm]	11,09	11,04	11,44
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	23,51	20,64	20,82
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1,412,E+00	1,196,E+00	1,325,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	3,11	2,75	3,10
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,13	0,13	0,15
CARGA MAXIMA [N]	3,49	3,04	3,32
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,15	0,15	0,16
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,66	0,28	2,58

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

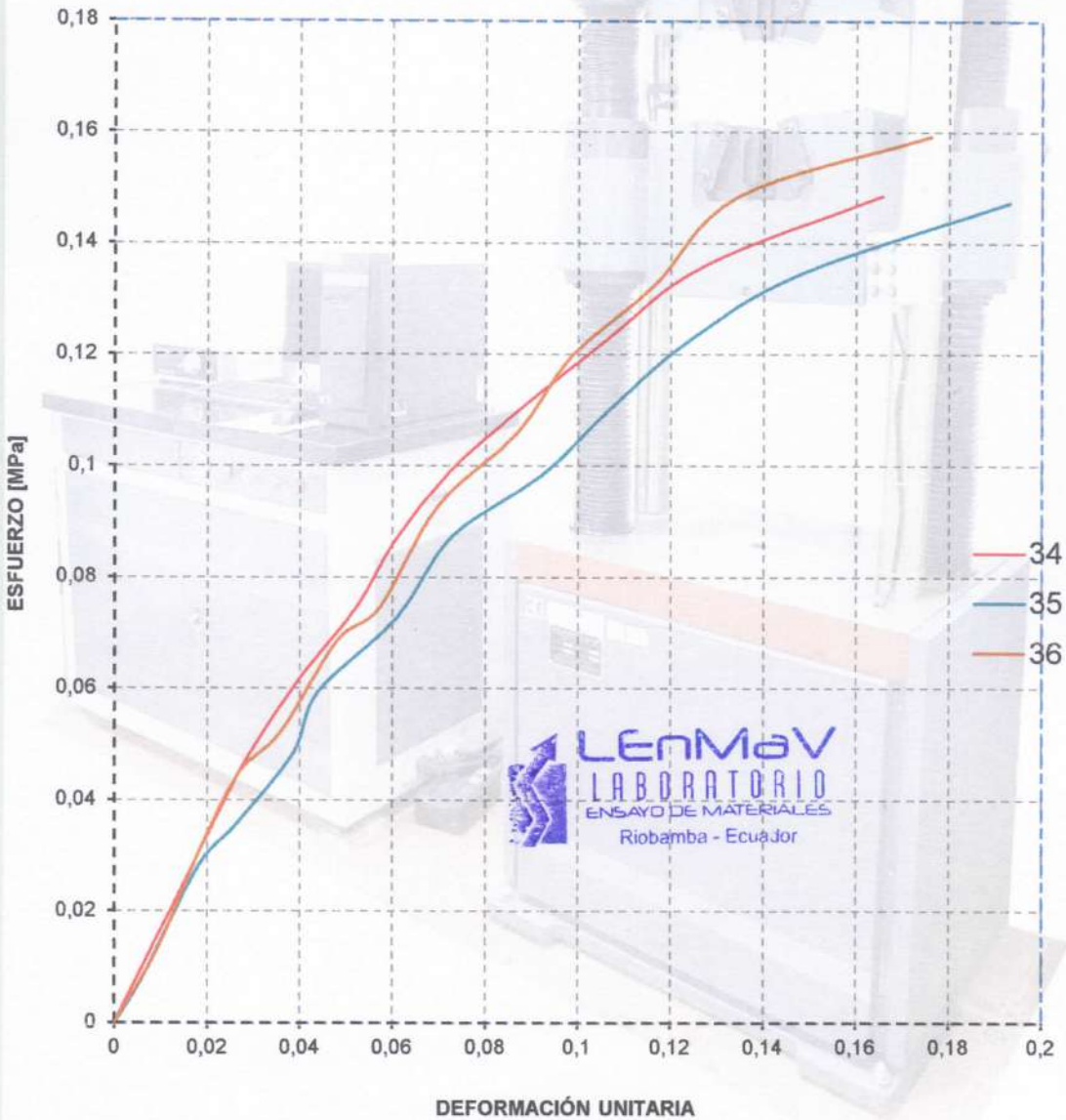
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
34	35	36	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 13

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	37	38	39
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J13-01	J13-02	J13-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,03	1,5	1,92
ANCHURA [mm]	11,96	12,34	12,47
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	12,32	18,51	23,94
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	6,669,E-01	3,344,E-01	2,979,E-01
CARGA DE FLUENCIA [N]	0,67	0,61	0,87
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,055	0,033	0,036
CARGA MAXIMA [N]	0,74	0,72	1,01
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,060	0,039	0,042
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	4,36	1,46	6,52

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

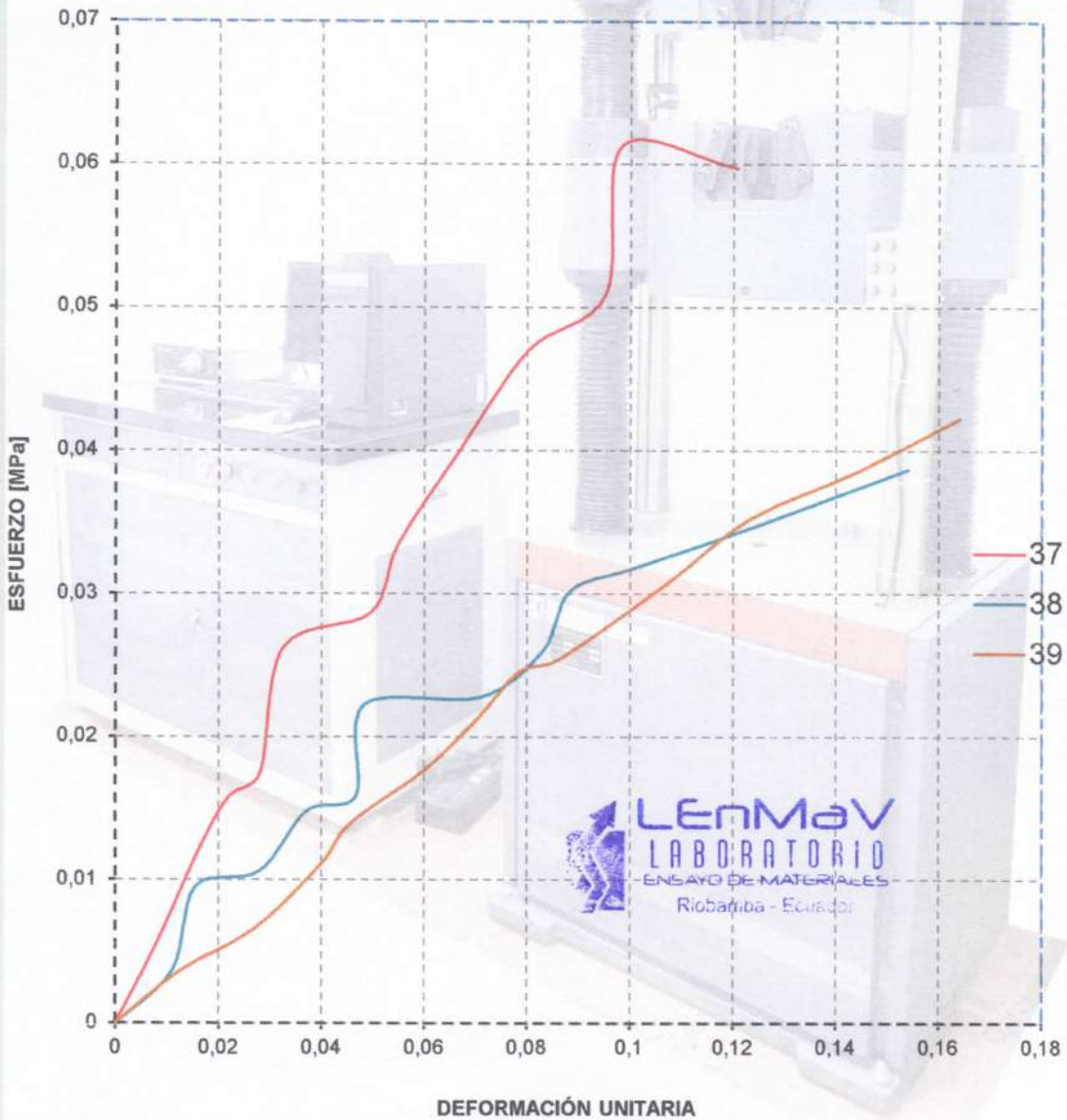
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
37	38	39	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 14

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	40	41	42
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J14-01	J14-02	J14-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,1	1,01	1,2
ANCHURA [mm]	12,61	12,3	12,75
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	13,87	12,42	15,30
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	3,354,E+00	3,706,E+00	4,643,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	3,16	3,37	4,61
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,227	0,272	0,301
CARGA MAXIMA [N]	3,48	4,08	5,11
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,251	0,329	0,334
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	3,80	2,16	3,68

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - E...

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

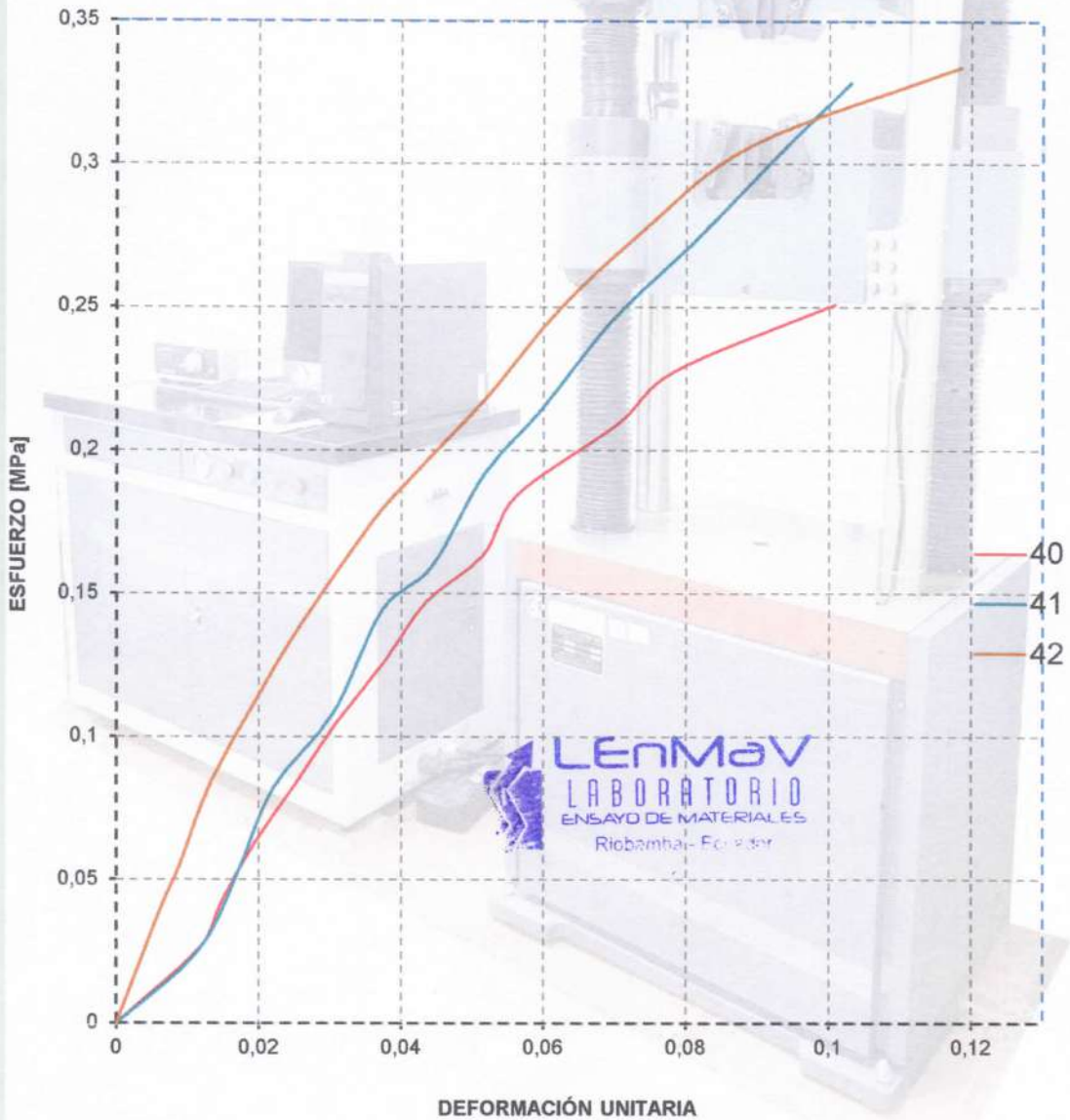
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
40	41	42	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñan B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 15

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	43	44	45
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J15-01	J15-02	J15-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,55	0,83	1,62
ANCHURA [mm]	12,59	12,31	11,16
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	19,51	10,22	18,08
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4,127,E+00	7,409,E+00	3,064,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	3,43	6,35	3,71
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,176	0,622	0,205
CARGA MAXIMA [N]	3,80	7,10	4,04
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,195	0,695	0,224
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	1,76	1,60	1,80

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

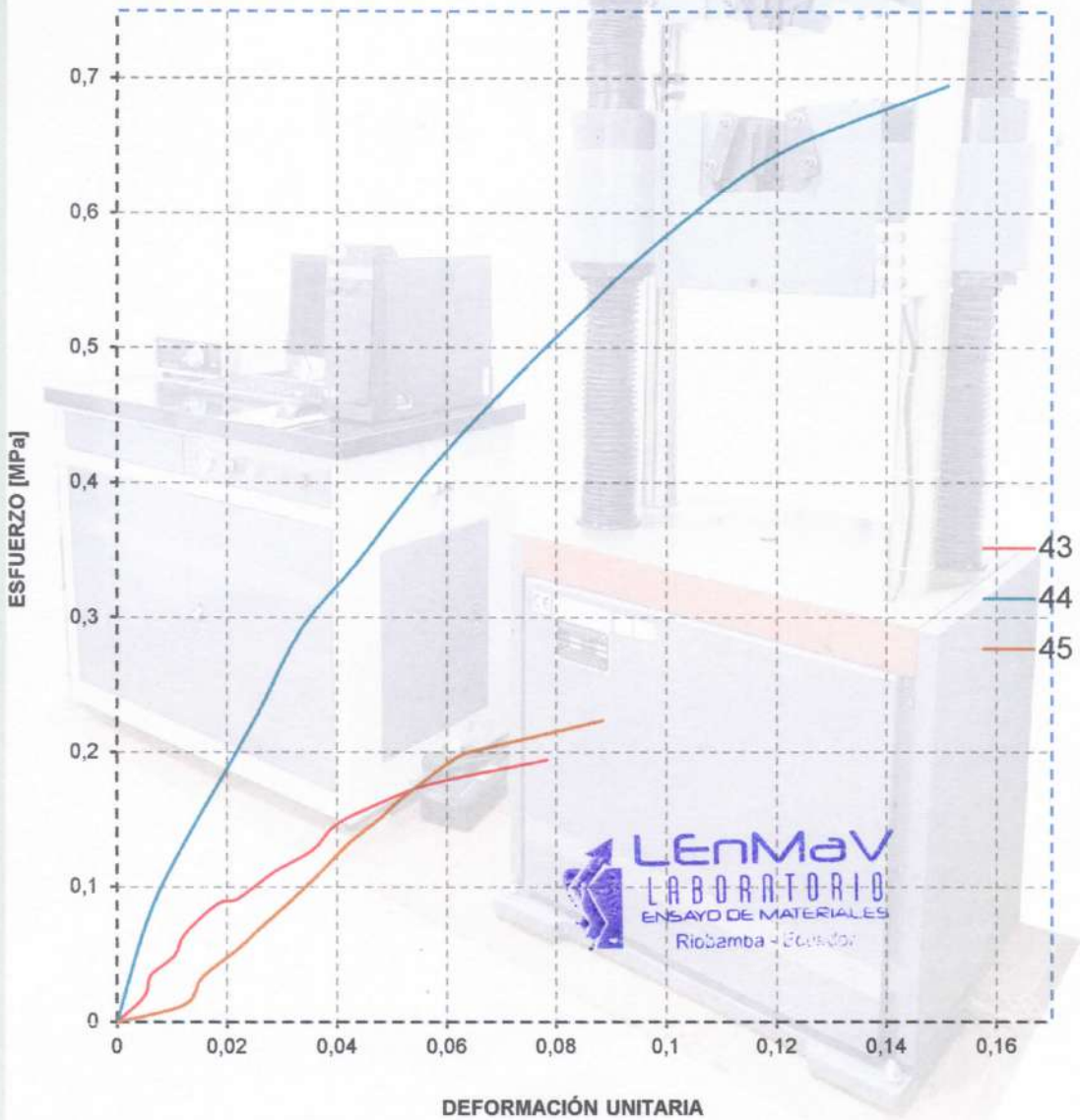
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
43	44	45	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 16

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B

MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD

SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	46	47	48
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J16-01	J16-02	J16-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,41	1,21	1,38
ANCHURA [mm]	11,60	12,31	11,32
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	16,36	14,90	15,62
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2,203,E+00	2,686,E+00	3,471,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1,67	2,86	2,92
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,102	0,192	0,187
CARGA MAXIMA [N]	1,93	3,29	3,51
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,118	0,221	0,225
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	2,88	2,04	3,92

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

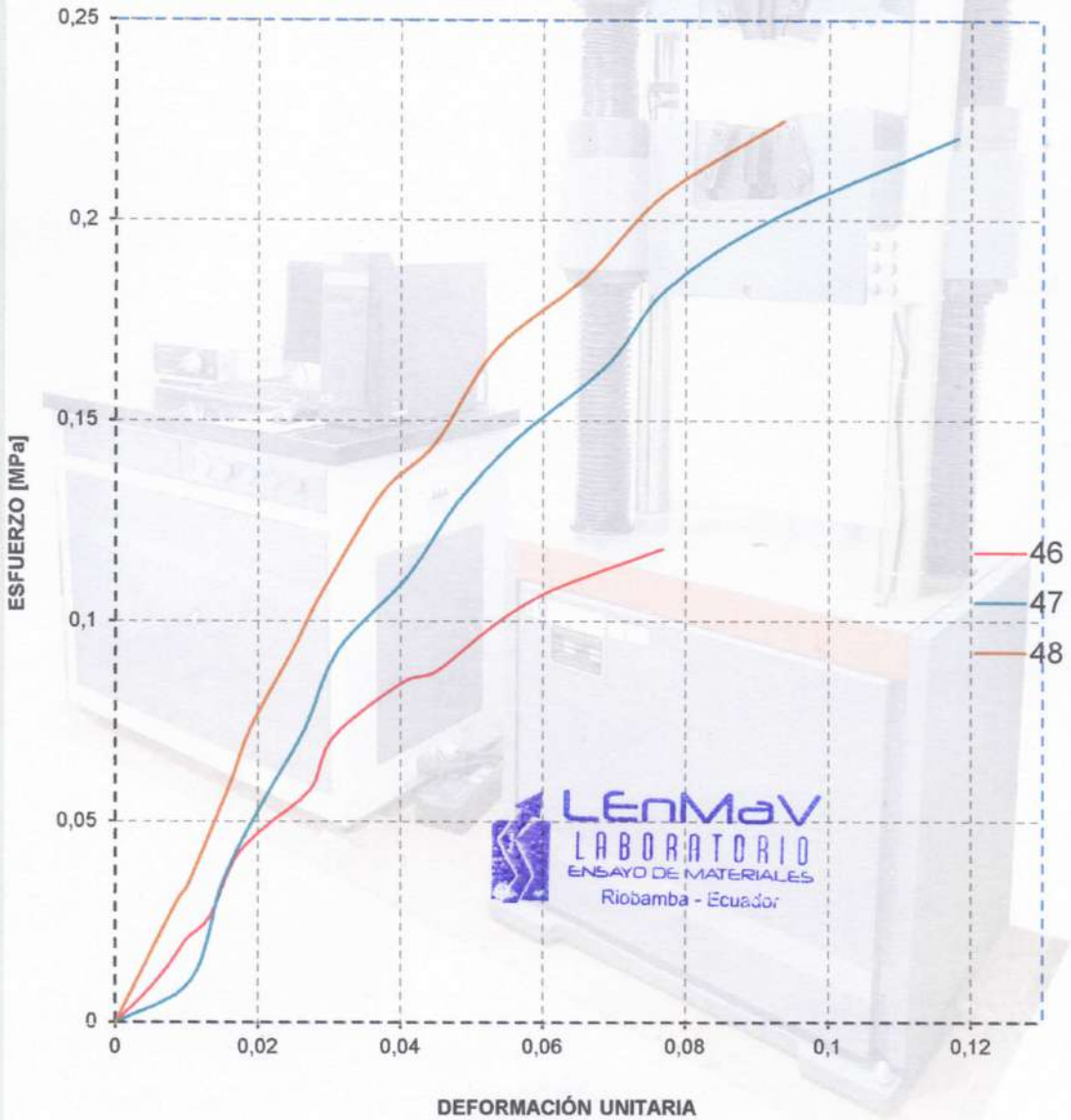
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
46	47	48	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 17

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	49	50	51
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J17-01	J17-02	J17-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,12	1,24	1,66
ANCHURA [mm]	11,22	11,25	10,72
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	12,57	13,95	17,80
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2,135,E+00	1,313,E+00	1,535,E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	2,28	1,51	1,75
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,182	0,108	0,098
CARGA MAXIMA [N]	2,63	1,66	1,99
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,209	0,119	0,112
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	1,74	2,40	2,64

OBSERVACIONES:

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba, Ecuador

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

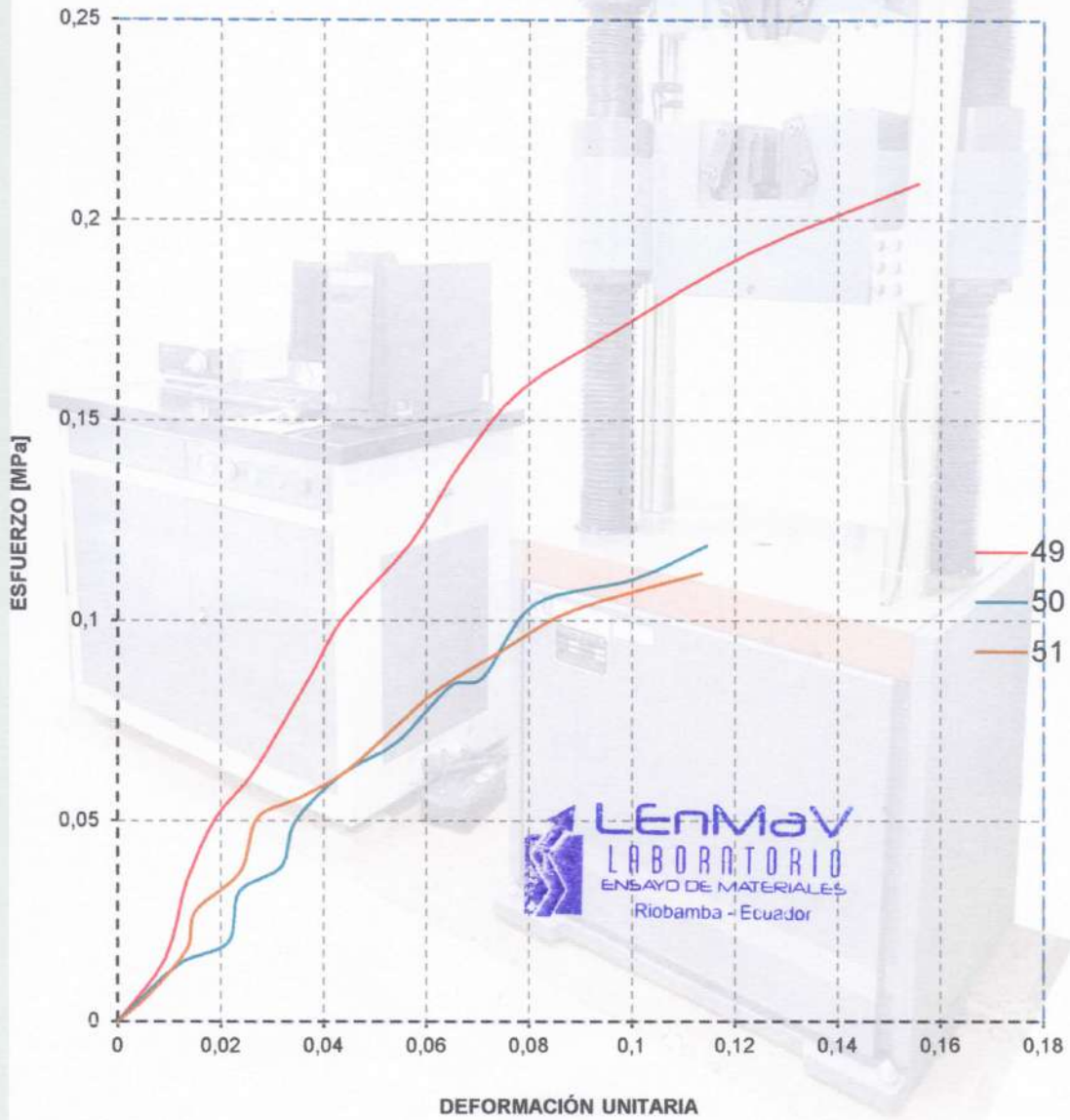
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
49	50	51	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñan B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 18

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	52	53	54
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J18-01	J18-02	J18-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,05	1,07	1,13
ANCHURA [mm]	11,69	12,43	11,9
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	12,27	13,30	13,45
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4,365,E-01	6,247,E-01	6,305,E-01
CARGA DE FLUENCIA [N]	0,51	0,65	0,85
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,042	0,049	0,063
CARGA MAXIMA [N]	0,57	0,74	0,99
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,046	0,055	0,074
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	2,22	3,66	1,06

OBSERVACIONES:

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

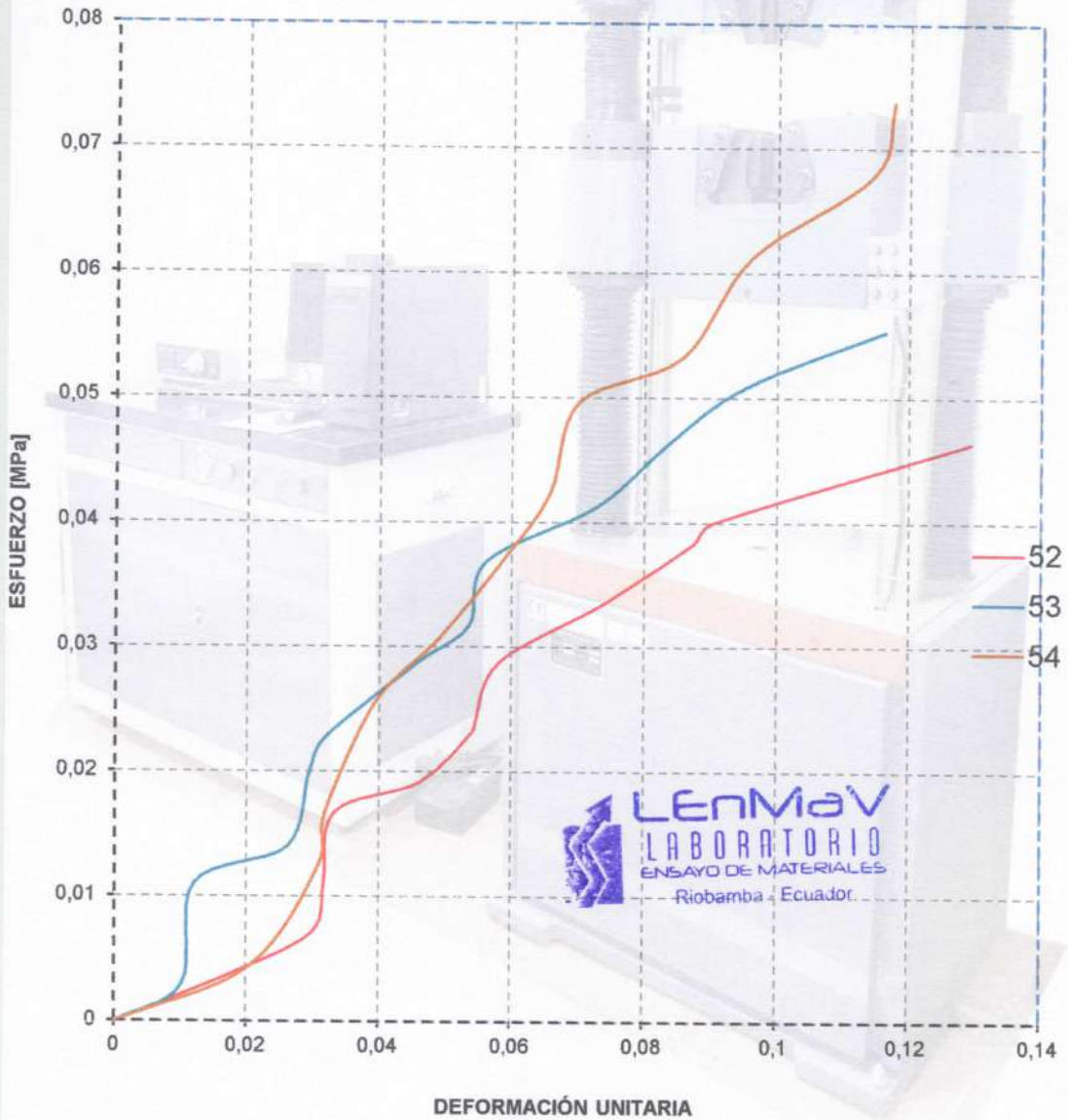
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
52	53	54	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 19

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B

MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD

SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	55	56	57
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J19-01	J19-02	J19-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	1,36	1,17	2,03
ANCHURA [mm]	12,43	11,9	12,09
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	16,90	13,92	24,54
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	9,522,E-01	4,281,E-01	2,389,E-01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1,07	0,95	0,84
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,064	0,068	0,034
CARGA MAXIMA [N]	1,33	1,03	0,85
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0,079	0,074	0,035
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	1,68	3,94	1,78

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

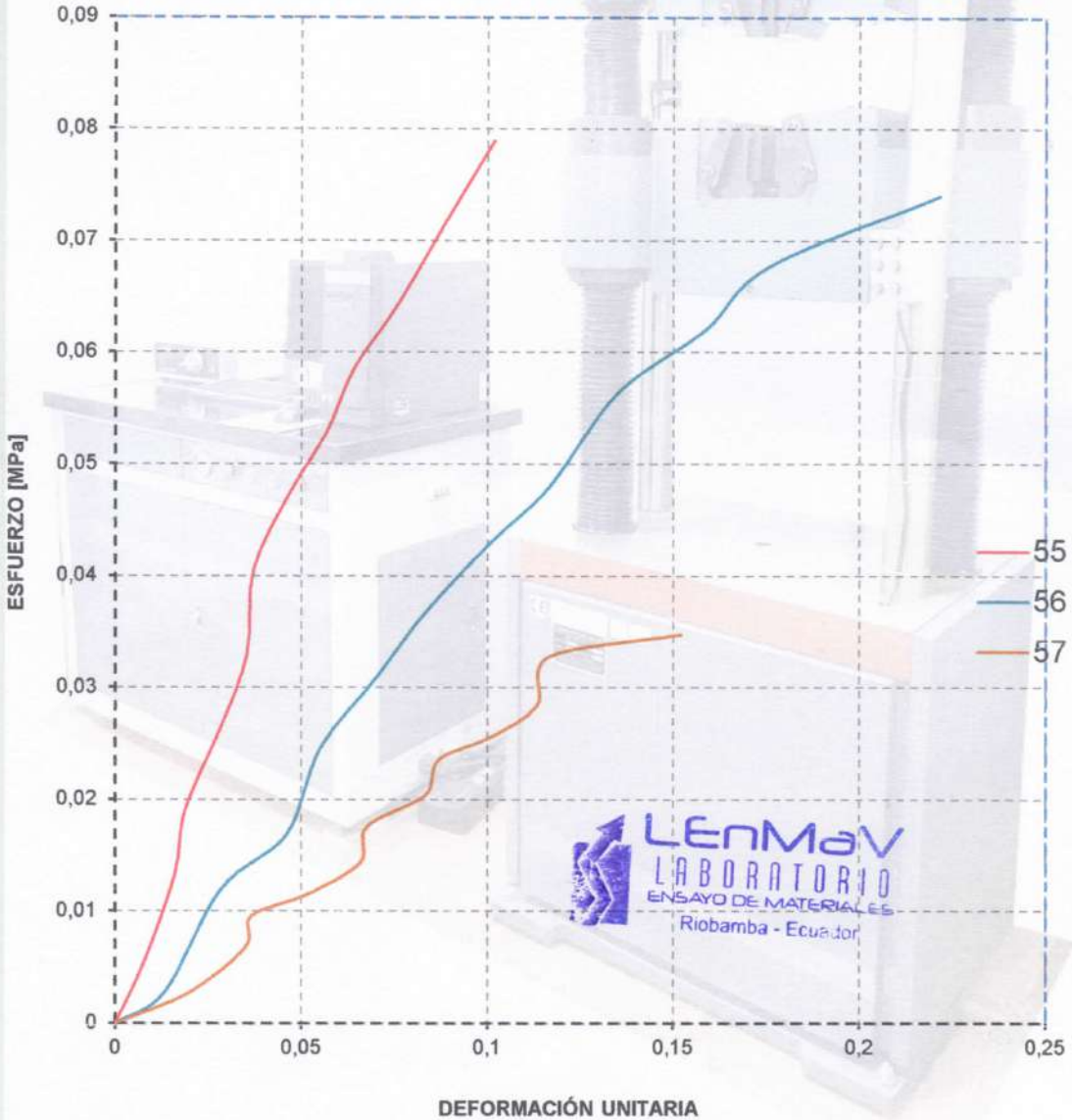
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
55	56	57	BIOPLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 20

SOLICITADO POR:	Johanna Guallichico
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DEL CAMOTE Y CELULOSA DE BRÓCOLI OBTENIDO MEDIANTE MEZCLAS DOE"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE FUNDA DE PLÁSTICO "ECUAPLASTIC"
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	23-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	58	59	60
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	J20-01	J20-02	J20-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	0,05	0,05	0,05
ANCHURA [mm]	11,34	11,68	11,94
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	0,57	0,58	0,60
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1,649,E+02	1,013,E+02	1,318,E+02
CARGA DE FLUENCIA [N]	5,16	7,18	6,27
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	9,100	12,300	10,500
CARGA MAXIMA [N]	8,02	9,29	8,83
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	14,153	15,908	14,789
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	83,02	113,32	61,52
OBSERVACIONES:			

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

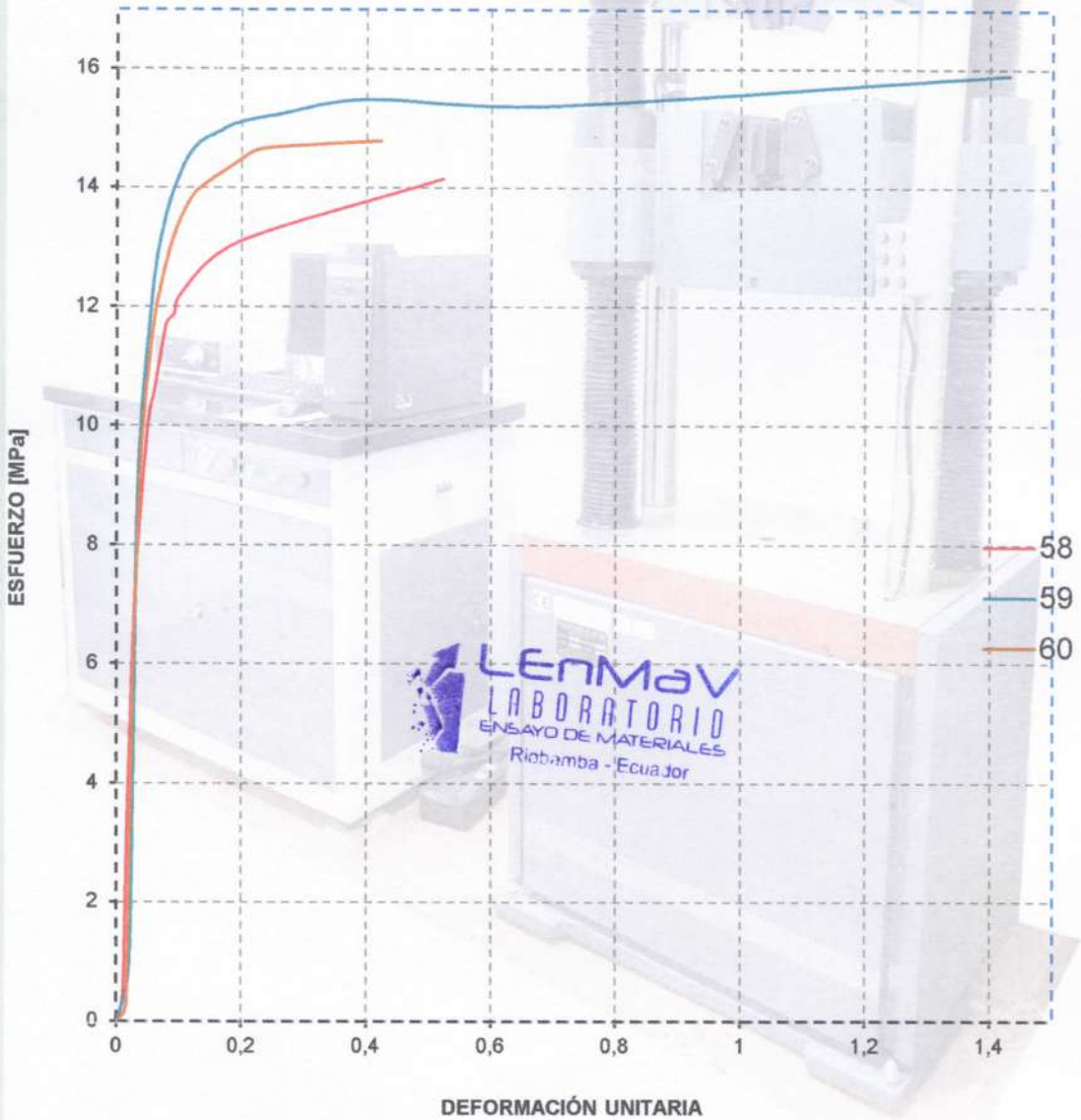
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
58	59	60	PLÁSTICO	23/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 20

SOLICITADO POR:	Marilyn Ramos
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE MAÍZ (Zea Mays) Y FRÉJOL (Phaseolus Vulgaris) OBTENIDO MEDIANTE DOE - MEZCLAS"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	21-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	58	59	60
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	F20-01	F20-02	F20-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	0,08	0,08	0,08
ANCHURA [mm]	11,73	11,51	11,86
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	0,94	0,92	0,95
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2,352,E+01	3,872,E+01	2,516,E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	5,07	3,87	5,31
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	5,400	4,200	5,600
CARGA MAXIMA [N]	6,229	5,62	6,33
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	6,638	6,10	6,67
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	108,48	69,32	93,58
OBSERVACIONES:			

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

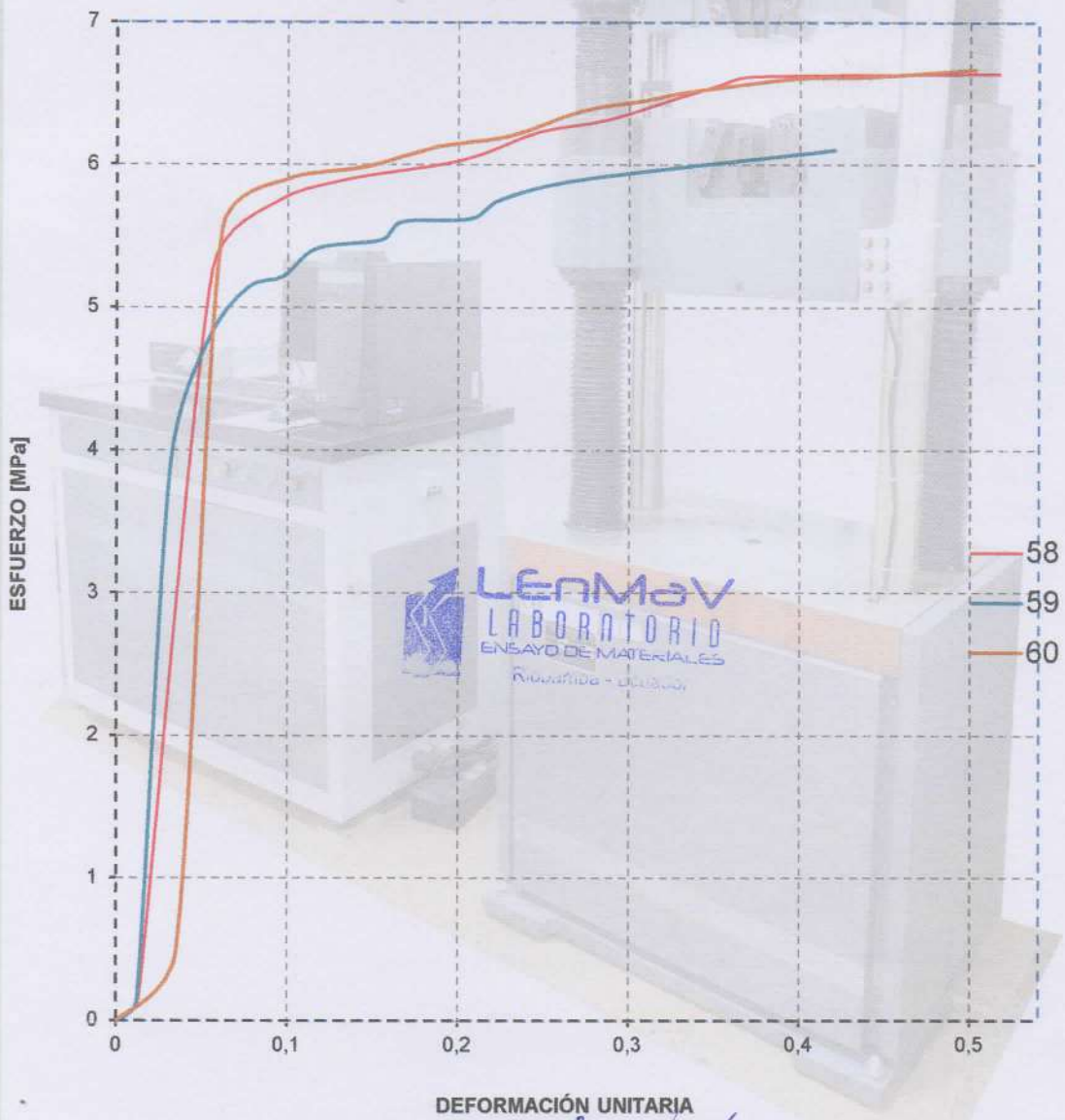
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
58	59	60	PLÁSTICO	21/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 11

SOLICITADO POR:	Nelly Tocalema
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO - MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE LA OCA (Oxalis Tuberosa)"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	21-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	31	32	33
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	P11-01	P11-02	P11-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	0,04	0,04	0,04
ANCHURA [mm]	12,05	11,88	11,89
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	0,48	0,48	0,48
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2,768,E+01	5,087,E+01	3,360,E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	2,51	2,81	2,90
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	5,200	5,920	6,100
CARGA MAXIMA [N]	3,03	3,72	3,36
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	6,289	7,82	7,05
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	74,00	89,48	67,96
OBSERVACIONES:			

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

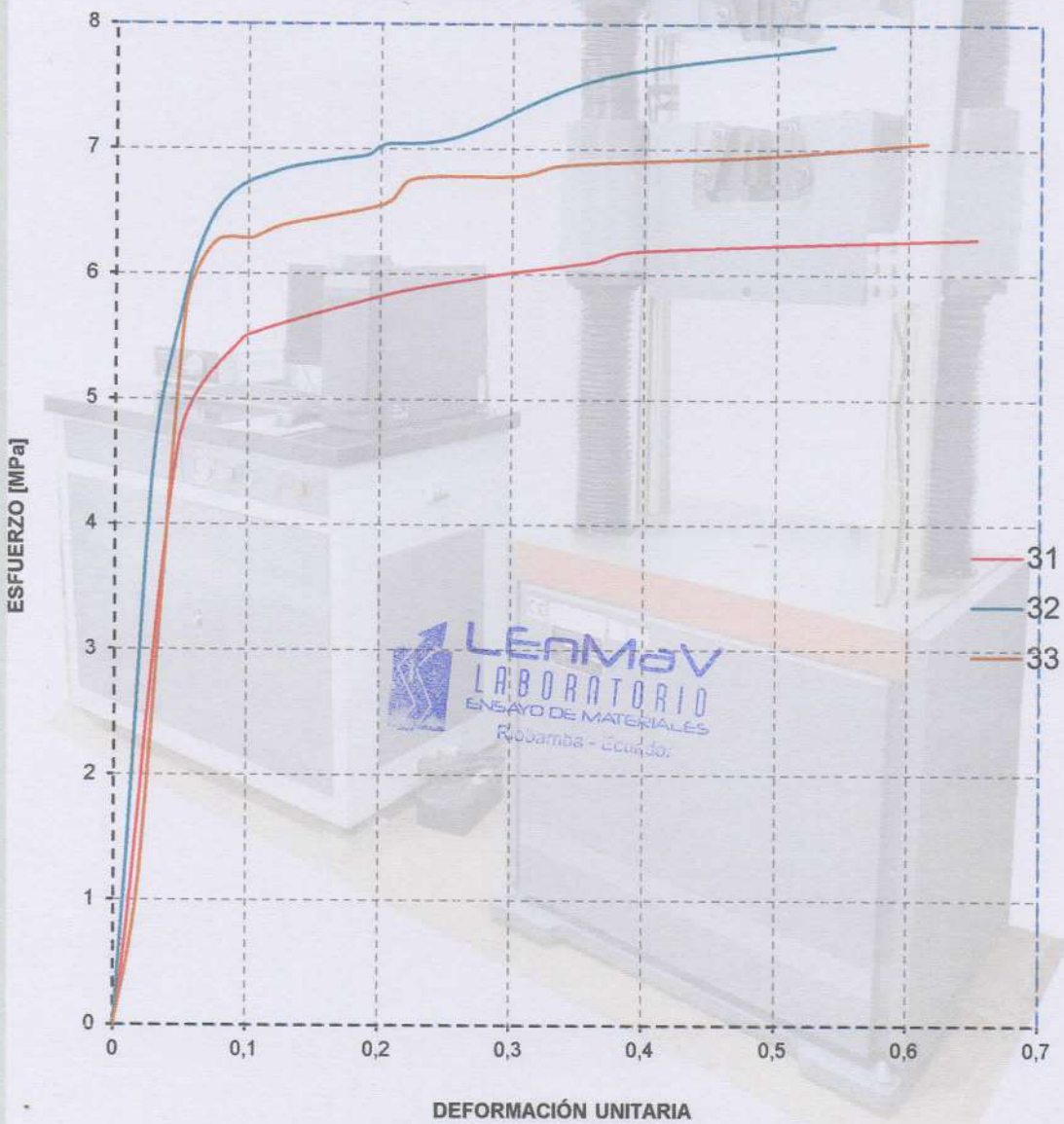
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
31	32	33	PLÁSTICO	21/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñan B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 20

SOLICITADO POR:	Ángel Chicaiza
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (Arracacia Xanthorrhiza) Y GARBANZO (Cicer Arietinum) OBTENIDO MEDIANTE DOE - MEZCLAS"
DIRECCION:	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UTA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 04
NORMA UTILIZADA:	ASTM D638 - 14
FECHA DE ENSAYO:	21-may-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	58	59	60
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	C20-01	C20-02	C20-03
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	0,04	0,04	0,04
ANCHURA [mm]	12,15	12,01	12,04
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	0,49	0,48	0,48
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2,350,E+01	2,107,E+01	2,209,E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	2,04	2,21	2,02
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	4,200	4,600	4,200
CARGA MAXIMA [N]	3,316	3,39	3,41
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	6,823	7,07	7,09
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	54,20	56,94	49,96

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

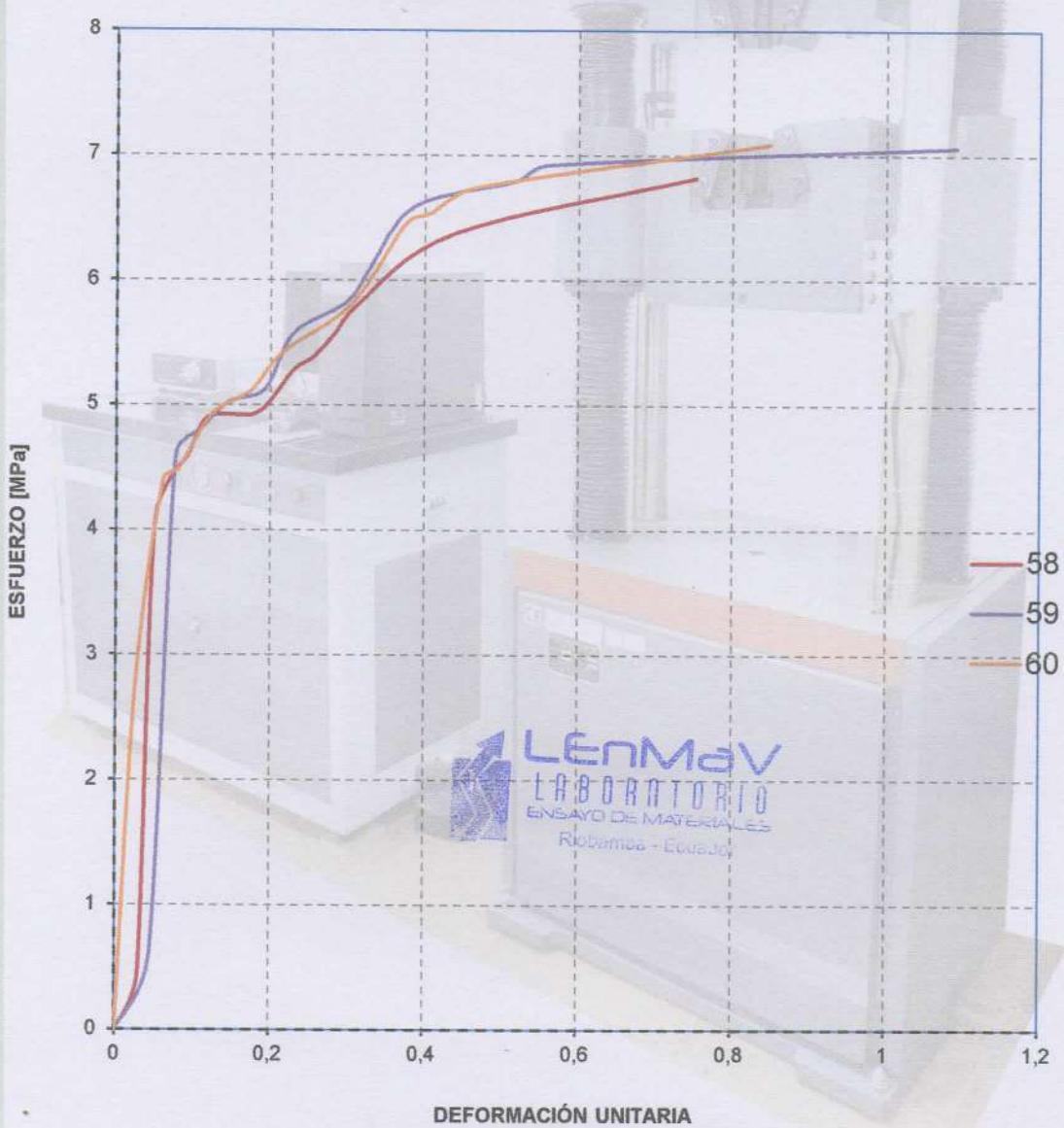
Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Calle Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica (03) 2 924420 - 0987260955
jvinan54@yahoo.es - Riobamba - Ecuador

ENSAYO DE TRACCIÓN

PROB.			TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
58	59	60	PLÁSTICO	21/5/2024

Curvas Esfuerzo - Deformación Unitaria



LENMAV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES
Riobamba - Ecuador

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO