



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA
ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN
POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA
UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA INDUSTRIAL

AUTORA:

TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE

TUTOR:

ING. REYES SORIANO FRANKLIN ENRIQUE, MSc.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2026

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA

**ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA**

CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL

TEMA:

**“PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN
POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA
UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORA:

TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE

TUTOR:

ING. REYES SORIANO FRANKLIN ENRIQUE, MSc.

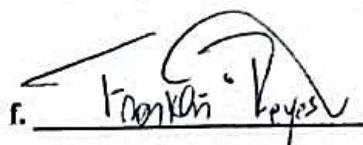
LA LIBERTAD – ECUADOR

2026

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Industrial**.

TUTOR

f. 

ING. REYES SORIANO FRANKLIN ENRIQUE, MSc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. 

ING. BALÓN RAMOS ISABEL DEL ROCÍO, MSc.

La Libertad, a los 11 días del mes de agosto del año 2026.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación **“PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE.”**, elaborado por la Sra. **TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE**, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR

f. 

ING. REYES SORIANO FRANKLIN ENRIQUE. MSc.

La Libertad, a los 28 días del mes de Julio del año 2026.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE.

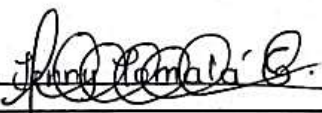
DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **“PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE”**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mí total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 7 días del mes de agosto del año 2026.

AUTORA

f. 

TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE

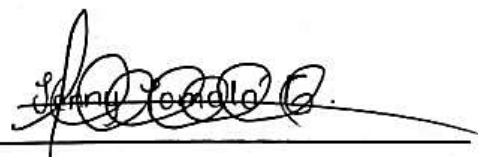
AUTORIZACIÓN

Yo, **TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE**.

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la publicación en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, “**PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE.**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mí exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 7 días del mes de agosto del año 2026.

AUTORA

f. 

TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **“PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE”** elaborado por **TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE**, egresada de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniera Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 3% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.



Certificado de análisis

Compilatio Magister+ | UPSE-ECU

TRABAJO JEEN DE INTEGRACIÓN CURRICULAR - FINAL - JENNY TOMALÁ

ID : cef157b1a3b3fe61802978761792b7ef345ce74b



3%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : TRABAJO JEEN DE INTEGRACIÓN CURRICULAR - FINAL -

JENNY TOMALÁ.txt

Tamaño del archivo original : 346,04 kB

Número de palabras : 10.528

Depositante : FRANKLIN ENRIQUE REYES SORIANO

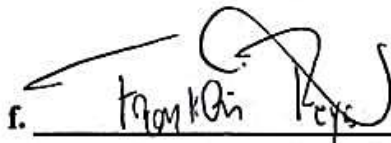
Fecha de depósito : 2 de agosto de 2026

Tipo de carga : Interface

Fecha de fin de análisis : 2 de agosto de 2026

Atentamente,

FIRMA DEL TUTOR

f. 

ING. REYES SORIANO FRANKLIN ENRIQUE, MSc.

C.C.: 0908335813

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

VALIDACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

CERTIFICO

Que, he realizado la revisión y corrección del Trabajo de Integración Curricular para la obtención del título de Ingeniera Industrial con el tema: **“PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE”**. Ha sido desarrollado por la estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial: **TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Que, el trabajo presenta un dominio formal del lenguaje, con expresión clara, coherencia discursiva y solidez interpretativa. Asimismo, garantizando su adecuación a los estándares académicos y formales requeridos.

Por lo expuesto, se expide el presente certificado para que los interesados lo utilicen ante las instancias que correspondan.

Atentamente,



Lic. Mónica Paredes Castro, M.Sc.
Magíster en Educación Básica
Correo: misabelp1017@gmail.com
C.C: 0605353143
Celular: 0969917044

AGRADECIMIENTOS

Elevo mi más sincero agradecimiento a Dios por siempre guiar mis pasos, por acompañarme en toda mi etapa académica, dándome fortaleza, salud, paciencia para enfrentar cada desafío y lograr con éxito esta meta tan importante en mi vida. Agradezco por sus maravillosas bendiciones, por ser quien abre las puertas en mi camino, quien me sostiene, quien me levanta para seguir adelante cumpliendo mis anhelos con trabajo y esfuerzo.

A mi hermosa madre por ser padre y madre para mí, por su amor incondicional, su confianza y apoyo en toda mi etapa universitaria, gracias por enseñarme a valorar cada oportunidad, por ser mi mayor inspiración para seguir adelante y no rendirme.

Gracias a las personas que en algún momento me apoyaron e incentivaron a continuar con mis anhelos, fortaleciendo las palabras y deseos de mamá.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por permitir mi ingreso, crecimiento académico y profesional, a los docentes, quienes compartieron conocimientos y experiencias para cada uno de nosotros. A mi tutor de tesis, agradezco profundamente por su valiosa guía, paciencia y apoyo durante este proceso investigativo.

Tomalá Gómez Jenny Marlene

DEDICATORIA

El presente proyecto le dedico a Dios, por permitir este gran paso en mi vida, dándome tranquilidad necesaria para mantenerme firme ante cada desafío, la confianza para continuar y culminar este objetivo en mi trayectoria de vida.

A mi madre Marlene Gómez Zambrano, quien con orgullo puedo gritar su nombre y dedicar este logro con mucho amor, porque durante toda mi vida y etapa universitaria estuvo presente son sus palabras de aliento, consejos, apoyo y confianza, ensañándome a que todo sacrificio realizado con amor tiene una recompensa, que los sueños se construyen con fe en Dios y amor verdadero.

A mi tutor y docentes que fortalecieron mis conocimientos, quienes guiaron mi camino de aprendizaje con paciencia y consejos, dejando una huella imborrable en mi crecimiento académico y profesional.

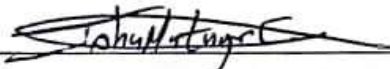
Mi pequeño anhelo es que aquella persona que llegue a observar mi tesis se llene de fortaleza para lograrlo sola(o) si ese es nuestro camino y para quienes tienen la oportunidad de hacerlo en compañía, que valoren la oportunidad de compartir conocimientos y apoyarse durante todo el proceso del proyecto.

Tomalá Gómez Jenny Marlene

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

ING. BALÓN RAMOS ISABEL DEL ROCÍO, MSc.
DIRECTORA DE CARRERA

f. 

ING. MONTENEGRO CARVAJAL JOHN ENRIQUE, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

ING. REYES SORIANO FRANKLIN ENRIQUE, MSc.
DOCENTE TUTOR

f. 

ING. BUENAÑO BUENAÑO EDISON NOE, MSc.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	v
AUTORIZACIÓN	vi
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	viii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	7
MARCO TEÓRICO.....	7
1.1. Antecedentes investigativos.....	7
1.2. Estado del arte.....	8
1.2.1. Definición de preguntas de investigación	10
1.2.2. Selección de fuentes	10

1.2.3. Aplicación de criterios de elegibilidad	10
1.2.4. Recopilación de datos	10
1.2.5. Análisis de los resultados	11
1.3. Estado conceptual	13
CAPÍTULO II.....	15
MARCO METODOLÓGICO.....	15
2.1. Métodos de investigación.....	15
2.2. Diseño de investigación.....	15
2.3. Población y muestra.....	19
2.3.1. Población.....	19
2.3.2 Muestra	20
2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos	21
2.4.1. Métodos de recolección de los datos	21
2.4.2. Técnicas de recolección de los datos.....	22
2.4.3. Instrumentos de recolección de los datos	22
2.5. Variables de estudio	22
Operacionalización de las variables.....	23
2.6. Procedimiento para la recolección de los datos.....	23
CAPÍTULO III	24
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
3.1. Marco de resultados.....	24

3.2.	Fiabilidad y validez de los instrumentos de investigación.....	24
3.2.1.	Validación por expertos (funcionamiento del prototipo)	27
3.2.2.	Valoración del contenido de la propuesta.....	29
3.3.	Diseño y construcción de prototipo para pruebas de elasticidad ...	30
3.3.1.	Fase 1. Revisión y diagnóstico.....	30
3.3.2.	Fase 2. Diseño del prototipo	35
3.3.3.	Fase 3. Construcción y ensamblaje	41
	3.3.3.1. Análisis estático del prototipo.....	42
	3.3.3.2. Análisis estático del bastidor estructural	49
	3.3.3.3. Diagrama analítico de procesos	55
3.3.4.	Fase 4. Pruebas y validación (funcionamiento de prototipo).....	60
3.4.	Verificación de hipótesis.....	66
3.5.	Presupuesto del prototipo	71
3.6.	Marco de discusión	74
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES	76
	BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Términos asociados utilizados en la búsqueda bibliográfica	9
Tabla 2. Criterios de inclusión y exclusión	10
Tabla 3. Tabla de criterios y valoración.....	11
Tabla 4. Frecuencia y porcentaje.....	12
Tabla 5. Determinación de población	19
Tabla 6. Distribución de la muestra representativa	20
Tabla 7. Distribución de muestra experimental	21
Tabla 8. Interpretación de las respuestas del cuestionario.	25
Tabla 9. Fiabilidad por el coeficiente de Alfa de Cronbach.....	26
Tabla 10. Criterios de inclusión y exclusión para la validación de la propuesta	27
Tabla 11. Características de expertos seleccionados.....	29
Tabla 12. Valoración del contenido de la propuesta.	30
Tabla 13. Parámetros – Norma ASTM D638-14	31
Tabla 14. Dimensiones probeta tipo IV	33
Tabla 15. Designación para la velocidad de prueba.....	34
Tabla 16. Materiales para fabricación del prototipo de pruebas de elasticidad	39
Tabla 17. Proceso descriptivo de la construcción del prototipo.....	51
Tabla 18. Diagrama analítico del proceso	56
Tabla 19. Clasificación y velocidad de muestras de polímero PET.....	60
Tabla 20. Variables evaluadas en los ensayos.....	61
Tabla 21. Tabla de análisis del modelo de diseño experimental con un solo factor y efectos fijos	68
Tabla 22. Datos módulo de elasticidad (MPa) del experimento de pruebas de elasticidad.....	68
Tabla 23. Determinación de F_o calculado.....	70
Tabla 24. Costos del prototipo para pruebas de elasticidad	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pasos para la revisión sistemática (PRISMA)	8
Figura 2. Esquema de la Metodología PRISMA	8
Figura 3. Estructura de los componentes del PICOC	9
Figura 4. Protocolo de investigación conforme a la norma ASTM D638-14	12

Figura 5. Organigrama del taller industrial.	14
Figura 6. Diseño de investigación.....	16
Figura 7. Estructura general del diseño de investigación.	16
Figura 8. Diagrama de flujo de proceso de construcción de prototipo	18
Figura 9. Fases del método Delphi.....	23
Figura 10. Dimensiones muestra de prueba Tipo IV	32
Figura 11. Diseño de placa inferior y superior	35
Figura 12. Diseño de guía	36
Figura 13. Diseño ensamblaje de estructura para soporte.....	36
Figura 14. Diseño de husillo	37
Figura 15. Diseño del motor NEMA 34	37
Figura 16. Diseño de mordazas	38
Figura 17. Diseño completo de prototipo	38
Figura 18. Celda de carga 100 kg.....	39
Figura 19. Flujograma del proceso de construcción y ensamblaje	41
Figura 20. Diagrama de cuerpo libre de estructura.....	45
Figura 21. Diagrama de cuerpo libre de soporte de motor NEMA 34	46
Figura 22. Esfuerzo equivalente de Von Mises del bastidor estructural del prototipo	49
Figura 23. Esfuerzo axial de bastidor estructural	50
Figura 24. Desplazamiento resultante del bastidor.....	50
Figura 25. Factor seguridad del bastidor estructural.....	51
Figura 26. Conexión Arduino-HX711.....	54
Figura 27. Sistema de accionamiento del prototipo.....	55
Figura 28. Proceso de fabricación de probetas	57
Figura 29. Diseño de muestra para corte – Norma ASTM D638-14	58
Figura 30. Formula química del polietileno Tereftalato (PET)	58
Figura 31. Clasificación de botellones	59
Figura 32. Referencia de corte plana.....	59
Figura 33. Muestras PET nuevo, medio uso y último ciclo de uso.....	60
Figura 34. Comparación del módulo de elasticidad	71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Artículos para la revisión de alcance.	81
Anexo B. Validación de propuesta del diseño de prototipo... ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo C. Matriz de operacionalización de las variables.....	88
Anexo D. Formato para encuesta a docentes.....	92

Anexo E. Ficha técnica del instrumento.	94
Anexo F. Formatos para validación por expertos.....	95
Anexo G. Validación por experto (cuestionario)	99
Anexo H. Evidencia de encuestas aplicadas a docentes.	100
Anexo I. Información en IBM SPSS Statistics – encuesta a docentes de vista.	108
Anexo J. Vista de datos en IBM SPSS Statistics	108
Anexo K. Análisis alfa de Cronbach en IBM SPSS Statistics.....	109
Anexo L. Validación por expertos (prototipo).	110
Anexo M. Diseño de estructura y componentes de prototipo para evaluaciones de elasticidad. Vistas y acotas.	118
Anexo N. Ficha técnica de celda de carga 100 Kg.	122
Anexo O. Recepción de componentes.	123
Anexo P. Medidas para cortes correspondientes.	123
Anexo Q. Cortes de barras.	124
Anexo R. Cortes de placas.....	124
Anexo S. Soldadura de materiales.	125
Anexo T. Construcción de mordazas	125
Anexo U. Probetas ensayadas.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo V. Cálculos respectivos para el análisis del módulo de elasticidad en Excel.	127
Anexo W. Resultados y análisis de las pruebas en el software de Minitab.	128
Anexo X. <i>Puntos porcentuales de la distribución F.</i>	129
Anexo Y. Manual de mantenimiento	131
Anexo Z. Certificado de participación en la III Convención Internacional de la FCI.	134
Anexo AA. Carta de aceptación de primer capítulo.	135
Anexo BB. Carta de aceptación del capítulo II.	136
Anexo CC. Carta de aceptación del capítulo III.	137

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLOS

ONU: Organización de las Naciones Unidas

ASTM: American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales).

PET: tereftalato de polietileno.

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales).

MPa: Megapascal.

GPa: Gigapascal

PLA: Ácido poliláctico.

N: newton.

MM: milímetro.

“PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS
APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS
INDUSTRIALES UPSE”

Autora: Tomalá Gómez Jenny Marlene

Tutor: Ing. Reyes Soriano Franklin Enrique, MSc

RESUMEN

En la actualidad, el material polimérico en especial el PET (tereftalato propileno) presenta una gran importancia debido al uso constante en diferentes productos, ha hecho que la investigación de estos materiales sea crucial. A través del diseño estructural del sistema mecánico en software SolidWorks y la selección de componentes adecuados se logra la construcción del prototipo y el procedimiento de ensayos para evaluar las muestras normalizadas ASTM D638-14 de polímero PET, bajo el requerimiento de sistema controlado para evaluar correctamente el comportamiento del material con la fuerza aplicada de la celda de carga seleccionada que es de 100 Kg para futuros ensayos o evaluaciones.

Los resultados obtenidos permiten destacar la funcionalidad del prototipo mediante un motor paso a paso NEMA 34 de 6 N.m seleccionado por factor seguridad y futuras investigaciones, quien acciona y estira la probeta fabricada como plantea la norma estudiada.

Se evidencia el análisis estadístico con base en el software Minitab, logrando valor F calculado de 0.82 menor que el valor F crítico de 3.89, comprobando que no hay diferencias significativas entre las diferentes muestras de PET: nuevas, medio uso y último ciclo de uso en los ensayos de evaluaciones de elasticidad realizadas. El proyecto no tiene un periodo de recuperación de inversión, sin embargo, es de gran importancia para decidir futuras inversiones por investigaciones mediante pruebas de elasticidad, contribuyendo de manera positiva a investigadores académicos y profesionales en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE.

Palabras claves: material polimérico, diseño, prototipo, evaluaciones de elasticidad, norma ASTM D638-14, probeta.

"PROTOTYPE FOR ELASTICITY EVALUATIONS IN POLYMERS APPLYING THE ASTM D638-14 STANDARD IN THE UPSE INDUSTRIAL PRACTICES UNIT"

Author: Tomalá Gómez Jenny Marlene

Tutor: Ing. Reyes Soriano Franklin Enrique, MSc

ABSTRACT

Currently, polymeric material, especially PET (polypropylene terephthalate), is very important due to the constant use of this material in products, which has made research into these materials crucial. Through the structural design of the mechanical system in SolidWorks software and the selection of appropriate components, the construction of the prototype and the testing procedure to evaluate ASTM D638-14 standardized PET polymer samples is achieved. This is done under a controlled system requirement to properly assess the material's behavior with the applied force from the selected load cell, which is 100 Kg, for future tests or evaluations. The results obtained highlight the functionality of the prototype through a NEMA 34 stepper motor with 6 N.m, selected for safety factors and future research, which drives and stretches the manufactured test specimen as outlined by the studied standard.

The statistical analysis is shown based on the Minitab software, achieving a calculated F value of 0.82, which is lower than the critical F value of 3.89, confirming that there are no significant differences between the different PET samples: new, medium use, and last cycle of use in the elasticity evaluation tests carried out. The project does not have an investment recovery period; however, it is very important for deciding future investments through elasticity testing research, positively contributing to academic and professional researchers in the UPSE Industrial Practices Unit.

Keywords: polymeric material, design, prototype, elasticity tests, ASTM D638-14 standard, test specimen.

INTRODUCCIÓN

En Estados Unidos, el estudio titulado “Tensile testing data of additive manufactured ASTM D638 standard specimens with embedded internal geometrical features” desarrollado por AbouelNour et al., (2024), examinaron el comportamiento mecánico de más de 100 especímenes de polímero fabricadas mediante impresión 3D bajo los parámetros de la norma ASTM D638 por ensayos en una máquina con lectura de resultados mediante una celda de carga de 50 kN. Los resultados mostraron que la presencia de defectos interiores provoca una reducción de la resistencia a la tracción superior al 20 %, afectando directamente a la deformación y el comportamiento elástico del material.

El estudio se relaciona con esta investigación puesto que evidencia la correcta aplicación de los ensayos de tracción como método fiable; como ventaja, también apoya el desarrollo de un prototipo que permite medir dichas propiedades de forma accesible y controlada en el ámbito académico.

En Túnez, el estudio denominado “Experimental Study of the Tensile Behavior of Structures Obtained by FDM 3D Printing Process” elaborado por Ben hadj Hassine et al., (2024), usaron un enfoque experimental y aplicando la norma ASTM D638, evaluó el comportamiento mecánico en materiales poliméricos bajo tensión. Los resultados mostraron resistencias de 28 MPa a 52 MPa y módulos de elasticidad de 1.2 GPa a 2.8 GPa con variaciones por encima del 40 %, dependiendo de la forma de fabricación.

Frente a esto, el estudio se vincula con la presente investigación al resaltar la necesidad de diseñar un sistema experimental que garantice condiciones de medición estables y resultados reproducibles en la evaluación de la elasticidad de materiales poliméricos.

En Panamá, el estudio titulado “Diseño y construcción de prototipo de bajo coste para ensayo de tracción en polímeros” elaborado por Montenegro et al., (2024) propusieron un prototipo funcional de bajo coste para realizar pruebas de tensión donde se puede ensayar materiales específicos. El diseño y construcción del prototipo dio como resultado finalmente un dispositivo utilizado para la caracterización de

materiales poliméricos específicamente tipo IV conforme a la norma establecida. Se concluyó que el desarrollo de prototipos constituye una alternativa viable para instituciones académicas que requieren equipos de ensayo accesibles. Este estudio se relaciona directamente con la presente investigación, ya que respalda el diseño de un prototipo basado en la norma ASTM D638-14 para su aplicación en la UPSE.

En Ecuador, el estudio denominado “Diseño y validación de una máquina para ensayos a tracción de probetas de resinas poliméricas impresas en 3D” desarrollado por Buñay et al., (2023), presentaron el diseño y validación de una máquina para ensayos de tracción de pruebas poliméricas obtenidas por impresión 3D, la investigación tuvo enfoque experimental y la metodología aplicada para el análisis de la adquisición de componentes mecánicos mediante cálculos analíticos. Se analizaron mediante cinco ensayos en muestras de resina ingenieril con los parámetros de la norma ASTM D638, teniendo como resultado la determinación de esfuerzo a la tracción.

Se demuestra la viabilidad de desarrollar equipos de ensayo a nivel académico, ya que se respalda el diseño de un prototipo basado en la norma ASTM D638, el cual permite evaluar la elasticidad de polímeros bajo condiciones controladas y obtener resultados confiables.

Planteamiento del problema

Durante los últimos años la caracterización mecánica ha cobrado relevancia especial, por el aumento constante de su consumo y fabricación a nivel industrial. A través de datos publicados por la ONU de los 430 millones de toneladas de materiales poliméricos en el año 2023 se señala que son generados cada año y menos del 10 % es reciclado. De la misma forma se resalta esta situación al ser crucial la necesidad de poseer revisiones exhaustivas asegurando que estos materiales sean de calidad aportando a la sostenibilidad, en la línea de investigación los estudios de los parámetros de fabricación y pruebas de polímeros son relacionados y su impacto es significativo. Castañón et al., (2023) señalan variaciones de hasta un 30 % en la resistencia mecánica debido a los parámetros de impresión. Del mismo modo, AbouelNour et al., (2024), encuentran reducciones de más del 20 % en la resistencia de tracción debido a defectos internos en los especímenes.

En Latinoamérica, se presenta un gran obstáculo para el desarrollo académico y experimental por la escasez de equipos especializados para ensayos mecánicos. Por otra parte Montenegro et al., (2024) afirman que existe una limitación de máquinas especializadas con alto costo en ámbitos académicos, es decir es una de las barreras principales para la incorporación de ensayos de elasticidad en la formación estudiantil. Por el contrario, investigaciones actuales indican la posibilidad de construir prototipos adaptados a este tipo de pruebas para evaluaciones. Citando a Cárdenas et al., (2023), determinaron que la causa de variaciones del 20 % en propiedades mecánicas de polímeros se debe a parámetros aplicados en las etapas de fabricación, estos resultados demuestran que, a pesar de avances viables en la construcción de equipos, sigue existiendo una brecha en el soporte tecnológico de instituciones académicas.

En la Unidad de Prácticas Industriales de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), se cuenta con una máquina automatizada de tracción para ensayos mecánicos y medición de propiedades de los materiales específicos. Sin embargo, se visualizó la necesidad de una máquina para evaluaciones específicamente en materiales poliméricos conforme a la norma ASTM D638-14 a partir de actividades desarrolladas en la unidad de prácticas de la carrera de Ingeniería Industrial, las asignaturas como Mecánica de Materiales, Simulación y Diseños de experimentos, Electricidad Industrial, Control de calidad, así como en otras asignaturas contempladas en la malla curricular se enfocan en el comportamiento y caracterización de los materiales. El presente proyecto propone un prototipo para evaluaciones de elasticidad en materiales aplicando la norma ASTM D638-14 que se implementara en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE.

Formulación del problema de investigación

¿De qué manera el diseño y construcción de un prototipo para evaluaciones de elasticidad en materiales poliméricos, basado en la norma ASTM D638-14, influye en la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos en la Unidad de Prácticas Industriales de la carrera de Ingeniería Industrial de la UPSE, especialmente en comparación con métodos tradicionales o la ausencia de equipos especializados?

Alcance de la investigación

El presente estudio de investigación se enfoca en el diseño y construcción de un prototipo para la evaluación de la elasticidad en materiales poliméricos aplicado a la Unidad de Prácticas Industriales de la carrera de Ingeniería Industrial de la UPSE, conforme a la norma ASTM D638-14. La investigación es de tipo experimental y aplicado, ya que se busca lograr las propiedades mecánicas en los polímeros académicos que son resistencia a la tracción, módulo de elasticidad y deformación. Su alcance es únicamente para los materiales poliméricos, sin incluir metales, compuestos avanzados y no se extiende a aplicaciones industriales más amplias.

El objetivo del proyecto es el desarrollo de un equipo de bajo costo que pueda mejorar las prácticas en materiales poliméricos. De igual importancia apoyando el fortalecimiento académico de docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), de este modo resulta una idea que se pueda adaptar, modificar y mejorar en un futuro a través de investigaciones relacionadas con la evaluación de propiedades elástica.

Justificación de la investigación

Debido a la investigación profunda se justifica la carencia de equipos especializados para caracterizar materiales poliméricos utilizando la normativa ASTM D638-14 en la Unidad de Practicas Industriales UPSE, lo que limita el desarrollo de simulaciones experimentales. Evidenciando que el aprendizaje se basa únicamente en teoría limitada a la comprensión integral de conceptos fundamentales como la resistencia a la tracción, el módulo de elasticidad y la deformación.

El propósito de este proyecto es mejorar los procedimientos experimentales aportando al desarrollo de habilidades técnicas y prácticas de los estudiantes mediante el análisis y recopilación de datos precisos para evaluar la elasticidad en polímeros.

La implementación de materiales y componentes disponibles en el mercado nacional según los requerimientos específicos en evaluaciones de elasticidad para el diseño y construcción del prototipo reduce costos asociados a la adquisición de una maquina comercial importada. Asimismo, permite el fortalecimiento de las actividades prácticas de asignaturas como Control de Calidad, Mecánica de Materiales, relacionando la experimentación con los conocimientos teóricos.

Esto nos lleva al diseño para la construcción adecuada de un prototipo para evaluar materiales de polímeros como respuesta a esta demanda, a través de pruebas de elasticidad precisamente para obtener resultados confiables durante la experimentación logrando la mejora del proceso de enseñanza, desarrollando habilidades prácticas en la ingeniería.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar un prototipo para evaluaciones de elasticidad en materiales de polímeros conforme la norma ASTM D638-14 en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE.

Objetivos específicos

OE. 1. Realizar la revisión sistemática de la literatura sobre la caracterización de materiales poliméricos y la aplicación de la norma ASTM D638-14, mediante el análisis de bases de datos científicos, para el correcto establecimiento de los fundamentos teóricos de los ensayos para evaluaciones de elasticidad.

OE. 2. Analizar la situación actual de la Unidad de Practicas Industriales de la UPSE mediante métodos e instrumentos de recopilación de datos que identifiquen demandas y especificaciones actuales para la construcción de un prototipo destinado a experimentos.

OE. 3. Desarrollar un prototipo específicamente para evaluaciones de elasticidad en materiales poliméricos, a través de la aplicación de parámetros normalizados por ASTM D638-14, obteniendo datos confiables durante los ensayos de tracción.

La investigación se organiza de una manera ordenada y sistemática con el objetivo de clarificar su desarrollo, objetivos, metodología y resultado.

Dentro del marco de investigación, se distinguen tres capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I: se destina a la revisión bibliográfica y conceptual vinculados a los ensayos de elasticidad en materiales poliméricos, así como a las propiedades mecánicas de los polímeros y los principios operativos de las máquinas de tracción. Igualmente, se exploran antecedentes de investigación, teorías y conceptos técnicos que fundamentan la creación del prototipo para las pruebas de elasticidad.

Capítulo II: se dedica a describir el enfoque metodológico que sigue la investigación y donde se especifica el tipo de investigación, así como el diseño propuesto. Se determina los métodos empleados para la recolección de los datos, el procedimiento utilizado, la estrategia de muestreo y las técnicas de análisis para el tratamiento de la información.

Capítulo III: se describe los resultados finales mediante el diseño y planificación del prototipo para las respectivas evaluaciones en materiales poliméricos que se obtienen de acuerdo con la investigación, así como el ejercicio de los hallazgos más relevantes. Se analizan las implicaciones que resultan de los mismos y se establecen las conclusiones que se pueden obtener y que se soportan en la evidencia y que, de acuerdo con el análisis realizado, se plantean las recomendaciones pertinentes.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos.

A nivel mundial, la Organización de las Naciones Unidas ONU, (2023), el estudio basado en análisis globales de producción y consumo evidenció que el mundo genera aproximadamente 430 millones de toneladas de plástico al año, de las cuales menos del 10 % se recicla, mientras que grandes volúmenes terminan como residuos contaminantes. De tal modo, Gazeau et al., (2024), menciona que en su investigación explora las prácticas de reciclaje para destacar la necesidad de realizar pruebas de calidad, mejorando los protocolos estándar industriales, a nivel global se produjeron 489 millones de toneladas de polímeros, reciclando solo el 8.17 %.

Estos hallazgos no solo demuestran la gran cantidad de materiales poliméricos producidos, sino también la limitada capacidad y control de calidad para su reciclaje, reflejando el problema a nivel mundial.

En Italia, Lanzotti et al., (2020), emplearon un método experimental utilizando probetas poliméricas fabricadas en PLA y ensayadas bajo condiciones de tracción similares a la norma ASTM D638. Los resultados evidenciaron que la resistencia a la tracción varió entre 35 MPa y 60 MPa, mientras que el módulo de elasticidad varió entre 1.5 GPa y 3.2 GPa, presentando diferencias superiores al 25 % según parámetros como la velocidad de impresión y el porcentaje de relleno.

A partir de estos resultados se muestra que las características de fabricación impactan directamente en las propiedades mecánicas de los polímeros.

En Ecuador, Cárdenas et al., (2023), se basaron en un método experimental con especímenes de polímeros bajo cargas reguladas por parámetros de la norma ASTM D638, mostrando valores entre 25 MPa y 48 MPa, por otro lado, el módulo de elasticidad varía entre el 1,1 GPa a 2,5 GPa.

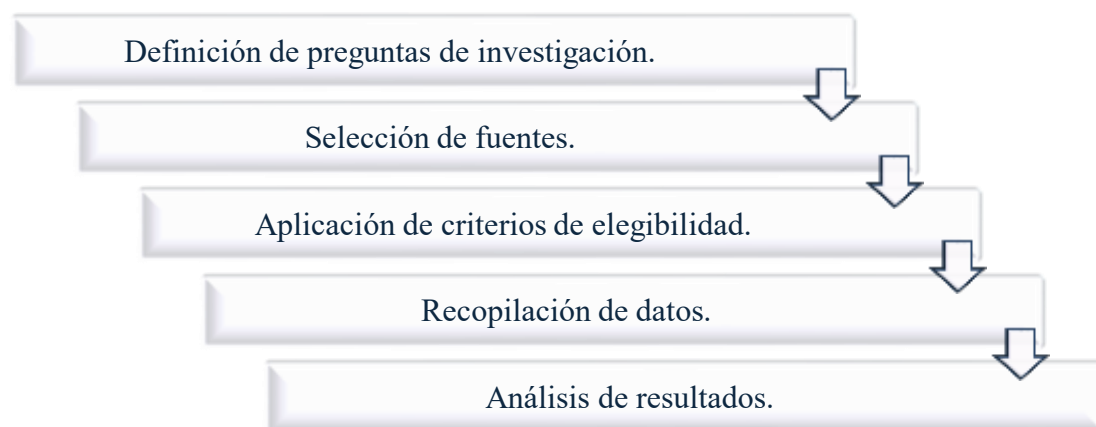
En tal situación, el desarrollo de un prototipo accesible se presenta como una alternativa viable para fortalecer la investigación y la formación práctica en instituciones académicas.

1.2. Estado del arte

Según Orte Socías et al., (2025), aluden que este proceso permite comprender el estado actual del conocimiento, la metodología PRISMA se sintetizan en la Figura 1 donde se muestra el esquema general aplicado en la revisión sistemática.

Figura 1.

Pasos para la revisión sistemática (PRISMA).



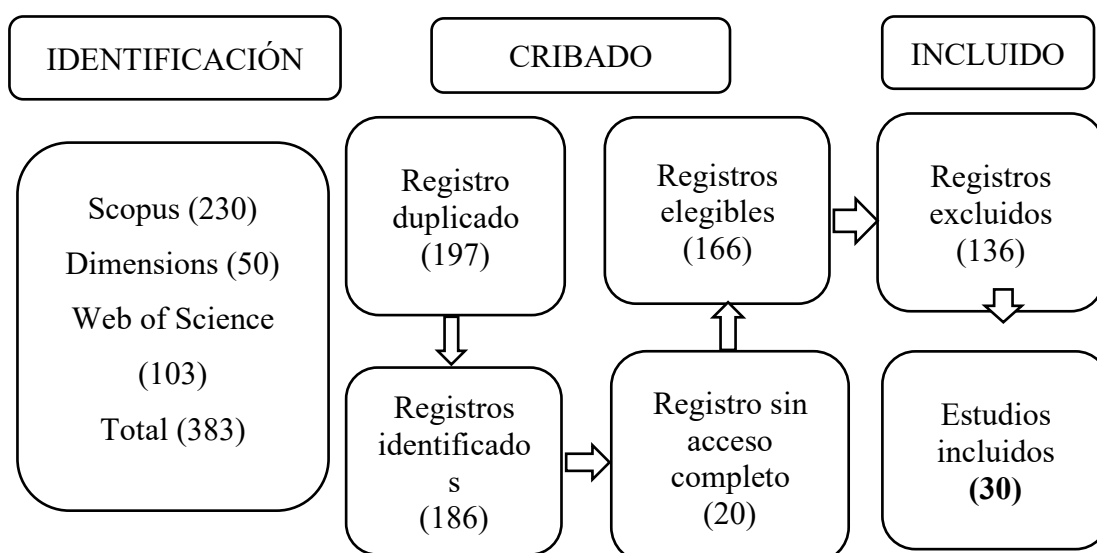
Nota. Elaborado por la autora en base a (Orte Socías et al., 2025).

Búsqueda

La búsqueda de literatura se realiza en bases de datos científicas como Scopus, Dimensions y Web of Science (WoS), con artículos publicados entre 2020 y 2026, sobre ensayos de tracción en materiales poliméricos en entornos de ensayo relacionados con la norma ASTM D638-14 y el desarrollo de prototipos de bajo coste.

Figura 2.

Esquema de la metodología PRISMA.

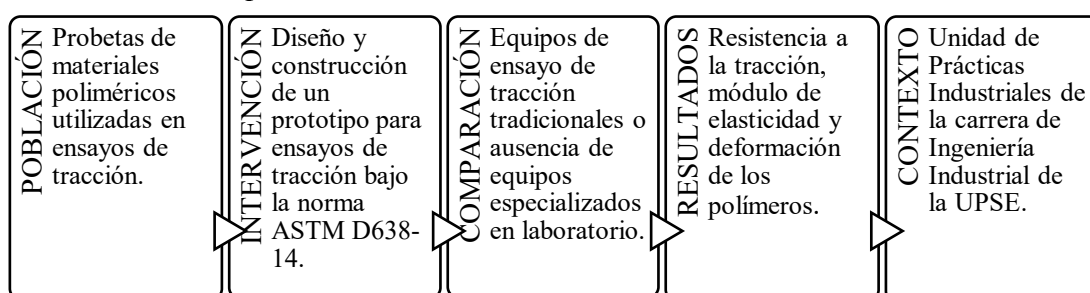


Nota. Elaborado por la autora en base a Orte Socías et al., (2025).

En la Figura 3 se muestran los componentes de PICOC de esta revisión que busca comprender el procedimiento de búsqueda y revisión bibliográfica.

Figura 3.

Estructura de componentes PICOC.



Nota. Elaborado por la autora.

En la Tabla 1 se muestran los términos equivalentes considerados para cada componente principal de la investigación.

Tabla 1.

Términos asociados utilizados en la búsqueda bibliográfica.

Concepto principal	Términos relacionados (usados con AND - OR)
Probetas de polímeros	“Polymer specimens,” “plastic specimens,” “test samples,” “polymeric samples,” probetas poliméricas.
Ensayo de tracción	“Tensile test,” “tensile testing,” “tension test,” “mechanical tensile testing,” ensayo mecánico de tracción.
Norma ASTM D638-14	“ASTM D638”, “ASTM D638 standard”, “tensile testing standard”.
Elasticidad de materiales	“Elastic modulus,” “Young’s modulus,” “modulus of elasticity,” comportamiento elástico, elastic behavior.
Prototipo de ensayo	“Testing prototype,” “tensile test machine prototype,” “low-cost testing device,” “experimental testing system,” prototipo de máquina de ensayo.

Nota. Elaborado por la autora.

1.2.1. Definición de preguntas de investigación

Los resultados de la revisión sistemática permiten establecer los parámetros técnicos para la construcción del prototipo, la norma ASTM D638-14 utilizada para pruebas en polímeros proporciona información relevante para la selección de los componentes claves para la construcción.

1.2.2. Selección de fuentes

Se seleccionan fuentes provenientes de bases de datos académicas como Scopus, Dimensions y Web of Science (WoS).

1.2.3. Aplicación de criterios de elegibilidad

Dichos criterios permiten filtrar los estudios en función de su relación con el tema de investigación, su actualidad, el enfoque metodológico y la calidad académica.

Tabla 2.

Criterios de inclusión y exclusión.

Tipo	Inclusión	Exclusión
Año	2020 – 2026.	< 2020.
Idioma	Español o inglés.	Otros idiomas.
Diseño del estudio	Experimental, empírico y de validación de prototipos.	Estudios teóricos sin datos experimentales.
Disponibilidad	Texto completo.	Solo resumen.
Contexto	Ensayos mecánicos de polímeros, laboratorios, fabricación aditiva, aplicación de norma ASTM D638-14.	Estudios en materiales no poliméricos o sin relación con ensayos de tracción.

Nota. Elaborado por la autora.

1.2.4. Recopilación de datos

La recolección de datos se realiza a través de una revisión sistemática de bibliografía previamente seleccionada, se elabora una matriz de revisión donde se

registran variables importantes como: título del trabajo, autor, año de publicación, metodología, técnica utilizada y principales resultados.

El detalle completo de los trabajos analizados se encuentra en el **Anexo A** donde se presentan los 30 artículos seleccionados para la revisión de alcance.

1.2.5. Análisis de los resultados

Análisis de registros

Se evaluó la calidad técnica y metodológica que forman parte de la revisión sistemática mediante una lista de verificación adaptada al ámbito de la ingeniería y pruebas de elasticidad en polímeros.

- **Si** = 2 puntos; **Parcial** = 1 punto; **No** = 0 puntos.

A continuación, se muestra la Tabla 3 donde se establece el código, criterio y valoración para la respectiva evaluación de calidad a los 30 artículos seleccionados.

Tabla 3.

Tabla de criterios y valoración.

Código	Criterio de evaluación	Valoración	
EC1	¿El artículo presenta claramente el objetivo y su relación con los ensayos de tracción en polímeros?	Parcial	No
EC2	¿Describe el enfoque metodológico, el tipo de estudio y el procedimiento experimental?	Parcial	No
EC3	¿Describe la maquina o prototipo para ensayos, incluido el sistema de accionamiento, mordazas y elementos de medición?	Parcial	No
EC4	¿Identifica el material polimérico, el tipo de probeta y la norma ASTM D638 utilizada?	Parcial	No
EC5	¿Especifica las condiciones experimentales como la velocidad, fuerza, numero de probetas?	Parcial	No
EC6	¿Presenta resultados cuantitativos, análisis estadístico, calibración o algún procedimiento de validación?	Parcial	No

Nota. Elaborado por la autora.

En términos generales como se muestra en la Tabla 4 los 29 artículos presentan suficiente rigor metodológico en la revisión sistemática sobre prototipos destinados a pruebas de elasticidad en polímeros aplicando la norma ASTM D638-14.

Tabla 4.

Frecuencia y porcentaje.

Nivel de calidad	Frecuencia	Porcentaje
Alta	9	30 %
Media	20	67 %
Baja	1	3 %
Total	30	100 %

Nota. Elaborado por la autora.

Se logró conservar suficiente rigor metodológico y relevancia técnica.

DISCUSIÓN

Establecer condiciones consistentes es clave para evaluar las propiedades a tensión de los polímeros, porque la aplicación axial de la carga, la velocidad de prueba y la dimensión de la muestra de ensayo afectan directamente los resultados. En este sentido, AbouelNour et al., (2024) fabricaron muestras de PLA de acuerdo con la geometría especificada en la norma ASTM D638, sometidas a pruebas de tracción para determinar la resistencia máxima y la deformación.

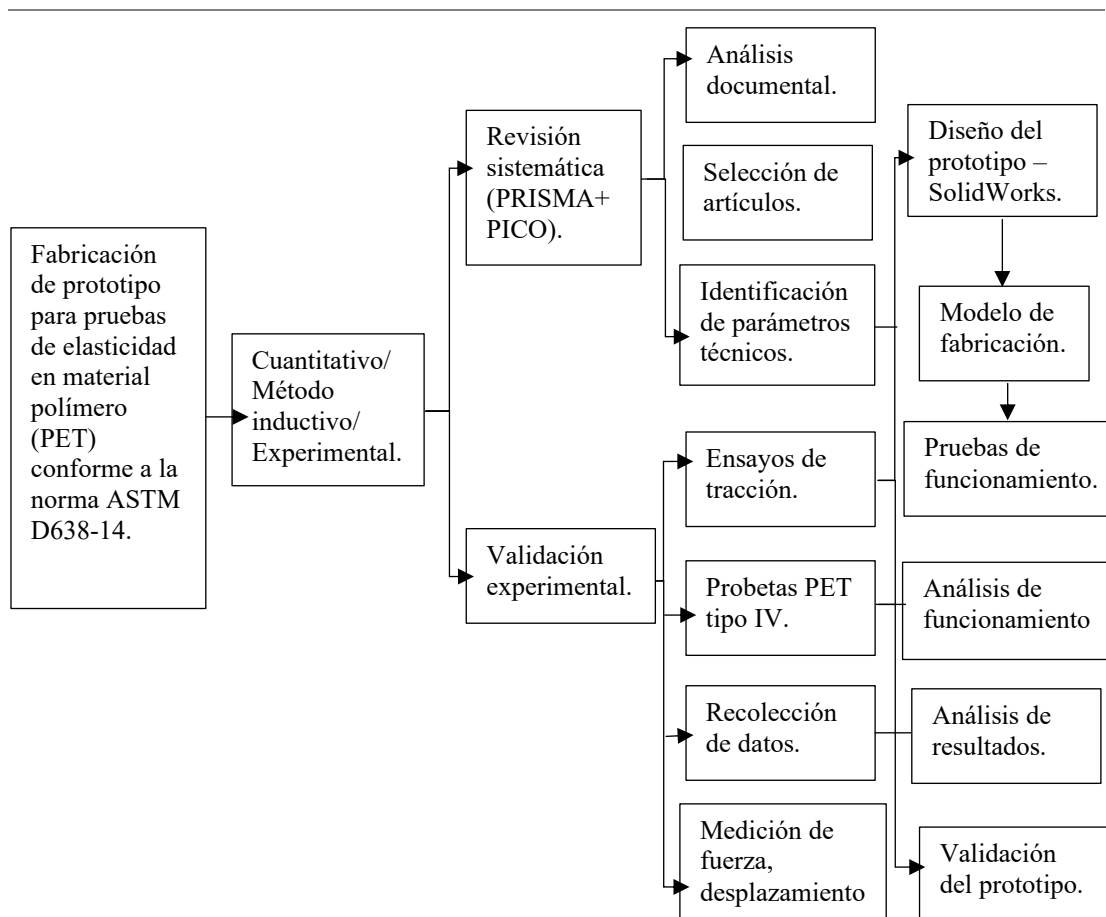
En este sentido, las fases de fabricación, funcionalidad y ensamblaje se complementan con el diseño asistido por computador (CAD), software SolidWorks. García et al., (2023) diseñaron un modelo virtual de una máquina de ensayo de tracción y realizaron simulaciones para verificar las tensiones, el desplazamiento y el factor de seguridad de la estructura.

Protocolo de integración

Figura 4.

Protocolo de investigación conforme a la norma ASTM D638-14.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
Problema	Orientación.	Técnica de recolección.	Combinada.	Metodología.



Nota. Elaborado por la autora.

La Figura 4 representa la unificación de los procesos encontrados en la revisión sistemática conforme al diseño, ensayos, análisis y norma ASTM D638-14, el cual consiste como la base metodológica para el desarrollo de este proyecto.

1.3. Estado conceptual

Ensayo de tracción

Es una técnica experimental que consiste en aplicar una carga axial creciente hasta su rotura para conocer sus propiedades mecánicas. (Kucharski et al., 2022).

Módulo de elasticidad

Esta propiedad representa la relación entre la tensión aplicada y la deformación generada dentro del rango de elasticidad.(Tang et al., 2020)

Norma ASTM D638-14

Estándar internacional que especifica los parámetros y dimensiones a medir, las condiciones de la prueba y el diseño de la muestra. (Norma Astm D638, 2014)

Prototipo de ensayo mecánico

Herramienta de simulación y evaluación de materiales bajo parámetros controlados, para el cálculo elasticidad y resistencia. (RESSLER et al., 2024).

Esfuerzo

Es la magnitud física que representa la fuerza aplicada sobre un material por unidad de área. (Konstantinou et al., 2020).

Probetas para ensayos mecánicos

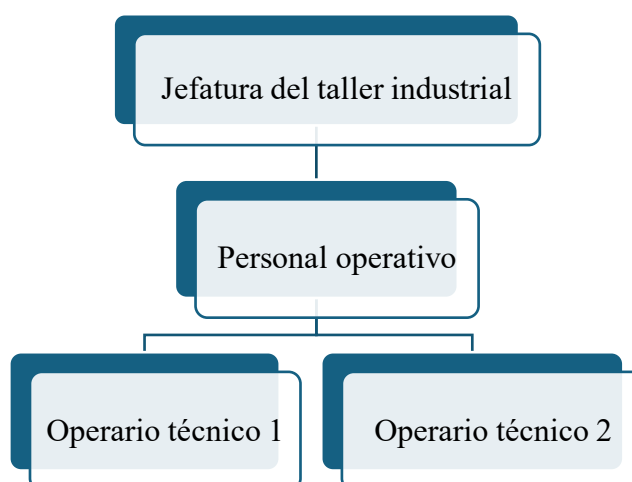
Son probetas obtenidas por la fabricación mediante la sustracción de material de una lámina para formar una pieza deseada a través del corte láser y las dimensiones que se plantean bajo normativas. (Sola et al., 2023)

Organigrama del taller industrial

La UPSE cuenta con un taller de prácticas industriales equipado con maquinaria de mecanizado y soldadura, destinado al desarrollo de prototipos y trabajos técnicos relacionados con ingeniería mecánica y materiales. La estructura organizativa se presenta en la Figura 5.

Figura 5.

Organigrama del taller industrial.



Nota. Elaborado por la autora.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Métodos de investigación

La metodología de esta investigación se estructura de manera sistemática para fundamentar el diseño y la construcción del prototipo para evaluaciones de elasticidad en polímeros. Se emplean métodos que permiten la transición desde el análisis teórico de la normativa ASTM D638-14 hasta la validación experimental del equipo en la Unidad de Prácticas Industriales de la UPSE.

Enfoque de investigación

El enfoque de esta investigación es primordialmente cuantitativo y experimental, complementado con un componente de revisión sistemática inicial.

Enfoque cuantitativo: se justifica debido a que el estudio se centra en la medición objetiva y numérica de propiedades mecánicas tales como resistencia a la tracción, módulo de elasticidad y deformación. Este enfoque permite recolectar datos precisos durante los ensayos.

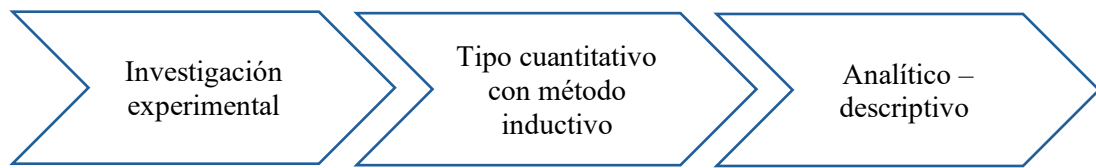
Enfoque experimental: la investigación se clasifica como experimental ya que implica la manipulación de variables y la observación de reacciones controladas mediante el uso de probetas poliméricas sometidas a cargas axiales crecientes hasta su rotura.

2.2. Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación es de carácter experimental. De acuerdo con Ramos-Galarza, (2021), en la Revista CienciAmérica, los diseños experimentales se caracterizan por la manipulación intencional de una o más variables independientes para analizar las consecuencias que dicha manipulación tiene sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador. La estructura general del diseño de investigación se muestra en la Figura 6, donde aparecen etapas que guían metodológicamente el avance.

Figura 6.

Diseño de investigación.



Nota. Elaborado por la autora.

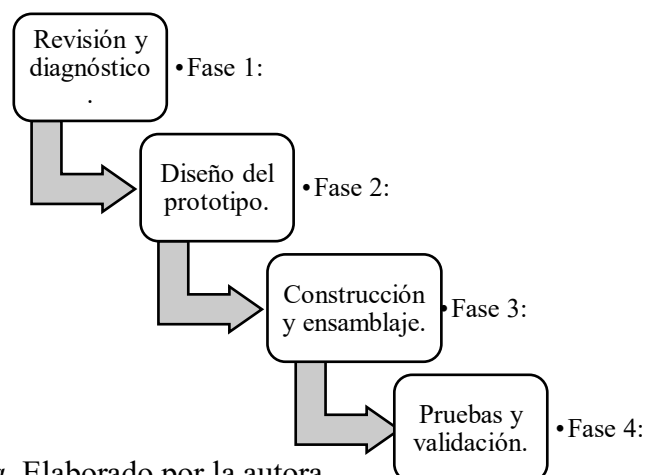
El diseño de estudio experimental tiene un alcance descriptivo que busca observar y analizar el comportamiento mecánico de las probetas poliméricas mediante evaluaciones de tracción realizadas con el prototipo propuesto. Asimismo, el enfoque analítico que permite interpretar los resultados obtenidos en las pruebas para determinar la estabilidad de la máquina.

Proceso metodológico de diseño de prototipo

Para este estudio, el diseño se enfoca en la validación del prototipo de elasticidad siguiendo el proceso metodológico que se presenta en una estructura por fases. Siguiendo la clasificación de Ramos-Galarza, (2021), se aplica un diseño que permite la observación de fenómenos en un contexto controlado (Unidad de Prácticas Industriales UPSE), donde se manipulan las condiciones de carga y tracción de las probetas poliméricas para medir su respuesta mecánica y deformación. En la Figura 7 aparecen las etapas metodológicas que guían el desarrollo, desde la concepción teórica basada en la norma ASTM D638-14 hasta la validación física del prototipo.

Figura 7.

Estructura general del diseño de investigación.



Nota. Elaborado por la autora.

Fase 1. Revisión y diagnóstico (estudio de la norma ASTM y estado del arte).

En esta etapa inicial se realiza un análisis técnico exhaustivo de la norma ASTM D638-14, estableciendo los requisitos críticos para los ensayos de tracción en plásticos. Además, se especifica el tipo de muestra y sus dimensiones estandarizadas, la velocidad aplicada para la deformación correspondiente para la evaluación, lo que permite los requisitos de carga y precisión que debe cumplir el prototipo para su funcionalidad en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE.

Fase 2. Diseño del prototipo (cálculos estructurales, selección de componentes).

El software SolidWorks es fundamental en esta fase para modelar el diseño del prototipo realizando simulaciones de esfuerzo que garantizan la resistencia de la estructura mecánica seleccionada. Durante esta fase, se seleccionan los componentes electrónicos, específicamente la celda de carga y el sistema de medición de elongación, asegurando que su sensibilidad fuera adecuada para detectar el módulo de elasticidad de los polímeros seleccionados.

Fase 3. Construcción y ensamblaje (montaje mecánico y programación).

Esta fase comprende la fabricación física de la bancada de ensayos y la integración del sistema de adquisición de datos. Se realiza el montaje de las mordazas de sujeción y el sistema de transmisión de potencia. Asimismo, se desarrolla la programación del microcontrolador para la lectura en tiempo real de los sensores, permitiendo que el prototipo ejecute de forma automatizada las pruebas de tracción en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE.

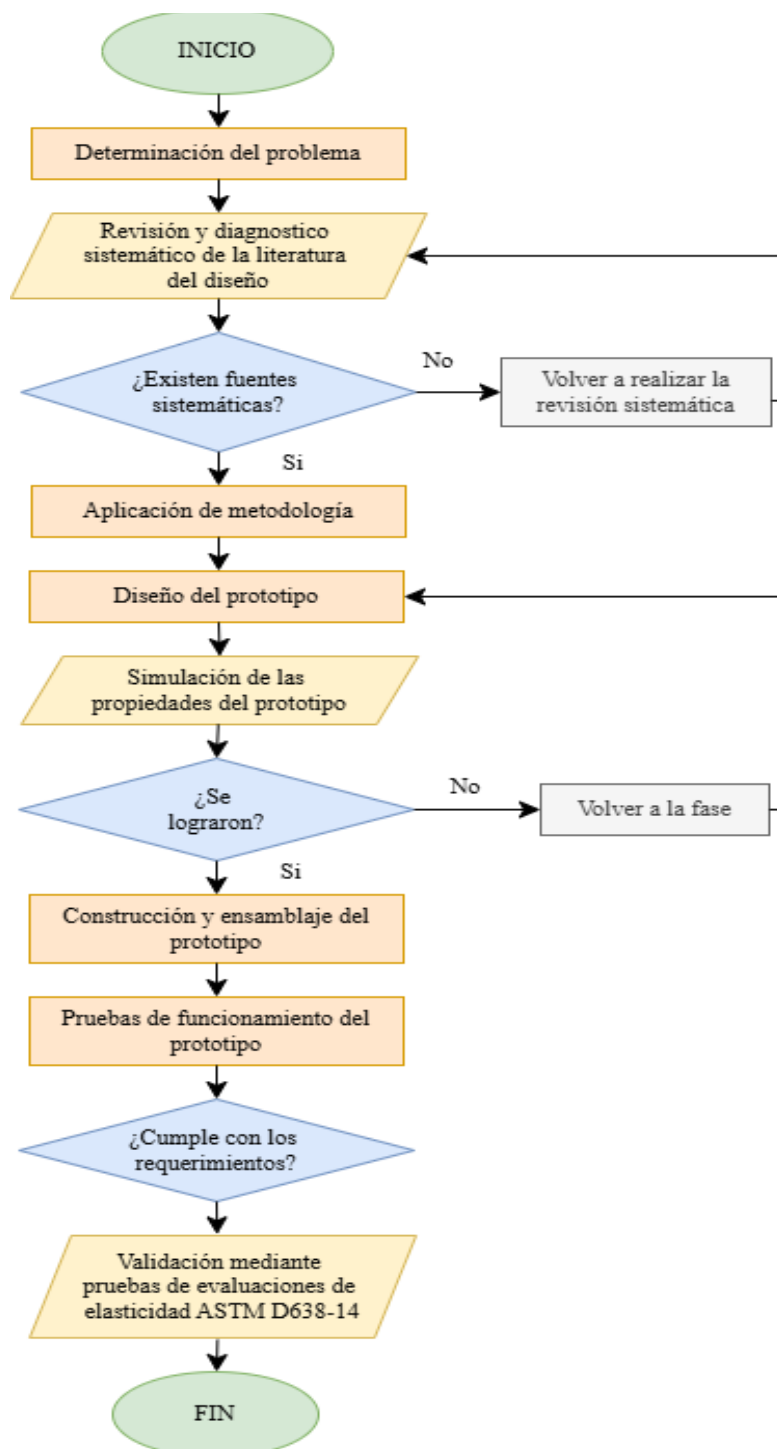
Fase de pruebas y validación (ensayo con muestras).

Por último, se revisa los parámetros de la norma ASTM D638-14 en la fabricación de probetas para la correcta prueba experimental y la obtención de registros confiables sobre las mediciones de fuerza, esfuerzo y desplazamiento exportados al software Minitab. A través de este proceso se logra verificar la precisión del prototipo en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE.

En la Figura 8, se muestra el diagrama de flujo que describe las fases para la construcción del prototipo de pruebas para evaluación de elasticidad en polímeros PET, desde su revisión sistemática hasta la validación del prototipo como implementación en la Unidad de Practicas Industriales UPSE.

Figura 8.

Diagrama de flujo de proceso de construcción de prototipo.



Nota. Elaborado por la autora.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población dentro del ámbito académico e industrial comprende el conjunto de materiales poliméricos utilizados habitualmente en los procesos de manufactura y pruebas de resistencia mecánica (Ramos-Galarza, 2021a).

En la Tabla 5 muestra la población no experimental conformada por los 12 docentes pertenecientes a la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), quienes se involucran con actividades académicas con materiales, procesos industriales, prácticas experimentales, cálculos físicos y pruebas mecánicas.

Esta población es seleccionada en base a la necesidad de recopilar criterios técnicos y académicos en relación con el implemento de un prototipo para pruebas de elasticidad en materiales poliméricos, conforme a la norma ASTM D638-14 en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE. Por otra parte, la evaluación de la implementación y validación por parte de docentes resulta una gran fuente para la contribución del prototipo.

Tabla 5.

Determinación de población.

Población	Cantidad
Docentes de la carrera de Ingeniería Industrial relacionados al tema.	12
Total, de docentes de la carrera.	12

Nota. Elaborado por la autora.

Conforme a la normativa ASTM D638-14 de las muestras tipo IV de polímeros, teniendo en cuenta la población para los experimentos mediante la clasificación de botellones de polietileno de tereftalato PET como; nuevos, medio uso y último ciclo de uso sometidas a pruebas de elasticidad en el prototipo planteado para las respectivas evaluaciones del comportamiento mecánico del material.

2.3.2 Muestra

La muestra de estudio está enfocada exclusivamente en docentes expertos relacionados con ensayos mecánicos, normativas técnicas, procesos experimentales y funcionamiento de prototipos elaborados con base en un estudio aplicado en el campo de la Ingeniería Industrial.

Se selecciona mediante un proceso de muestreo no probabilístico, optando por la conveniencia, dado que se trata de un grupo pequeño. La muestra queda conformada por 5 docentes especializados de la carrera de Ingeniería Industrial, con el fin de obtener criterios técnicos y académicos para la validación del prototipo destinado a evaluaciones de elasticidad en polímeros conforme a los parámetros de la norma ASTM D638-14. La Tabla 6 ilustra la distribución de los docentes.

Tabla 6.

Distribución de la muestra representativa.

Grupo de estudio	Descripción	Número de docentes
1	Docentes relacionados con ensayos mecánicos y materiales.	2
2	Docentes relacionados con normas técnicas y procesos experimentales.	1
3	Docentes relacionados con el diseño y funcionamiento de prototipos industriales.	2
Total		5

Nota. Elaborado por la autora.

Para Porfirio la muestra es la parte representativa de la población, con las mismas características generales de la población Ojeda et al, (2020).

La muestra probabilística por criterio se establece debido a que el número de probetas de tipo IV para pruebas se establece según la norma ASTM D638-14 de acuerdo con el numeral 7.1.

Tabla 7.

Distribución de muestra experimental.

Estado de uso del botellón	Cantidad
Nuevo.	5
Poco uso.	5
Último ciclo de vida útil.	5
Total	15

Nota. Elaborado por la autora.

La muestra experimental está conformada por 15 probetas de botellones PET adquiridos dentro de la provincia de Santa Elena, Ecuador, distribuidos en tres categorías.

Con el propósito de obtener resultados confiables, se realizan ensayos de tracción considerando el **numeral 7** de la normativa ASTM D638-14.

2.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

Para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación y siguiendo el rigor del diseño experimental planteado, se han seleccionado técnicas e instrumentos que permiten una captura de datos objetiva y alineada con la norma ASTM D638-14.

2.4.1. Métodos de recolección de los datos

Los métodos empleados en este estudio son:

Observación directa: de acuerdo con Ramos-Galarza, (2021), la observación en experimentos controlados permite registrar comportamientos que el investigador manipula deliberadamente.

Medición experimental: esta técnica es fundamental para el enfoque cuantitativo. Consiste en la obtención de valores numéricos de fuerza y desplazamiento generados durante las pruebas, permitiendo el cálculo posterior del módulo de elasticidad.

2.4.2. Técnicas de recolección de los datos

Técnica de encuesta

La metodología de la encuesta permite la obtención de criterios técnicos relacionados con la funcionalidad, aplicabilidad y contribución académica del prototipo diseñado para pruebas de elasticidad en polímeros conforme a la norma ASTM D 638-14. Para criterios por profesionales relacionados con el área de Ingeniería Industrial se presenta el formato del **Anexo C**, para seguir el proceso de implementación del prototipo: encuesta mediante preguntas cerradas (16 funcionales), finaliza con la presentación de las 16 preguntas referentes a la simulación y funcionamiento del prototipo que son validadas por expertos.

2.4.3. Instrumentos de recolección de datos

Cuestionario: las preguntas de un cuestionario son la expresión en forma interrogativa de las variables empíricas, o indicadores respecto de los cuales interesa obtener información. Se realiza bajo la escala Likert.

Ficha de registro (instrumento de recolección de campo): se trata de un formato estructurado diseñado para tabular los resultados obtenidos durante los ensayos de elasticidad, como la carga aplicada, el área transversal de la probeta de material polimérico, asegurando la trazabilidad de los datos recolectados bajo la norma ASTM D638-14.

2.5. Variables de estudio

En el marco del diseño y validación del prototipo para evaluaciones de elasticidad en polímeros, la identificación de variables permite operacionalizar el experimento dentro de la Unidad de Prácticas Industriales UPSE.

- **Variable independiente:** prototipo para evaluar polímeros.

- **Variable dependiente:** módulo de elasticidad.

Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables permite detallar las dimensiones, los indicadores y las preguntas que orientan el proceso de evaluación de los objetivos planteados en la investigación. La tabla de operacionalización presentada en el **Anexo B**, donde se muestran los parámetros establecidos para evaluar la relación entre el prototipo para las pruebas de elasticidad y el comportamiento elástico de materiales poliméricos, en base a la norma ASTM D638-14. Esta sistematización garantiza la consistencia entre los objetivos, variables e instrumentos, permitiendo evaluar el desempeño del prototipo.

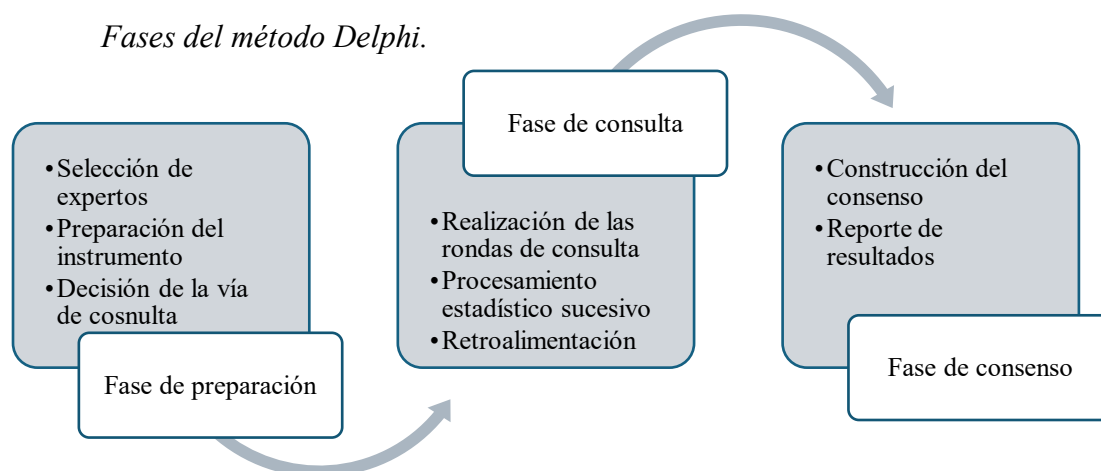
2.6. Procedimiento para la recolección de los datos

Se implementa un modelo de validación para la aplicabilidad, funcionalidad y confiabilidad del prototipo, como se detalla en el **Anexo D** y **Anexo E**. Se conoce como juicio de expertos a una opinión informada de profesionales con experiencia en el tema ofreciendo datos, pruebas, juicios y evaluaciones (Escobar-Pérez & Cuervo-Martínez, 2008).

La recolección de juicios de expertos mediante la metodología Delphi permite la transformación durante la investigación de las apreciaciones individuales, los expertos se consideran actos para emitir criterios certeros (M. M. García et al., 2013). La Figura 9 muestra las fases aplicadas en el procedimiento.

Figura 9.

Fases del método Delphi.



Nota. Elaborado por la autora basado en (M. M. García et al., 2013).

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Marco de resultados

La presente investigación tiene como finalidad diseñar e implementar un prototipo para evaluaciones de elasticidad en material polímero PET aplicando la norma ASTM D638-14, al finalizar el desarrollo y fabricación del prototipo se realizan ensayos para obtener datos de fuerza aplicada, desplazamiento y comportamiento mecánico del material y punto de ruptura para el análisis del módulo de elasticidad.

Los resultados permiten evaluar el funcionamiento del sistema mecánico, la capacidad de medición de la celda de carga y el módulo de elasticidad como respuesta estructural de las probetas de polímero polietileno tereftalato (PET) fabricadas, sometidas a esfuerzos de tracción. Una vez concluido el proceso de recolección de información se procede a contextualizar.

Validación de la propuesta

En el **Anexo F** se muestra la validación del cuestionario por experto que se llevó a cabo mediante la matriz de operacionalización de variables, para proceder a realizar las encuestas a los docentes especializados en el tema de estudio que propone la implementación de un prototipo para evaluar elasticidad en polímeros.

3.2. Fiabilidad y validez de los instrumentos de investigación

Para comprobar la fiabilidad y validez del cuestionario, se realizó 16 preguntas a docentes de la carrera de Ingeniería Industrial seleccionados de manera intencional, considerando su experiencia y relación con el tema, como se evidencia en el **Anexo G**, con el propósito de recolectar información fundamental sobre la viabilidad, pertinencia y utilidad del prototipo propuesto para pruebas de elasticidad de materiales polímeros conforme a la norma ASTM D638-14 en la Unidad de Prácticas Industriales. La Tabla 8 muestra los resultados donde se interpreta el grado de acuerdo respecto a cada pregunta.

Tabla 8.*Interpretación de las respuestas del cuestionario.*

Código	Interpretación de la respuesta
I1	Las respuestas ante la primera pregunta fueron con valores de 4 y 5, indicando que es necesario implementar el prototipo para la evaluación de la elasticidad.
I2	Los docentes evaluados consideran que el prototipo mejora el desarrollo de prácticas industriales relacionadas con ensayos de elasticidad.
I3	Se muestra una tendencia alta en las respuestas, indicando que el diseño del prototipo facilita su uso por docentes y estudiantes de la UPSE de la carrera de Ingeniería Industrial.
I4	La evaluación muestra que el prototipo puede ser utilizado de forma continua en actividades académicas.
I5	Los docentes consideran que el prototipo debe cumplir con los requerimientos de seguridad para ensayos de materiales como la norma ASTM D638-14.
I6	Las respuestas reflejan que el uso de probetas estandarizadas mejora la confiabilidad del ensayo.
I7	Las respuestas entre aceptable y eficiente muestra aceptación positiva respecto a la implementación del prototipo en prácticas industriales.
I8	Los docentes consideran que el prototipo contribuye al fortalecimiento de la formación práctica.
I9	Se evidencia que el uso del sistema permite evaluar adecuadamente el comportamiento mecánico del material.
I10	Los docentes indican que el módulo de elasticidad puede determinarse con precisión mediante el sistema propuesto.

-
- I11** La calificación de los docentes demuestra que consideran que la medición del módulo de elasticidad es confiable y adecuada.
 - I12** Consideran que mantener una evaluación controlada permite la repetitividad en los ensayos realizados.
 - I13** La calificación de los docentes indica que el análisis del módulo de elasticidad ayuda a prevenir fallas en materiales.
 - I14** Las respuestas muestran que el módulo de elasticidad permite la evaluación del desempeño del material bajo diferentes cargas aplicadas.
 - I15** El análisis de las respuestas evidencia que el prototipo es útil en la Unidad de Prácticas Industriales de la UPSE.
 - I16** Los docentes consideran que el módulo de elasticidad facilita la toma de decisiones en ámbitos industriales sobre el uso de materiales.
-

Nota. Elaborado por la autora.

Para el análisis de las respuestas del cuestionario se usa el programa IBM SPSS Statistics, se calcula el valor de Alpha de Cronbach, que permite determinar el nivel de relación y grado de fiabilidad entre los indicadores del cuestionario.

El instrumento está conformado por 16 preguntas, con un valor de alfa de Cronbach de 0.859, como se muestra en la Tabla 9 y se comprueba en el **Anexo H**, **Anexo I**, **Anexo J**, lo que muestra una gran confiabilidad.

Tabla 9.

Fiabilidad por el coeficiente de alfa de Cronbach.

Estadísticas de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,877	,859	16

Nota. Elaborado por la autora a partir de IBM SPSS Statistics.

Interpretación y decisión de hipótesis

H_0 (Hipótesis nula): la escala no es confiable ($\text{Alfa} < 0.7$).

H_1 (Hipótesis): la escala si es confiable ($\text{Alfa} > 0.7$).

De acuerdo con los criterios estadísticos, indica que un instrumento presenta confiabilidad cuando el valor de alfa de Cronbach es igual o superior a 0,70. En este caso, el valor (0.859) refleja una buena consistencia interna entre los ítems que evidencia que las preguntas están adecuadas, lo que indica que el cuestionario evalúa de forma coherente las variables definidas en el estudio concluyendo que la implementación del prototipo para pruebas de elasticidad mejora de forma significativa el aprendizaje y el rendimiento académico-profesional en el ámbito industrial.

3.2.1. Validación por expertos (funcionamiento del prototipo)

Fase de preparación

Para la validación del diseño del prototipo para pruebas de elasticidad en materiales PET, se lleva a cabo un procedimiento de evaluación a través de juicio de expertos, con la participación de 4 especialistas profesionales vinculados al área de Ingeniería Industrial y desarrollo de prototipos. La evaluación se efectúa bajo la consideración de los criterios relacionados con la experiencia, formación y relevancia de acuerdo con el tema de estudio como muestra la Tabla 12.

Tabla 10.

Criterios de inclusión y exclusión para la validación de la propuesta.

Nº	Criterios
1	Los especialistas seleccionados para el juicio de expertos deben relacionarse al ámbito académico, ya sean parte de líneas de investigaciones o docentes.
2	Historial profesional en la industria relacionados directamente con el tema de estudio.

-
- | | |
|---|---|
| 3 | Dominio metodológico de investigaciones experimentales, conocimiento fundamental en caracterización de propiedades mecánicas de materiales. |
| 4 | No presentar conflictos de intereses que pueda afectar su objetivo con relación al tema durante su evaluación. |
| 5 | Disponibilidad y compromiso directo en el proceso de validación del prototipo mediante criterios técnicos, mecánicos y académicos. |
-

Nota. Elaborado por la autora.

El contacto directo con especialistas dentro de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) para el proceso de validación permite el análisis técnico más cercano para evaluar, modificando ajustes en el instrumento de recolección de datos y cambiando escalas de valoración, de acuerdo con los criterios emitidos en el juicio de experto.

Se incorporaron las aportaciones de cada especialista con el fin de mejorar la precisión, coherencia y aplicabilidad del cuestionario, fortaleciendo la consistencia del prototipo para pruebas de elasticidad en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE y el contexto de investigación.

La selección de expertos se realiza mediante el establecimiento de criterios de inclusión basados en la experiencia académica y profesional, garantizando mejoras al intervenir en el proceso de validación. Los factores tomados en cuenta son:

- a) Conocimientos especializados en diseño, modelado y simulación.
- b) Dominio técnico en el área de mecánica de materiales y procesos industriales.
- c) Capacidad para estudiar de forma técnica y operativa prototipos aplicados a ensayos.
- d) Experiencia y conocimiento en caracterización de materiales y comportamiento mecánico bajo cargas aplicadas.

Las características de cada participante especialista en el proceso de validación se muestran en la Tabla 11, desde el nivel de formación hasta referencia evidenciada.

Tabla 11.*Características de expertos seleccionados.*

Nº	Nivel de formación	Especialidad	Experiencia profesional	Referencia (Anexo)
1	Ingeniero Industrial	PhD en Ciencias Técnicas.	30 años	Anexo K
2	Ingeniero Industrial	Magíster en Diseño Industrial.	20 años	
3	Ingeniero Industrial	Magíster en Educación Básica.	20 años	
4	Ingeniero mecánico	Magíster en Ciencias e Ingeniería de Materiales	15 años	

Nota. Elaborado por la autora.

Fase de consulta

El instrumento aplicado a los expertos seleccionados se muestra en el **Anexo K**, donde se analiza desde el diseño hasta sus resultados como prototipo para pruebas de elasticidad en base a la norma ASTM D638-14. Posteriormente, las respuestas fueron organizadas mediante tablas de valoración por expertos para interpretar el nivel de aceptación de la propuesta.

3.2.2. Valoración del contenido de la propuesta

Para la respectiva evaluación del contenido se propusieron cinco categorías de calificación: ineficiente, poco aceptable, regular, aceptable y eficiente. Categorías que permiten valorar la pertinencia, coherencia y calidad técnica del diseño del prototipo para ensayos de elasticidad en materiales polímeros como el PET.

Fase de consenso

La evaluación realizada por cuatro expertos en el área de Ingeniería Industrial, quienes revisan el contenido de la propuesta teniendo en cuenta su uso en contextos académicos, aportando con su contribución al análisis del comportamiento mecánico del material a estudiar.

La Tabla 12 muestra un resumen de las valoraciones otorgadas por expertos seleccionados.

Tabla 12.

Valoración del contenido de la propuesta.

Nº de experto	Categoría asignada
1	Eficiente.
2	Aceptable.
3	Eficiente.
4	Eficiente.

Nota. Elaborado por la autora.

El resumen del contenido presentado en la propuesta, tres de los especialistas expertos calificaron la propuesta como “eficiente” y uno como “aceptable”, lo que demuestra una valoración favorable respecto a lo técnico y metodológico.

La calificación obtenida muestra una valoración positiva de la propuesta para el prototipo para pruebas de elasticidad en materiales polímeros en base a la norma ASTM D638-14.

3.3. Diseño y construcción de prototipo para pruebas de elasticidad

3.3.1. Fase 1. Revisión y diagnóstico

La norma ASTM D638-14 establece parámetros para el diseño del prototipo y fabricación de las probetas para que las propiedades de tracción proporcionen datos útiles para el diseño de ingeniería de plásticos, ya que varían con la preparación de la muestra y con la velocidad establecida para el tipo de material (polímero PET).

Parámetros para el diseño del prototipo

En el apartado 5 de la norma indica algunos parámetros a considerar para la creación del prototipo que se muestra en la siguiente Tabla 13 con su respectivo numeral.

Tabla 13.

Parámetros – Norma ASTM D638-14.

5. APARATO		
MORDAZAS	5.1.1	Miembro fijo: un miembro fijo o esencialmente estacionario que lleva una empuñadura.
	5.1.2	Miembro móvil: un miembro móvil que lleva una segunda empuñadura.
	5.1.3	Puños: las mordazas para sujetar la muestra de ensayo entre el elemento fijo y el elemento móvil de la máquina de ensayo pueden ser del tipo fijo o autoalineable.
	5.1.3.3	Es importante que las estrías se mantengan limpias y afiladas.
CARGA	5.1.5	Indicador de carga: un mecanismo indicador de carga adecuado capaz de mostrar la carga de tracción total soportada por el espécimen de ensayo cuando se sujeta con las mordazas.
MÉTODO DE PRUEBA	5.3	Micrómetros: los aparatos para medir el ancho y el espesor de la muestra de prueba deben cumplir con los requisitos del método de prueba.

Nota. Elaborado por la autora.

Probetas

El espécimen tipo IV se usa generalmente cuando se requiere de comparaciones directas entre materiales con diferentes casos de rigidez (no rígidos y semirrígidos).

En base a la norma, numeral:

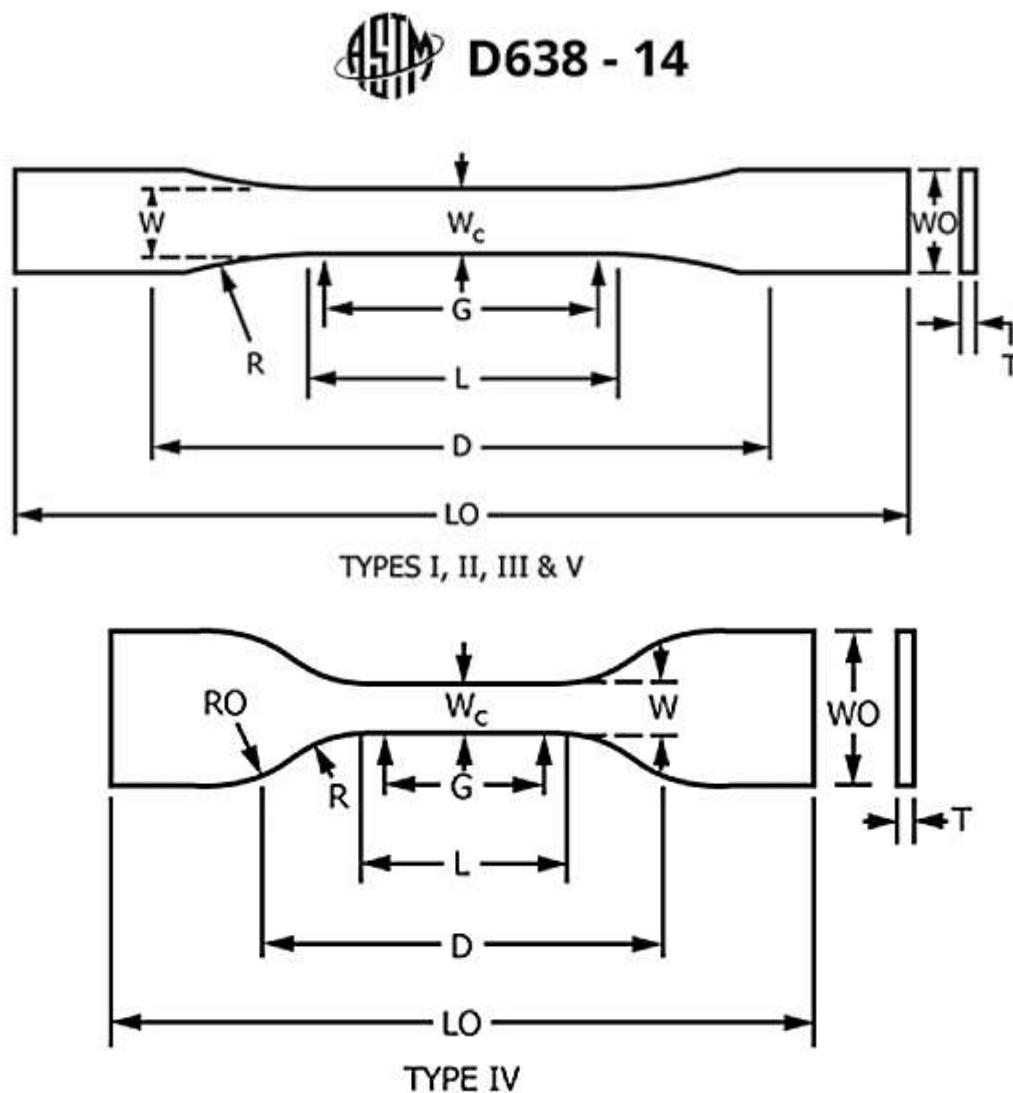
6. Muestras de prueba

6.1.2 Plásticos no rígidos. – Las muestras de ensayo se ajustan a las dimensiones según el espesor del material como se presentan en la Figura 10 y datos

de la Tabla 14. La muestra tipo IV se usa para las pruebas de plásticos no rígidos con espesor de 4 mm o menos. (Norma ASTM D638, n.d.)

Figura 10.

Dimensiones muestra de prueba tipo IV.



Dimensiones (ver dibujos)	Dimensiones de la muestra para espesor, T , mm (pulgadas)					Tolerancias
	7 (0,28) o menos	Más de 7 a 14 (0,28 a 0,55), incl.	4 (0,16) o menos			
	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IVa	Tipo Vc	
W —Ancho de la sección estrecha	13 (0,50)	6 (0,25)	19 (0,75)	6 (0,25)	3,18 (0,125)	$\pm 0,5$ ($\pm 0,02$) c
L —Longitud de la sección estrecha	57 (2,25)	57 (2,25)	57 (2,25)	33 (1,30)	9,53 (0,375)	$\pm 0,5$ ($\pm 0,02$) c
WO —Ancho total, mín.	19 (0,75)	19 (0,75)	29 (1,13)	19 (0,75)	...	+ 6,4 (+ 0,25)
WO —Ancho total, mín.	...	...	...	...	9,53 (0,375)	+ 3,18 (+ 0,125) sin máx.
LO —Longitud total, mín.	165 (6,5)	183 (7,2)	246 (9,7)	115 (4,5)	63,5 (2,5)	máx. (sin máx.)
G —Distancia entre agarres	50 (2,00)	50 (2,00)	50 (2,00)	...	7,62 (0,300)	$\pm 0,25$ ($\pm 0,010$) c
G —Distancia entre agarres	...	...	...	25 (1,00)	...	$\pm 0,13$ ($\pm 0,005$)
D —Distancia entre agarres	115 (4,5)	135 (5,3)	115 (4,5)	65 (2,5)	25,4 (1,0)	± 5 ($\pm 0,2$)
R —Radio de filete exterior (Tipo IV)	76 (3,00)	76 (3,00)	76 (3,00)	14 (0,56)	12,7 (0,5)	± 1 ($\pm 0,04$) c
R —Radio de filete exterior (Tipo IV)	...	...	...	25 (1,00)	...	± 1 ($\pm 0,04$)

Nota. Elaborado por la autora.

Tabla 14.*Dimensiones probeta tipo IV.*

Dimensiones de Tipo de probeta establecida para PET (Tereftalato de polietileno)	4 (0,16) o menos
	Tipo IV - 2mm
W —Ancho de la sección estrecha.	6 (0,25)
L —Longitud de la sección estrecha.	33 (1,30)
WO —Ancho total, mín. GRAMO.	19 (0,75)
WO —Ancho total, mín. GRAMO.	
LO —Longitud total, mínH.	115 (4,5)
GRAMO-Longitud calibrada.	
GRAMO-Longitud calibrada.	25 (1,00)
D —Distancia entre agarres.	65 (2,5)j
R —Radio de filete.	14 (0,56)
RO —Radio exterior (tipo IV).	25 (1,00)

Nota. Elaborado por la autora.

Para el análisis de las dimensiones se considera el grosor de 2 mm calibrado de los polímeros de botellones PET a fabricar.

Número de probetas a fabricar

Se establecen 5 por cada muestra según la norma y el material utilizado, en el apartado 7 muestra el requisito a cumplir para los respectivos ensayos.

Número de especímenes de prueba

Se ensayan cinco muestras (probetas) para cada grupo en el caso de materiales isotrópicos.

Velocidad requerida

La velocidad de ensayo establecida por la norma ASTM D638-14 se considera de acuerdo con el material evaluado para la correcta aplicación de uno de los cinco Tipos de especímenes. En el numeral 8 de la norma nos indica la velocidad de prueba

en mm/min mediante una tabla de clasificación rígidos y semirrígidos, no rígidos donde se seleccionó el tipo de muestra IV para el material PET (Tereftalato de polietileno), en la Tabla 15 muestra las velocidades respectivas para futuros ensayos en el prototipo a diseñar.

Tabla 15.

Designación para la velocidad de prueba.

Clasificación	Tipo de muestra	Velocidad de prueba, mm/min (pulgadas/min)	Nominal Porción/Tasa en inicio de prueba, mm/mm · min
Rígidos y semirrígidos	I, II, III, varillas y tubos	5 (0,2) ± 25 %	0,1
	IV	50 (2) ± 10 %	1
		500 (20) ± 10 %	10
		5 (0,2) ± 25 %	0,15
		50 (2) ± 10 %	1,5
		500 (20) ± 10 %	15
	V	1 (0,05) ± 25 %	0,1
		10 (0,5) ± 25 %	1
		100 (5) ± 25 %	10
No rígido	III	50 (2) ± 10 %	1
	IV	50 (2) ± 10 %	1,5
		500 (20) ± 10 %	15

Nota. Elaborado por la autora en base a Norma ASTM D638-14.

3.3.2. Fase 2. Diseño del prototipo

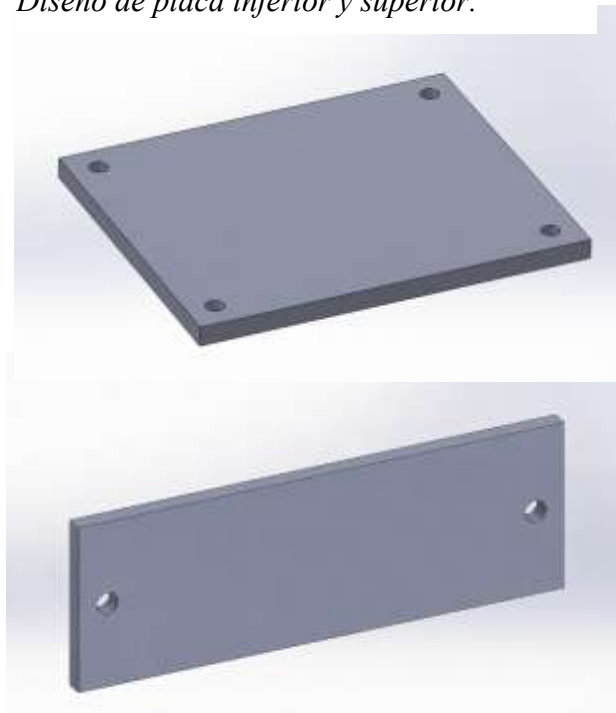
Con la ayuda del software se diseñó de forma detallada el prototipo para pruebas de elasticidad, a partir de planos técnicos y modelado de piezas que permiten en este apartado la selección componentes

Diseño de placa inferior y superior

Las cuatro placas seleccionadas son de acero inoxidable para mejor estabilidad, dos con dimensiones de 200 mm de largo, 300 mm de ancho con 14 mm de grosor y dos con dimensiones de 100 mm de largo y 260 mm de ancho con un grosor de 14 mm, lo que hace de la base y estructura más equilibrada. En la Figura 11 se muestra el diseño de cada placa.

Figura 11.

Diseño de placa inferior y superior.



Nota. Elaborado por la autora, basado en el software SolidWorks.

Guías para sujeción de placas

En la barra de acero inoxidable de 1 pulgada, mediante las medidas exactas de cada componente se propone 4 barras con una altura de 700 mm para correcto desplazamiento al momento de estirar la probeta.

Figura 12.

Diseño de guía.



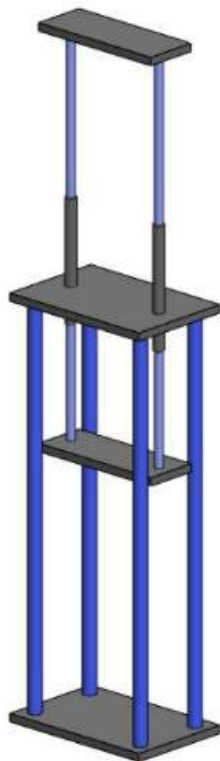
Nota. Elaborado por la autora, basado en el software SolidWorks.

Diseño ensamblaje de estructura soporte

En la Figura 13, se observa un ensamblaje mecánico de la estructura para soporte de componentes considerando todas las medidas correspondientes.

Figura 13.

Diseño ensamblaje de estructura para soporte.



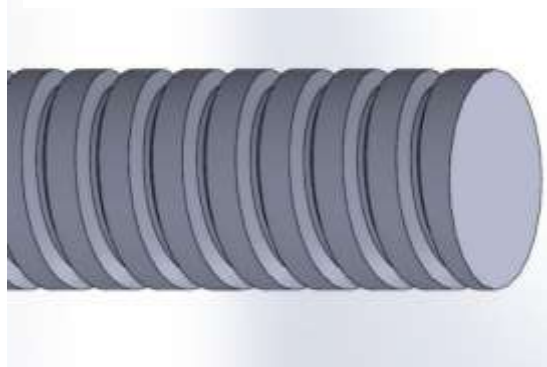
Nota. Elaborado por la autora, basado en el software SolidWorks.

Diseño Husillo de potencia

El diseño del husillo fabricado con acero de transmisión de 6 mm de paso es el que genera movimiento controlado a través del motor.

Figura 14.

Diseño de husillo.



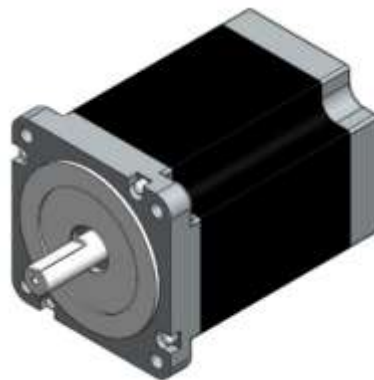
Nota. Elaborado por la autora, basado en el software SolidWorks.

Diseño del motor NEMA 34

El sistema de funcionamiento seleccionado en base a los cálculos es un MOTOR A PASOS NEMA 34 con torque: 34 N.m y 6 A.

Figura 15.

Diseño del motor NEMA 34.



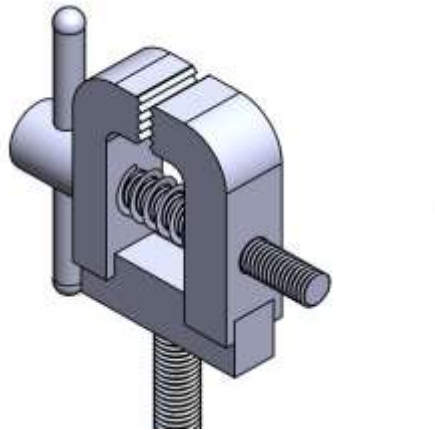
Nota. Elaborado por la autora, basado en el software SolidWorks.

Diseño de mordazas fija y móvil

La norma ASTM D638-14 plantea desde el numeral 5 la necesidad de un mimbro fijo y uno móvil que permitan sujetar las probetas durante el ensayo de tracción, para evitar el deslizamiento de las muestras garantizando una correcta alineación para resultados confiables. Se propone un diseño con material de acero inoxidable como se presenta en la Figura 16.

Figura 16.

Diseño de mordazas.



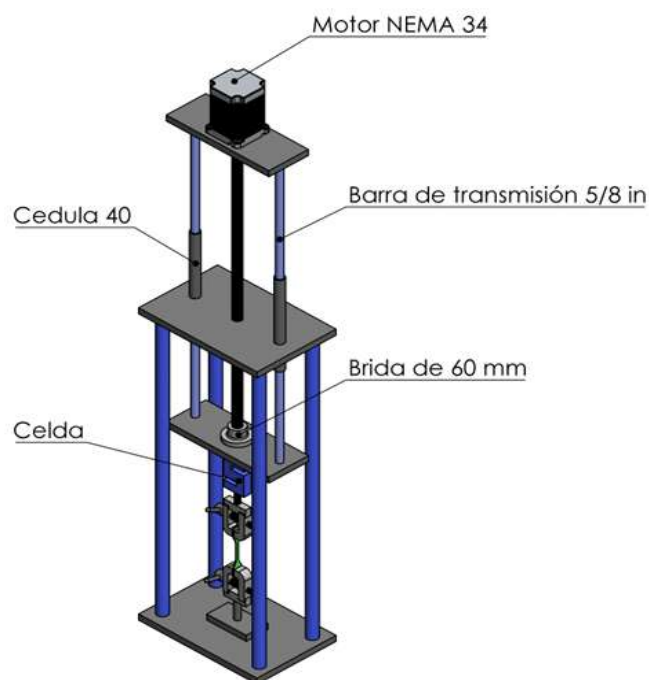
Nota. Elaborado por la autora, basado en el software SolidWorks.

Vista general del prototipo

En la Figura 17, se muestra la vista general del diseño del prototipo completo en el software de SolidWorks, en la cual se integra la estructura soporte, la varilla roscada, el acople flexible y las mordazas. Este diseño permite la elasticidad de materiales como polímeros PET.

Figura 17.

Diseño completo de prototipo.



Nota. Elaborado por la autora, en software SolidWorks.

Diseños acotados en software SolidWorks

En el **Anexo L**, se muestran todos los diseños de los componentes en planos con sus respectivas medidas y en diferentes vistas.

Selección de materiales y componentes electrónicos

La **Tabla 16** muestra los componentes seleccionados mediante investigaciones y respuestas a resistencia mecánica es un paso fundamental para el funcionamiento eléctrico del diseño propuesto.

Celda de carga tipo S

Medidor de fuerza de 100 Kg para un diseño con futuras investigaciones que permite obtener datos exactos mediante una pantalla. En el **Anexo M**, se muestra la ficha correspondiente de la celda seleccionada.

Figura 18.

Celda de carga 100 Kg.



Nota. Datos de fuerza.

Tabla 16.

Materiales para fabricación del prototipo de pruebas de elasticidad.

Nombre comercial		Detalle	Referencia	Cantidad
MATERIALES	Barra de acero inox.	Guías para soporte.	3m, 1 pulg de diámetro	1
	Plancha de acero inox.	Base estructura soporte, fabricación	700mm x 700 mm x 14 mm	1

COMPONENTES ELÉCTRICOS		de mordazas.		
	Barra transmisión.	Guías deslizamiento.	2m, 5/8" pulg de diámetro	2
	Tubo de acero inox.	Guías deslizamiento.	Célula 40, pulido 1/2" X	1
	Bujes de goma.	Guías deslizamiento.	Caucho	4
	Motor PASO a PASO.	Sistema de carga.		1
	Husillo de acero de transmisión.	Guía mordaza móvil.	52 cm, 6 mm de paso	1
	Acople flexible.	Ajuste, deslizamiento por varilla.		1
	Palillos de acero.	Guías lineales.		8
	Resortes finos.	Tensión inicial.		2
	Disco desb. NORTON.	Desbastar metal.	4.5 pulg	1
	Soldadura 6011.	Union de estructuras.	Electrodo 6011	7Lb.
	Pernos de seguridad.	Seguros placa móvil.		2
	Pintura corrosiva.	Recubrimiento protector.	Plomo y	2
	Driver.			1
	Arduino.	Control, recibe datos.		1
	HX711.	Valores numéricos de fuerza.	Convertidor analógico-digital (ADC)	1
	Pantalla LCD.	Muestra fuerza.	16X2cm	1

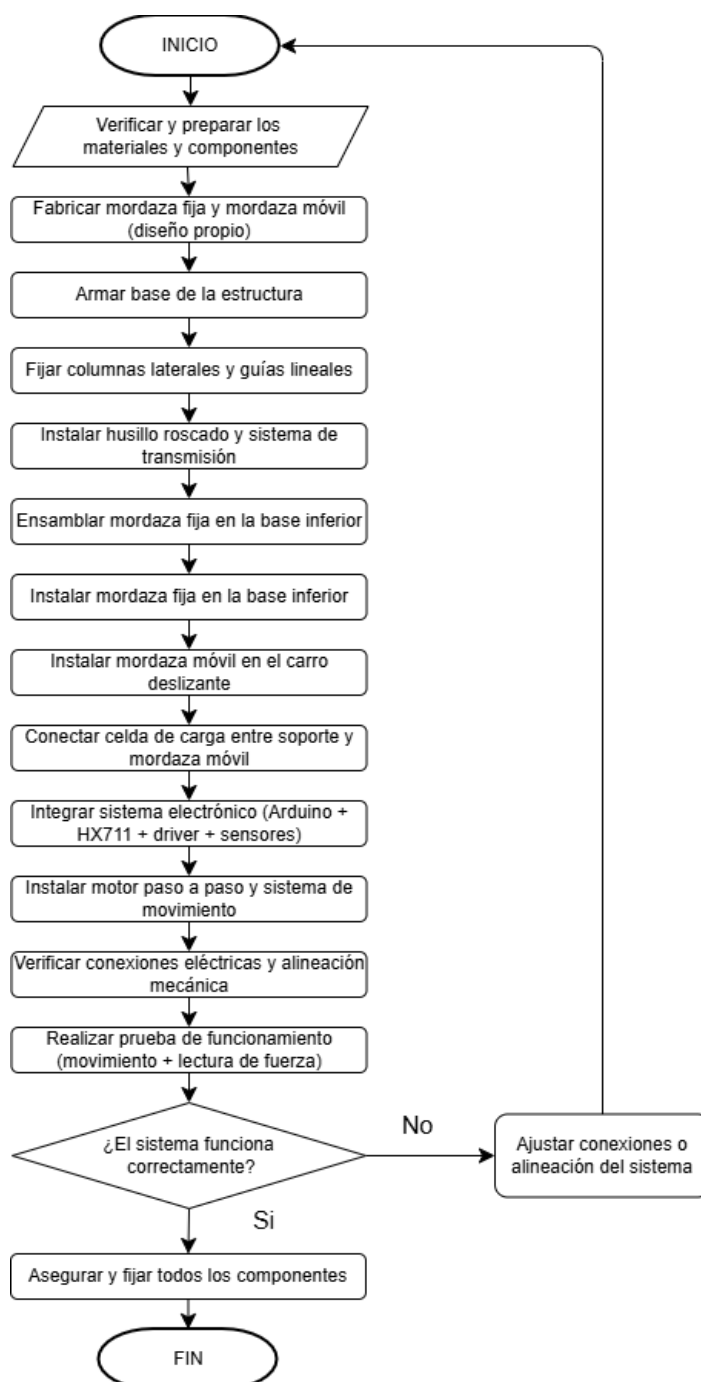
Nota. Elaborado por la autora.

3.3.3. Fase 3. Construcción y ensamblaje

Para la comprensión de la fase de fabricación física de probetas, ensamblaje de prototipo en mecánica y programación se muestra el flujograma en la Figura 19, que presenta el proceso de ensamblaje estructural del prototipo.

Figura 19.

Flujograma del proceso de construcción y ensamblaje.



Nota. Elaborado por la autora.

3.3.3.1. Análisis estático del prototipo

El análisis estático del prototipo para pruebas de elasticidad se realiza con el propósito de verificar que los componentes principales de la estructura logren soportar las cargas que se generan durante el ensayo de tracción en materiales poliméricos como el PET (tereftalato polietileno). El sistema se compone por un motor a pasos NEMA 34, un husillo de transmisión, placas estructurales de acero, columnas de guía de acero inoxidable, celda de carga tipo S y mordazas de sujeción para las probetas.

Para el análisis se considera la carga máxima del diseño, basándose en la capacidad nominal de la celda de carga seleccionada. Esta consideración permite valorar la reacción de la estructura frente al valor máximo que el sistema de medición registra durante el ensayo. Así, garantiza que el prototipo opere dentro de un rango seguro durante las evaluaciones realizadas mediante lo establecido en la norma ASTM D638-14.

Diagrama de cuerpos libres

Para el diagrama se considera el peso de la estructura, la carga máxima de diseño durante el ensayo de tracción aplicada y las reacciones de las 4 guías de soporte. La carga principal se transmite desde el husillo hasta la probeta polimérica a través de la mordaza móvil y la celda de carga tipo S.

Carga máxima de diseño

Se define a partir de la capacidad nominal de 100 Kg de la celda de carga tipo S, se convierte a unidades de fuerza mediante la siguiente expresión:

$$F_d = m \cdot g$$

F_d = Fuerza maxima de diseño, en N

m = Capacidad nominal de la celda de carga, en kg

g = aceleracion de la gravedad, en $\frac{m}{s^2}$

$$F_d = 100 \text{ Kg} \times 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_d = 981 \text{ N}$$

Este valor representa la carga máxima de trabajo y permite comprobar la resistencia de la estructura, columnas, husillo y mordazas.

Cálculo del peso total de los componentes principales

Las dimensiones de las placas y la densidad aproximada del acero inoxidable permiten determinar el peso aproximado.

$$\rho = 8000 \frac{kg}{m^3}$$

Placa superior e inferior

Dimensiones: 300 mm x 200 mm x 14 mm

$$V = 0.300 \text{ mm} \times 0.200 \text{ mm} \times 0.014 \text{ mm}$$

$$V = 0.00084 \text{ m}^3$$

$$m = 8000 \frac{kg}{m^3} \times 0.00084 \text{ m}^3$$

$$m_{placa \text{ sup}} = m_{placa \text{ inf}} = 6.72 \text{ kg}$$

$$m_{placa \text{ sup}} + m_{placa \text{ inf}} = 6.72 \text{ kg} + 6.72 \text{ kg}$$

$$m_{placa \text{ sup}} + m_{placa \text{ inf}} = 13.44 \text{ kg}$$

Placas móviles

Dimensiones: 260 mm x 100 mm x 14 mm

$$V = 0.260 \text{ mm} \times 0.100 \text{ mm} \times 0.014 \text{ mm}$$

$$V = 0.000364 \text{ m}^3$$

$$m_{placa \text{ sup}} + m_{placa \text{ inf}} = \left(8000 \frac{kg}{m^3} \times 0.000364 \text{ m}^3 \right) \times 2$$

$$m_{placa \text{ sup}} + m_{placa \text{ inf}} = 2.91 \text{ kg} + 2.91 \text{ kg}$$

$$m_{placa \text{ sup}} + m_{placa \text{ inf}} = 5.82 \text{ kg}$$

Masa total de placas

$$m_{placas} = 13.44 \text{ kg} + 5.82 \text{ kg}$$

$$m_{placas} = 19.26 \text{ kg}$$

Peso total de placas

$$W = m \times g$$

$$W_{placas} = 19.26 \text{ kg} \times 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{placas} = 188.94 \text{ N}$$

Mordazas y celda de carga

Las mordazas pesan 2 lb cada una y la celda de carga un peso aproximado de 0.5 lb, considerando un peso total de 4.5 lb.

$$m_{mord.y \text{ celda de carga}} = 4.5 \text{ lb} \times \frac{1 \text{ Kg}}{2.2046 \text{ lb}}$$

$$m_{mord.y \text{ celda de carga}} = 2.04 \text{ kg}$$

$$W_{mord.y \text{ celda de carga}} = 2.04 \text{ kg} \times 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{mord.y \text{ celda de carga}} = 20.01 \text{ N}$$

Cálculo del peso del motor NEMA 34

$$W_{motor} = m \times g$$

$$W_{motor} = 2.5 \text{ kg} \times 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{motor} = 24.53 \text{ N}$$

Peso total considerado

$$W_{ttal} = W_{placas} + W_{mord.y \text{ celda de carga}} + W_{motor}$$

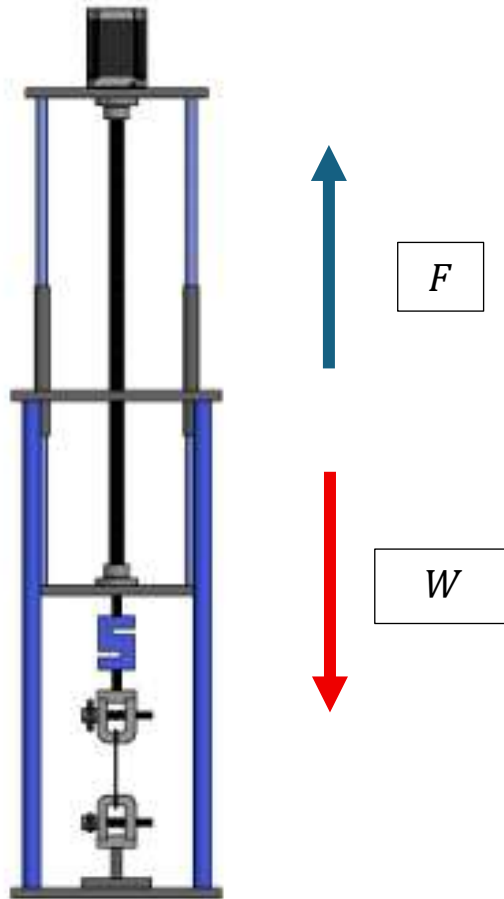
$$W_{total} = 188.94 \text{ N} + 20.01 \text{ N} + 24.53 \text{ N}$$

$$W_{total} = 233.48 \text{ N}$$

El peso calculado corresponde a los componentes principales, en la Figura 20 se muestra el diagrama de cuerpos libres del prototipo para evaluaciones de elasticidad.

Figura 20.

Diagrama de cuerpo libre de estructura.



Nota. Elaborado por la autora.

Análisis de carga axial interna en cada columna

La carga total esta distribuida uniformemente entre ellas, debido a que cuenta con cuatro columnas de acero inoxidable. El respectivo calculo se realizó mediante la carga máxima de diseño más el peso considerado.

$$R = \frac{F_d + W_t}{4}$$

Donde:

R = reacción por columna, en N

F_d = carga máxima de diseño, en N

W_t = peso total considerado, en N

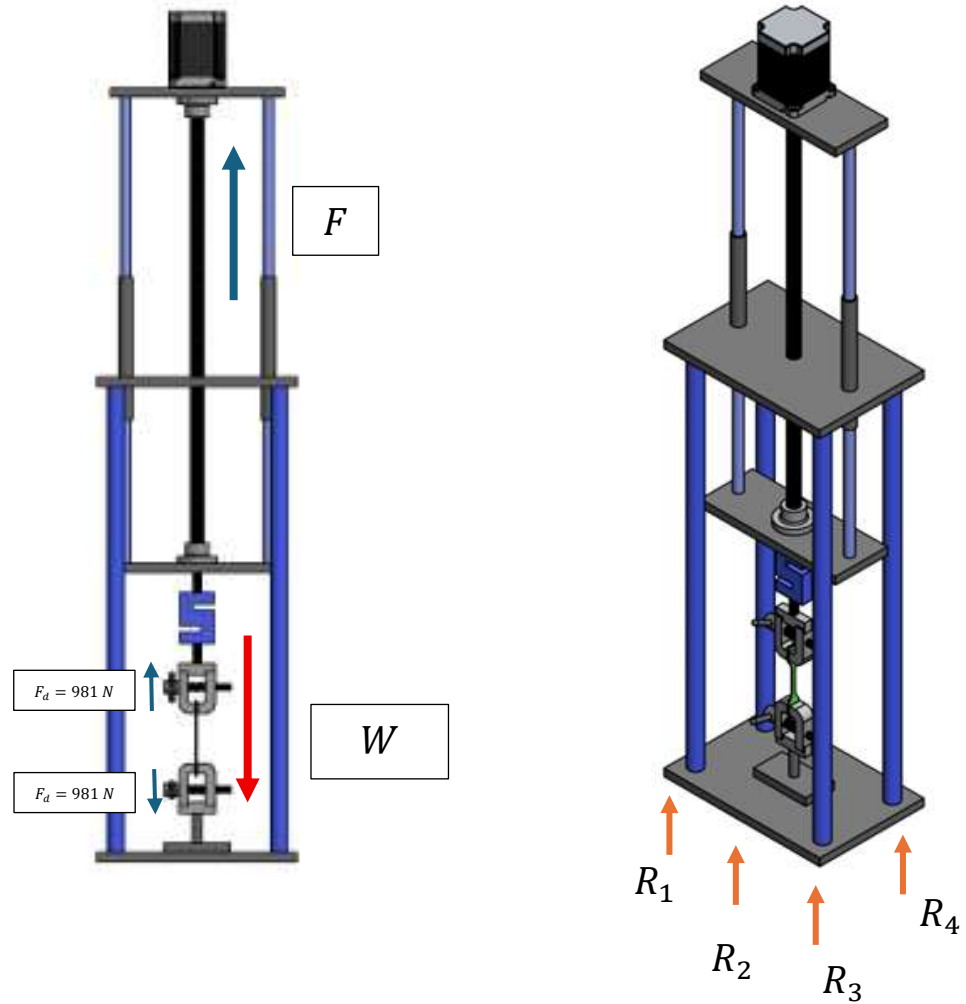
$$R = \frac{981 \text{ N} + 233.48 \text{ N}}{4}$$

$$R = 303,62 \text{ N}$$

Por lo tanto, la reacción que soporta cada columna es aproximada a 303,62 N.

Figura 21.

Diagrama de cuerpo libre de soporte de motor NEMA 34.



Nota. Elaborado por la autora.

Esfuerzo normal en las columnas guía

Las columnas del prototipo poseen un diámetro de 25 mm cada una (1 pulgada). El área transversal de la columna o barra circular se determina a partir de la ecuación:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Donde:

$A = \text{área transversal de la columna en } mm^2$

$d = \text{diámetro de la columna (barra circular), en } mm$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(25)^2}{4}$$

$$A = 490.87 \text{ } mm^2$$

El cálculo del esfuerzo normal en cada columna se obtiene mediante:

$$\sigma = \frac{R}{A} = \frac{303.62 \text{ } N}{490.87 \text{ } mm^2}$$

$$\sigma = 0.741 \frac{N}{mm^2} = 0.741 \text{ } MPa$$

El esfuerzo normal de cada columna es un valor bajo en comparación con la resistencia mecánica del acero inoxidable. Por lo tanto, las columnas soportan la carga máxima del prototipo, ya que presentan capacidad suficiente.

Esfuerzo axial en el husillo

El husillo de transmisión de 1 pulgada de diámetro es el encargado de convertir el movimiento rotacional del motor NEMA 34 en movimiento lineal, lo que permite desplazamiento controlado de la mordaza móvil.

$$d = 1 \text{ pulg} = 25.4 \text{ } mm$$

El área transversal del husillo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(25.4 \text{ } mm)^2}{4}$$

$$A = 506.70 \text{ } mm^2$$

Se considera la carga máxima del diseño para determinar el esfuerzo axial del husillo:

$$\sigma = \frac{F_d}{A} = \frac{981 \text{ } N}{506.70 \text{ } mm^2}$$

$$\sigma = 1.9361 \text{ } MPa$$

El esfuerzo axial del husillo demuestra que el componente trabaja en un rango seguro para la transmisión de carga durante el ensayo de tracción.

Verificación del motor NEMA 34

El prototipo para evaluaciones de elasticidad emplea como componente principal, un motor paso a paso NEMA 34 con un torque nominal de 6 N.m, encargado del movimiento del husillo de transmisión que tiene un paso de 4 mm, permitiendo así que el movimiento giratorio del motor se convierta en desplazamiento lineal de la placa junto a la mordaza móvil.

La fuerza axial teórica generada por el sistema se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F = \frac{2\pi\eta T}{p}$$

F = fuerza axial generada por el husillo, en N.

η = eficiencia del sistema de transmisión.

T = torque del motor en N.m = 6 N.m

p = paso del husillo, en m = 6 mm = 0.006 m

Para el análisis se considera una eficiencia de transmisión de ($\eta = 0.30$), adaptando como criterio conservador, tomando en cuenta perdidas mecánicas por fricción entre la rosca y la tuerca.

$$F = \frac{2\pi(0.30)(6 \text{ N.m})}{0.006 \text{ m}}$$

$$F = \frac{11,3097 \text{ N.m}}{0.006 \text{ m}}$$

$$F = 1884,96 \text{ N}$$

La fuerza axial teórica es de 1884.96 N, para comprobar que se cumple, se compara este valor con el valor de la carga máxima que es 981 N.

$$F_{motor} = 1884.96 > F_d = 981 \text{ N}$$

Por lo tanto, el motor paso a paso NEMA 34 de 6 N.m posee suficiente capacidad para lograr accionar el husillo fabricado y generar la fuerza que requiere el prototipo durante los ensayos para evaluar la elasticidad en materiales poliméricos PET.

Verificación de la velocidad de desplazamiento

Bajo lo establecido en la norma ASTM D638-14 para los ensayos de elasticidad se requiere ser controladas a una velocidad de 50 mm/min considerando un husillo de 6 mm/rev.

$$n = \frac{v}{p} = \frac{50}{6}$$
$$= 8,33 \text{ rev/min}$$

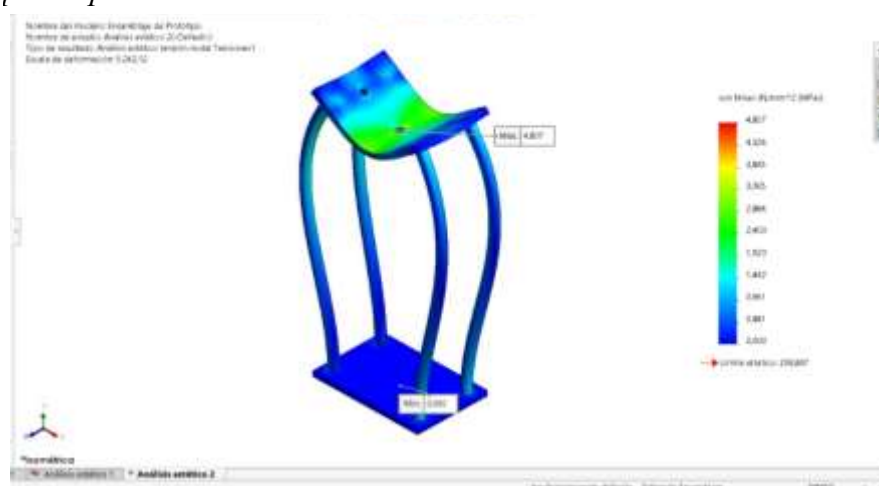
El motor seleccionado debe girar aproximadamente 8,33 rev/min, velocidad baja operación que permite controlar el desplazamiento de la mordaza móvil, logrando ensayos de forma progresiva.

3.3.3.2. Análisis estático del bastidor estructural

Simulación en software:

Figura 22.

Esfuerzo equivalente de Von Mises del bastidor estructural del prototipo.



Nota. Elaborado por la autora.

La Figura 22, muestra el esfuerzo equivalente de Von Mises que permite visualizar la distribución de los esfuerzos en el bastidor estructural. La carga aplicada fue de 981 N sobre la placa superior, debido a que la mayor concentración de los esfuerzos principales es en la zona de unión entre columnas y placas.

Figura 23.

Esfuerzo axial de bastidor estructural.

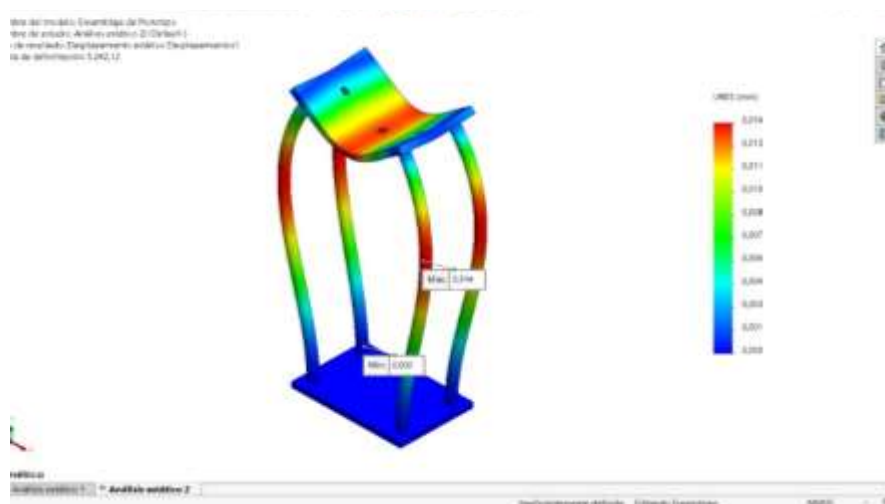


Nota. Elaborado por la autora.

La Figura 23, muestra el esfuerzo máximo de 0.987 MPa y mínimo de -2.040 MPa de tracción y compresión, siendo valores reducidos que evidencian el soporte adecuado por la carga aplicada en la estructura.

Figura 24.

Desplazamiento resultante del bastidor.

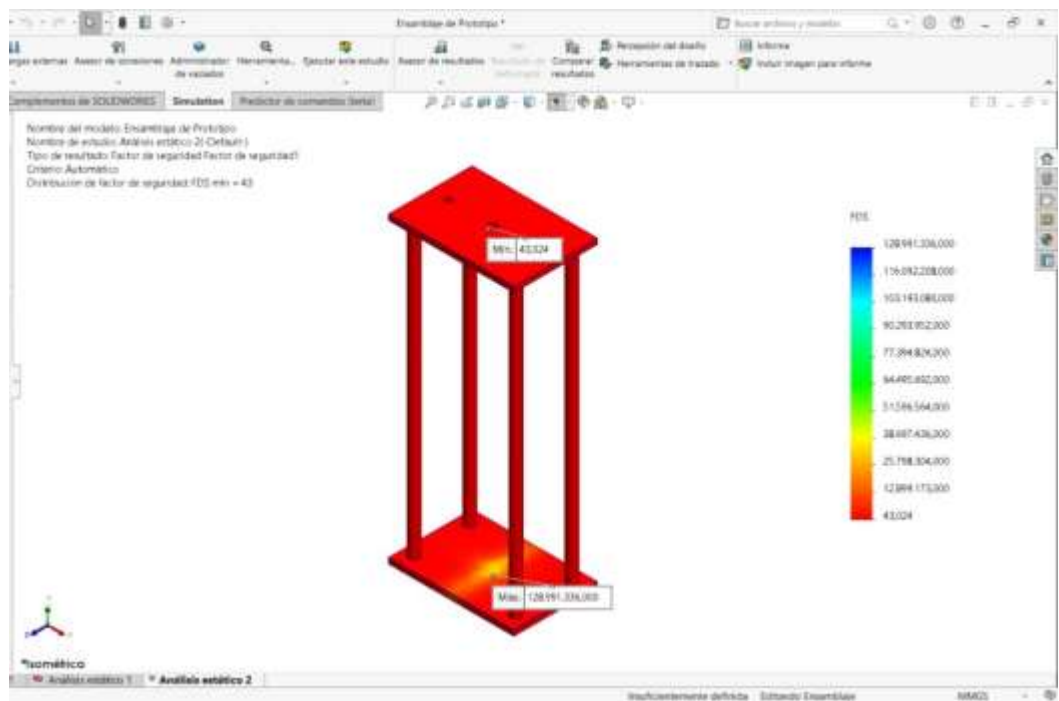


Nota. Elaborado por la autora.

Muestra la deformación reducida de 0.014 mm que se genera en el bastidor aplicando la carga máxima nominal que es de 981 N, el desplazamiento máximo se

presenta en la parte superior donde actúa la carga, mientras que la inferior se mantiene restringida.

Figura 25.
Factor seguridad del bastidor estructural.



Nota. Elaborado por la autora.

El factor de seguridad mínimo fue de 43.02, demostrando que los esfuerzos generados en el bastidor estructural del prototipo se encuentran debajo del límite admisible del material, cumpliendo con los requisitos de resistencia de carga aplicada.

Tabla 17.
Proceso descriptivo de la construcción del prototipo.

Proceso descriptivo del armaje del prototipo		
Ítem	Descripción	Ilustración gráfica
1	Diseño y selección de materiales: se desarrolló el diseño del prototipo y se seleccionaron los materiales necesarios para su fabricación, incluyendo placas de acero inoxidable de 4 mm (200 mm × 300 mm), tubos, barras de transmisión,	

resortes, componentes electrónicos y elementos de fijación.

Trazado, corte y preparación de materiales: se realizó el marcado, corte y acondicionamiento de placas, perfiles y barras metálicas utilizando discos de corte y herramientas de mecanizado.

2

Fabricación de la estructura principal: se construyó la estructura del prototipo mediante soldadura con electrodos E7018, garantizando resistencia mecánica y estabilidad durante los ensayos.

3

Instalación de placas y sistema de guiado: se montaron las placas superior e inferior de acero inoxidable, así como las barras guía encargadas de mantener el desplazamiento lineal de la mordaza móvil.

4

Fabricación de mordazas: se construyeron e instalaron la mordaza fija y la mordaza móvil utilizando acero inoxidable, asegurando una correcta

5



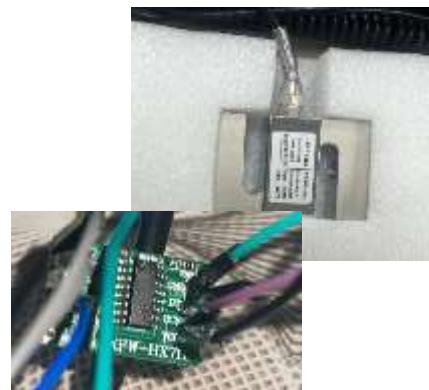
sujeción de las probetas durante los ensayos de tracción

6 **Fabricación de husillo seleccionado:** se fabricó un husillo de 6 mm de paso con una barra de acero de transmisión de 1 pulgada.

7 **Fabricación de brida y matrimonio:** se fabrica la brida y matrimonio para el respectivo acople del motor con el husillo.

8 **Instalación de tuerca de transmisión y sistema de aplicación de carga:** se incorporó un motor paso a paso NEMA 34 de 6.5 N·m, 6 A y fuente de 48 V, acoplado a una varilla roscada para generar la fuerza de tracción controlada en el sistema.

9 **Integración del sistema de medición:** se instaló la celda de carga tipo S junto con el módulo HX711 para medir y procesar la fuerza aplicada durante los ensayos, como se muestra en la Figura 26.



- Implementación del sistema de control y adquisición de datos:** se integraron el Arduino Uno original, pantalla LCD y la programación correspondiente que se muestra en la Figura 27, para la adquisición, procesamiento y visualización de los datos experimentales.
- 10
- Pintado y acabado superficial:** se aplicó pintura protectora a la estructura metálica para mejorar su presentación y resistencia frente a la corrosión.
- 11
- Ensamblaje final y pruebas de funcionamiento:** se realizó la integración completa del sistema, verificando el correcto funcionamiento mecánico, electrónico y de adquisición de datos del prototipo.
- 12

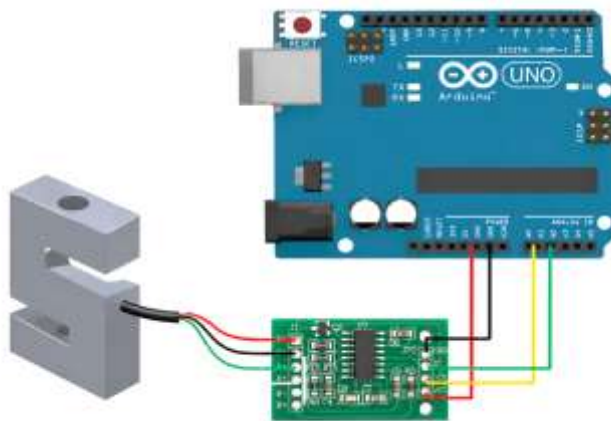


Nota. Elaborado por la autora.

En la Figura 26 se muestra la celda de carga tipo S que mide la fuerza aplicada y genera una señal eléctrica. El HX711 amplifica y convierte esa señal en datos digitales, que son procesados por el Arduino Uno para obtener el valor de fuerza en la pantalla LCD.

Figura 26.

Conexión Arduino-HX711.

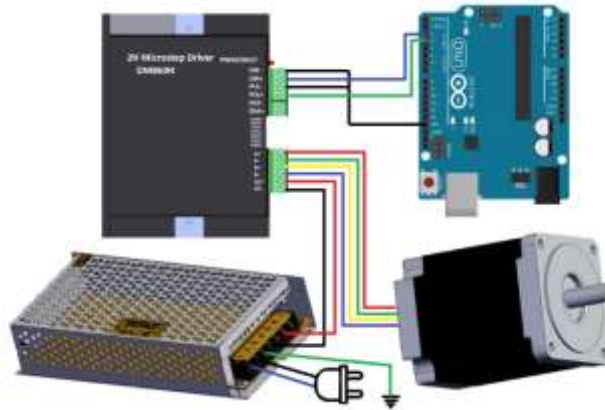


Nota. Elaborado por la autora.

El sistema de accionamiento del prototipo mostrado en la Figura 27 está conformado por un motor a pasos NEMA 34 controlado por un controlador DM860H, una fuente de alimentación de 84 VDC y un controlador Arduino Uno, permitiendo la regulación de la velocidad mediante pulsos, el desplazamiento del husillo mediante señales de dirección.

Figura 27.

Sistema de accionamiento del prototipo.



Nota. Elaborado por la autora.

3.3.3.3. Diagrama analítico de procesos

En la

Tabla 18., se presenta el diagrama de operaciones del proceso correspondiente a la construcción y ensamblaje del prototipo de pruebas para evaluaciones de elasticidad. El proceso se estructuro de manera que se logre la apreciación se todas las actividades de manufactura, integración de componentes mecánicos y electrónicos, programación y validación del funcionamiento del equipo bajo criterios establecidos en la norma ASTM D638-14.

Tabla 18.

Diagrama analítico del proceso.

DIAGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DEL PROTOTIPO AUTOMÁTICO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD CONFORME A LA NORMA ASTM D638-14

Proceso: Fabricación y ensamble del prototipo		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Tiempo (seg)
Producto: Prototipo para evaluaciones de Fecha: Mayo, 2026 Método: Actual Elaborado por: Jenny Tomalá			Operación	17
			Transporte	1
			Inspección	5
			Espera	0
			Almacenaje	1
		Total, de actividades realizadas	24	
		Distancia total en	2	
		Tiempo en	1452,6	

Nº	Descripción	Distancia metros	Tiempo minutos	Símbolo - Procesos	OBSERVACIONES
1	Recepción y selección de materiales		15		
2	Inspección de materiales y componentes		10		
3	Transporte de materiales al área de trabajo	2	35,5		
4	Corte de placas metálicas estructurales		45		
5	Perforación y mecanizado de piezas		85		
6	Fabricación de mordaza fija		120		
7	Fabricación de mordaza móvil		120		
8	Acabado superficial y verificación dimensional de mordazas		30,8		
9	Ensamblaje de estructura base del prototipo		120		
10	instalación de guías lineales y placas móviles		45		
11	Montaje del husillo y acople del motor paso a paso		60		
12	Instalación de mordazas en el sistema de sujeción		40		
13	Instalación de la celda de carga tipo S		42,5		
14	Conexión del módulo HX711 y Arduino Uno		40		
15	Instalación del driver DM860H y fuente 48 VDC		45		
16	Programación del sistema de control		120		
17	Pruebas de movimiento y calibración		90		
18	Ajustes finales del prototipo		60		
19	Ensayos preliminares de funcionamiento		120		
20	Validación del sistema de medición de fuerza		83,58		
21	Pintura y protección de la estructura		60		
22	Limpieza general		32		
23	Almacenamiento del prototipo terminado		0		
24	Verificación final y entrega del prototipo		33,2		
TOTAL		2	1452,6	17 1 5 0 1	

Verificación dimensional de las piezas antes del ensamble

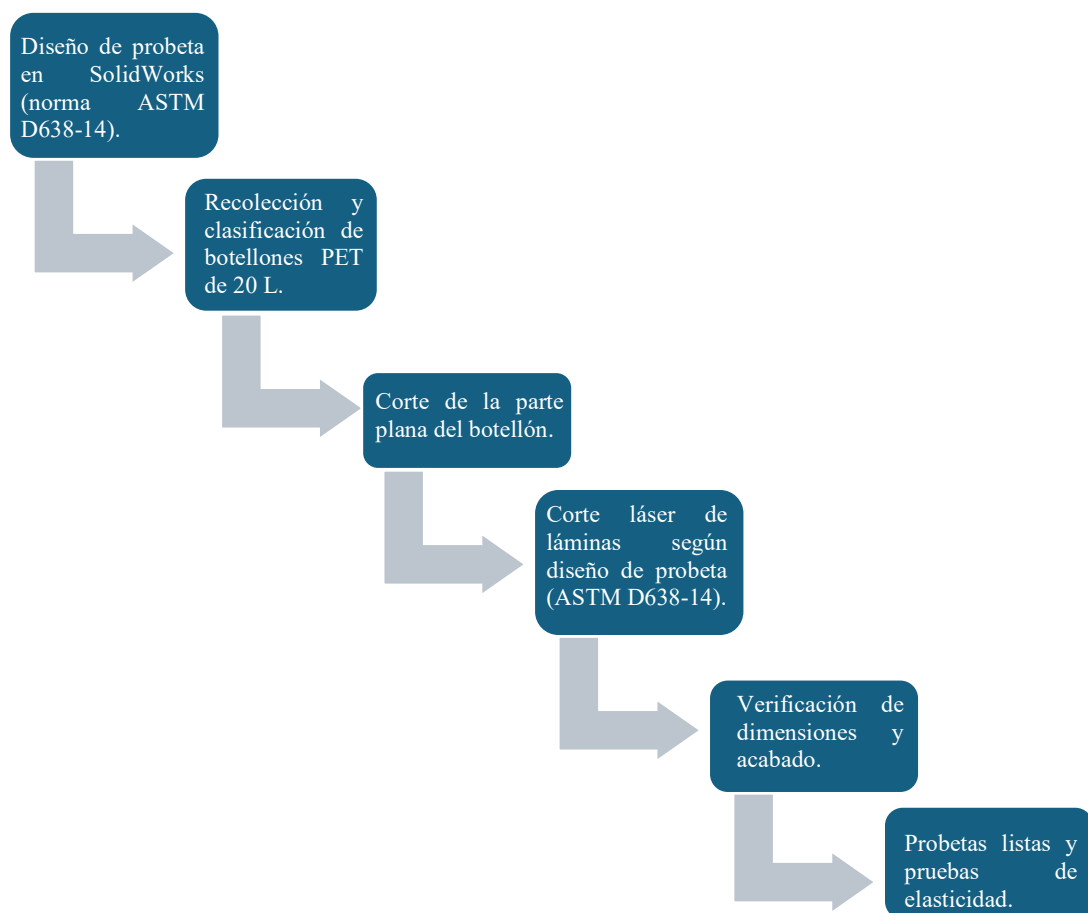
Uso adecuado de EPP

Nota. Elaborado por la autora.

Luego de la culminación de la construcción del prototipo para pruebas de elasticidad en probetas de polímeros PET mediante la descripción y el diagrama analítico, donde incluyo soldadura, cortes, torneado, ensamblajes y pruebas funcionales, como siguiente procedimiento se muestra en la Figura 28 el proceso de la fabricación de probetas.

Figura 28.

Proceso de fabricación de probetas.



Nota. Elaborado por la autora.

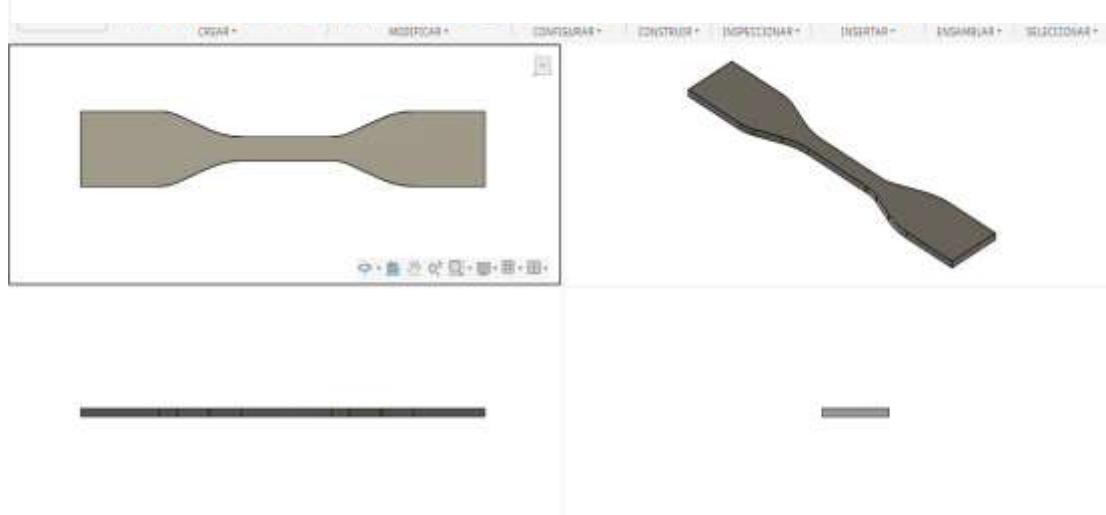
En la creación de las probetas para los respectivos ensayos es fundamental seguir el proceso de fabricación como nos indican las dimensiones y parámetros de la norma ASTM D638-14.

1. Diseño de probeta en SolidWorks

En esta etapa se procede a diseñar la probeta en el software Fusión para corte láser, considerando las dimensiones establecidas en la norma ASTM D638-14 como se muestra en la Figura 29, permitiendo la geometría adecuada de la probeta para la correcta utilización en posteriores ensayos de elasticidad.

Figura 29.

Diseño de muestra para corte – Norma ASTM D638-14.



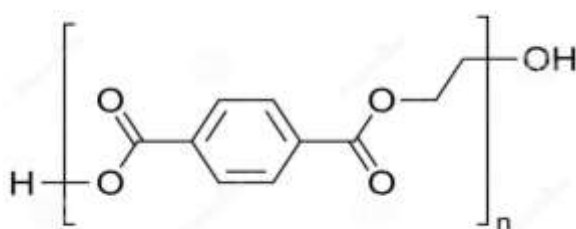
Nota. Elaborado por la autora en software Autodesk Fusión.

1. Recolección y clasificación de botellones PET de 20 L

Material de botellones PET de 20 L: botellones de polímeros resistentes fabricados de polietileno tereftalato como se muestra en la siguiente figura.

Figura 30.

Formula química del polietileno tereftalato (PET).



Nota. Elaborado por la autora.

Se recolectan botellones PET de 20 litros y se clasifican en tres grupos de acuerdo con su estado de uso: botellones nuevos, botellones de medio uso y botellones

en último ciclo de uso, permitiendo la diferenciación de las muestras según el desgaste como se muestra en la Figura 31.

Figura 31.

Clasificación de botellones.



Nota. Recolección de botellones.

2. Corte de la parte plana del botellón

Para la fabricación de las muestras se selecciona la parte plana del cuerpo de los botellones como se muestra en la Figura 32 y se realizan los respectivos cortes cuadrados, evitando daños, dobleces o deformaciones del material.

Figura 32.

Referencia de corte plana.



Nota. Recorte de botellón.

3. Corte láser de láminas según diseño de probeta (ASTM D638-14)

Siguiendo el diseño realizado en SolidWorks y sometiendo las láminas a cortes láser, para obtener mayor exactitud en sus dimensiones, de acuerdo con lo establecido para los ensayos.

4. Verificación de dimensiones y acabado

Una vez cortadas las probetas, se verifican sus dimensiones y el estado de sus bordes para mejor acabado. Esta revisión es fundamental para asegurar que las muestras cumplan con las respectivas medidas establecidas en la norma y que no afecten los resultados de las pruebas.

Figura 33.

Muestras PET nuevo, medio uso y último ciclo de uso.



Nota. Elaborado por la autora.

5. Probetas listas y pruebas de elasticidad

Finalmente, luego de comprobar las dimensiones de cada probeta se organizaron según la clasificación de los botellones para ser utilizadas en las pruebas de elasticidad de forma aleatoria según su estado de uso, con el propósito de analizar el comportamiento del PET.

3.3.4. Fase 4. Pruebas y validación (funcionamiento de prototipo)

En esta etapa se realizan las pruebas finales a las probetas fabricadas a partir de polímeros, botellones PET de 20 litros. Las muestras son colocadas, ajustadas en las mordazas fija y móvil del prototipo con el propósito de evaluar su comportamiento frente a una carga aplicada.

Las quince muestras se organizan según su clasificación como se presenta en la Tabla 19, los ensayos se aplican de manera aleatoria.

Tabla 19.

Clasificación y velocidad de muestras de polímero PET.

Clasificación	Número de muestras	Tipo de ensayo	Velocidad seleccionada (NORMA ASTM D638-14)
PET nuevo.	5	Prueba de elasticidad (aleatorio).	50 mm/min.
PET medio uso.	5	Prueba de elasticidad (aleatorio).	50 mm/min.
PET último ciclo de uso.	5	Prueba de elasticidad (aleatorio).	50 mm/min.

Nota. Elaborado por la autora.

Ensayo de probetas

En el **Anexo T** se evidencia las probetas de polímeros PET (polietileno tereftalato) después de ser sometidas a pruebas en el prototipo construido para el análisis del módulo de elasticidad.

Variables evaluadas

Los ensayos registran las variables observadas en la Tabla 20, permitiendo analizar el comportamiento mecánico del PET bajo diferentes condiciones de uso, acercándonos mediante cálculos al módulo de elasticidad.

Tabla 20.

Variables evaluadas en los ensayos.

Variable	Descripción
Fuerza.	Carga aplicada durante la prueba.
Desplazamiento.	Deformación de la probeta.
Tiempo.	Duración del ensayo.

Nota. Elaborado por la autora.

Cálculos para aplicación de diseño experimental

Análisis de varias variables antes de la aplicación del diseño experimental, se calcula las propiedades mecánicas de las probetas PET a partir de las mediciones realizadas durante los ensayos.

Área transversal:

$$A_0 = W \times T$$

Datos de probeta

$$A_0 = 6 \times 2$$

$$\underline{A_0 = 12 \text{ mm}^2}$$

- **Ancho:** 6 mm
- **Espesor:** 2 mm

Conversión:

$$F(N) = F(LbF) \times 4,44822$$

Esfuerzo:

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Deformación porcentual:

$$\varepsilon = \frac{L\Delta}{L_0}$$

Módulo de elasticidad:

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

A continuación, el cálculo respectivo en cada ensayo por clasificación:

Ensayos PET (Tereftalato de polietileno) nuevo

Primer ensayo

$$\sigma = \frac{1264,18 \text{ N}}{11,64} = 108,6 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,01969697}{33} = 0,000597$$

$$E_{PET \text{ nuevo}} = \frac{22,05389 - 9,84749}{0,0272727 - 0,012} = 796,8 \text{ MPa}$$

Segundo ensayo

$$\sigma = \frac{1534,191 \text{ N}}{11,64} = 131,8 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,028788}{33} = 0,000872$$

$$E_{PET \text{ nuevo}} = \frac{29,09877 - 18,903}{0,036364 - 0,0212} = 672,4 \text{ MPa}$$

Tercer ensayo

$$\sigma = \frac{1333,57636 \text{ N}}{11,64} = 114,5684158 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,03787879}{33} = 0,001147$$

$$E_{PET \text{ nuevo}} = \frac{39,7053314 - 26,8651}{0,04545 - 0,0303} = 848,5 \text{ MPa}$$

Cuarto ensayo:

$$\sigma = \frac{1357,59674 \text{ N}}{11,64} = 116,63 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,03484848}{33} = 0,001056$$

$$E_{PET \text{ nuevo}} = \frac{31,6869817 - 20,397}{0,042424 - 0,0272} = 737,6 \text{ MPa}$$

Quinto ensayo:

$$\sigma = \frac{1111,1653 \text{ N}}{11,64} = 95,46 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,307575}{33} = 0,00932048$$

$$E_{PET \text{ nuevo}} = \frac{22,090568 - 16,6714}{0,31515152 - 0,3} = 358,3 \text{ MPa}$$

Ensayos PET (Tereftalato de polietileno) medio uso

Primer ensayo

$$\sigma = \frac{872,29594 \text{ N}}{11,64} = 74,93 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,0212121}{33} = 0,0006428$$

$$E_{PET \text{ medio uso}} = \frac{20,811046 - 11,5909}{0,02727 - 0,0151} = 761,27 \text{ MPa}$$

Segundo ensayo

$$\sigma = \frac{1541,3082 \text{ N}}{11,64} = 132,41 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,0212121}{33} = 0,0006428$$

$$E_{PET \text{ medio uso}} = \frac{21,5637 - 12,11}{0,02727 - 0,0151} = 779,28 \text{ MPa}$$

Tercer ensayo

$$\sigma = \frac{1260,6255 \text{ N}}{11,64} = 108,3 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,0318181}{33} = 0,00096419$$

$$E_{PET \text{ medio uso}} = \frac{34,7331845 - 23,501429}{0,0393939 - 0,0242} = 740,59 \text{ MPa}$$

Cuarto ensayo

$$\sigma = \frac{1534,636 \text{ N}}{11,64} = 131,84 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,016667}{33} = 0,000505$$

$$E_{PET \text{ medio uso}} = \frac{19,20148 - 7,67318}{0,024242 - 0,009} = 760,16 \text{ MPa}$$

Quinto ensayo

$$\sigma = \frac{1510,170N}{11,64} = 129,73 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,01464646}{33} = 0,000443$$

$$E_{PET \text{ medio uso}} = \frac{14,108725 - 3,7825}{0,02121 - 0,009} = 867,61 \text{ MPa}$$

Ensayos PET (Tereftalato de polietileno) último ciclo de uso

Primer ensayo

$$\sigma = \frac{1359,376 \text{ N}}{11,64} = 116,78 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,0212121}{33} = 0,0006428$$

$$E_{PET \text{ último ciclo de uso}} = \frac{18,799025 - 8,661}{0,02727 - 0,0151} = 838,8 \text{ MPa}$$

Segundo ensayo

$$\sigma = \frac{1531,0773 \text{ N}}{11,64} = 131,53 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,0136364}{33} = 0,0004132$$

$$E_{PET \text{ último ciclo de uso}} = \frac{18,1223 - 5,0922}{0,02121 - 0,00606} = 862,81 \text{ MPa}$$

Tercer ensayo

$$\sigma = \frac{1378,50338 \text{ N}}{11,64} = 118,42 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,02272727}{33} = 0,0006887$$

$$E_{PET \text{ último ciclo de uso}} = \frac{18,9049 - 8,9705}{0,030303 - 0,0151} = 658,46 \text{ MPa}$$

Cuarto ensayo

$$\sigma = \frac{1540,419 \text{ N}}{11,64} = 132,33 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,016667}{33} = 0,000505$$

$$E_{PET \text{ último ciclo de uso}} = \frac{17,9412 - 7,23}{0,024242 - 0,0091} = \frac{14,147882}{0,02} = 707,3941 \text{ MPa}$$

Quinto ensayo

$$\sigma = \frac{1536,322 \text{ N}}{11,64} = 131,98 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{0,021202}{33} = 0,0006425$$

$$E_{PET \text{ último ciclo de uso}} = \frac{17,94101 - 7,23}{0,0242421 - 0,0091} = 705,77 \text{ MPa}$$

Los respectivos cálculos se muestran en el **Anexo U**, que dirige a la hoja de cálculo con toda la recolección de datos estudiados mediante ensayos de pruebas de elasticidad de probeta.

3.4. Verificación de hipótesis

Planteamiento de hipótesis

Hipótesis nula (H_0): el estado de uso del material polimérico PET no produce cambios significativos en el módulo de elasticidad al ser evaluado en el prototipo realizado en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE en base a la norma ASTM D638-14.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Hipótesis de investigación (H_1): al menos una de las medias del módulo de elasticidad es diferente al ser evaluado en el prototipo realizado en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE en base a la norma ASTM D638-14.

$$H_1: \exists i, j ; \mu_i \neq \mu_j$$

Regla de decisión

Se acepta la **hipótesis nula** si el valor de (F_c) es igual o **menor a** (F_T).

Se acepta la **hipótesis de investigación** si el valor de (F_c) es igual o **mayor a** (F_T).

Análisis de varianza

Para la comprobación de las hipótesis de investigación se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) de un solo factor con efectos fijos, considerando el estado de uso del PET como factor de estudio (nuevo, medio uso y último ciclo de uso), siguiendo la metodología propuesta por Montgomery, (2004), que menciona la importancia fundamental de aplicar la herramienta en el ámbito de la ingeniería para mejorar el desempeño de un proceso de manufactura “mejoras en el rendimiento del proceso, evaluación de materiales alternativos”, por lo que se ajusta con el análisis actual. Montgomery (2004), establece que el primer paso en la evaluación es definir el modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Valor observado de la variable respuesta

μ = Media global

τ_i = Efecto del tratamiento i – ésimo (Estado del PET)

ε_{ij} = Error experimental asociado a cada observación

En la siguiente Tabla 21, se resume el modelo de comprobación de hipótesis por un diseño experimental con un solo factor.

Tabla 21.

Tabla de análisis del modelo de diseño experimental con un solo factor y efectos fijos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio (MS)	F_0
Tratamientos	$SS_{Tratamientos}$	$a - 1$	$\frac{SS_{Tratamientos}}{a - 1}$	$\frac{MS_{Tratamientos}}{MS_E}$
Error	SS_E	$N - a$	$\frac{SS_E}{N - a}$	
Total	SS_T	$N - 1$		

Nota. Elaborado por la autora en base a Montgomery (2004).

A continuación, se presentan las fórmulas para los cálculos de suma de cuadrados y cuadrado medio:

Suma de cuadrados total

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y^2}{N}$$

Suma de cuadrados de tratamientos

$$SS_{Tratamientos} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a y_i^2 - \frac{y^2}{N}$$

Suma de cuadrados de error

$$SS_E = SS_T - SS_{Tratamientos}$$

Tabla 22.

Datos módulo de elasticidad (MPa) del experimento de pruebas de elasticidad.

Estado del PET	Módulo de elasticidad (MPa)					Totales y_i	Promedios $\bar{y}_i$
	1	2	3	4	5		
PET nuevo	796,79	672,44	848,53	737,68	358,37	3413,81	682,69
PET medio uso	761,27	779,29	740,59	760,17	867,60	3908,92	781,79
PET último uso	838,81	862,81	658,46	707,39	705,77	3773,24	754,65
						$y_i = 11095,97$	$\bar{y}_i = 739,71$

Nota. Elaborado por la autora.

Sumatoria de los cuadrados totales:

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y^2}{N}$$

$$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 = 796.79^2 + 672.44^2 + \dots + 705.77^2 = 8425665,3$$

$$\frac{y^2}{N} = \frac{(11095.62)^2}{15} = 8208036,7$$

$$SS_T = 8425665,3 - 8208036,7$$

$$SS_T = 217628,62$$

Sumatoria de los cuadrados de los tratamientos:

$$SS_{Tratamientos} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a y_i^2 - \frac{y^2}{N}$$

$$SS_{Trat} = \frac{1}{5} [(3413.81)^2 + (3908.92)^2 + (3773.24)^2] - \frac{(11095.97)^2}{15}$$

$$SS_{Trat} = 26182,193$$

Sumatoria de los cuadrados del error:

$$SS_E = SS_T - SS_{Tratamientos}$$

$$SS_E = 217628,62 - 26182,193$$

$$SS_E = 191446,42$$

Tabla 23.

Determinación de F_0 calculado.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F_0	Valor P
Tratamientos.	26182,193	2	13091,097	0,82	0,463
Error.	191446,42	12	15953,869		
Total	217628,62	14			

Nota. Elaborado por la autora.

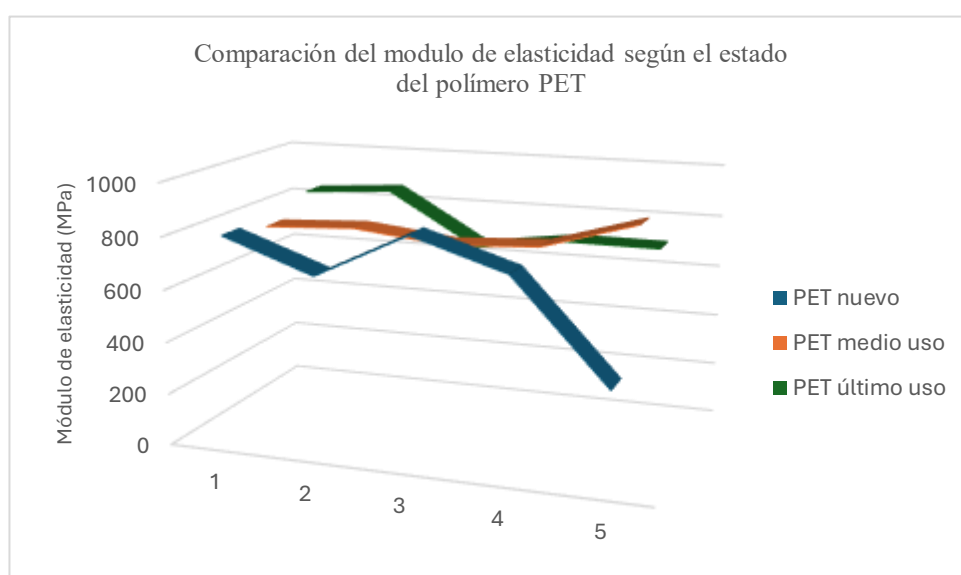
El valor F de la se establece a partir de los grados de libertad de los tratamientos y del error, como se muestra en el **Anexo W**, en la distribución F de Fisher, teniendo en cuenta un nivel de significancia del 5 %. Para el análisis del presente estudio, con $gl_1 = 2$ y $gl_2 = 12$, el valor tabulado de F es aproximadamente $F_t = 3,885$.

- Si el valor de **F (Fc)** es igual a **0.82**, < que F de la tabla ($F_t = 3.89$), aceptamos la hipótesis nula (H_0) y se rechazamos la hipótesis de investigación (H_1).
- Si se calcula **F (Fc = 0.82) > tabla F (Ft = 3.89)**, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis de investigación (H_1).

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, se observa que el estadístico F de Fisher calculado es inferior al valor crítico obtenido de la tabla, lo que indica que se encuentra dentro de la región, es decir, se acepta la hipótesis nula (H_0). De igual forma, el valor p obtenido (0,463) es superior al nivel de significancia fijado ($\alpha = 0,05$), respaldando la decisión estadística.

Figura 34.

Comparación del módulo de elasticidad.



Nota. Elaborado por la autora en Excel.

Para la comprobación de los resultados se utiliza un software Minitab 19, en el **Anexo V** muestra el resultado, evidenciando respuestas iguales a los cálculos manuales en la hoja de Excel, permitiendo un mejor análisis de los ensayos correspondientes.

En conclusión, no hay diferencias estadísticamente significativas en el módulo de elasticidad del PET entre los tres tratamientos analizados (nuevo, medio uso, último ciclo de uso), lo que sugiere que el grado de uso del material no altera el comportamiento mecánico bajo las condiciones analizadas, lo que indica la posibilidad de que los botellones PET adquiridos son de buena calidad, es decir la empresa trabaja con excelentes proveedores de materiales poliméricos.

3.5. Presupuesto del prototipo

En la Tabla 24, se muestra un presupuesto establecido de cada material y componente empleado para la construcción del prototipo para pruebas de elasticidad

en materiales polímeros PET, cuyo propósito es determinar variaciones en el módulo de elasticidad.

Tabla 24.

Costos del prototipo para pruebas de elasticidad.

MATERIALES	Nombre comercial	Detalle	Referencia	Cantidad	Total
	Barra de acero inox.	Guías para soporte.	3m, 1 pulg diámetro.	1	\$52
	Plancha de acero inox.	Base estructura soporte, fabricación de mordazas.	700 mm x 700 mm x 14 mm.	1	\$40
	Barra transmisión.	Guías deslizamiento.	2m, 5/8" pulg de diámetro.	2	\$6.98
	Tubo de acero inoxidable.	Guías deslizamiento.	Célula 40, pulido 1/2" X .	1	\$6.47
	Bujes de goma.	Guías deslizamiento.	Caucho.	4	
	Motor PASO a PASO + Driver.	Sistema de carga.	Torque: 8,5 N.m Voltaje: 24-80 VDC .	1	\$221
	Bronce y fabricación de tuerca de avance.	Accionamiento husillo y motor.		1	\$40
	Barra de acero inox. 1 pulg.	Husillo – paso 6 mm. Guía motor y placa móvil.	1 m.	1	\$18.50
	Brida.	Ajuste, deslizamiento por varilla.		1	\$32
	Palillos de acero.	Guías lineales – mordazas.		16	\$6
	Resortes finos.	Tensión inicial.		2	\$7.50
	Disco desb. NORTON.	Desbastar metal.	4.5 pulg.	2	\$5.40

COMPONENTES ELÉCTRICOS	Soldadura 6011.	Union de estructuras.	Electrodo 6011.	2 Lb.	\$6
	Pernos de seguridad.	Seguros placa móvil.	Varias medidas.	10	\$5
	Fondo y pintura corrosiva.	Recubrimiento protector.	Plomo.	2	\$17
	Celda de carga.	Fuerza.	100 Kg.	1	\$104.62
	Fuente de alimentación	48 V.	220-110 VAC.	1	\$57
	Arduino.	Control, recibe datos de fuerza		1	\$18.90
	HX711.	Valores numéricos de fuerza.	Convertidor analógico-digital (ADC).	1	\$4
	Pantalla LCD.	Muestra fuerza.	16X2 cm.	1	\$16.50
	Panel para componentes eléctricos.	Seguridad.	50x60 cm.	1	\$35
	Costo de experimentación.	Corte laser de probetas, alquiler de máquina.	Mano de obra.	1	\$40
OTROS	Costo de alquiler torneado/fresado.	Acabados de piezas (mordazas) y estructura.	Mano de obra.	1	\$150
Total					\$889,87

Nota. Elaborado por la autora.

El presupuesto observado para la construcción del prototipo para pruebas de elasticidad refleja la inversión total aproximada de \$889.87, destinados para la adquisición de materiales, componentes y otros como mano de obra.

Este presupuesto permite tener un sistema funcional a escala de laboratorio para la Unidad de Prácticas Industriales UPSE, diseñado para ensayos de tracción en materiales poliméricos como el PET, incluyendo botellones o botellas plásticas que

puedan ser adquiridas dentro de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, permitiendo datos confiables que permita la toma de decisiones en relación con su uso, reutilización o producción.

3.6. Marco de discusión

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se orientó al diseño y construcción del prototipo para pruebas de elasticidad en polímeros permite comprobar la posibilidad de realizar ensayos experimentales básicos de materiales para el estudio de resistencia y calidad ante una fuerza aplicada mediante un sistema controlado. La estructura y medidas de ensamblaje se basó en la norma ASTM D638-14, con un enfoque directo a ensayos de tracción en materiales poliméricos como el PET u otros tipos de polímeros. El prototipo presenta una alternativa académica y profesional en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE, permitiendo el fortalecimiento del aprendizaje mediante ensayos realizados.

A partir del diseño se integró un sistema mecánico y eléctrico que permite el desplazamiento controlado sobre las probetas de PET con diferentes estados de uso, como nuevo, medio uso y último ciclo de uso, permitiendo analizar el comportamiento elástico y obtener datos como fuerza para los respectivos cálculos del módulo de elasticidad. La recolección de datos cuantitativa se registró en una hoja de cálculo de Excel, permitiendo procesar y comparar los resultados del módulo de elasticidad de las probetas evaluadas. La investigación conforme técnicas de análisis de apoyo como el software SPSS a través del coeficiente alfa de Cronbach y Minitab, también el software SolidWorks para la etapa del diseño. De esta manera, el estudio vinculo el proceso de diseño y construcción del prototipo.

Los resultados demuestran que el prototipo permite ensayos básicos de elasticidad en probetas PET, aplicando desplazamiento en mm/min establecido en la norma y adquiriendo la fuerza máxima durante el ensayo. El prototipo tuvo un costo aproximado de construcción de \$889.87, lo que permite considerar una alternativa funcional y accesible para realizar ensayos experimentales.

CONCLUSIONES

A partir del análisis bibliométrico de 383 artículos revisados en base de datos como Scopus, Dimensions y Web of Science de los cuales 30 fueron considerados para el estudio de investigación, se llegó a comprobar la existencia de bases teóricas que sustentan la importancia de los ensayos de tracción en materiales poliméricos para análisis de módulo de elasticidad y deformación, también la norma ASTM D638-14 que ayuda como referencia técnica para las respectivas pruebas realizadas en probetas PET.

La metodología aplicada fue indicada para mostrar la confiabilidad mediante el coeficiente de Cronbach del instrumento propuesto obteniendo un valor de 0,826, que indica la validación de para el diseño, armaje y construcción del prototipo con sistema mecánico y eléctrico destinado a pruebas de elasticidad en polímeros. Para la recolección y análisis de datos se empleó un enfoque cuantitativo, la metodología y el proceso permitió el diseño, la selección de componentes mecánicos y eléctricos, para la adaptación permitiendo el funcionamiento del prototipo en la Unidad de Practicas Industriales.

Se obtuvo resultados satisfactorios en el diseño del prototipo donde se realizaron los ensayos y los resultados obtenidos no evidenciaron diferencias significativas entre los grupos evaluados de forma aleatoria, se debe a que el tereftalato de polietileno (PET) conserva ciertas propiedades elásticas estables después de varios ciclos de usos y hayan sido fabricadas con alta calidad, de acuerdo con el análisis estadístico en Minitab se obtuvo un valor de F calculado, menor que el F tabulado. Además, las dimensiones, condiciones controladas del ensayo y el número de muestras que establece la norma ASTM D638-14 pudo influir en que las diferencias registradas fueran pequeñas. Por tanto, el prototipo cumple con el propósito experimental como herramienta útil, viable y aplicable en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE, proporcionando una base técnica para futuras investigaciones en caracterización mecánica de polímeros como el PET u otros tipos de polímeros.

RECOMENDACIONES

Promover el desarrollo de proyectos experimentales enfocados en el estudio de materiales especialmente el polímero (tereftalato de polietileno), para futuras investigaciones dentro de la adquisición de botellones PET en el ámbito industrial. Impulsar el uso del prototipo en la Unidad de Prácticas Industriales UPSE para realizar ensayos con el propósito de fortalecer sus conocimientos sobre el comportamiento elástico de los polímeros.

Revisión y mantenimiento de las guías de deslizamiento del prototipo antes y después de cada ensayo, como también ajuste de probetas. Esto permite la estabilidad del equipo, garantizando un desplazamiento uniforme.

Verificar y calibrar las dimensiones de las probetas normalizadas a estudiar antes de iniciar cada ensayo, de esta manera se reducen errores durante la tracción, obteniendo datos más confiables para los cálculos y análisis del diseño experimental seleccionado.

Evitar cargas superiores de 100 Kg establecida en el diseño de la celda de carga, ya que podría afectar la estabilidad de la estructura, el funcionamiento del motor y los componentes eléctricos.

El prototipo no solo se destaca en pruebas de material polimérico, su uso puede relacionarse a futuras investigaciones donde las dimensiones de las probetas y fuerza ejercida sean compatibles con los detalles y capacidad del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

AbouelNour, Y., Rakauskas, N., Naquila, G., & Gupta, N. (2024). Tensile testing data of additive manufactured ASTM D638 standard specimens with embedded internal geometrical features. *Scientific Data*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03369-y>

Alarcón, F., Soto, A. O., & Medina Muñoz, C. (2024). *Estudio de efecto en propiedades mecánicas por el uso de solventes para suavizar superficies de impresiones 3D tipo FDM*.

Bacca-González, A., Otalora-Roa, C., & Arzola-De La Peña, N. (2022). *Estudio experimental de las propiedades mecánicas y físicas de madera plástica obtenida a partir de mascarillas quirúrgicas y tapas de plástico*.

Ben hadj Hassine, S., Chatti, S., Louhichi, B., & Seibi, A. (2024). Experimental Study of the Tensile Behavior of Structures Obtained by FDM 3D Printing Process. *Polymers*, 16(11). <https://doi.org/10.3390/polym16111562>

Cárdenas, Guzmán, Panamá, & Arellano. (2023). *ANÁLISIS DE TRACCIÓN DE PROBETAS IMPRESAS EN 3D MEDIANTE DEPOSICIÓN DE HILO FUNDIDO PLA, ABS Y TPU*.

Castañón, Palomera Obregón, P., Blanco Fernández, E., & Vega, I. I. (2023). *INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE IMPRESIÓN 3D Y DEL CONTENIDO DE POLVO DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PLA Y SELECCIÓN DE LA MEJOR COMBINACIÓN DE VARIABLES MEDIANTE ANÁLISIS MULTICRITERIO*.

Cicero, & Arrieta. (2025). *Sensibilidad al efecto de entalla en materiales poliméricos*.

Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). *VALIDEZ DE CONTENIDO Y JUICIO DE EXPERTOS: UNA APROXIMACIÓN A SU UTILIZACIÓN*. 6, 27–36.

García, M. M., Suárez, M., & Ii, M. (2013). El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica Delphi method for the expert

consultation in the scientific research. *Revista Cubana de Salud Pública*, 39(2), 253–267. <http://scielo.sld.cu>

Gazeau, B., Minunno, R., Zaman, A., & Shaikh, F. (2024). Elevating Recycling Standards: Global Requirements for Plastic Traceability and Quality Testing. *Sustainability (Switzerland)*, 16(12). <https://doi.org/10.3390/su16125122>

Gu, X., Gong, X., Zhang, C. G., Gu, Y., Wang, C., Wang, G., & Guo, W. (2023). Drilled-hole number effects energy and acoustic emission characteristics of brittle coal. *Journal of Materials Research and Technology*, 23, 3892–3903. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.02.045>

Jafari, D., van Alphen, K. J. H., Geurts, B. J., Wits, W. W., Gonzalez, L. C., Vaneker, T. H. J., Rahman, N. U., Römer, G. W., & Gibson, I. (2020). Porous materials additively manufactured at low energy: Single-layer manufacturing and characterization. *Materials and Design*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2020.108654>

Konstantinou, G., Kakkava, E., Hagelüken, L., Warriam Sasikumar, P. V., Wang, J., Makowska, M. G., Blugan, G., Nianias, N., Marone, F., Van Swygenhoven, H., Brugger, J., Psaltis, D., & Moser, C. (2020). Additive micro-manufacturing of crack-free PDCs by two-photon polymerization of a single, low-shrinkage preceramic resin. *Additive Manufacturing*, 35. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101343>

Kucharski, D., Obst, M., & Adamiec, J. (2022). *A laser projection system for polymer transverse strain measurements in tensile testing*. <https://doi.org/10.1117/1.OE.62.1.014106>

Lanzotti, A., Grasso, M., Staiano, G., & Martorelli, M. (2020). The impact of process parameters on mechanical properties of parts fabricated in PLA with an open-source 3-D printer. *Rapid Prototyping Journal*, 21(5), 604–617. <https://doi.org/10.1108/RPJ-09-2014-0135>

Montenegro, V. 2024. (n.d.). *Diseño y construcción de prototipo de bajo coste para ensayo de tracción de polímeros*. Retrieved May 14, 2026, from <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/3997/4582>

Montenegro, V., Gil, A., Campos, J., Frago, J., & Marín, N. (2024). Diseño y construcción de prototipo de bajo coste para ensayo de tracción de polímeros. *Revista de Iniciación Científica*, 10(1), 10–15. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v10.1.3997>

Norma ASTM D638 en Español Completa | PDF | El plastico | Deformación (ingeniería). (n.d.). Retrieved May 13, 2026, from <https://es.scribd.com/document/727870511/Norma-Astm-d638-Traducida-Al-Espanol-Norma-Completa>

Nugraha, A. D., Purnomo, E., Afandi, F. R., Wijayanto, H., Yudha, N. K., Supriyanto, E., Nugroho, A. D., & Muflikhun, M. A. (2025). Experimental datasets from mechanical testing and characterization of composites filled with PVCs waste. *Data in Brief*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2025.111894>

Ojeda, P. C. (n.d.). *Sesión 4 Universo, población y muestra*.

ONU. (2023). *¿QUÉ ES LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS?*

Orte Socías, C., Bellver Moreno, C., & Vives Barceló, M. (2025). The effectiveness of training trainers in evidence-based preventive interventions. a systematic review based on PRISMA protocol. *Pedagogia Social*, (46), 15–39. https://doi.org/10.7179/PSRI_2025.46.01

Ramos-Galarza, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>

RESSLER, M., KREIKER, J., & RENZINI, S. (2024). Ensayos mecánicos en probetas realizadas con fracción plástica de los residuos electrónicos y diferentes polímeros. *AJEA*, (AJEA 37). <https://doi.org/10.33414/ajea.1677.2024>

Rueda Sánchez, J. Carlos., & Rueda, J. Carlos. (2025). *Polímeros en la industria : incluye análisis de casos de fallas de polímeros*.

Saldaña-Robles, A., Sánchez-Angeles, A., Balvantín-García, A. de J., Núñez-Altamirano, D. A., & Capilla-González, G. (2025). Mechanical behavior of 3D printed polymers under tensile and bending loads. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 19(10), 371–384. <https://doi.org/10.12913/22998624/207989>

Salinas, G. A. A., Giangreco, E., Bobadilla, W., Sastoque, J., Sánchez, C., & Maíz, M. (2022). Mechanical characterization of materials with 3D printed biodegradable matrices. *Revista Investigaciones y Estudios*, 13(2), 3–15. <https://doi.org/10.47133/IEUNA22201b>

Sebastian Buñay Guaman, J. I., Isaías Caicedo Reyes, J. I., Santiago Choto Chariguaman III, L., & Jose Cevallos Silva, S. I. (2023). *Design and validation of a machine for tensile testing of 3D printed polymer resin specimens* *Projeto e validação de uma máquina para testes de tração de amostras de resina polimérica impressas em 3D*. 84(7), 505–539. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i7>

Sola, A., Chong, W. J., Pejak Simunec, D., Li, Y., Trinchì, A., Kyratzis, I. (Louis), & Wen, C. (2023). Open challenges in tensile testing of additively manufactured polymers: A literature survey and a case study in fused filament fabrication. In *Polymer Testing* (Vol. 117). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107859>

ANEXOS

Anexo A. Artículos para la revisión de alcance.

Nº	Título	Autor	Metodología	Técnica	Resultados
1	Mechanical behavior of 3D printed polymers under tensile and bending loads.	Saldaña-Robles et al., (2025)	Cuantitativa.	Observación directa.	La orientación del relleno y la densidad influyen significativamente en las propiedades mecánicas; PETG muestra mayor resistencia debido a mejor adhesión entre capas; velocidad de impresión tiene efecto mínimo.
2	Tensile testing data of additive manufactured ASTM D638 standard specimens with embedded internal geometric features.	Youseef Abouel Nour et al., (2024)	Cuantitativa.	Observación directa.	La presencia de defectos internos reduce la resistencia máxima y la deformación en el punto de ruptura, evidenciado por las gráficas y análisis estadístico de los datos de prueba.
3	Experimental Study of the Tensile Behavior of Structures Obtained by FDM 3D Printing Process.	Ben hadj Hassine et al., (2024)	Cuantitativa.	Observación directa.	Los resultados muestran que parámetros como densidad de relleno, patrón y orientación influyen significativamente en la resistencia y elasticidad del material.
4	Mejora de los estándares de reciclaje: Requisito	Gazeau et al., (2024)	Mixta.	Observación directa.	Se concluye que la estandarización de pruebas, incluyendo ensayos tipo ASTM, es clave para mejorar la calidad de materiales reciclados y su uso

	s globales para la trazabilidad y las pruebas de calidad del plástico.				industrial.
5	Diseño y construcción de prototipo de bajo coste para ensayo de tracción de polímeros	Montenegro et al. (2024)	Cuantitativa.	Observación directa.	El equipo permitió obtener mediciones confiables de propiedades mecánicas, demostrando que es viable implementar soluciones económicas en entornos académicos sin afectar la precisión de los resultados.
6	Optimización de los parámetros del proceso en la resistencia a la tracción de piezas de ácido poliláctico (PLA) impresas en 3D: ASTM D638 Tipo IV.	Akpakpavi et al., (2023)	Cuantitativa.	Observación directa.	Se evidenció que la resistencia a la tracción del PLA aumentó de 49.5 N/mm ² a 61.67 N/mm ² tras la impresión 3D, demostrando que la correcta selección de parámetros de proceso mejora significativamente las propiedades mecánicas del material.
7	Diseño virtual de un prototipo para ensayos a tensión de materiales polímeros en base a la norma ASTM D638-14.	García et al., (2023)	Cuantitativa.	Observación directa.	El desplazamiento que puede llegar a tener la estructura al ser sometido a una carga máxima, no se podrá visualizar a simple vista, por lo que el diseño es adecuado y apto para soportar las cargas definidas, puesto que no tendrán grandes desplazamientos.

8	Análisis de tracción de probetas impresas en 3D mediante deposición de hilo fundido PLA, ABS y TPU.	Cárdena s-Yáñez et al., (2023)	Cuantitativa.	Observación directa.	Se evaluaron propiedades mecánicas mediante ensayos de tracción en probetas impresas en 3D (PLA, ABS y TPU). El ABS presentó mayor resistencia (~38 MPa), el PLA comportamiento más frágil, y el TPU alta elasticidad con gran elongación.
9	Diseño y validación de una máquina para ensayos a tracción de probetas de resinas poliméricas impresas en 3D.	Guamán et al., (2023)	Cuantitativa.	Observación directa.	La validación entre resultados experimentales y simulados presentó un error bajo (~2.69–3.5%), demostrando que el equipo es funcional, preciso y confiable para evaluar propiedades mecánicas en polímeros.
10	Ensayo de tracción según Norma ISO 527-2 para probetas fabricadas con ácido poliláctico o mediante técnicas aditivas.	Rodríguez et al., (2020)	Cuantitativa.	Observación directa.	Los resultados muestran que las propiedades mecánicas (resistencia y elongación) dependen significativamente del proceso de fabricación aditiva y la orientación de impresión. Se confirma que los ensayos permiten determinar el comportamiento elástico.
11	Tensile Behavior of 3D Printed Polylactic Acid (PLA) Based Composites	Agaliotis et al., (2022))	Cuantitativa.	Observación directa.	Los resultados muestran que la adición de fibras mejora significativamente la resistencia mecánica y la rigidez del material. Además, factores como la orientación y composición influyen directamente en la elasticidad y desempeño estructural de los compuestos.

	Reinforced with Natural Fiber.				
12	Identificación del tramo elástico en polímeros impresos en 3D mediante sistemas Neuro-Fuzzy.	Sánchez, D. E.; Bernal, M.; Martínez, G.; Concha, J. C. et al., (2025)	Cuantitativa.	Observación directa.	El método reduce la subjetividad del operador y permite calcular el módulo de Young con mayor precisión y consistencia en comparación con métodos tradicionales.
13	Diseño y análisis de sistemas mecánicos aplicados a ensayos de materiales (RIBIM).	Martínez Bordes et al., (2024)	Cuantitativa.	Observación directa.	El estudio presenta el diseño y análisis. Los resultados muestran que el uso de modelos mecánicos y pruebas experimentales permite optimizar el desempeño del sistema y mejorar la precisión en la medición de propiedades mecánicas.
14	Análisis de las propiedades mecánicas del polímero ABS frente a alteraciones térmicas controladas.	Rodríguez et al., (2025)	Cuantitativa.	Observación directa.	Los resultados muestran que los tratamientos térmicos modifican el comportamiento estructural del polímero.
15	Ensayos mecánicos en probetas realizadas con fracción plástica	Ressler, M.; Renzini, S. et al., (2024)	Cuantitativa.	Observación directa.	Se desarrollaron materiales compuestos utilizando fracción plástica reciclada de residuos electrónicos (RAEE) combinada con polímeros como PEBD, PEAD y otros.

	de los residuos electrónicos y diferentes polímeros				
16	Evaluación de propiedades mecánicas en materiales poliméricos impresos en 3D mediante FDM.	Alvarena Salinas et al., (2022)	Cuantitativa.	Observación directa.	Los resultados evidencian que estos factores influyen significativamente en la resistencia mecánica y deformación del material, permitiendo optimizar las condiciones de fabricación para mejorar el desempeño estructural.
17	Caracterización mecánica de materiales poliméricos obtenidos mediante fabricación aditiva.	Alarcón et al., (2024)	Cuantitativa.	Observación directa.	Los resultados evidencian que los parámetros de fabricación influyen directamente en la respuesta mecánica del material, destacando la importancia de estandarizar condiciones de ensayo para obtener resultados confiables.
18	Estudio experimental de las propiedades mecánicas de materiales poliméricos obtenidos por impresión 3D.	Aveen et al., (2022)	Cuantitativa.	Observación directa.	Los resultados evidencian que variables como el tipo de material, la orientación de impresión y el porcentaje de relleno influyen significativamente en la resistencia, deformación y comportamiento elástico del material.
19	Sensibilidad al efecto de entalla en materiales poliméricos	Cicero González & Arrieta Gómez,	Cuantitativa.	Observación directa.	Los resultados muestran que las concentraciones de esfuerzo reducen la resistencia del material y modifican su comportamiento elástico, evidenciando la importancia del

	os.	(2025)			diseño geométrico en ensayos de tracción y caracterización mecánica.
20	Mechanical properties of FDM printed polymers: A review.	Jafari et al., (2020)	Mixta.	Observación directa.	Se identifican factores clave que afectan propiedades mecánicas en impresión 3D.
21	Tensile properties of 3D printed PLA parts: Influence of process parameters.	Tang et al., (2020)	Cuantitativa.	Observación directa.	Los parámetros de impresión afectan significativamente resistencia y módulo elástico del PLA.
22	Experimental datasets from mechanical testing of polymer composites with PVC waste.	Nugraha et al., (2025)	Cuantitativa.	Observación directa.	Se aplicó ASTM D638 para evaluar compuestos, mostrando que los materiales reciclados pueden mantener propiedades mecánicas adecuadas.
23	Open challenges in tensile testing of polymers.	Sola et al., (2023)	Mixta.	Observación directa.	La geometría de probetas influye significativamente en resultados de tracción.
24	ASTM D638-14.	(Norma ASTM D638, n.d.)	Cuantitativa.	Observación directa.	Método de prueba estándar para propiedades de tracción de los plásticos.
25	A laser projection system for polymer	Kucharski et al., (2023)	Cuantitativa.	Observación directa.	Los resultados muestran que el sistema permite obtener mediciones precisas del comportamiento elástico, constituyendo una alternativa de

	strain measurements in tensile testing.				bajo costo.
26	Mechanical properties ABS/PLA.	Rodríguez- Reyna et al., (2022)	Cuantitativa.	Observación directa.	Se determinó que el ABS presenta un comportamiento más dúctil, con mayor capacidad de deformación antes de la fractura, mientras que el PLA exhibe mayor rigidez y resistencia inicial, pero menor elongación, evidenciando un comportamiento más frágil bajo cargas de tracción.
27	Tensile properties under ASTM.	kumar et al., (2023)	Cuantitativa.	Observación directa.	Se validaron experimentalmente propiedades mecánicas como resistencia a la tracción, módulo elástico y deformación, confirmando la confiabilidad de los ensayos realizados bajo normas estandarizadas.
28	Polymer tensile properties review.	Popescu et al., (2020)	Mixta.	Observación directa.	Se identificaron factores determinantes como la orientación de impresión, densidad de relleno, temperatura y velocidad de fabricación, los cuales influyen directamente en las propiedades mecánicas de los materiales poliméricos.
29	Additive manufacturing review.	Ngo et al., (2022)	Mixta.	Observación directa.	Se realizó una evaluación integral de los ensayos mecánicos, permitiendo analizar el comportamiento esfuerzo-deformación de los materiales y verificar la repetibilidad y consistencia de los resultados obtenidos.
30	Tensile optimization in polymers.	Verma et al., (2023)	Cuantitativa.	Observación directa.	Se evidenció que mediante la optimización de parámetros de fabricación y condiciones de ensayo es posible mejorar significativamente las propiedades mecánicas, especialmente la resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad.

Nota. Elaborado por la autora a partir de la revisión sistemática de literatura

Anexo B. Matriz de operacionalización de las variables.

ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES PARA DOCENTES.						
TÍTULO DEL PROYECTO						
PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE						
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Preguntas	Instrumentos
VARIABLE INDEPENDIENT E VI: Prototipo para evaluar polímeros.	Es un dispositivo para ensayos controlados para evaluar el comportamiento del material poliméricos bajo normas específicas.	Las dimensiones con las que se diseña el dispositivo para pruebas de elasticidad en polímeros se fundamentan en el tamaño de la probeta normalizada por la ASTM D638-14, tipo IV.	1. Necesidad de implementación del prototipo.	I1: Requerimiento del prototipo.	¿Resulta necesario implementar un prototipo diseñado especialmente para la evaluación de la elasticidad y resistencia de polímeros utilizados en el ámbito industrial?	Encuesta dirigida a docentes del área de Ingeniería Industrial y cuestionario tipo Likert.
				I2: Mejora de las prácticas.	¿La implementación del prototipo permitirá mejorar el desarrollo de las prácticas industriales relacionadas con ensayos de elasticidad?	
			2. Utilidad y funcionalidad del prototipo.	I3: Facilidad de uso.	¿El diseño del prototipo facilitaría su uso por parte de docentes y estudiantes durante las prácticas de resistencia de materiales?	
				I4: Uso académico.	¿Considera que el prototipo podría utilizarse de manera continua en las actividades académicas como apoyo en el análisis mecánico de materiales poliméricos?	
			3. Aplicación normativa y uso de probetas.	I5: Garantía del ensayo.	¿La aplicación de la norma ASTM D638-14 garantiza la realización adecuada de pruebas de elasticidad en materiales poliméricos?	
				I6: Seguridad del ensayo.	¿Considera que el uso de probetas normalizadas contribuye a una mayor seguridad durante la ejecución de las pruebas?	
			4. Garantía de uso e impacto académico.	I7: Aceptación del usuario.	¿La implementación del prototipo incentivara su utilización por parte de los docentes para evaluar la resistencia y elasticidad en las prácticas industriales?	
				I8: Fortalecimiento académico.	¿El uso del prototipo contribuiría al fortalecimiento de la formación práctica en ensayos mecánicos de polímeros?	

ANEXO F. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES PARA DOCENTES.						
TÍTULO DEL PROYECTO						
PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE						
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Pregunta	Instrumentos
VARIABLE DEPENDIENTE VD: Módulo de elasticidad.	El módulo de Young es una medida de rigidez de un material, relaciona la tensión aplicada y la deformación unitaria que se produce dentro del límite del elástico.	El módulo de elasticidad se determina mediante pruebas de tracción en probetas poliméricas bajo la norma ASTM D638-14, se calcula mediante la relación tensión y deformación unitaria en el área elástica.	Comportamiento elástico del material.	I9: Importancia del módulo de elasticidad.	¿Considera que el módulo de elasticidad es un parámetro clave para evaluar el comportamiento mecánico del material utilizado?	Observación técnica, registro y análisis experimental.
				I10: Relación elasticidad–uso seguro.	¿La evaluación del módulo de elasticidad permite determinar si el material es adecuado para su uso seguro en el diseño de nuevos productos?	
			Confiabilidad de los resultados.	I11: Precisión en la medición.	¿La medición adecuada del módulo de elasticidad contribuye a obtener resultados confiables en los ensayos mecánicos de materiales?	
				I12: Repetibilidad del ensayo.	¿Contar con una evaluación controlada del módulo de elasticidad mejora la repetibilidad de las pruebas realizadas?	
			Seguridad y desempeño del material.	I5: Prevención de fallas.	¿El análisis del módulo de elasticidad ayuda a prevenir fallas del material durante su utilización en productos?	
				I6: Desempeño frente a cargas.	¿La determinación del módulo de elasticidad permite evaluar el desempeño del material ante esfuerzos aplicados, como se analiza en resistencia de materiales?	
			Aplicación académica e industrial.	I7: Utilidad en prácticas industriales.	¿La evaluación del módulo de elasticidad en materiales es relevante para fortalecer los experimentos académicos en la Unidad de Prácticas Industriales?	
				I8: Aplicabilidad en el entorno industrial.	¿El conocimiento del módulo de elasticidad facilita la toma de decisiones en el diseño y uso de los productos poliméricos en contextos industriales?	

Nota. Elaborado por la autora.

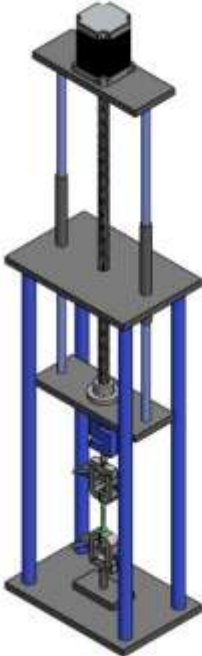
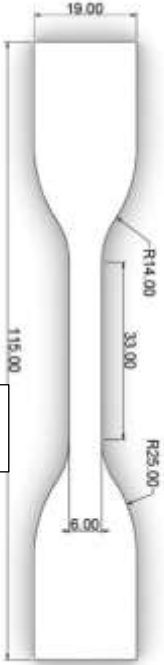
MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.						
TÍTULO DEL PROYECTO						
PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE						
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Preguntas	Instrumentos
VARIABLE INDEPENDIENTE VI: Prototipo para evaluar polímeros.	Es un dispositivo para ensayos controlados para evaluar el comportamiento del material poliméricos bajo normas específicas. (Montenegro et al., 2024).	Las dimensiones con las que se diseña el dispositivo para pruebas de elasticidad en polímeros se fundamentan en el tamaño de la probeta normalizada por la ASTM D638-14, tipo IV (Norma ASTM D638-14).	D1: Diseño del prototipo.	I1: Estructura del prototipo.	¿Considera que la estructura del prototipo presenta la estabilidad necesaria para realizar las pruebas de elasticidad?	Observación técnica y registro experimental, ordinal, escala de Likert. Lista de verificación. Hoja de registro. Análisis técnico.
				I2: Sistema de sujeción y alineación de la probeta.	¿Las mordazas del prototipo permiten mantener correctamente alineada la probeta durante el ensayo?	
			D2: Funcionamiento del prototipo.	I3: Control de la velocidad de desplazamiento.	¿El sistema de funcionamiento permite controlar la velocidad bajo parámetros establecidos?	
				I4: Uniformidad del movimiento.	¿Considera que el motor y el husillo generan un movimiento uniforme durante la aplicación de carga de tracción?	
			D3: Cumplimiento de norma.	I5: Dimensiones de la probeta.	¿El prototipo permite realizar evaluaciones con probetas tipo IV según la geometría establecida en la norma ASTM D 638-14?	
				I6: Seguridad y facilidad de operación.	¿El prototipo permite aplicar y controlar los parámetros requeridos para el ensayo de tracción según la norma ASTM D638-14?	
			D4: Registro de datos.	I7: Medición de parámetros.	¿Considera que la celda de carga permite registrar con precisión la fuerza aplicada sobre la probeta?	
				I8: Repetibilidad de pruebas.	¿Las lecturas de fuerza procesadas por el Arduino durante las pruebas de elasticidad se mantienen estables y se visualizan sin problemas?	

Nota. Elaborado por la autora.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.						
TÍTULO DEL PROYECTO						
PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE						
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Preguntas	Instrumentos
VARIABLE DEPENDIENTE VD: Módulo de elasticidad	El módulo de Young es una medida de rigidez de un material, relaciona la tensión aplicada y la deformación unitaria que se produce dentro del límite del elástico.	El módulo de elasticidad se determina mediante pruebas de tracción en probetas poliméricas bajo la norma ASTM D638-14, se calcula mediante la relación tensión y deformación unitaria en el área elástica (Rueda Sánchez & Rueda, 2025).	D1: Fuerza aplicada.	I1: Identificación de carga aplicada.	¿La lectura en newtons identifica la fuerza aplicada sobre la probeta durante el ensayo?	Observación técnica, registro y análisis experimental.
				I2: Rango de medición.	¿El rango de fuerza del prototipo es adecuado para los ensayos de probetas normalizadas?	
			D2: Esfuerzo de tracción.	I3: Representación del esfuerzo.	¿El esfuerzo obtenido representa adecuadamente la condición de tracción aplicada?	
				I4: Área transversal de la probeta.	¿El cálculo del esfuerzo considera correctamente el área inicial de la probeta?	
			D3: Análisis del módulo de elasticidad.	I5: Deformación unitaria.	¿Considera adecuada la medición manual del alargamiento para obtener la deformación unitaria de la probeta?	
				I8: Aplicación experimental.	¿Los valores de fuerza y esfuerzo obtenidos permiten el análisis posterior del módulo de elasticidad?	
			D4: Importancia técnica y académica.	I7: Aplicación académica.	¿Considera que los resultados del ensayo son útiles para la Unidad de Prácticas Industriales?	
				I8: Utilidad técnica.	¿La prueba contribuye al aprendizaje de las propiedades mecánicas de los polímeros?	

Nota. Elaborado por la autora.

Anexo C. Formato para encuesta a docentes.

	ENCUESTA DOCENTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA						
Título: PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE.							
	PROTOTIPO PROPUESTO						
INDICADOR ES	CRITERIOS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">Insuficiente</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">Poco aceptable</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">Regular</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">Aceptable</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">Eficiente</td> </tr> </table>	Insuficiente	Poco aceptable	Regular	Aceptable	Eficiente
Insuficiente	Poco aceptable	Regular	Aceptable	Eficiente			
ASPECTOS DE VALIDACIÓN		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
I1: Requerimiento del prototipo.	¿Resulta necesario implementar un prototipo diseñado especialmente para la evaluación de la elasticidad y resistencia de polímeros utilizados en el ámbito industrial?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
I2: Mejora de las prácticas.	¿La implementación del prototipo permitirá mejorar el desarrollo de las prácticas industriales relacionadas con ensayos de elasticidad?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
I3: Facilidad de uso.	¿El diseño del prototipo facilitaría su uso por parte de docentes y estudiantes durante las prácticas de resistencia de materiales?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			
I4: Uso académico.	¿Considera que el prototipo podría utilizarse de manera continua en las actividades académicas como apoyo en el análisis mecánico de materiales poliméricos?	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 16.6%; text-align: center;">5</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5			

I5: Garantía del ensayo.	¿La aplicación de la norma ASTM D638-14 garantiza la realización adecuada de pruebas de elasticidad?	1	2	3	4	5
I6: Seguridad del ensayo.	¿Considera que el uso de probetas normalizadas contribuye a una mayor seguridad durante los ensayos de materiales?	1	2	3	4	5
I7: Aceptación del usuario.	¿La implementación del prototipo incentivaría su utilización por parte de los docentes para evaluar la resistencia y elasticidad en las prácticas industriales?	1	2	3	4	5
I8: Fortalecimiento académico.	¿El uso del prototipo contribuiría al fortalecimiento de la formación práctica en ensayos mecánicos de polímeros?	1	2	3	4	5
I9: Importancia del módulo de elasticidad.	¿Considera que el módulo de elasticidad es un parámetro clave para evaluar el comportamiento mecánico del material utilizado?	1	2	3	4	5
I10: Relación elasticidad–uso seguro.	¿La evaluación del módulo de elasticidad permite determinar si el material es adecuado para su uso seguro en el diseño de nuevos productos?	1	2	3	4	5
I11: Precisión en la medición.	¿La medición adecuada del módulo de elasticidad contribuye a obtener resultados confiables en los ensayos mecánicos de materiales?	1	2	3	4	5
I12: Repetibilidad del ensayo.	¿Contar con una evaluación controlada del módulo de elasticidad mejora la repetibilidad de las pruebas realizadas?	1	2	3	4	5
I13: Prevención de fallas.	¿El análisis del módulo de elasticidad ayuda a prevenir fallas del material durante su utilización en productos?	1	2	3	4	5
I14: Desempeño frente a cargas.	¿La determinación del módulo de elasticidad permite evaluar el desempeño del material ante esfuerzos aplicados, como se analiza en resistencia de materiales?	1	2	3	4	5
I15: Utilidad en prácticas industriales.	¿La evaluación del módulo de elasticidad en materiales es relevante para fortalecer los experimentos académicos en la Unidad de Prácticas Industriales?	1	2	3	4	5
I16: Aplicabilidad en el entorno industrial.	¿El conocimiento del módulo de elasticidad facilita la toma de decisiones en el diseño y uso de los productos poliméricos en contextos industriales?	1	2	3	4	5
INSTRUCCIONES: Esta ficha, permite que el docente profesional califique la pertinencia y eficacia del cuestionario en proceso de validación de la propuesta del prototipo. Agradezco colocar la puntuación estimable para cada pregunta presentada.		Promedio:				
Fecha de encuesta:		Observación:				
Profesional / Docente:		Firma Profesional / Docente				
Grado académico:						
Experiencia profesional:						
Tiempo de experiencia:						

Nota. Elaborado por la autora.

Anexo D. Ficha técnica del instrumento.

Ficha técnica del instrumento			
1	Técnica	Validación técnica mediante juicio de expertos.	
2	Nombre del Instrumento	Ficha de validación técnica del diseño de un prototipo para evaluaciones de elasticidad.	
3	Autora	Tomalá Gómez Jenny Marlene.	
4	Fecha	2026.	
5	Objetivo	Analizar la relevancia técnica, funcional y estructural del diseño de un prototipo para evaluaciones de elasticidad en materiales polímeros aplicando la norma ASTM D638-14, mediante el criterio de expertos en el área de Ingeniería Industrial y materiales, antes de la culminación del prototipo y pruebas experimentales.	
6	Dirigido	Docentes expertos de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.	
7	Administración	Ingeniería.	
8	Aplicación	Directa.	
9	Duración	10-15 minutos.	
10	Tipo de Ítems	Enunciados.	
11	Nº de Ítems	16.	
12	Distribución	Dimensiones: D1: Necesidad de implementación del prototipo. D2: Utilidad y funcionalidad del prototipo. D3: Aplicación normativa y uso de probetas. D4: Garantía de uso e impacto académico. D5: Comportamiento elástico del material. D6: Confiabilidad de los resultados. D7: Seguridad y desempeño del material. D8: Aplicación académica e industrial.	
13	Escala valorativa	Escala de Likert Ineficiente Poco aceptable Regular Aceptable Eficiente	Valor 1 2 3 4 5
14	Nivel Bajo Medio Alto	Valor 1 2 3	Intervalo 20-33 34-47 48-60

Anexo E. Formatos para validación por expertos.

 		FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTO DEL CUESTIONARIO																			
Título: PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE.																					
INDICADORES	CRITERIOS	Ineficiente				Poco aceptable				Regular				Aceptable				Eficiente			
		0-20				21-40				41-60				61-80				81-100			
ASPECTOS DE VALIDACIÓN		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
I1: Requerimiento del prototipo.	¿Resulta necesario implementar un prototipo diseñado especialmente para la evaluación de la elasticidad en polímeros?																				
I2: Mejora de las prácticas.	¿La implementación del prototipo permitirá mejorar el desarrollo de las prácticas industriales relacionadas con ensayos de elasticidad?																				
I3: Facilidad de uso.	¿El diseño del prototipo facilitaría su uso por parte de docentes y estudiantes durante las prácticas de laboratorio?																				
I4: Uso académico.	¿Considera que el prototipo podría utilizarse de manera continua en las actividades académicas?																				
I5: Garantía del ensayo.	¿La aplicación de la norma ASTM D638-14 garantiza la realización adecuada de pruebas de elasticidad en materiales poliméricos?																				
I6: Seguridad del ensayo.	¿Considera que el uso de probetas normalizadas contribuye a una mayor seguridad durante la ejecución de las pruebas?																				
I7: Aceptación del usuario.	¿La implementación del prototipo incentivaría su utilización por parte de los docentes en las prácticas industriales?																				
I8: Fortalecimiento académico.	¿El uso del prototipo contribuiría al fortalecimiento de la formación práctica en ensayos mecánicos de polímeros?																				
I9: Importancia del módulo de elasticidad.	¿Considera que el módulo de elasticidad es un parámetro clave para evaluar el comportamiento mecánico del material utilizado?																				

I10: Relación elasticidad–uso seguro.	¿La evaluación del módulo de elasticidad permite determinar si el material es adecuado para su uso?																		
I11: Precisión en la medición.	¿La medición adecuada del módulo de elasticidad contribuye a obtener resultados confiables en los ensayos mecánicos?																		
I12: Repetibilidad del ensayo.	¿Contar con una evaluación controlada del módulo de elasticidad mejora la repetibilidad de las pruebas realizadas?																		
I13: Prevención de fallas.	¿El análisis del módulo de elasticidad ayuda a prevenir fallas del material durante su utilización?																		
I14: Desempeño frente a cargas.	¿La determinación del módulo de elasticidad permite evaluar el desempeño del material ante esfuerzos aplicados?																		
I15: Utilidad en prácticas industriales.	¿La evaluación del módulo de elasticidad en materiales es relevante para fortalecer los experimentos académicos en la Unidad de Prácticas Industriales?																		
I16: Aplicabilidad en el entorno industrial.	¿El conocimiento del módulo de elasticidad facilita la toma de decisiones sobre el uso del material en contextos industriales?																		
INSTRUCCIONES: Esta ficha, permite que el EXPERTO EVALUADOR califique la pertinencia y eficacia del cuestionario en proceso de validación. Agradezco colocar la puntuación estimable para cada pregunta presentada.											Promedio:								
Fecha de validación:											Observación:								
Experto: Grado académico: Experiencia profesional: Tiempo de experiencia:																			
											Firma de Experto								

Nota. Elaborado por la autora.



Universidad Estatal Península de Santa Elena
Facultad de Ingeniería Industrial
Carrera de Ingeniería Industrial



Asunto: Validación de expertos.

Criterio: Yo _____, con C. I. _____, en calidad de profesional/docente del área de Ingeniería Industrial, requerido por la estudiante **Tomalá Gómez Jenny Marlene** con C. I. **0928238484**, para evaluar la pertinencia técnica, funcional, estructura, seguridad y viabilidad del diseño de un prototipo para evaluaciones de elasticidad en materiales polímeros aplicando la norma **ASTM D638-14**, destinado a futuras prácticas industriales.

Firma

	PREGUNTAS	ESCALA				
		1. Ineficiente	2. Poco aceptable	3. Regular	4. Aceptable	5. Eficiente
1	¿Considera que la estructura del prototipo presenta la estabilidad necesaria para realizar las pruebas de elasticidad?	1	2	3	4	5
2	¿Las mordazas del prototipo permiten mantener correctamente alineada la probeta durante el ensayo?	1	2	3	4	5
3	¿El sistema de funcionamiento permite controlar la velocidad bajo parámetros establecidos?	1	2	3	4	5
4	¿Considera que el motor y el husillo generan un movimiento uniforme durante la aplicación de carga de tracción?	1	2	3	4	5
5	¿El prototipo permite realizar evaluaciones con probetas tipo IV según la geometría establecida en la norma ASTM D 638-14?	1	2	3	4	5
6	¿El prototipo permite aplicar y controlar los parámetros requeridos para el ensayo de tracción según la norma ASTM D638-14?	1	2	3	4	5

7	¿Considera que la celda de carga permite registrar con precisión la fuerza aplicada sobre la probeta?	1	2	3	4	5
8	¿Las lecturas de fuerza procesadas por el Arduino durante las pruebas de elasticidad se mantienen estables y se visualizan sin problemas?	1	2	3	4	5
9	¿La lectura expresada en newtons proporciona la identificación de la fuerza aplicada sobre la probeta durante el ensayo?	1	2	3	4	5
10	¿El rango de fuerza del prototipo es adecuado para los ensayos de probetas?	1	2	3	4	5
11	¿El esfuerzo obtenido representa adecuadamente la condición de tracción aplicada?	1	2	3	4	5
12	¿El cálculo del esfuerzo considera correctamente el área inicial de la probeta?	1	2	3	4	5
13	¿Considera adecuada la medición manual del alargamiento para obtener la deformación unitaria de la probeta?	1	2	3	4	5
14	¿Los valores de fuerza y esfuerzo obtenidos permiten el análisis posterior del módulo de elasticidad?	1	2	3	4	5
15	¿Considera que los resultados del ensayo son útiles para la Unidad de Prácticas Industriales?	1	2	3	4	5
16	¿La prueba contribuye al aprendizaje de las propiedades mecánicas de los polímeros?	1	2	3	4	5

ESCALA CROMÁTICA ORDINAL	
1	Ineficiente
2	Poco aceptable
3	Regular
4	Aceptable
5	Eficiente

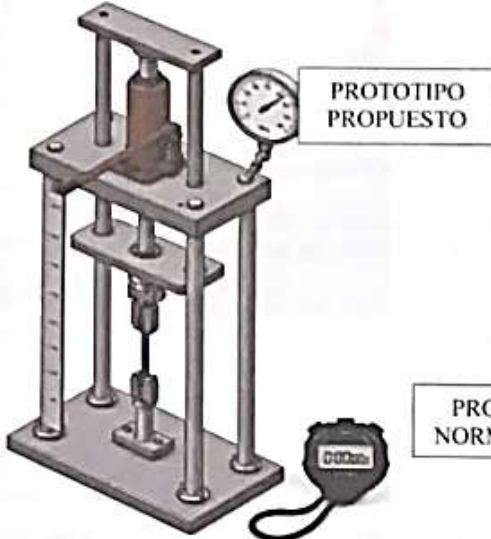
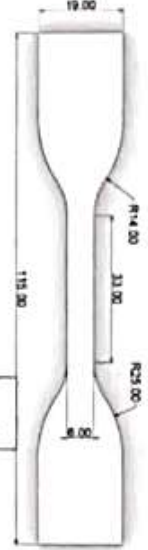
DATOS DEL EXPERTO	
Número de cédula	
Profesión	
Experiencia	
Código ORCID	
Correo Institucional	
Número de teléfono	
Fecha de validación	

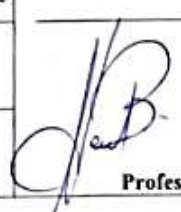
Nota. Elaborado por la autora.

Anexo F. Validación por experto (cuestionario)

 																																																			
FICHA DE VALIDACIÓN POR JUICIO DE EXPERTO DEL CUESTIONARIO																																																			
Título: PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE																																																			
INDICADORES	CRITERIOS																																																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ineficiente</th> <th>Poco aceptable</th> <th>Regular</th> <th>Aceptable</th> <th>Eficiente</th> </tr> <tr> <th>0-20</th> <th>21-40</th> <th>41-60</th> <th>61-80</th> <th>81-100</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td><td>6</td><td>11</td><td>16</td><td>21</td><td>26</td><td>31</td><td>36</td><td>41</td><td>46</td><td>51</td><td>56</td><td>61</td><td>66</td><td>71</td><td>76</td><td>81</td><td>86</td><td>91</td><td>96</td> </tr> <tr> <td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>55</td><td>60</td><td>65</td><td>70</td><td>75</td><td>80</td><td>85</td><td>90</td><td>95</td><td>100</td> </tr> </tbody> </table>	Ineficiente	Poco aceptable	Regular	Aceptable	Eficiente	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Ineficiente	Poco aceptable	Regular	Aceptable	Eficiente																																															
0-20	21-40	41-60	61-80	81-100																																															
0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96																																
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100																																
ASPECTOS DE VALIDACIÓN																																																			
11: Requerimiento del prototipo	¿Resulta necesario implementar un prototipo diseñado especialmente para la evaluación de la elasticidad en polímeros?																																																		
12: Mejora de las prácticas	¿La implementación del prototipo permitirá mejorar el desarrollo de las prácticas industriales relacionadas con ensayos de elasticidad?																																																		
13: Facilidad de uso	¿El diseño del prototipo facilitaría su uso por parte de docentes y estudiantes durante las prácticas de laboratorio?																																																		
14: Uso académico	¿Considera que el prototipo podría utilizarse de manera continua en las actividades académicas?																																																		
15: Garantía del ensayo	¿La aplicación de la norma ASTM D638-14 garantiza la realización adecuada de pruebas de elasticidad en materiales poliméricos?																																																		
16: Seguridad del ensayo	¿Considera que el uso de probetas normalizadas contribuye a una mayor seguridad durante la ejecución de las pruebas?																																																		
17: Aceptación del usuario	¿La implementación del prototipo incentivaría su utilización por parte de los docentes en las prácticas industriales?																																																		
18: Fortalecimiento académico	¿El uso del prototipo contribuiría al fortalecimiento de la formación práctica en ensayos mecánicos de polímeros?																																																		
19: Importancia del módulo de elasticidad	¿Considera que el módulo de elasticidad es un parámetro clave para evaluar el comportamiento mecánico del material utilizado?																																																		
110: Relación elasticidad-uso seguro	¿La evaluación del módulo de elasticidad permite determinar si el material es adecuado para su uso?																																																		
111: Precisión en la medición	¿La medición adecuada del módulo de elasticidad contribuye a obtener resultados confiables en los ensayos mecánicos?																																																		
112: Repetibilidad del ensayo	¿Contar con una evaluación controlada del módulo de elasticidad mejora la repetibilidad de las pruebas realizadas?																																																		
113: Prevención de fallas	¿El análisis del módulo de elasticidad ayuda a prevenir fallas del material durante su utilización?																																																		
114: Desempeño frente a cargas	¿La determinación del módulo de elasticidad permite evaluar el desempeño del material ante esfuerzos aplicados?																																																		
115: Utilidad en prácticas industriales	¿La evaluación del módulo de elasticidad en materiales es relevante para fortalecer los experimentos académicos en la unidad de prácticas industriales?																																																		
116: Aplicabilidad en el entorno industrial	¿El conocimiento del módulo de elasticidad facilita la toma de decisiones sobre el uso del material en contextos industriales?																																																		
INSTRUCCIONES: Esta ficha, permite que el EXPERTO EVALUADOR califique la pertinencia y eficacia del cuestionario en proceso de validación. Agradezco colocar la puntuación estimable para cada pregunta presentada.																																																			
Fecha de validación: 24 de Julio del 2026																																																			
Observación:																																																			
Experto: NIVEL SANATITRA B. Grado académico: MASTER EN CIENCIAS INGENIERIA Experiencia profesional: 40 años Tiempo de experiencia: 20 años																																																			
																																																			

Anexo G. Evidencia de encuestas aplicadas a docentes.

ENCUESTA DOCENTES DE LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA		 				
Título: PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE						
 PROTOTIPO PROPUESTO  PROBETA TIPO IV – NORMA ASTM D638-14						
INDICADORES	CRITERIOS	Ineficiente	Poco aceptable	Regular	Aceptable	Eficiente
ASPECTOS DE VALIDACIÓN		1	2	3	4	5
I1: Requerimiento del prototipo	¿Resulta necesario implementar un prototipo diseñado especialmente para la evaluación de la elasticidad y resistencia de polímeros utilizados en el ámbito industrial?	1	2	3	4	5
I2: Mejora de las prácticas	¿La implementación del prototipo permitirá mejorar el desarrollo de las prácticas industriales relacionadas con ensayos de elasticidad?	1	2	3	4	5
I3: Facilidad de uso	¿El diseño del prototipo facilitaría su uso por parte de docentes y estudiantes durante las prácticas de resistencia de materiales?	1	2	3	4	5
I4: Uso académico	¿Considera que el prototipo podría utilizarse de manera continua en las actividades académicas como apoyo en el análisis mecánico de materiales poliméricos?	1	2	3	4	5
I5: Garantía del ensayo	¿La aplicación de la norma ASTM D638-14 garantiza la realización adecuada de pruebas de elasticidad?	1	2	3	4	5
I6: Seguridad del ensayo	¿Considera que el uso de probetas normalizadas contribuye a una mayor seguridad durante los ensayos de materiales?	1	2	3	4	5

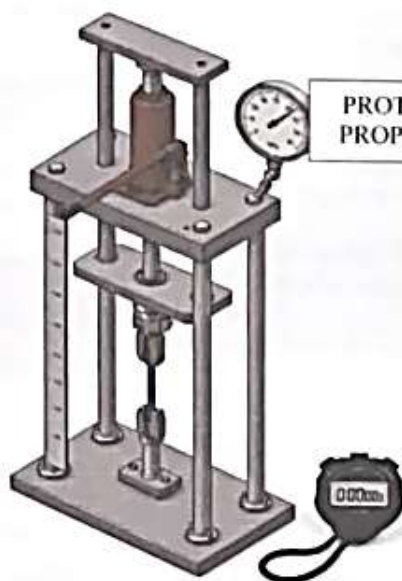
17: Aceptación del usuario	¿La implementación del prototipo incentivara su utilización por parte de los docentes para evaluar la resistencia y elasticidad en las prácticas industriales?	1	2	3	4	5
18: Fortalecimiento académico	¿El uso del prototipo contribuiría al fortalecimiento de la formación práctica en ensayos mecánicos de polímeros?	1	2	3	4	5
19: Importancia del módulo de elasticidad	¿Considera que el módulo de elasticidad es un parámetro clave para evaluar el comportamiento mecánico del material utilizado?	1	2	3	4	5
110: Relación elasticidad-uso seguro	¿La evaluación del módulo de elasticidad permite determinar si el material es adecuado para su uso seguro en el diseño de nuevos productos?	1	2	3	4	5
111: Precisión en la medición	¿La medición adecuada del módulo de elasticidad contribuye a obtener resultados confiables en los ensayos mecánicos de materiales?	1	2	3	4	5
112: Repetibilidad del ensayo	¿Contar con una evaluación controlada del módulo de elasticidad mejora la repetibilidad de las pruebas realizadas?	1	2	3	4	5
113: Prevención de fallas	¿El análisis del módulo de elasticidad ayuda a prevenir fallas del material durante su utilización en productos?	1	2	3	4	5
114: Desempeño frente a cargas	¿La determinación del módulo de elasticidad permite evaluar el desempeño del material ante esfuerzos aplicados, como se analiza en resistencia de materiales?	1	2	3	4	5
115: Utilidad en prácticas industriales	¿La evaluación del módulo de elasticidad en materiales es relevante para fortalecer los experimentos académicos en la unidad de prácticas industriales?	1	2	3	4	5
116: Aplicabilidad en el entorno industrial	¿El conocimiento del módulo de elasticidad facilita la toma de decisiones en el diseño y uso de los productos poliméricos en contextos industriales?	1	2	3	4	5
INSTRUCCIONES: Esta ficha, permite que el docente profesional califique la pertinencia y eficacia del cuestionario en proceso de validación de la propuesta del prototipo. Agradezco colocar la puntuación estimable para cada pregunta presentada.		Promedio:				
Fecha de encuesta:		Observación:				
Profesional / Docente:	GERARDO ANTONIO HERRERA BRUNET					
Grado académico:	ING INDUSTRIAL MAESTRO GERARDO HERRERA BRUNET PHD CIENCIAS AMBIENTALES					
Experiencia profesional:	36 AÑOS EN INDUSTRIAL					
Tiempo de experiencia:	37 AÑOS					
		 Firma Profesional / Docente				



ENCUESTA
DOCENTES DE LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

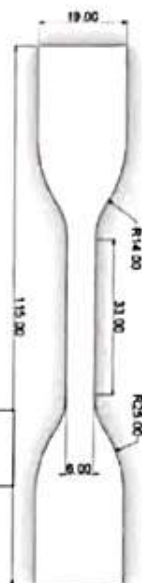


Título: PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE



PROTOTIPO
PROPUESTO

PROBETA TIPO IV –
NORMA ASTM D638-14



INDICADORES		CRITERIOS				
		Ineficiente	Poco aceptable	Regular	Aceptable	Eficiente
ASPECTOS DE VALIDACIÓN		1	2	3	4	5
11: Requerimiento del prototipo	¿Resulta necesario implementar un prototipo diseñado especialmente para la evaluación de la elasticidad y resistencia de polimeros utilizados en el ámbito industrial?	1	2	3	4	5
12: Mejora de las prácticas	¿La implementación del prototipo permitirá mejorar el desarrollo de las prácticas industriales relacionadas con ensayos de elasticidad?	1	2	3	4	5
13: Facilidad de uso	¿El diseño del prototipo facilitaría su uso por parte de docentes y estudiantes durante las prácticas de resistencia de materiales?	1	2	3	4	5
14: Uso académico	¿Considera que el prototipo podría utilizarse de manera continua en las actividades académicas como apoyo en el análisis mecánico de materiales poliméricos?	1	2	3	4	5
15: Garantía del ensayo	¿La aplicación de la norma ASTM D638-14 garantiza la realización adecuada de pruebas de elasticidad?	1	2	3	4	5
16: Seguridad del ensayo	¿Considera que el uso de probetas normalizadas contribuye a una mayor seguridad durante los ensayos de materiales?	1	2	3	4	5

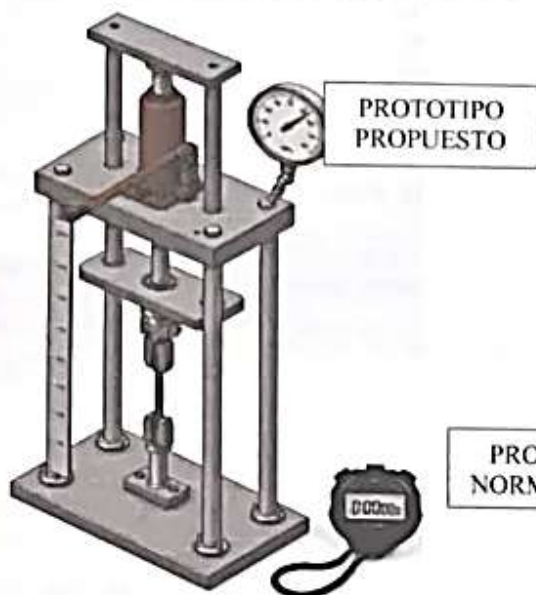
17: Aceptación del usuario	¿La implementación del prototipo incentivara su utilización por parte de los docentes para evaluar la resistencia y elasticidad en las prácticas industriales?	1	2	3	4	(5)
18: Fortalecimiento académico	¿El uso del prototipo contribuiría al fortalecimiento de la formación práctica en ensayos mecánicos de polímeros?	1	2	3	4	(5)
19: Importancia del módulo de elasticidad	¿Considera que el módulo de elasticidad es un parámetro clave para evaluar el comportamiento mecánico del material utilizado?	1	2	3	4	(5)
110: Relación elasticidad-uso seguro	¿La evaluación del módulo de elasticidad permite determinar si el material es adecuado para su uso seguro en el diseño de nuevos productos?	1	2	3	4	5
111: Precisión en la medición	¿La medición adecuada del módulo de elasticidad contribuye a obtener resultados confiables en los ensayos mecánicos de materiales?	1	2	3	(4)	5
112: Repetibilidad del ensayo	¿Contar con una evaluación controlada del módulo de elasticidad mejora la repetibilidad de las pruebas realizadas?	1	2	3	(4)	5
113: Prevención de fallas	¿El análisis del módulo de elasticidad ayuda a prevenir fallas del material durante su utilización en productos?	1	2	3	4	(5)
114: Desempeño frente a cargas	¿La determinación del módulo de elasticidad permite evaluar el desempeño del material ante esfuerzos aplicados, como se analiza en resistencia de materiales?	1	2	3	4	(5)
115: Utilidad en prácticas industriales	¿La evaluación del módulo de elasticidad en materiales es relevante para fortalecer los experimentos académicos en la unidad de prácticas industriales?	1	2	3	4	(5)
116: Aplicabilidad en el entorno industrial	¿El conocimiento del módulo de elasticidad facilita la toma de decisiones en el diseño y uso de los productos poliméricos en contextos industriales?	1	2	3	4	(5)
INSTRUCCIONES: Esta ficha, permite que el docente profesional califique la pertinencia y eficacia del cuestionario en proceso de validación de la propuesta del prototipo. Agradezco colocar la puntuación estimable para cada pregunta presentada.		Promedio:				
Fecha de encuesta:		Observación:				
Profesional / Docente:	Ingeniero Victor Matias Allasagua	 Firma Profesional / Docente				
Grado académico:	Master					
Experiencia profesional:	22 años.					
Tiempo de experiencia:	6 años.					



ENCUESTA
DOCENTES DE LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA



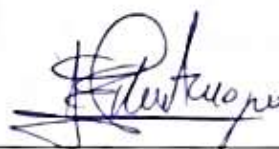
Título: PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE



PROBETA TIPO IV –
NORMA ASTM D638-14



INDICADORES		CRITERIOS		Ineficiente	Poco aceptable	Regular	Aceptable	Eficiente
ASPECTOS DE VALIDACIÓN				1	2	3	4	5
11: Requerimiento del prototipo	¿Resulta necesario implementar un prototipo diseñado especialmente para la evaluación de la elasticidad y resistencia de polímeros utilizados en el ámbito industrial?	1	2	3	4	5		
12: Mejora de las prácticas	¿La implementación del prototipo permitirá mejorar el desarrollo de las prácticas industriales relacionadas con ensayos de elasticidad?	1	2	3	4	5		
13: Facilidad de uso	¿El diseño del prototipo facilitaría su uso por parte de docentes y estudiantes durante las prácticas de resistencia de materiales?	1	2	3	4	5		
14: Uso académico	¿Considera que el prototipo podría utilizarse de manera continua en las actividades académicas como apoyo en el análisis mecánico de materiales poliméricos?	1	2	3	4	5		
15: Garantía del ensayo	¿La aplicación de la norma ASTM D638-14 garantiza la realización adecuada de pruebas de elasticidad?	1	2	3	4	5		
16: Seguridad del ensayo	¿Considera que el uso de probetas normalizadas contribuye a una mayor seguridad durante los ensayos de materiales?	1	2	3	4	5		

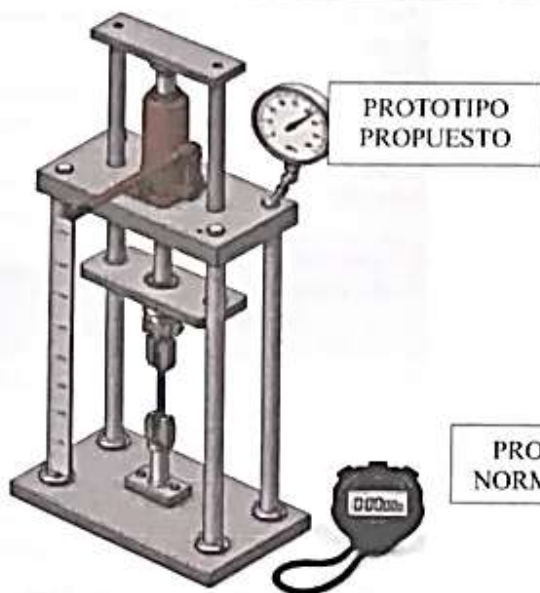
17: Aceptación del usuario	¿La implementación del prototipo incentivaría su utilización por parte de los docentes para evaluar la resistencia y elasticidad en las prácticas industriales?	1	2	3	4	5
18: Fortalecimiento académico	¿El uso del prototipo contribuiría al fortalecimiento de la formación práctica en ensayos mecánicos de polímeros?	1	2	3	4	5
19: Importancia del módulo de elasticidad	¿Considera que el módulo de elasticidad es un parámetro clave para evaluar el comportamiento mecánico del material utilizado?	1	2	3	4	5
110: Relación elasticidad-uso seguro	¿La evaluación del módulo de elasticidad permite determinar si el material es adecuado para su uso seguro en el diseño de nuevos productos?	1	2	3	4	5
111: Precisión en la medición	¿La medición adecuada del módulo de elasticidad contribuye a obtener resultados confiables en los ensayos mecánicos de materiales?	1	2	3	4	5
112: Repetibilidad del ensayo	¿Contar con una evaluación controlada del módulo de elasticidad mejora la repetibilidad de las pruebas realizadas?	1	2	3	4	5
113: Prevención de fallas	¿El análisis del módulo de elasticidad ayuda a prevenir fallas del material durante su utilización en productos?	1	2	3	4	5
114: Desempeño frente a cargas	¿La determinación del módulo de elasticidad permite evaluar el desempeño del material ante esfuerzos aplicados, como se analiza en resistencia de materiales?	1	2	3	4	5
115: Utilidad en prácticas industriales	¿La evaluación del módulo de elasticidad en materiales es relevante para fortalecer los experimentos académicos en la unidad de prácticas industriales?	1	2	3	4	5
116: Aplicabilidad en el entorno industrial	¿El conocimiento del módulo de elasticidad facilita la toma de decisiones en el diseño y uso de los productos poliméricos en contextos industriales?	1	2	3	4	5
INSTRUCCIONES: Esta ficha, permite que el docente profesional califique la pertinencia y eficacia del cuestionario en proceso de validación de la propuesta del prototipo. Agradezco colocar la puntuación estimable para cada pregunta presentada.		Promedio:				
Fecha de encuesta:		Observación:				
Profesional / Docente:	ENRIQUE MONTAÑEIRO.					
Grado académico:	ING. IND.					
Experiencia profesional:	20 años					
Tiempo de experiencia:	20 años					
		 Firma Profesional / Docente				



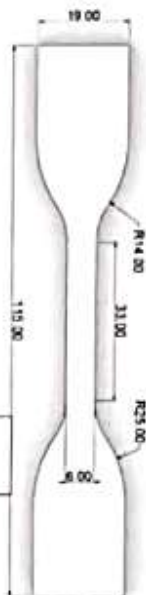
**ENCUESTA
DOCENTES DE LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**



Título: PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE



**PROBETA TIPO IV –
NORMA ASTM D638-14**



INDICADORES	CRITERIOS	Ineficiente	Poco aceptable	Regular	Aceptable	Eficiente
ASPECTOS DE VALIDACIÓN		1	2	3	4	5
11: Requerimiento del prototipo	¿Resulta necesario implementar un prototipo diseñado especialmente para la evaluación de la elasticidad y resistencia de polímeros utilizados en el ámbito industrial?	1	2	3	4	5
12: Mejora de las prácticas	¿La implementación del prototipo permitirá mejorar el desarrollo de las prácticas industriales relacionadas con ensayos de elasticidad?	1	2	3	4	5
13: Facilidad de uso	¿El diseño del prototipo facilitaría su uso por parte de docentes y estudiantes durante las prácticas de resistencia de materiales?	1	2	3	4	5
14: Uso académico	¿Considera que el prototipo podría utilizarse de manera continua en las actividades académicas como apoyo en el análisis mecánico de materiales poliméricos?	1	2	3	4	5
15: Garantía del ensayo	¿La aplicación de la norma ASTM D638-14 garantiza la realización adecuada de pruebas de elasticidad?	1	2	3	4	5
16: Seguridad del ensayo	¿Considera que el uso de probetas normalizadas contribuye a una mayor seguridad durante los ensayos de materiales?	1	2	3	4	5

17: Aceptación del usuario	¿La implementación del prototipo incentivaría su utilización por parte de los docentes para evaluar la resistencia y elasticidad en las prácticas industriales?	1	2	3	4	5
18: Fortalecimiento académico	¿El uso del prototipo contribuiría al fortalecimiento de la formación práctica en ensayos mecánicos de polímeros?	1	2	3	4	5
19: Importancia del módulo de elasticidad	¿Considera que el módulo de elasticidad es un parámetro clave para evaluar el comportamiento mecánico del material utilizado?	1	2	3	4	5
110: Relación elasticidad-uso seguro	¿La evaluación del módulo de elasticidad permite determinar si el material es adecuado para su uso seguro en el diseño de nuevos productos?	1	2	3	4	5
111: Precisión en la medición	¿La medición adecuada del módulo de elasticidad contribuye a obtener resultados confiables en los ensayos mecánicos de materiales?	1	2	3	4	5
112: Repetibilidad del ensayo	¿Contar con una evaluación controlada del módulo de elasticidad mejora la repetibilidad de las pruebas realizadas?	1	2	3	4	5
113: Prevención de fallas	¿El análisis del módulo de elasticidad ayuda a prevenir fallas del material durante su utilización en productos?	1	2	3	4	5
114: Desempeño frente a cargas	¿La determinación del módulo de elasticidad permite evaluar el desempeño del material ante esfuerzos aplicados, como se analiza en resistencia de materiales?	1	2	3	4	5
115: Utilidad en prácticas industriales	¿La evaluación del módulo de elasticidad en materiales es relevante para fortalecer los experimentos académicos en la unidad de prácticas industriales?	1	2	3	4	5
116: Aplicabilidad en el entorno industrial	¿El conocimiento del módulo de elasticidad facilita la toma de decisiones en el diseño y uso de los productos poliméricos en contextos industriales?	1	2	3	4	5
INSTRUCCIONES: Esta ficha, permite que el docente profesional califique la pertinencia y eficacia del cuestionario en proceso de validación de la propuesta del prototipo. Agradezco colocar la puntuación estimable para cada pregunta presentada.		Promedio:				
Fecha de encuesta:		Observación:				
Profesional / Docente:	Marco Bermes Gualde	 Firma Profesional / Docente				
Grado académico:	Mstr.					
Experiencia profesional:	20 años					
Tiempo de experiencia:	20 años					

Anexo H. Información en IBM SPSS Statistics – encuesta a docentes de vista.

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Partidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	I1	Númerico	1	0	¿Resultado neces...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
2	I2	Númerico	1	0	¿La implement...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
3	I3	Númerico	1	0	¿El diseño del ...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
4	I4	Númerico	1	0	¿Considera q...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
5	I5	Númerico	1	0	¿La aplicación ...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
6	I6	Númerico	1	0	¿Considera qu...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
7	I7	Númerico	1	0	¿La implement...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
8	I8	Númerico	1	0	¿El uso del pro...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
9	I9	Númerico	1	0	¿Considera qu...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
10	I10	Númerico	1	0	¿La evaluación ...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
11	I11	Númerico	1	0	¿La medición ...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
12	I12	Númerico	1	0	¿Contar con un...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
13	I13	Númerico	1	0	¿El análisis de...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
14	I14	Númerico	1	0	¿La determina...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
15	I15	Númerico	1	0	¿La evaluación...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
16	I16	Númerico	1	0	¿El conocimiento...	(1, Ineficaz, Ninguna	8	8	Derecha	Nominal	Entrada
17	VI	Númerico	8	2		Ninguna	Ninguna	10	Derecha	Nominal	Entrada
18	INDEPENDIENTE	Númerico	8	2	Encuesta Doc...	(1,00, Ineficaz, Ninguna	17	8	Derecha	Nominal	Entrada
19	VD	Númerico	8	2		Ninguna	Ninguna	10	Derecha	Nominal	Entrada
20	DEPENDIENTE	Númerico	8	2	Encuesta doce...	(1,00, Ineficaz, Ninguna	13	8	Derecha	Nominal	Entrada

Nota. Elaborado por la autora.

Anexo I. Vista de datos en IBM SPSS Statistics

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13	I14	I15	I16	VI	INDEPENDIENTE	VD	DEPENDIENTE
1	5	4	4	4	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4	4	5	36,00	5,00	37,00	5,00
2	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	34,00	5,00	39,00	5,00
3	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	35,00	5,00	39,00	5,00
4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	40,00	5,00	40,00	5,00
5	4	5	3	4	4	4	3	4	5	4	5	3	3	4	4	3	30,00	5,00	36,00	5,00

Nota. Elaborado por la autora.

Anexo J. Análisis alfa de Cronbach en IBM SPSS Statistics.

2 días restantes en Prueba de versión completa [Comparar ahora](#)

Análisis de varianzas		Error		Total	
Entre elementos	2,758	15	,183	,624	,844
Residuos	17,625	80	,294		
Total	20,375	95	,272		
Total	26,950	99	,378		

Medio global = 4,53

Fiabilidad

[Conjunto de datos]

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos

	N	%
Casos válidos	5	100,0
Excluidos ^a	0	,0
Total	5	100,0

^a La eliminación por lista se basa en todas las variables del procesamiento.

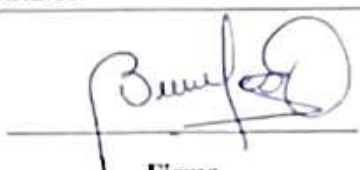
Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,742	2

IBM SPSS Statistics Processor está listo. Unico de ACTIVADO [Clasico](#)

Nota. Elaborado por la autora.

Anexo K. Validación por expertos (prototipo).

	Universidad Estatal Península de Santa Elena Facultad de Ingeniería Industrial Carrera de Ingeniería Industrial					
Asunto: Validación de expertos						
Criterio: Yo <u>Mareo Vinicio Bormes G.</u>, con C. I. <u>1707326813</u>, en calidad de profesional/docente del área de Ingeniería industrial, requerido por la estudiante Tomalá Gómez Jenny Marlene con C. I. <u>0928238484</u>, para evaluar la pertinencia técnica, funcional, estructura, seguridad y viabilidad del diseño de un prototipo para evaluaciones de elasticidad en materiales polímeros aplicando la norma ASTM D638-14, destinado a futuras prácticas industriales.						
 Firma						
N°	PREGUNTAS	ESCALA				
		1. Ineficiente	2. Poco aceptable	3. Regular	4. Aceptable	5. Eficiente
1	¿Considera que la estructura del prototipo presenta la estabilidad necesaria para realizar las pruebas de elasticidad?	1	2	3	4	5
2	¿Las mordazas del prototipo permiten mantener correctamente alineada la probeta durante el ensayo?	1	2	3	4	5
3	¿El sistema de funcionamiento permite controlar la velocidad bajo parámetros establecidos?	1	2	3	4	5
4	¿Considera que el motor y el husillo generan un movimiento uniforme durante la aplicación de carga de tracción?	1	2	3	4	5
5	¿El prototipo permite realizar evaluaciones con probetas tipo IV según la geometría establecida en la norma ASTM D 638-14?	1	2	3	4	5
6	¿El prototipo permite aplicar y controlar los parámetros requeridos para el ensayo de tracción según la norma ASTM D638-14?	1	2	3	4	5
7	¿Considera que la celda de carga permite registrar con precisión la fuerza aplicada sobre la probeta?	1	2	3	4	5

8	¿Las lecturas de fuerza procesadas por el Arduino durante las pruebas de elasticidad se mantienen estables y se visualizan sin problemas?	1	2	3	4	5
9	¿La lectura en newtons identifica la fuerza aplicada sobre la probeta durante el ensayo?	1	2	3	4	5
10	¿El rango de fuerza del prototipo es adecuado para los ensayos de probetas?	1	2	3	4	5
11	¿El esfuerzo obtenido representa adecuadamente la condición de tracción aplicada?	1	2	3	4	5
12	¿El cálculo del esfuerzo considera correctamente el área inicial de la probeta?	1	2	3	4	5
13	¿Considera adecuada la medición manual del alargamiento para obtener la deformación unitaria de la probeta?	1	2	3	4	5
14	¿Los valores de fuerza y esfuerzo obtenidos permiten el análisis posterior del módulo de elasticidad?	1	2	3	4	5
15	¿Considera que los resultados del ensayo son útiles para la unidad de prácticas industriales?	1	2	3	4	5
16	¿La prueba contribuye al aprendizaje de las propiedades mecánicas de los polímeros?	1	2	3	4	5

ESCALA CROMÁTICA ORDINAL	
1	Ineficiente
2	Poco aceptable
3	Regular
4	Aceptable
5	Eficiente

DATOS DEL EXPERTO	
Número de cédula	1707326813
Profesión	Ing Industrial
Experiencia	20 años
Código ORCID	
Correo Institucional	mbonno@upse.edu.ec
Número de teléfono	0985033821
Fecha de validación	21 Julio 2020



Universidad Estatal Península de Santa Elena
Facultad de Ingeniería Industrial
Carrera de Ingeniería Industrial



Asunto: Validación de expertos

Criterio: Yo Alejandro Cristóbal Veliz Aguayo, con C. I. 0908182280, en calidad de profesional docente del área de Ingeniería industrial, requerido por la estudiante Tomalá Gómez Jenny Marlene con C. I. 0928238484, para evaluar la pertinencia técnica, funcional, estructura, seguridad y viabilidad del diseño de un prototipo para evaluaciones de elasticidad en materiales polímeros aplicando la norma ASTM D638-14, destinado a futuras prácticas industriales.

Firma

N°	PREGUNTAS	ESCALA				
		1. Ineficiente	2. Poco aceptable	3. Regular	4. Aceptable	5. Eficiente
1	¿Considera que la estructura del prototipo presenta la estabilidad necesaria para realizar las pruebas de elasticidad?	1	2	3	4	5
2	¿Las mordazas del prototipo permiten mantener correctamente alineada la probeta durante el ensayo?	1	2	3	4	5
3	¿El sistema de funcionamiento permite controlar la velocidad bajo parámetros establecidos?	1	2	3	4	5
4	¿Considera que el motor y el husillo generan un movimiento uniforme durante la aplicación de carga de tracción?	1	2	3	4	5
5	¿El prototipo permite realizar evaluaciones con probetas tipo IV según la geometría establecida en la norma ASTM D 638-14?	1	2	3	4	5
6	¿El prototipo permite aplicar y controlar los parámetros requeridos para el ensayo de tracción según la norma ASTM D638-14?	1	2	3	4	5
7	¿Considera que la celda de carga permite registrar con precisión la fuerza aplicada sobre la probeta?	1	2	3	4	5

8	¿Las lecturas de fuerza procesadas por el Arduino durante las pruebas de elasticidad se mantienen estables y se visualizan sin problemas?	1	2	3	4	5
9	¿La lectura en newtons identifica la fuerza aplicada sobre la probeta durante el ensayo?	1	2	3	4	5
10	¿El rango de fuerza del prototipo es adecuado para los ensayos de probetas?	1	2	3	4	5
11	¿El esfuerzo obtenido representa adecuadamente la condición de tracción aplicada?	1	2	3	4	5
12	¿El cálculo del esfuerzo considera correctamente el área inicial de la probeta?	1	2	3	4	5
13	¿Considera adecuada la medición manual del alargamiento para obtener la deformación unitaria de la probeta?	1	2	3	4	5
14	¿Los valores de fuerza y esfuerzo obtenidos permiten el análisis posterior del módulo de elasticidad?	1	2	3	4	5
15	¿Considera que los resultados del ensayo son útiles para la unidad de prácticas industriales?	1	2	3	4	5
16	¿La prueba contribuye al aprendizaje de las propiedades mecánicas de los polímeros?	1	2	3	4	5

ESCALA CROMÁTICA ORDINAL	
1	Ineficiente
2	Poco aceptable
3	Regular
4	Aceptable
5	Eficiente

DATOS DEL EXPERTO	
Número de cédula	0908182280
Profesión	Ing. Mecánico
Experiencia	Experiencia, Pedagogía
Código ORCID	0000-0001-6200-4689
Correo Institucional	aveliz@upse.edu.ec
Número de teléfono	0996866782
Fecha de validación	21/07/2026



Universidad Estatal Península de Santa Elena
Facultad de Ingeniería Industrial
Carrera de Ingeniería Industrial



Asunto: Validación de expertos

Criterio: Yo Darwin Gustavo Jorje Puga, con
C. I. 1803138580, en calidad de profesional/docente del área de Ingeniería industrial,
requerido por la estudiante **Tomalá Gómez Jenny Marlene** con C. I. **0928238484**, para evaluar
la pertinencia técnica, funcional, estructura, seguridad y viabilidad del diseño de un prototipo
para evaluaciones de elasticidad en materiales polímeros aplicando la norma ASTM D638-14,
destinado a futuras prácticas industriales.

Firma

N°	PREGUNTAS	ESCALA				
		1. Ineficiente	2. Poco aceptable	3. Regular	4. Aceptable	5. Eficiente
1	¿Considera que la estructura del prototipo presenta la estabilidad necesaria para realizar las pruebas de elasticidad?	1	2	3	4	5
2	¿Las mordazas del prototipo permiten mantener correctamente alineada la probeta durante el ensayo?	1	2	3	4	5
3	¿El sistema de funcionamiento permite controlar la velocidad bajo parámetros establecidos?	1	2	3	4	5
4	¿Considera que el motor y el husillo generan un movimiento uniforme durante la aplicación de carga de tracción?	1	2	3	4	5
5	¿El prototipo permite realizar evaluaciones con probetas tipo IV según la geometría establecida en la norma ASTM D 638-14?	1	2	3	4	5
6	¿El prototipo permite aplicar y controlar los parámetros requeridos para el ensayo de tracción según la norma ASTM D638-14?	1	2	3	4	5
7	¿Considera que la celda de carga permite registrar con precisión la fuerza aplicada sobre la probeta?	1	2	3	4	5

8	¿Las lecturas de fuerza procesadas por el Arduino durante las pruebas de elasticidad se mantienen estables y se visualizan sin problemas?	1	2	3	4	5
9	¿La lectura en newtons identifica la fuerza aplicada sobre la probeta durante el ensayo?	1	2	3	4	5
10	¿El rango de fuerza del prototipo es adecuado para los ensayos de probetas?	1	2	3	4	5
11	¿El esfuerzo obtenido representa adecuadamente la condición de tracción aplicada?	1	2	3	4	5
12	¿El cálculo del esfuerzo considera correctamente el área inicial de la probeta?	1	2	3	4	5
13	¿Considera adecuada la medición manual del alargamiento para obtener la deformación unitaria de la probeta?	1	2	3	4	5
14	¿Los valores de fuerza y esfuerzo obtenidos permiten el análisis posterior del módulo de elasticidad?	1	2	3	4	5
15	¿Considera que los resultados del ensayo son útiles para la unidad de prácticas industriales?	1	2	3	4	5
16	¿La prueba contribuye al aprendizaje de las propiedades mecánicas de los polímeros?	1	2	3	4	5

ESCALA CROMÁTICA ORDINAL	
1	Ineficiente
2	Poco aceptable
3	Regular
4	Aceptable
5	Eficiente

DATOS DEL EXPERTO	
Número de cédula	1803138580
Profesión	Ingeniero Industrial
Experiencia	16
Código ORCID	
Correo Institucional	djaguelupse.edu.ec
Número de teléfono	0995551966
Fecha de validación	21/01/2026



Universidad Estatal Península de Santa Elena
Facultad de Ingeniería Industrial
Carrera de Ingeniería Industrial



Asunto: Validación de expertos

Criterio: Yo González Villacres Franklin Rafael, con C. I. 0103817060, en calidad de profesional/docente del área de Ingeniería industrial, requerido por la estudiante Tomalá Gómez Jenny Marlene con C. I. 0928238484, para evaluar la pertinencia técnica, funcional, estructura, seguridad y viabilidad del diseño de un prototipo para evaluaciones de elasticidad en materiales polímeros aplicando la norma ASTM D638-14, destinado a futuras prácticas industriales.


Firma

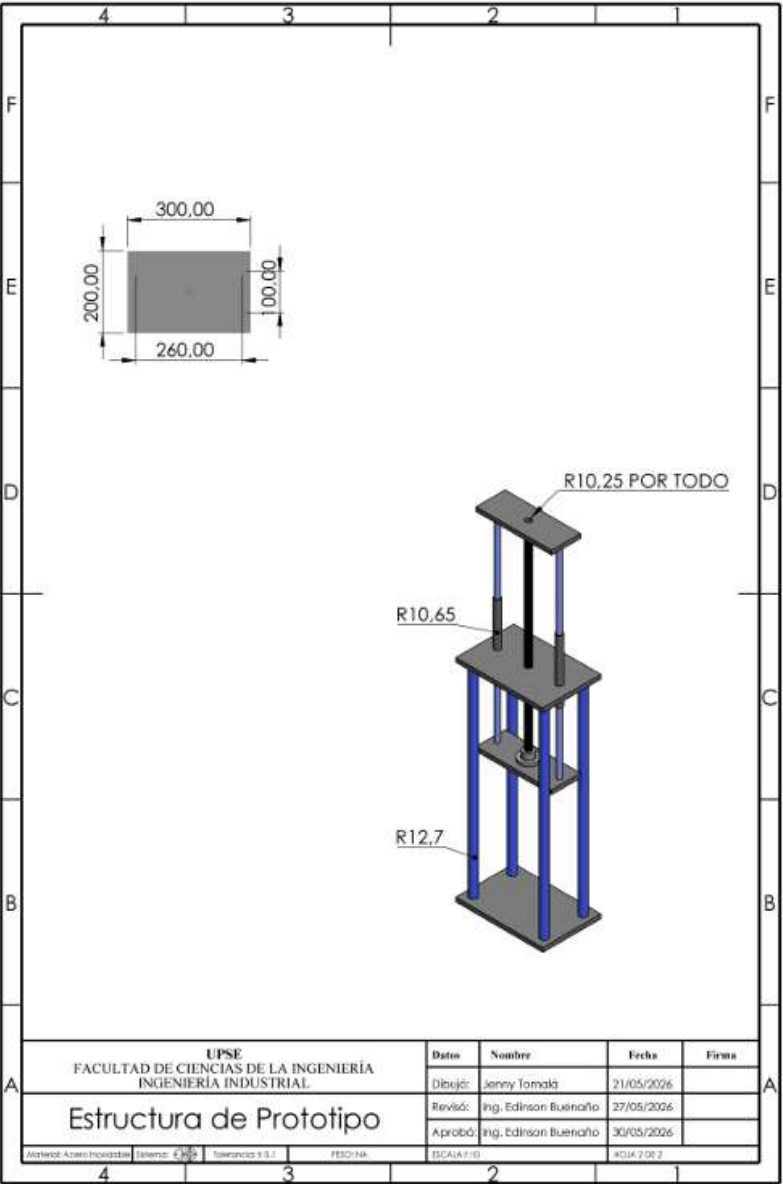
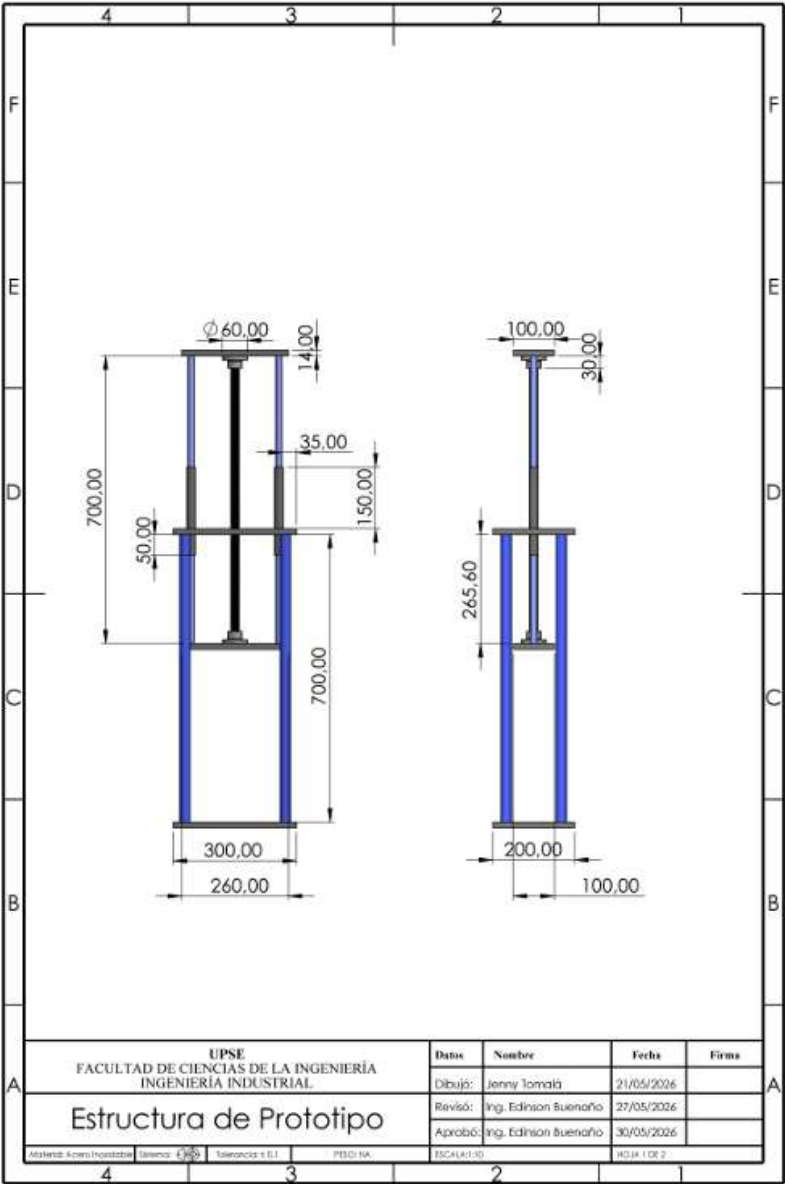
N°	PREGUNTAS	ESCALA				
		1. Ineficiente	2. Poco aceptable	3. Regular	4. Aceptable	5. Eficiente
1	¿Considera que la estructura del prototipo presenta la estabilidad necesaria para realizar las pruebas de elasticidad?	1	2	3	4	5
2	¿Las mordazas del prototipo permiten mantener correctamente alineada la probeta durante el ensayo?	1	2	3	4	5
3	¿El sistema de funcionamiento permite controlar la velocidad bajo parámetros establecidos?	1	2	3	4	5
4	¿Considera que el motor y el husillo generan un movimiento uniforme durante la aplicación de carga de tracción?	1	2	3	4	5
5	¿El prototipo permite realizar evaluaciones con probetas tipo IV según la geometría establecida en la norma ASTM D 638-14?	1	2	3	4	5
6	¿El prototipo permite aplicar y controlar los parámetros requeridos para el ensayo de tracción según la norma ASTM D638-14?	1	2	3	4	5
7	¿Considera que la celda de carga permite registrar con precisión la fuerza aplicada sobre la probeta?	1	2	3	4	5

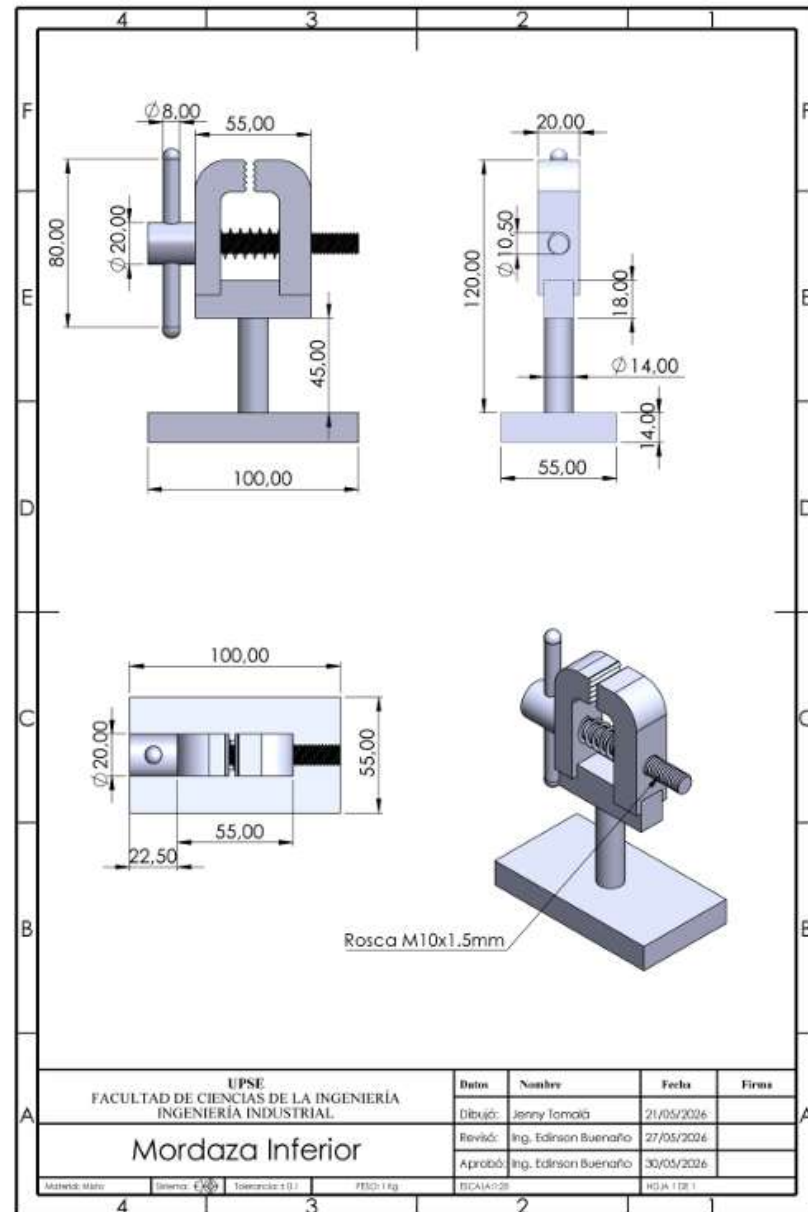
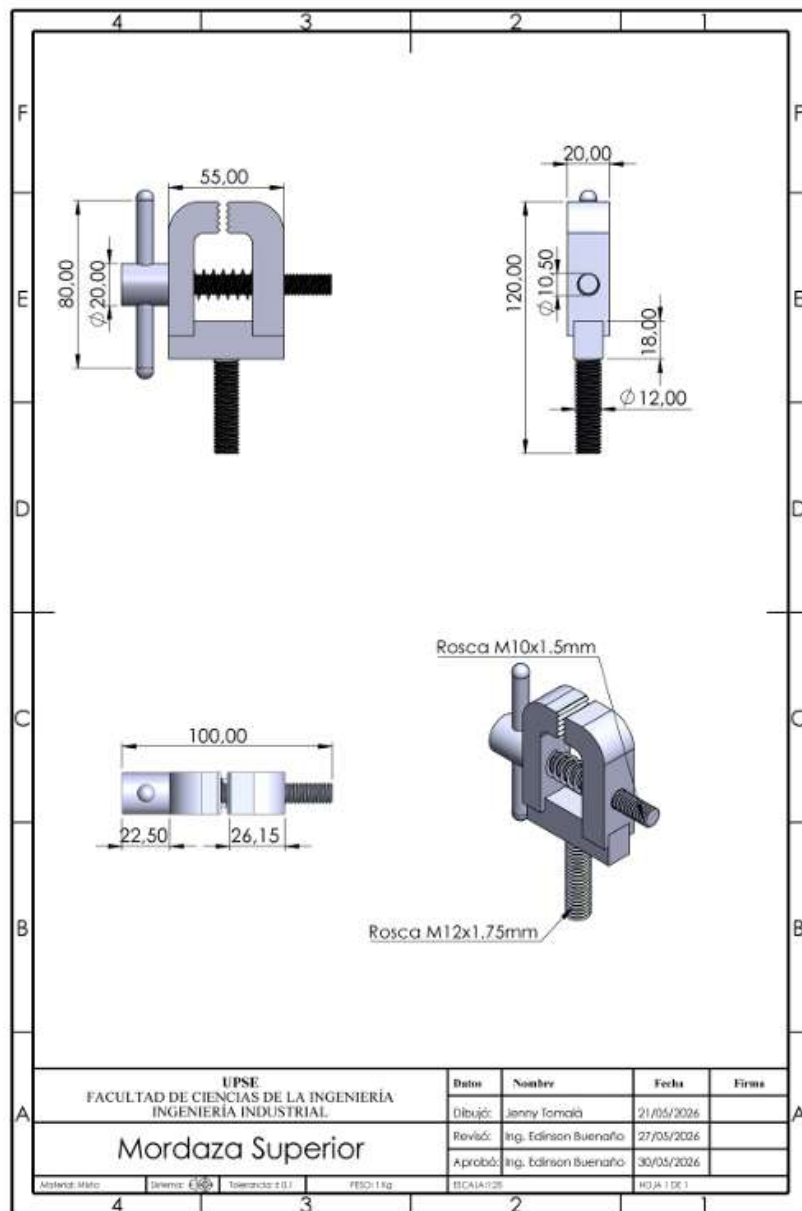
8	¿Las lecturas de fuerza procesadas por el Arduino durante las pruebas de elasticidad se mantienen estables y se visualizan sin problemas?	1	2	3	4	5
9	¿La lectura en newtons identifica la fuerza aplicada sobre la probeta durante el ensayo?	1	2	3	4	5
10	¿El rango de fuerza del prototipo es adecuado para los ensayos de probetas?	1	2	3	4	5
11	¿El esfuerzo obtenido representa adecuadamente la condición de tracción aplicada?	1	2	3	4	5
12	¿El cálculo del esfuerzo considera correctamente el área inicial de la probeta?	1	2	3	4	5
13	¿Considera adecuada la medición manual del alargamiento para obtener la deformación unitaria de la probeta?	1	2	3	4	5
14	¿Los valores de fuerza y esfuerzo obtenidos permiten el análisis posterior del módulo de elasticidad?	1	2	3	4	5
15	¿Considera que los resultados del ensayo son útiles para la unidad de prácticas industriales?	1	2	3	4	5
16	¿La prueba contribuye al aprendizaje de las propiedades mecánicas de los polímeros?	1	2	3	4	5

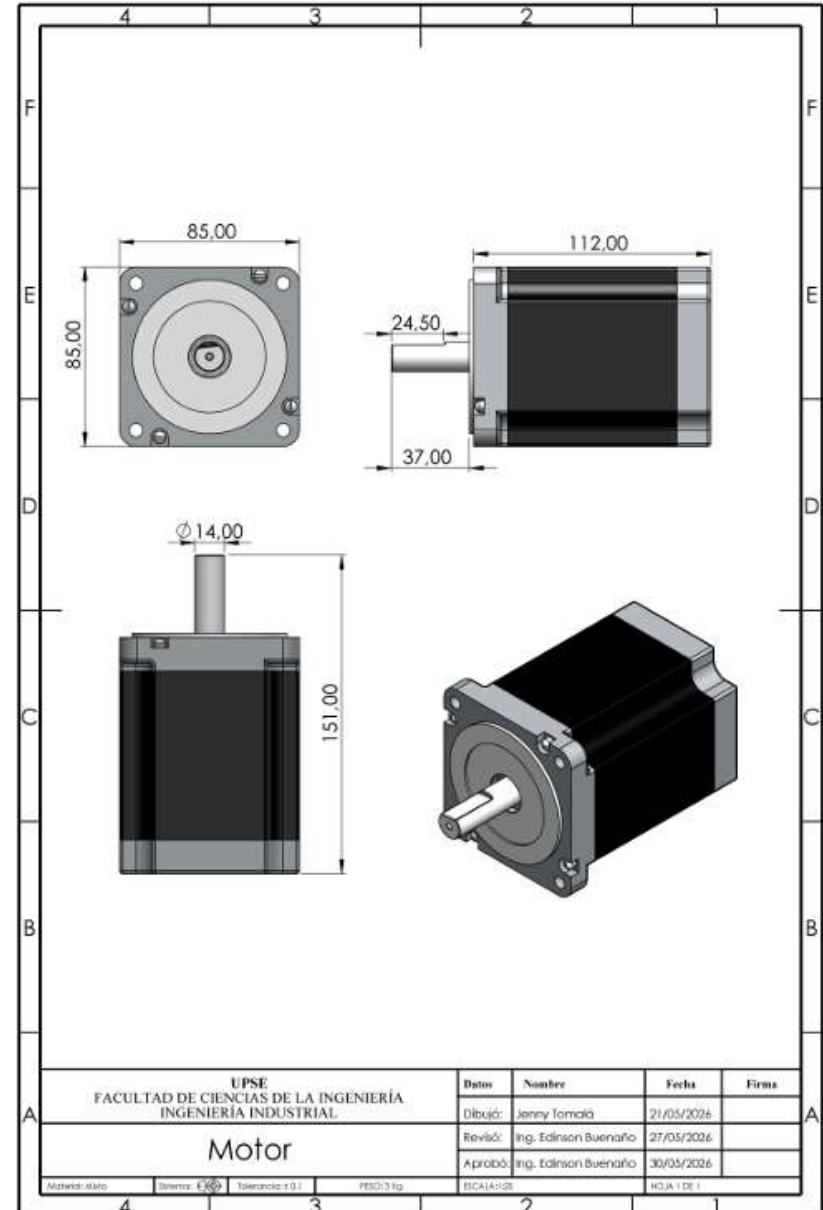
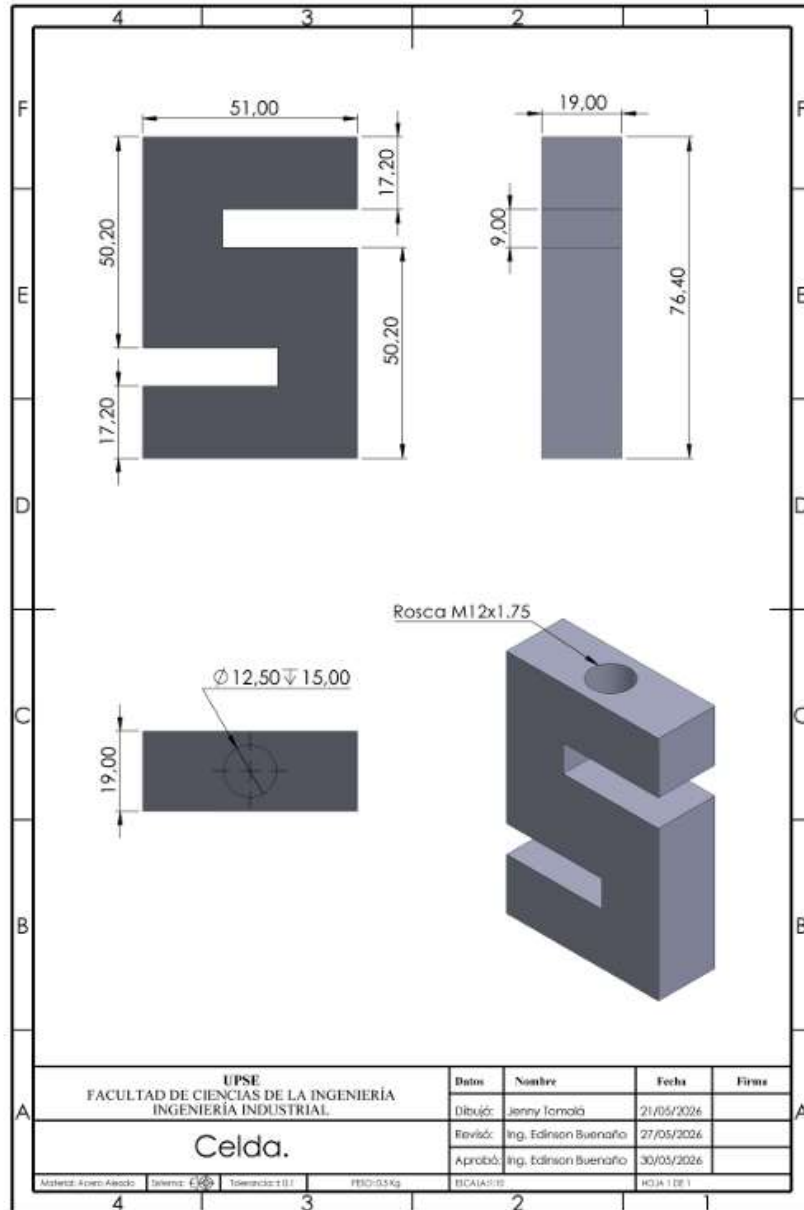
ESCALA CROMÁTICA ORDINAL	
1	Ineficiente
2	Poco aceptable
3	Regular
4	Aceptable
5	Eficiente

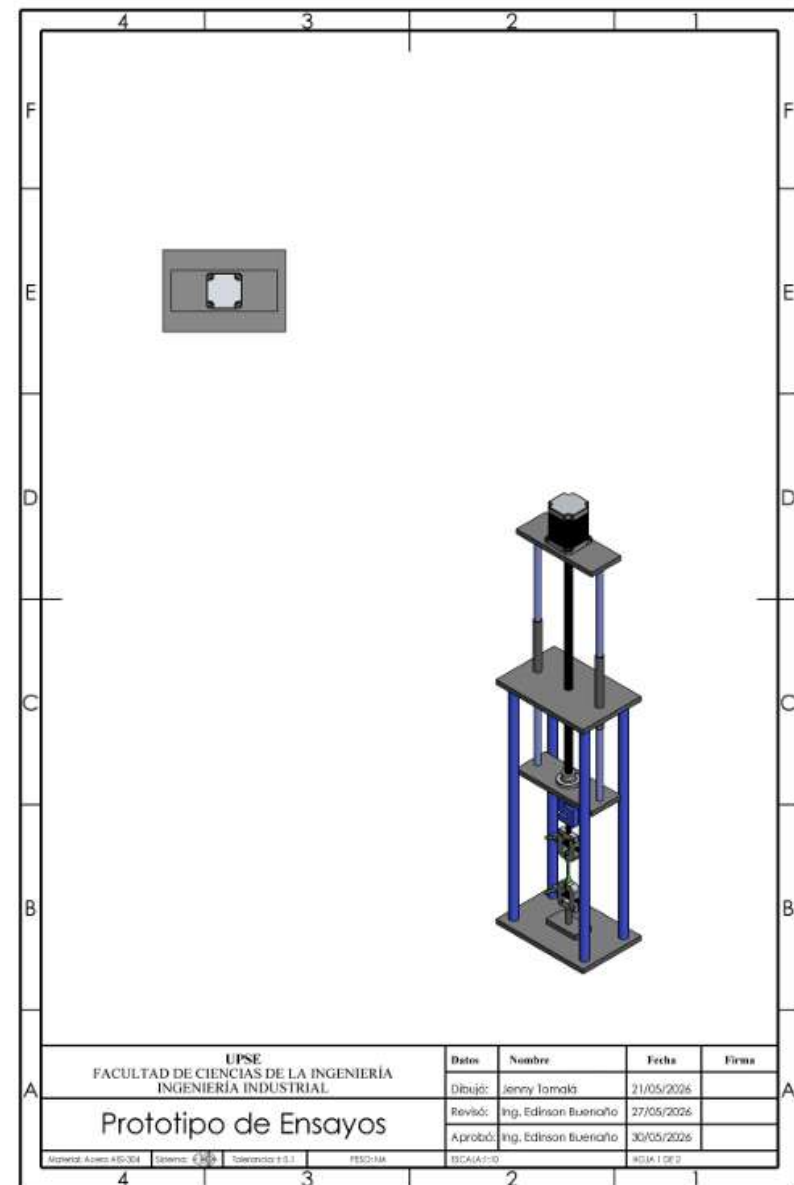
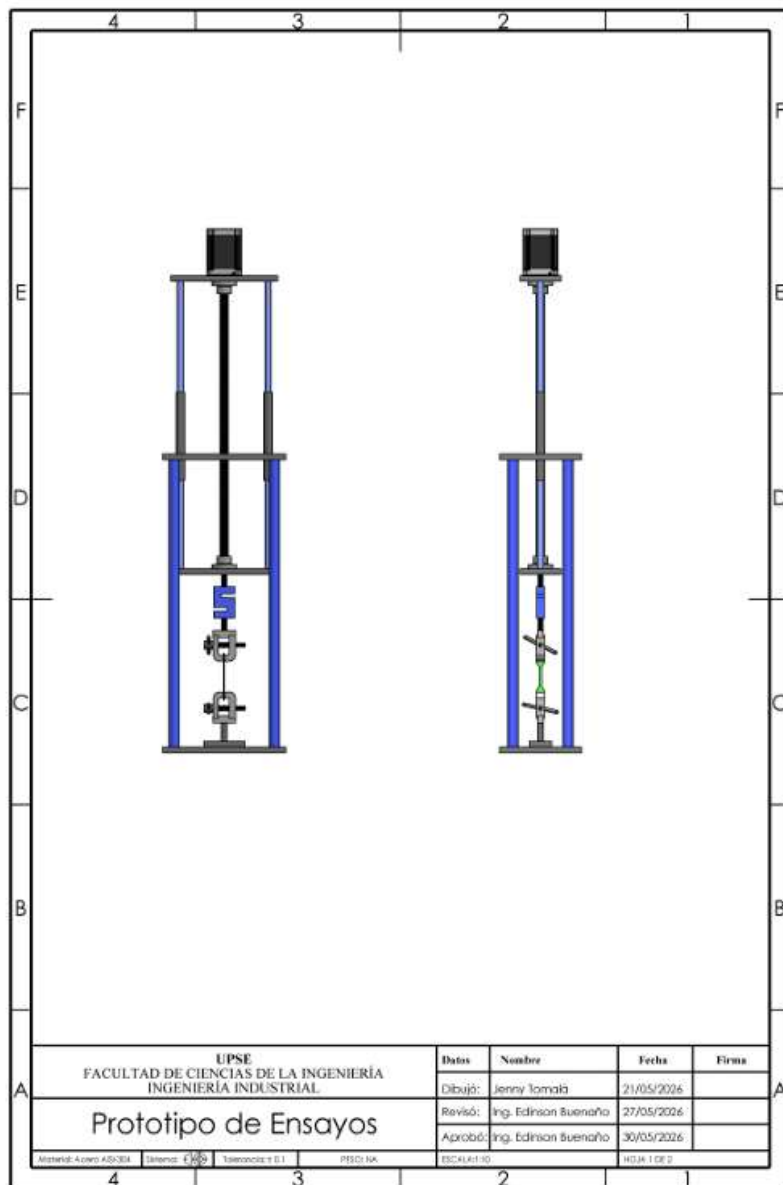
DATOS DEL EXPERTO	
Número de cédula	0103817060
Profesión	Ingeniero mecánico
Experiencia	15 años.
Código ORCID	
Correo Institucional	fgonzalez7060@upse.edu.ec
Número de teléfono	0969757737.
Fecha de validación	25 de Julio 2026

Anexo L. Diseño de estructura y componentes de prototipo para evaluaciones de elasticidad. Vistas y acotas.









Anexo M. Ficha técnica de celda de carga 100 Kg.



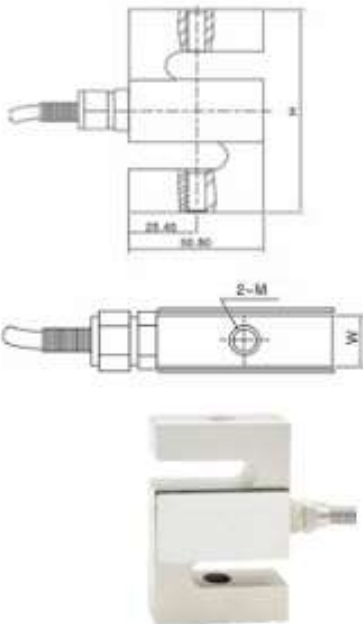
AST02-100KG

PRODUCT DESCRIPTION



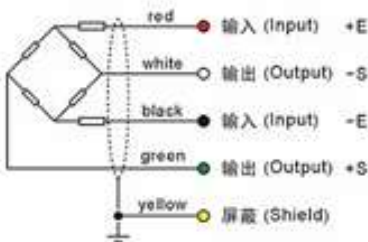
IP Rating	IP68
Customized	Customized
Rated Output	2.0000 ±0.002mV/V
Recommended Excitation Voltage	5V~ 12V(AC or DC)
Zero Balance	±1%F.S
Output Impedance	350 ± 5Ω
Safe Overload	150%F.S
Construction	Alloy Steel
Citation	GB/T7551-2008/OIML R60

Dimensions



Certification	CE
Rated Load	100kg
Creep(30minutes)	±0.02%F.S
Maximum Excitation Voltage	15V(AC or DC)
Input Impedance	380±10Ω
Insulation Impedance	≥n5000mΩ
Ultimate Overload	200%F.S
Protection Class	IP68&IP67
Total Error	±0.02%F.S

Mode of Connection



单位：mm

Cap(kg)	L	H	W	M
10~30	50.8	64	13	M8
50~300	50.8	76.2	19.1	M12
500	50.8	76.2	25.4	M12
1000~2000	50.8	76.2	25.4	M12/M16
3000~5000	108	76.2	25.4	M18

SEQINTEK S.A.S

Anexo N. Recepción de componentes.



Entre los materiales principales esta la barra, placa de acero inoxidable en el sistema mecánico y los respectivos componentes eléctricos.

Anexo O. Medidas para cortes correspondientes.



Trazado de medidas con flexómetro para los respectivos cortes de placas y barras.

Anexo P. Cortes de barras.



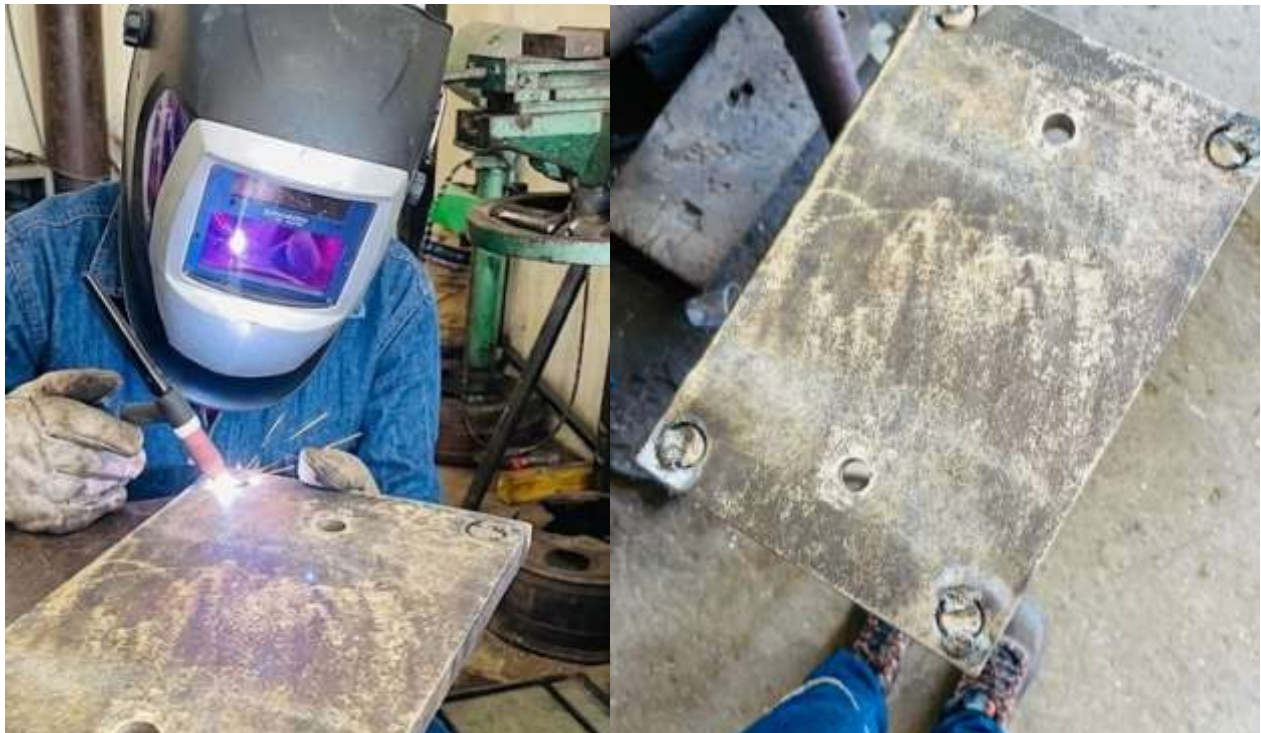
Corte de barra de acero de 1 pulgada para 4 guías de 700 mm para mejor sujeción y estabilidad de estructura

Anexo Q. Cortes de placas.



Corte Oxicorte de placas de acero inoxidable de 14 mm para la base superior e inferior con dimensiones de 300mm x 200 mm y placas móviles superior e inferior con dimensiones de 260mm x 100 mm.

Anexo R. Soldadura de materiales.



Se procede a soldar las placas base con las barras guías con electrodos 7018 para mayor seguridad.

Anexo S. Construcción de mordazas

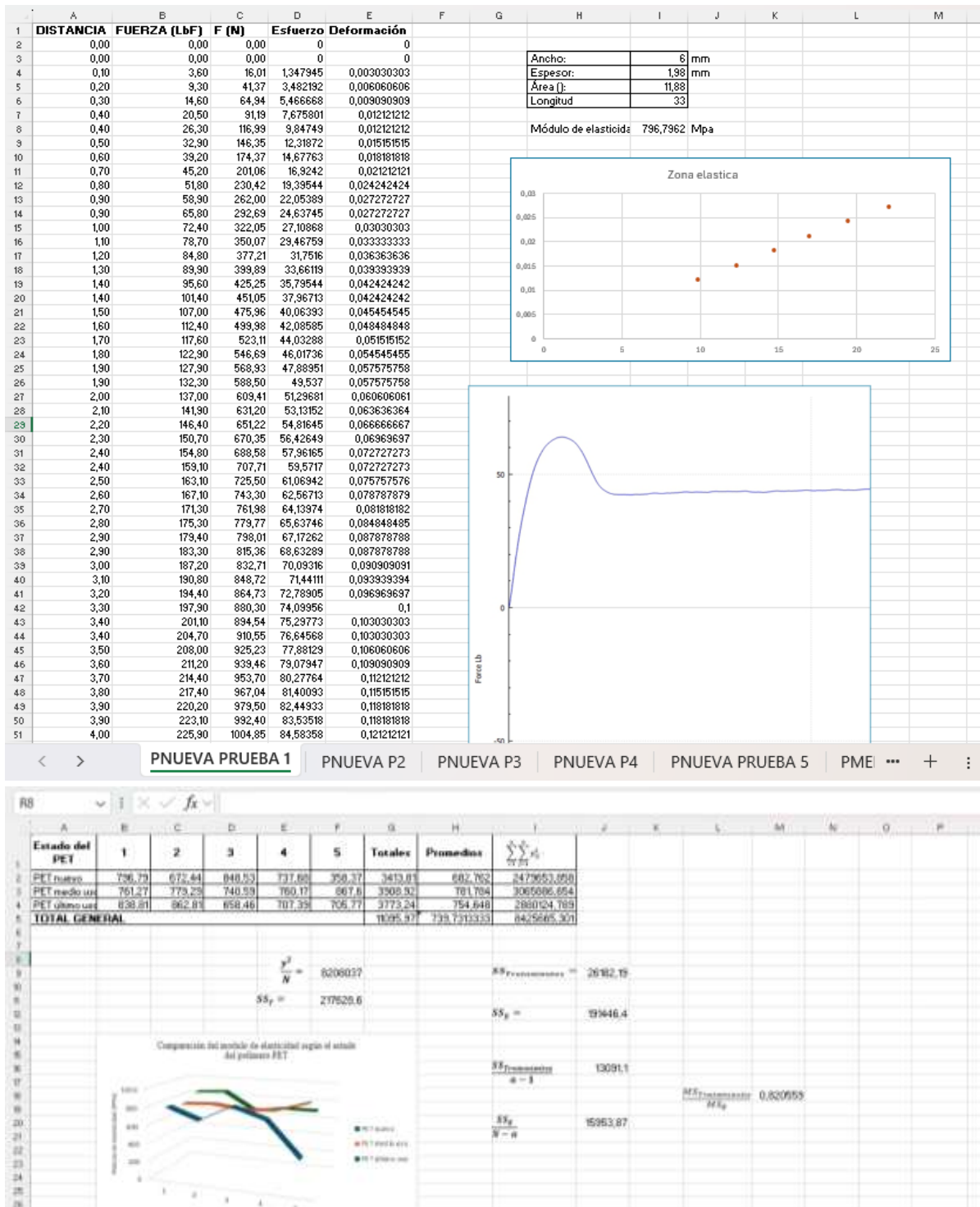


Bajo las dimensiones establecidas en el diseño de las mordazas en Software, se fabrica con material de acero inoxidable y pernos para sujeción.

Anexo T. Ensayos de especímenes por clasificación.

Prueba aleatoria 1	Prueba aleatoria 2	Prueba aleatoria 3	Prueba aleatoria 4	Prueba aleatoria 5
				

Anexo U. Cálculos respectivos para el análisis del módulo de elasticidad en Excel.



Anexo V. Resultados y análisis de las pruebas en el software de Minitab.

HOJA DE TRABAJO 1

ANOVA de un solo factor: MODULO DE ELASTICIDAD vs. ESTADO DEL PET

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

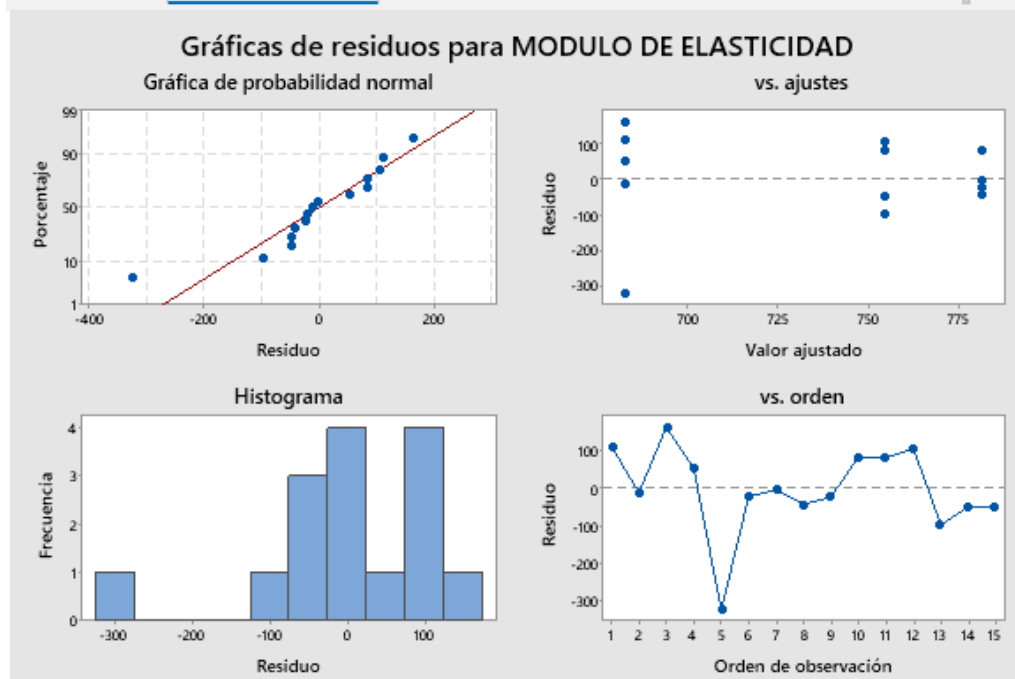
Información del factor

Factor	Niveles Valores
ESTADO DEL PET	3 MEDIO USO; NUEVO; ÚLTIMO CICLO DE USO

Análisis de Varianza

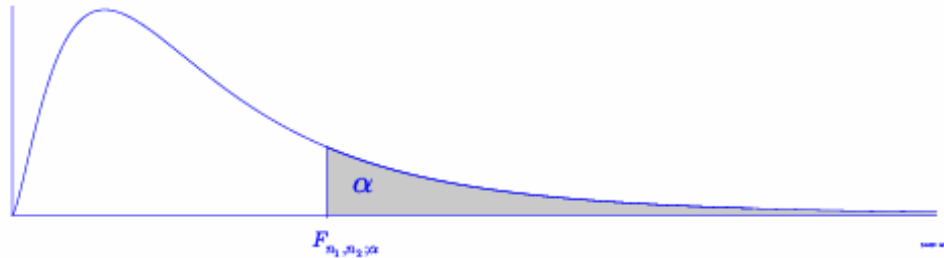
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
ESTADO DEL PET	2	26182	13091	0,82	0,463
Error	12	191446	15954		
Total	14	217628			

↓	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6
	ESTADO DEL PET	MODULO DE ELASTICIDAD				
11	ÚLTIMO CICLO DE USO	838,81				
12	ÚLTIMO CICLO DE USO	862,81				
13	ÚLTIMO CICLO DE USO	658,46				
14	ÚLTIMO CICLO DE USO	707,39				
15	ÚLTIMO CICLO DE USO	705,77				



Anexo W. Puntos porcentuales de la distribución F .

DISTRIBUCIÓN F $\alpha = 0.05$



Ejemplo: para $n_1 = 5$, $n_2 = 10$ y $\alpha = 0.05$, $F_{5,10,0.05} = 3.326$, significa que $P(F_{5,10} > 3.326) = 0.05$.

n_2	n_1															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	16	18	20	24
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	246.5	247.3	248.0	249.1
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.43	19.44	19.45	19.45
3	10.13	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.786	8.745	8.703	8.692	8.675	8.660	8.639
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.912	5.858	5.844	5.821	5.803	5.774
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.678	4.619	4.604	4.579	4.558	4.527
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.000	3.938	3.922	3.896	3.874	3.841
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.575	3.511	3.494	3.467	3.445	3.410
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.687	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.284	3.218	3.202	3.173	3.150	3.115
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.073	3.006	2.989	2.960	2.936	2.900
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.913	2.845	2.828	2.798	2.774	2.737
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.788	2.719	2.701	2.671	2.646	2.609
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.687	2.617	2.599	2.568	2.544	2.505
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.604	2.533	2.515	2.484	2.459	2.420
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.534	2.463	2.445	2.413	2.388	2.349
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.475	2.403	2.385	2.353	2.328	2.288
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.425	2.352	2.333	2.302	2.276	2.235
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.381	2.308	2.289	2.257	2.230	2.190
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412	2.342	2.269	2.250	2.217	2.191	2.150
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378	2.308	2.234	2.215	2.182	2.155	2.114
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.278	2.203	2.184	2.151	2.124	2.082
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.250	2.176	2.156	2.123	2.096	2.054
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.226	2.151	2.131	2.098	2.071	2.028
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.204	2.128	2.109	2.075	2.048	2.005
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255	2.183	2.108	2.088	2.054	2.027	1.984
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.165	2.089	2.069	2.035	2.007	1.964

Anexo X. Guía paso a paso para uso de Prototipo para evaluación de elasticidad.

	GUÍA PASO A PASO - PROTOTIPO PARA EVALUAR LA ELASTICIDAD DE POLÍMEROS		
Elaborado por:	Tomalá Gómez Jenny Marlene	Fecha:	6/8/2026
MAQUINA - EQUIPO:	Prototipo para evaluaciones de elasticidad en polímeros aplicando norma ASTM D638-14	Ubicación	Unidad de Prácticas Industriales
 			
Objetivo:	Establecer el procedimiento para la correcta operación y ejecución segura de los ensayos de elasticidad mediante el prototipo desarrollado.		
ETAPA	PROCEDIMIENTO		
1. Encendido	Conectar la fuente de alimentación y posteriormente el cable de la caja de control eléctrico. El sistema se energizará automáticamente.		
2. Calibración	Verificar que el mecanismo se encuentre en su posición inicial. De ser necesario, utilizar el botón negro de retorno para posicionarlo correctamente.		
3. Colocación de la probeta	Ubicar la probeta en las mordazas, asegurando una correcta sujeción y alineación antes de iniciar el ensayo.		
4. Selección de velocidad	Utilizar el botón verde de inicio según la velocidad requerida: 1 pulsación = 5 mm/min; 2 pulsaciones = 50 mm/min; 3 pulsaciones = 500 mm/min.		
5. Ejecución	Accionar el botón verde para iniciar el ensayo y registrar los valores de fuerza y desplazamiento obtenidos durante la prueba.		
6. Finalización	Al concluir el ensayo, accionar el botón rojo de apagado , retornar el mecanismo mediante el botón negro y retirar la probeta cuando el sistema se encuentre completamente detenido.		
7. Seguridad	Mantener las manos alejadas de las partes móviles durante el funcionamiento. Ante cualquier anomalía, accionar inmediatamente el botón rojo de apagado.		

Anexo Y. Manual de mantenimiento

		MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA PROTOTIPO		
Código	MMP-PE-001		Versión	1
Equipo	Prototipo para evaluaciones de elasticidad		Referencia	ASTM D638-14
Elaborado por	Jenny Marlene Tomalá Gómez		Fecha	6/8/2026
Revisado por	Ing. Franklin Reyes Soriano, Mgtr.		Página	1 de 3
Objetivo		Establecer las actividades necesarias para conservar el prototipo en condiciones adecuadas de funcionamiento, seguridad y confiabilidad, prolongando su vida útil durante los diferentes períodos académicos de utilización.		
Alcance		Aplica a los componentes estructurales, mecánicos, sistema de sujeción, sistema de accionamiento, elementos de medición y componentes eléctricos del prototipo.		
ÍTEM	ASPECTO	DESCRIPCIÓN / ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE
1	Inspección general	Verificar el estado de la estructura, soldaduras, tornillería, barras guía, mordazas y demás componentes, identificando daños, desgaste, deformaciones o corrosión.	Semestral	Responsable de mantenimiento
2	Limpieza	Retirar polvo, residuos de PET y suciedad de las mordazas, barras guía, estructura y área de trabajo. No aplicar líquidos directamente a componentes eléctricos.	Antes y después de cada ensayo	Operador
3	Mordazas	Comprobar su correcta fijación, limpieza y capacidad de sujeción de las probetas. Verificar desgaste o daños.	Antes de cada ensayo	Operador
4	Barras guía	Limpiar y verificar que el desplazamiento del sistema sea uniforme y sin obstrucciones.	Mensual	Mantenimiento
5	Varillas roscadas	Limpiar, inspeccionar las roscas y aplicar lubricante adecuado para reducir la fricción y el desgaste.	Mensual	Mantenimiento
6	Tornillería	Revisar y ajustar tornillos, tuercas y demás elementos de fijación. Sustituir aquellos que presenten deterioro.	Mensual	Mantenimiento
7	Sistema de accionamiento	Comprobar que el movimiento sea continuo y que no existan ruidos, vibraciones o bloqueos anormales.	Antes de cada ensayo	Operador

		MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA PROTOTIPO	Código	MMP-PE-001
			Versión	1
			Fecha	6/8/2026
			Página	2 de 3
8	Motor NEMA 34	Inspeccionar externamente su estado, funcionamiento, ruidos, vibraciones y posibles anomalías.	Trimestral	Mantenimiento
9	Acoplamientos	Verificar alineación, fijación y desgaste de los elementos de transmisión.	Trimestral	Mantenimiento
10	Sistema eléctrico	Inspeccionar cables, conexiones, terminales y elementos de control. No realizar intervenciones con el equipo energizado.	Mensual	Personal autorizado
11	Sistema de control	Comprobar el funcionamiento de los dispositivos de encendido y parada antes de realizar los ensayos.	Antes de cada ensayo	Operador
12	Elemento de medición de fuerza	Revisar su fijación, estado físico y posibles golpes o daños que puedan afectar la medición.	Antes de cada ensayo	Operador
13	Lubricación	Lubricar los elementos mecánicos móviles y roscados utilizando un producto adecuado y evitando excesos.	Mensual	Mantenimiento
14	Mantenimiento correctivo	Cuando se detecten fallas, desgaste considerable, movimientos irregulares, daños estructurales o eléctricos, suspender el uso y reparar o reemplazar el componente afectado.	Cuando sea necesario	Mantenimiento
15	Seguridad	Desconectar el equipo antes de realizar mantenimiento. Mantener las manos alejadas de las partes móviles y no superar las condiciones de operación establecidas.	Permanente	Operador / Mantenimiento
16	Criterios de retiro	Retirar temporalmente el equipo cuando presente daño estructural, falla eléctrica, bloqueo, vibración excesiva, deterioro de mordazas o cualquier condición que pueda comprometer la seguridad o los resultados.	Cuando sea necesario	Responsable de mantenimiento

		MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA PROTOTIPO		Código	MMP-PE-001
				Versión	1
				Fecha	6/8/2026
				Página	3 de 3
16	Criterios de retiro	Retirar temporalmente el equipo cuando presente daño estructural, falla eléctrica, bloqueo, vibración excesiva, deterioro de mordazas o cualquier condición que pueda comprometer la seguridad.	Cuando sea necesario		Responsable de mantenimiento
17	Prueba posterior	Después de cualquier mantenimiento, realizar una inspección y prueba funcional para comprobar el correcto desplazamiento y funcionamiento.	Después del mantenimiento		Mantenimiento
18	Registro	Registrar la fecha, componente intervenido, actividad realizada, estado del equipo, observaciones y responsable.	Cada intervención		Responsable de mantenimiento
Fecha	Componente	Actividad realizada	Estado	Observación	Responsable
			☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo		
			☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo		
			☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo		
			☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo		
CONTROL DEL DOCUMENTO		DATOS			
Indicador de cumplimiento		(Actividades de mantenimiento realizadas / Actividades programadas) × 100			
Meta		≥ 90 % de cumplimiento			
Periodicidad de revisión del manual		Anual o cuando se realice una modificación al prototipo			
Versión		1			
Aprobación					

Anexo Z. Certificado de participación en la III Convención Internacional de la FCI.



UPSE
UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CIDE LATAM EVENTOS Y CONVENCIONES**

Confieren el presente certificado de participación a:

Jenny Marlene Tomalá Gómez

Por su participación en calidad de **PONENTE** con el tema:

Evaluación de la pérdida de elasticidad y propiedades mecánicas mediante la norma ASTM D638-14 en polímeros de PET sometidos a ciclos de lavado y reutilización industrial.

III CONVENCION INTERNACIONAL DE LA FCI:

**Evolución Digital: Infraestructura, Procesos
y Seguridad en la Era 5.0**

IX Congreso Internacional de Ingeniería Civil.

IV Congreso Internacional de Ingeniería Industrial.

IV Congreso Internacional de Petróleos.

III Congreso Internacional de Seguridad Industrial.

**Evento virtual desarrollado el 09, 10 y 11 de junio de 2026
en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena - Ecuador**

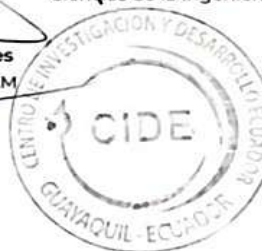
40 HORAS ACADÉMICAS

Ing. Néstor Acosta Lozano, Ph.D.
Rector -UPSE



M.Sc. Max Olivares Alvares
Director General CIDE LATAM

Ing. Juan Garcés Vargas, Ph.D.
Decano Facultad de
Ciencias de la Ingeniería



Anexo AA. Carta de aceptación de primer capítulo.



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
Carrera de Ingeniería Industrial



La Libertad, 28 de Abril del 2026

Ing. Buenaño Buenaño Edison, MSc.

Docente Guía de la Unidad de Integración Curricular

Carrera de Ingeniería industrial - UPSE

En su despacho, –

De mi consideración

Por la presente, me dirijo a usted para informar sobre el cumplimiento de la estudiante **TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE** en el desarrollo del primer capítulo del trabajo de integración curricular cuyo tema es: **“PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE”**. La estudiante ha demostrado un buen entendimiento del marco teórico.

La información presentada es relevante, bien investigada y adecuadamente referenciada.

Agradezco su atención

ATENTAMENTE

Ing. Franklin Enrique Reyes Soriano, MSc.

DOCENTE TUTOR.

Anexo BB. Carta de aceptación del capítulo II.



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial



La Libertad, 06 de Julio del 2026

Ing. Buenaño Buenaño Edison. MSc.

Docente Guía de la Unidad de Integración Curricular

Carrera de Ingeniería industrial - UPSE

En su despacho. –

De mi consideración

Por la presente, me dirijo a usted para informar sobre el cumplimiento de la estudiante **TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE** en el desarrollo del segundo capítulo del trabajo de integración curricular cuyo tema es: **“PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE”**. La estudiante ha demostrado un buen entendimiento del marco teórico.

La información presentada es relevante, bien investigada y adecuadamente referenciada.

Agradezco su atención

ATENTAMENTE

Ing. Franklin Enrique Reyes Soriano, MSc.

DOCENTE TUTOR.

Anexo CC. Carta de aceptación del capítulo III.



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial



La Libertad, 06 de Julio del 2026

Ing. Buenaño Buenaño Edison. MSc.

Docente Guía de la Unidad de Integración Curricular

Carrera de Ingeniería industrial - UPSE

En su despacho. –

De mi consideración

Por la presente, me dirijo a usted para informar sobre el cumplimiento de la estudiante **TOMALÁ GÓMEZ JENNY MARLENE** en el desarrollo del tercer capítulo del trabajo de integración curricular cuyo tema es: **“PROTOTIPO PARA EVALUACIONES DE ELASTICIDAD EN POLÍMEROS APLICANDO LA NORMA ASTM D638-14 EN LA UNIDAD DE PRÁCTICAS INDUSTRIALES UPSE”**. La estudiante ha demostrado un buen entendimiento del marco teórico.

La información presentada es relevante, bien investigada y adecuadamente referenciada.

Agradezco su atención

ATENTAMENTE

Ing. Franklin Enrique Reyes Soriano, MSc.

DOCENTE TUTOR.