



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

Nº 835-2025-UNF/CO

Sullana, 03 de octubre de 2025.

VISTOS:



Oficio N° 829-2025-UNF-VPAC/FIAB, de fecha 27 de agosto de 2025; Oficio N° 3455-2025-UNF-VPAC, de fecha 01 de setiembre de 2025; Oficio N° 0396-2025-UNF-OAJ, de fecha 18 de setiembre de 2025; Oficio N° 3855-2025-UNF-VPAC, de fecha 19 de setiembre de 2025; y,

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 18° de la Constitución Política del Perú, prescribe que la Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico: Las Universidades se rigen por sus propios estatutos en el marco de la Constitución y de las leyes.

Que, mediante Ley N° 29568 del 26 de julio de 2010 se crea la Universidad Nacional de Frontera en el distrito y provincia de Sullana, departamento de Piura, con fines de fomentar el desarrollo sostenible de la Subregión Luciano Castillo Colonna, en armonía con la preservación del medio ambiente y el desarrollo económico sostenible; y, contribuir al crecimiento y desarrollo estratégico de la región fronteriza noroeste del país.

Que, el artículo 8° de la Ley Universitaria, establece que la autonomía inherente a las Universidades se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica los derechos de aprobar su propio estatuto y gobernarse de acuerdo con él, organizar su sistema académico, económico y administrativo.

Que, mediante Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU, de fecha 27 de julio del 2021, se aprueba el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución", en el numeral 6.1.4., señala que son funciones de la Comisión Organizadora, literal g) "Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas."

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 461-2021-UNF/CO de fecha 29 de noviembre de 2021, se resuelve aprobar el Estatuto de la Universidad Nacional de Frontera.

Que, en el Estatuto en mención, en su TÍTULO III se establece las DISPOSICIONES TRANSITORIAS, FINALES Y DEROGATORIAS:

A. DISPOSICIONES TRANSITORIAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

PRIMERA. POTESTAD DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA

En base al artículo 29 de la Ley Universitaria, la Comisión Organizadora de la UNF tiene a su cargo la aprobación del presente Estatuto, reglamentos y documentos de gestión académica, de investigación y administrativa, formulados en los instrumentos de planeamiento, así como su conducción y dirección hasta que se constituyan los órganos de gobierno que de acuerdo a ley corresponda.

SEGUNDA. PROCESO DE CONSTITUCIÓN

Durante el proceso de constitución de la Universidad, los artículos del presente Estatuto, que se opongan, contradigan o no puedan implementarse de acuerdo a lo establecido en la normativa de la SUNEDU y MINEDU, respecto a garantizar las condiciones básicas de calidad, quedan en suspenso hasta que se constituyan los órganos de gobierno de la universidad. Encontrándose la Comisión organizadora facultada a emitir resoluciones que permitan el adecuado funcionamiento de la universidad hasta culminar el proceso de constitución.

CUARTA. GOBIERNO DE LA UNF

Durante el proceso de constitución de la Universidad, el gobierno de ésta se ejerce por:

- a) La Comisión Organizadora, tiene atribuciones administrativas que competen a la Asamblea Universitaria, al Consejo Universitario y al Consejo de Facultad.
- b) El Presidente de la Comisión Organizadora de la UNF, tiene atribuciones propias del Rector.
- c) Los Coordinadores de Facultad tiene atribuciones de Decano.

QUINTA. ÓRGANOS DE ALTA DIRECCIÓN

Durante el proceso de constitución de la UNF, los Órganos de Alta Dirección de ésta, lo constituyen:

- a) La Presidencia de Comisión Organizadora, que cumple funciones asignadas al Rectorado.
- b) La Vicepresidencia Académica de Comisión Organizadora, que cumple funciones asignadas al Vicerrectorado Académico.
- c) La Vicepresidencia de Investigación de Comisión Organizadora, que cumple funciones asignadas al Vicerrectorado de Investigación.

Que, el Artículo 22° literal f) del Estatuto de la Universidad de Frontera establece que el Consejo Universitario tiene como atribución: Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.

Que, mediante Resolución de Decanato N° 044-2024-UNF-VPAC/FIIAB, de fecha 19 de febrero de 2024, se aprobó el Reglamento de Investigación Formativa para la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología, presentado por la Unidad de Investigación FIIAB – UNF y que tiene como fin establecer los lineamientos para el desarrollo de investigación formativa de



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

la Facultad en mención y Escuelas Profesionales adscritas, que involucran a docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Frontera.

Que, con Oficio N° 829-2025-UNF-VPAC/FIAB, de fecha 27 de agosto de 2025, el Coordinador de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología solicita a la Vicepresidencia Académica, la aprobación del Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "EVALUACIÓN DE UN MÓDULO DE YOUNG SOBRE BOTELLAS DE PET (POLIETILENO TEREFTALATO)", presentado por el docente Dr. Ing. Rony Alexander Piñarreta Olivares.

Que, mediante Oficio N° 3455-2025-UNF-VPAC, de fecha 01 de setiembre de 2025, el Vicepresidente Académico solicita a la Oficina de Asesoría Jurídica emita opinión legal para la aprobación del Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "EVALUACIÓN DE UN MÓDULO DE YOUNG SOBRE BOTELLAS DE PET (POLIETILENO TEREFTALATO)".

Que, con Oficio N° 0396-2025-UNF-OAJ, de fecha 18 de setiembre de 2025, el Jefe de la Oficina de Asesoría Jurídica emite opinión señalando que, es factible de manera excepcional y con criterio discrecional la aprobación de los planes de Trabajo de Investigación Formativa, siempre y cuando así lo estime pertinente el pleno de la Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Frontera.

Que, mediante Oficio N° 3855-2025-UNF-VPAC, de fecha 19 de setiembre de 2025, el Vicepresidente Académico remite al Presidente de la Comisión Organizadora, el Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "EVALUACIÓN DE UN MÓDULO DE YOUNG SOBRE BOTELLAS DE PET (POLIETILENO TEREFTALATO)", ejecutado por la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología, para efectos de aprobación mediante acto resolutivo de la Comisión Organizadora.

Que, respecto al Artículo IV el Título Preliminar del Texto Único Ordenado de la Ley de Procedimiento Administrativo General, aprobada mediante Decreto Supremo número 004-2019-JUS, recoge como uno de los Principios del Procedimiento Administrativo, el Principio de Legalidad por el cual queda sentado que las autoridades administrativas deben actuar con respeto a la constitución, la ley y al derecho, dentro de las facultades que le estén atribuidas y de acuerdo con los fines para los que les fueron conferidas.

Que, con ACTA N° 058-2025-SO-CO, de fecha 02 de octubre de 2025, en Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Frontera, luego de analizar la documentación presentada y de revisar los informes técnicos y legales indicados en los considerandos de la presente Resolución, por unanimidad se acordó: **APROBAR**, con eficacia anticipada, el Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "EVALUACIÓN DE UN MÓDULO DE YOUNG SOBRE BOTELLAS DE PET (POLIETILENO TEREFTALATO)", presentado por el docente Dr. Ing. Rony Alexander Piñarreta Olivares, Mba. Deyvi David Cunga Piedra y estudiantes de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología de la Universidad Nacional de Frontera, el mismo que como anexo forma parte integrante de la presente resolución.

Página | 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

Estando a lo expuesto y en uso de las atribuciones conferidas por la Ley Universitaria – Ley N° 30220 y por la Resolución Viceministerial N° 045-2023-MINEDU, Resolución Viceministerial N° 064-2024-MINEDU y Acta de Acuerdos de Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora N° 058-2025-SO-CO, de fecha 02 de octubre de 2025.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR, con eficacia anticipada, el Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "EVALUACIÓN DE UN MÓDULO DE YOUNG SOBRE BOTELLAS DE PET (POLIETILENO TEREFTALATO)", presentado por el docente Dr. Ing. Rony Alexander Piñarreta Olivares, Mba. Deyvi David Cunga Piedra y estudiantes de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología de la Universidad Nacional de Frontera, el mismo que como anexo forma parte integrante de la presente resolución.

ARTÍCULO SEGUNDO. - ENCARGAR a la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología de esta Casa Superior de Estudios en coordinación con los responsables del citado plan, la ejecución, operatividad y seguimiento del plan aprobado en el artículo precedente.

ARTÍCULO TERCERO. - NOTIFICAR a través, de los mecanismos más adecuados y pertinentes, para conocimiento y fines correspondientes.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y EJECÚTESE.


Dr. José Florentino Molero López
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA


Abg. Jorge Bonilla Galasso Torres
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias

Programa de estudios de Ingeniería de Industrias Alimentarias

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

“Evaluación del módulo de Young en botellas de PET (*polietileno tereftalato*)”

Estudiantes responsables:

Arévalo Valdez Jesús Neptali (ORCID: 0009-0006-6186-3717)
 Avendaño García Ligna Yanelly (ORCID: 0009-0006-3968-5352)
 Castro Torres Evelin Yanina (ORCID: 0009-0001-9489-111X)
 Ipanaque Adanaque Danna Paola (ORCID: 0009-0002-1294-6234)
 Mendoza Duque Branco Israel (ORCID: 0009-0003-7949-1139)
 Rosales Vásquez Lizbeth Jackeline (ORCID: 0009-0009-7836-174X)

Docente Responsable:

Dr. Ing. Rony Alexander Piñarreta Olivares (ORCID: 0000-0003-0029-729X)

Co - asesor:

Mba. Cunguia Piedra Deyvi David (ORCID: 0000-0001-6884-0565)

Semestre Académico:

2025

ÍNDICE O CONTENIDO

ÍNDICE O CONTENIDO	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
I. INTRODUCCIÓN	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Materiales	11
1. Artículos y normativas	11
2. Investigaciones enfocadas en el tema	11
3. Herramientas tecnológicas	11
4. Equipo de protección personal (EPP)	11
3.2. Métodos	11
3.2.1. Procedimiento	11
IV. RESULTADOS	14
4.1 Elaboración de un protocolo de ensayo de tracción para las botellas de PET (<i>polietileno tereftalato</i>) de la marca "San Carlos"	14
4.2 Análisis de la influencia del tipo de botellas de PET (<i>polietileno tereftalato</i>) de la marca "San Carlos" y de la marca "San Luis"	21
4.3 Comparación de los resultados de la elasticidad de las botellas de PET (<i>polietileno tereftalato</i>) con la literatura científica.	23
V. DISCUSIÓN	24
VI. CONCLUSIONES	26
VII. RECOMENDACIONES	28
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
IX. ANEXOS	32
Anexo A.	32
Anexo B.	33
Anexo C.	34
Anexo D.	35

RESUMEN

El presente proyecto tiene como título “Evaluación del módulo de Young en botellas de PET (polietileno tereftalato)” tiene como objetivo principal determinar el módulo de Young en botellas comerciales de PET (polietileno tereftalato), enfocándose en comparar botellas de las marcas San Carlos y San Luis. Para ello, se diseñó un estudio observacional de tipo cuantitativo y cualitativo, con enfoque transversal, empleando un protocolo experimental de ensayo de tracción. Ante la falta de un texturómetro, se creó un dispositivo casero que permitió aplicar distintas cargas (1 kg, 3 kg, 5 kg y 8 kg) y medir las deformaciones de las botellas. Los resultados obtenidos se organizaron en tablas para facilitar el cálculo del módulo de Young en cada caso. Los resultados revelaron que las botellas San Luis presentan un módulo de Young promedio mayor (62.80 kPa), lo que indica mayor rigidez y menor deformación. En contraste, las botellas San Carlos mostraron valores menores (50.73 kPa promedio), indicando más elasticidad y menor resistencia estructural. Finalmente, los valores obtenidos fueron comparados con referencias bibliográficas, encontrándose dentro de los rangos esperados para botellas recicladas o de menor grosor. En conclusión, la marca, el diseño y el tratamiento del PET influyen significativamente en su comportamiento mecánico, siendo San Luis más adecuado para transporte y reutilización, y San Carlos más favorable para reciclaje por su mayor flexibilidad.

Palabras claves: Módulo de Young, Botellas de PET, Resistencia, Deformación Mecánica

I. INTRODUCCIÓN

Gestión integral de residuos (2010) menciona que es comúnmente conocido por sus siglas PET o PETE, su denominación técnica es tereftalato de polietileno. El PET es un plástico muy resistente y fácil de trabajar pues permite una gran libertad en el diseño; gracias a su estructura molecular. El PET es una forma fuerte pero ligera de poliéster transparente que se utiliza para hacer envases de refrescos, jugos, bebidas alcohólicas, agua, aceites comestibles, productos de limpieza y otros alimentos y aplicaciones no alimentarias. Sin embargo, para asegurar su buen rendimiento en el uso diario, es importante conocer sus propiedades mecánicas, entre ellas, el módulo de Young, que mide qué tan rígido o flexible es el material cuando se le aplica una fuerza. Es una constante física que describe el comportamiento elástico de un material cuando se le aplica una fuerza. Representa la relación entre el esfuerzo (fuerza por unidad de área) y la deformación unitaria (cambio relativo de longitud) en un material elástico lineal e isótropo. Su valor es el mismo tanto para tracción como para compresión, siempre que no se supere el límite elástico del material. Este módulo permite cuantificar la rigidez del material: a mayor módulo de Young, menor deformación ante una misma carga. Puede determinarse experimentalmente mediante ensayos de tracción, y se complementa con otras constantes elásticas como el módulo de cizalla o módulo de elasticidad transversal (Servosis, 2020). Por eso, conocer este valor ayuda a saber si la botella soportará bien el llenado, el transporte o el almacenamiento sin romperse o perder su forma. Esta investigación formativa, titulada "Evaluación de un módulo de elasticidad sobre botellas de PET", tiene como propósito principal determinar el módulo de Young de botellas comerciales hechas de PET. Para ello, se realizó un estudio observacional de tipo cuantitativo y cualitativo, con corte transversal. Se seleccionó como muestra tres botellas de la marca San Carlos, muy comunes en el mercado, para hacer las pruebas necesarias.

ABSTRACT

The main objective of this project is to determine Young's modulus in commercial PET (polyethylene terephthalate) bottles, focusing on comparing bottles of the San Carlos and San Luis brands. For this purpose, a quantitative and qualitative observational study was designed, with a cross-sectional approach, using an experimental tensile test protocol. In the absence of a texturometer, a homemade device was created to apply different loads (1 kg, 3 kg, 5 kg and 8 kg) and measure bottle deformations. The results obtained were organized in tables to facilitate the calculation of Young's modulus in each case. The results revealed that the San Luis bottles had a higher average Young's modulus (62.80 kPa), indicating higher stiffness and lower deformation. In contrast, the San Carlos bottles showed lower values (50.73 kPa average), indicating more elasticity and lower structural strength. Finally, the values obtained were compared with bibliographic references, being within the expected ranges for recycled or thinner bottles. In conclusion, the brand, design and treatment of PET have a significant influence on its mechanical behavior, with San Luis being more suitable for transportation and reuse, and San Carlos being more favorable for recycling due to its greater flexibility.

Keywords: Young's Modulus, PET Bottles, Strength, Mechanical Deformation, Mechanical Strain

Los objetivos específicos de este trabajo son tres: primero, crear un protocolo de ensayo, es decir, una guía para medir el módulo de Young usando un ensayo de tracción (donde se estira el material hasta que se deforma). Segundo, analizar si la marca o tipo de botella influye en el valor del módulo, observando si hay diferencias según su forma o tamaño. Y tercero, comparar los resultados obtenidos con los valores teóricos encontrados en libros o artículos científicos, para ver si coinciden o si hay variaciones importantes. Con este proyecto, se busca no solo obtener datos sobre la resistencia del PET, sino también fomentar el interés por la investigación y el análisis técnico en los estudiantes. Así, se contribuye a una mejor comprensión del comportamiento de los materiales que usamos a diario, y se promueve un uso más eficiente y responsable de los plásticos en la industria.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

García, en su trabajo del 2019, titulado " Evaluación de resistencia y elongación en bolsas plástico", el cual tuvo como objetivo evaluar la resistencia y elongación de bolsas de plástico, donde se mido la resistencia de estos con un texturometro, donde llegaron a la conclusión que las bolsas negras son las que cuentan con mayor resistencia y así se asume que estos son óptimos para el uso sobre cosas pesadas.

En el estudio titulado Efecto de las condiciones de hidrólisis alcalina en las fibras de PET y su impacto en el refuerzo del concreto, Garrido-Hernández et al. (2024) evaluaron cómo la aplicación de un tratamiento de hidrólisis alcalina influye en el comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de PET. El objetivo fue analizar el efecto de variables como la longitud y porcentaje de las fibras, así como el impacto del tratamiento químico sobre sus propiedades físicas y su adherencia con la matriz cementicia. Los resultados mostraron que las fibras tratadas presentaron una mayor rugosidad superficial, mejorando su adherencia al concreto. Las probetas con fibras de 3 cm y 0.35% en volumen alcanzaron un incremento del 10% en la resistencia a la compresión respecto al concreto sin fibras. Además, se identificó que la concentración de NaOH, la temperatura y el tiempo de exposición influyen significativamente en la pérdida de peso de las fibras, afectando su desempeño como refuerzo. Sin embargo, también se observó una disminución en el módulo de Young de las fibras tratadas frente a las no tratadas, lo que implica un compromiso entre flexibilidad y resistencia. Este estudio destaca el potencial del PET reciclado como refuerzo en concretos sostenibles, especialmente cuando se optimizan las condiciones de tratamiento químico.

En el estudio de Rivas y Cantillo (2020) tuvo como título el análisis del tereftalato de polietileno (plástico pet) en tuberías hidráulicas domésticas bajo diverso régimen de

Flujo y como objetivo general fue analizar el comportamiento hidráulico del Tereftalato de Polietileno (PET) en tuberías domésticas bajo diversos regímenes de flujo por medio de análisis numérico, para comparar sus resultados con tuberías de PVC bajo las mismas condiciones dimensionales y de flujo. Tuvo como resultados que utilizó un modelo matemático, implementado en Excel, para generar Diagramas de Moody que comparan el comportamiento de tuberías de PET y PVC. Los resultados indican que el PET presenta un comportamiento similar al PVC en términos de fricción, superando las presiones requeridas para aplicaciones domésticas (presiones máximas calculadas entre 231 y 585 PSI). Si bien se detectó una anomalía en los datos del PVC de 3/4" (posible error de digitación), el análisis demuestra la viabilidad del PET como alternativa para tuberías, ofreciendo una solución innovadora y con menor impacto ambiental.

Ojeda et al. (2020) en su investigación titulada "Diseño y ensayo de fibras plásticas recicladas para refuerzo de mortero" el objetivo de este trabajo fue diseñar y ensayar fibras plásticas recicladas incorporadas en mortero de cemento y comparar su comportamiento con el de fibras comerciales. Para ello se elaboraron tres dosificaciones: una mezcla patrón, otra mezcla con las fibras diseñadas y otra con fibras comerciales. Se construyeron probetas y se realizaron ensayos de resistencia a flexión y a compresión. La mezcla con las fibras desarrolladas logró más de una vez y media la resistencia a flexión de la mezcla patrón a 28 días, contra sólo un 25 % de aumento en el caso de la mezcla con fibras comerciales. Se concluyó que el desempeño de las fibras diseñadas fue mejor que el de las fibras comerciales y que el uso de fibras mejoró las propiedades estudiadas respecto de morteros sin fibras.

Muños et al. (2021) en su trabajo investigativo titulado "Descripción del comportamiento de una varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido", donde desarrollo el comportamiento mecánico y propiedades de los materiales,

los polímeros (propiedades y clasificación), la varilla (generalidades y clasificación) y la normativa técnica (ecuatoriana e internacional). Todo ello con la finalidad de presentar una propuesta de trabajo que promueve la reutilización de elementos que han sido catalogados como desechos, el cual generaría un impacto como elemento alternativo en la construcción. Bien es cierto, que dentro de los principales materiales plásticos recuperados se encuentra el polietileno tereftalato PET, que es un polímero de alta producción con diversas aplicaciones, el cual se utilizó para describir el comportamiento de una varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido, estudio fundamentado en un paradigma positivista, con enfoque cuantitativo y tipo de investigación de campo en el que se concluye que con los procesos adecuados se cumple con el objetivo, elaborando resistencias tipo boquilla de acero inoxidable y termopares.

Otro antecedente relevante es el estudio realizado por Aspajo, J. et al. (2024), quienes destacan en su trabajo realizado, que la resistencia de materiales es un campo crucial en la ingeniería, enfocado en el análisis del comportamiento de los materiales frente a cargas y fuerzas aplicadas. Su trabajo aborda conceptos fundamentales como las propiedades mecánicas, el límite elástico, la resistencia última, la fatiga y la fractura. Además, subrayan que la selección adecuada de materiales —ya sean metálicos o no metálicos— depende de las propiedades específicas requeridas para cada aplicación. El diseño estructural, según los autores, se basa en normativas técnicas y principios de seguridad, complementado con herramientas como el análisis de elementos finitos para simulaciones avanzadas. Finalmente, destacan la creciente importancia de la interdisciplinariedad, la sostenibilidad y la innovación en este campo, concluyendo que la resistencia de materiales es esencial para lograr diseños seguros y eficientes en múltiples sectores industriales.

En el estudio desarrollado por Paredes, R. (2020), se aborda la búsqueda de

alternativas sostenibles en la elaboración de materiales con propiedades resistentes, destacando la elaboración de bioplásticos como una solución viable ante el uso excesivo de plásticos derivados del petróleo, los cuales no se degradan en tiempos razonables y generan un impacto ambiental significativo. El autor explica que el desarrollo de bioplásticos a partir de almidón de yuca representa un avance importante en la ingeniería de materiales, ya que permite obtener un producto con características mecánicas adecuadas para aplicaciones específicas, como la fabricación de vasos descartables. El proceso incluye la extracción del almidón, su purificación y mezcla con glicerina y agua destilada, generando una biomasa moldeable que cumple con los requisitos de resistencia a fluidos y a cambios de temperatura. Además, se resalta que este bioplástico es biodegradable en distintos entornos naturales, lo cual lo posiciona como una alternativa ecológica y funcional. Este antecedente se relaciona con el campo de la resistencia de materiales, ya que demuestra cómo es posible desarrollar productos estructuralmente resistentes a partir de fuentes orgánicas, promoviendo a su vez la sostenibilidad y la innovación en el diseño de nuevos materiales.

III. METODOLOGÍA

3.1. Materiales

1. Artículos y normativas
2. Investigaciones enfocadas en el tema
3. Herramientas tecnológicas
4. Equipo de protección personal (EPP)

3.2. Métodos

3.2.1. Procedimiento

1. Se realizará una revisión de literatura con el objetivo de identificar información proporcionada por diferentes organizaciones y estudios científicos relacionados con las propiedades mecánicas de materiales plásticos, especialmente de PET (polietileno tereftalato).

2. Esta revisión incluirá normativas y estándares establecidos para la caracterización de materiales plásticos, así como métodos y procedimientos recomendados para la evaluación del módulo de Young en botellas de PET.

3. Además, se recopilarán datos previos sobre estudios de resistencia mecánica y análisis estructural de envases plásticos utilizados en la industria alimentaria.

4. Se investigarán antecedentes donde se especifiquen las condiciones bajo las cuales se han realizado estudios similares sobre botellas de PET, incluyendo métodos de ensayo y parámetros evaluados. Esto permitirá identificar los aspectos críticos que deben considerarse durante la experimentación, como el tipo de carga aplicada, la velocidad del ensayo y las características geométricas de las muestras. Asimismo, se recopilará información sobre problemas o limitaciones encontradas en investigaciones previas, con el fin de optimizar el diseño experimental y asegurar la validez de los

resultados en el contexto del proyecto.

5. Para evaluar el módulo de Young en botellas de PET, es fundamental seguir un procedimiento meticuloso que garantice la precisión y repetibilidad de los resultados. El primer paso consiste en la preparación de las muestras. Se deben recortar secciones uniformes de las botellas, preferiblemente en forma de cilindros o tiras rectangulares, asegurándose de que tengan dimensiones consistentes. Es fundamental medir la longitud, el ancho y el espesor de cada muestra con un calibrador digital para obtener valores precisos, ya que estos parámetros serán fundamentales en los cálculos posteriores.

6. Una vez obtenidas las muestras, se procede al montaje del ensayo en una máquina de tracción, como una máquina universal de ensayos. Es crucial que las muestras se coloquen correctamente en los agarres de la máquina para evitar movimientos o deslizamientos durante la prueba. La alineación debe ser precisa para garantizar que la carga se aplique de manera uniforme y axial.

7. Antes de iniciar el ensayo, se configuran los parámetros de la máquina. Generalmente, se recomienda establecer una velocidad de aplicación de carga baja, alrededor de 5 mm/min, para asegurar que la deformación ocurra de manera controlada y progresiva. Además, es importante calibrar el sistema de medición para que registre tanto la fuerza aplicada como la deformación que experimenta la muestra.

8. El ensayo comienza aplicando una carga de tracción de manera gradual y constante. Durante este proceso, se registran los valores de fuerza aplicada y el alargamiento de la muestra hasta que esta se rompa o alcance su límite elástico. La información recolectada permitirá calcular el módulo de Young mediante la relación entre el esfuerzo (σ) y la deformación (ϵ), empleando la fórmula:

9. Donde F es la fuerza aplicada, L_0 la longitud original de la muestra, A el

área de la sección transversal y ΔL es el cambio en la longitud.

10. Una vez realizado el ensayo, es fundamental analizar los resultados. Para ello, se grafica el esfuerzo frente a la deformación, obteniendo una curva característica en la que la pendiente de la región lineal representa el módulo de Young. Este análisis permite determinar el comportamiento elástico del PET bajo tensión.

11. Finalmente, se interpretan los resultados obtenidos comparándolos con valores de referencia para materiales similares. Es importante considerar que factores como la temperatura, el espesor de la muestra o posibles defectos estructurales pueden influir en la dispersión de los datos. Por lo tanto, se deben realizar múltiples ensayos para asegurar la consistencia y validez de los resultados obtenidos

IV. RESULTADOS

4.1 Elaboración de un protocolo de ensayo de tracción para las botellas de PET (polietileno tereftalato) de la marca "San Carlos".

Para el protocolo de ensayo de tracción, se creo el instrumento debido a la falta de equipo llamado "texturometro", donde se empleó un soporte, así mismo, se considero la altura inicial, la altura final, el diámetro de la botella y el peso empleado en cada uno de las botellas, así como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Protocolo de ensayo de tracción para las botellas de PET

Ítem	Tipo de botella	Peso aplicado	Longitud inicial	Longitud final	Módulo de Young
1		1kg	47 cm	No se mostró elasticidad	-
	"San Luis"	3kg	47 cm	49 cm	57.15Kpa
		5kg	47 cm	50 cm	63.51 Kpa
		8kg	47 cm	51,5 cm	67.94
2		1kg	47 cm	48 cm	38.10 Kpa
	"San Carlos"	3kg	47 cm	49 cm	57.15Kpa
		5kg	47 cm	50.3 cm	57.73 Kpa
		8kg	47 cm	52 cm	60.96 Kpa
3		1kg	47 cm	48 cm	38.10 Kpa
	"San Carlos"	3kg	47 cm	49.5 cm	45.72 Kpa
		5kg	47 cm	51 cm	47.63 Kpa
		8kg	47 cm	53 cm	50.80 Kpa
4		1kg	47 cm	48 cm	38.10 Kpa
	"San Carlos"	3kg	47 cm	49.3 cm	49.70 Kpa
		5kg	47 cm	50 cm	63.51 Kpa
		8kg	47 cm	52.5 cm	55.43 Kpa
5		1kg	47 cm	48 cm	38.10 Kpa
	"San Carlos"	3kg	47 cm	49.2 cm	51.96 Kpa
		5kg	47 cm	50,2 cm	59..54 Kpa
		8kg	47 cm	53 cm	50.80 Kpa
6		1kg	47 cm	48 cm	38.10 Kpa
	"San Carlos"	3kg	47 cm	49.5 cm	45.72 Kpa
		5kg	47 cm	50.3 cm	57.73 Kpa
		8kg	47 cm	53 cm	50.80 Kpa

Nota. En la tabla 1 se muestran los resultados asi mismo, se muestran las

repeticiones y los cálculos de los resultados de la botella San Luis y San Carlos.

Botella 1

Para 3 kg

$$L_0 = 0.47 \text{ m}$$

$$L_f = 0.49 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_f - L_0$$

$$\Delta L = 0.49 - 0.47$$

$$\Delta L = 0.02 \text{ m}$$

$$R = 6.2 \text{ cm}$$

$$F = m * g$$

$$F = 3 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = 29.43 \text{ N}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.062^2$$

$$A = 0.0121 \text{ m}^2$$

$$E = \frac{F * L_0}{A * \Delta L}$$

$$E = \frac{29.43 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.02 \text{ m}} = 57157.43 \text{ Pa} = 57.15 \text{ Kpa}$$

Para 5 Kg

$$L_0 = 0.47 \text{ m}$$

$$L_f = 0.50 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_f - L_0$$

$$\Delta L = 0.50 - 0.47$$

$$\Delta L = 0.03 \text{ m}$$

$$R = 6.2 \text{ cm}$$

$$F = m * g$$

$$F = 5 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = 49.05 \text{ N}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.062^2$$

$$A = 0.0121 \text{ m}^2$$

$$E = \frac{F * L_0}{A * \Delta L}$$

$$E = \frac{49.05 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.03 \text{ m}} = 63508.26 \text{ Pa} = 63.51 \text{ Kpa}$$

Para 8kg

$$L_0 = 0.47 \text{ m}$$

$$L_f = 0.515 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_f - L_0$$

$$\Delta L = 0.515 - 0.47$$

$$\Delta L = 0.045 \text{ m}$$

$$R = 0.06 \text{ m}$$

$$F = m * g$$

$$F = 8 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = 78.48 \text{ N}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.06^2$$

$$A = 0.01131 \text{ m}^2$$

$$E = \frac{F * L_0}{A * \Delta L}$$

$$E = \frac{78.48 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.01131 \text{ m}^2 * 0.045 \text{ m}} = 67944.29 \text{ Pa} = 67.94 \text{ Kpa}$$

Botella 2**Para 1kg**

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 0.47 \text{ m} \\
 L_F &= 0.48 \text{ m} \\
 \Delta L &= L_f - L_0 \\
 \Delta L &= 0.48 - 0.47 \\
 \Delta L &= 0.01 \text{ m} \\
 R &= 6.2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 1 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 9.81 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \\
 A &= \pi * 0.062^2 \\
 A &= 0.0121 \text{ m}^2 \\
 E &= \frac{F * L_0}{A * \Delta L} \\
 E &= \frac{9.81 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.01 \text{ m}} = 38104.96 \text{ Pa} = 38.10 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

Para 3 kg

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 0.47 \text{ m} \\
 L_F &= 0.49 \text{ m} \\
 \Delta L &= L_f - L_0 \\
 \Delta L &= 0.49 - 0.47 \\
 \Delta L &= 0.02 \text{ m} \\
 R &= 6.2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 3 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 29.43 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \\
 A &= \pi * 0.062^2 \\
 A &= 0.0121 \text{ m}^2 \\
 E &= \frac{F * L_0}{A * \Delta L} \\
 E &= \frac{29.43 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.02 \text{ m}} = 57157.43 \text{ Pa} = 57.15 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

Para 5 Kg

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 0.47 \text{ m} \\
 L_F &= 0.503 \text{ m} \\
 \Delta L &= L_f - L_0 \\
 \Delta L &= 0.503 - 0.47 \\
 \Delta L &= 0.033 \text{ m} \\
 R &= 6.2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 5 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 49.05 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \\
 A &= \pi * 0.062^2 \\
 A &= 0.0121 \text{ m}^2 \\
 E &= \frac{F * L_0}{A * \Delta L} \\
 E &= \frac{49.05 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.033 \text{ m}} = 57734.78 \text{ Pa} = 57.73 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

Para 8kg

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 0.47 \text{ m} \\
 L_F &= 0.52 \text{ m} \\
 \Delta L &= L_f - L_0 \\
 \Delta L &= 0.52 - 0.47 \\
 \Delta L &= 0.05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 8 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 78.48 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \\
 A &= \pi * 0.062^2 \\
 A &= 0.0121 \text{ m}^2 \\
 E &= \frac{F * L_0}{A * \Delta L} \\
 E &= \frac{78.48 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.05 \text{ m}} = 60,967.93 \text{ Pa} = 60.96 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

que San Carlos podría ser preferida en situaciones donde se priorice la facilidad de reciclaje o la reducción de volumen tras el uso.

Botella 3**Para 1kg**

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 0.47 \text{ m} \\
 L_F &= 0.48 \text{ m} \\
 \Delta L &= L_f - L_0 \\
 \Delta L &= 0.48 - 0.47 \\
 \Delta L &= 0.01 \text{ m} \\
 R &= 6.2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 1 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 9.81 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \\
 A &= \pi * 0.062^2 \\
 A &= 0.0121 \text{ m}^2 \\
 E &= \frac{F * L_0}{A * \Delta L} \\
 E &= \frac{9.81 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.01 \text{ m}} = 38104.96 \text{ Pa} = 38.10 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

Para 3 kg

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 0.47 \text{ m} \\
 L_F &= 0.495 \text{ m} \\
 \Delta L &= L_f - L_0 \\
 \Delta L &= 0.495 - 0.47 \\
 \Delta L &= 0.025 \text{ m} \\
 R &= 6.2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 3 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 29.43 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \\
 A &= \pi * 0.062^2 \\
 A &= 0.0121 \text{ m}^2 \\
 E &= \frac{F * L_0}{A * \Delta L} \\
 E &= \frac{29.43 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.025 \text{ m}} = 45725.95 \text{ Pa} = 45.72 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

Para 5 kg

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 0.47 \text{ m} \\
 L_F &= 0.51 \text{ m} \\
 \Delta L &= L_f - L_0 \\
 \Delta L &= 0.51 - 0.47 \\
 \Delta L &= 0.04 \text{ m} \\
 R &= 6.2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 5 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 49.05 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \\
 A &= \pi * 0.062^2 \\
 A &= 0.0121 \text{ m}^2 \\
 E &= \frac{F * L_0}{A * \Delta L} \\
 E &= \frac{49.05 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.04 \text{ m}} = 47631.1983 \text{ Pa} = 47.63 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

Para 8kg

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 0.47 \text{ m} \\
 L_F &= 0.53 \text{ m} \\
 \Delta L &= L_f - L_0 \\
 \Delta L &= 0.53 - 0.47 \\
 \Delta L &= 0.06 \text{ m} \\
 R &= 6.2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 8 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 78.48 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \\
 A &= \pi * 0.062^2 \\
 A &= 0.0121 \text{ m}^2 \\
 E &= \frac{F * L_0}{A * \Delta L} \\
 E &= \frac{78.48 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.06 \text{ m}} = 50806.61 \text{ Pa} = 50.80 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

Botella 4**Para 1kg**

$$L_0 = 0.47 \text{ m}$$

$$L_F = 0.48 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_f - L_0$$

$$\Delta L = 0.48 - 0.47$$

$$\Delta L = 0.01 \text{ m}$$

$$R = 6.2 \text{ cm}$$

$$F = m * g$$

$$F = 1 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = 9.81 \text{ N}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.062^2$$

$$A = 0.0121 \text{ m}^2$$

$$E = \frac{F * L_0}{A * \Delta L}$$

$$E = \frac{9.81 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.01 \text{ m}} = 38104.96 \text{ Pa} = 38.10 \text{ Kpa}$$

Para 3 kg

$$L_0 = 0.47 \text{ m}$$

$$L_F = 0.493 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_f - L_0$$

$$\Delta L = 0.493 - 0.47$$

$$\Delta L = 0.023 \text{ m}$$

$$R = 6.2 \text{ cm}$$

$$F = m * g$$

$$F = 3 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = 29.43 \text{ N}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.062^2$$

$$A = 0.0121 \text{ m}^2$$

$$E = \frac{F * L_0}{A * \Delta L}$$

$$E = \frac{29.43 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.023 \text{ m}} = 49702.12 \text{ Pa} = 49.70 \text{ Kpa}$$

Para 5 Kg

$$L_0 = 0.47 \text{ m}$$

$$L_F = 0.50 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_f - L_0$$

$$\Delta L = 0.50 - 0.47$$

$$\Delta L = 0.03 \text{ m}$$

$$R = 6.2 \text{ cm}$$

$$F = m * g$$

$$F = 5 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = 49.05 \text{ N}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.062^2$$

$$A = 0.0121 \text{ m}^2$$

$$E = \frac{F * L_0}{A * \Delta L}$$

$$E = \frac{49.05 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.03 \text{ m}} = 63508.26 \text{ Pa} = 63.51 \text{ Kpa}$$

Para 8kg

$$L_0 = 0.47 \text{ m}$$

$$L_F = 0.525 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_f - L_0$$

$$\Delta L = 0.525 - 0.47$$

$$\Delta L = 0.055 \text{ m}$$

$$R = 6.2 \text{ cm}$$

$$F = m * g$$

$$F = 8 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = 78.48 \text{ N}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.062^2$$

$$A = 0.0121 \text{ m}^2$$

$$E = \frac{F * L_0}{A * \Delta L}$$

$$E = \frac{78.48 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.055 \text{ m}} = 55425.39 \text{ Pa} = 55.43 \text{ Kpa}$$

Botella 5**Para 1kg**

$$L_0 = 0.47 \text{ m}$$

$$L_F = 0.48 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_f - L_0$$

$$\Delta L = 0.48 - 0.47$$

$$\Delta L = 0.01 \text{ m}$$

$$R = 6.2 \text{ cm}$$

$$F = m * g$$

$$F = 1 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = 9.81 \text{ N}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.062^2$$

$$A = 0.0121 \text{ m}^2$$

$$E = \frac{F * L_0}{A * \Delta L}$$

$$E = \frac{9.81 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.01 \text{ m}} = 38104.96 \text{ Pa} = 38.10 \text{ Kpa}$$

Para 3 kg

$$L_0 = 0.47 \text{ m}$$

$$L_F = 0.492 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_f - L_0$$

$$\Delta L = 0.492 - 0.47$$

$$\Delta L = 0.022 \text{ m}$$

$$R = 6.2 \text{ cm}$$

$$F = m * g$$

$$F = 3 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = 29.43 \text{ N}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.062^2$$

$$A = 0.0121 \text{ m}^2$$

$$E = \frac{F * L_0}{A * \Delta L}$$

$$E = \frac{29.43 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.022 \text{ m}} = 50834.3350 \text{ Pa} = 50.83 \text{ Kpa}$$

Para 5 Kg

$$L_0 = 0.47 \text{ m}$$

$$L_F = 0.502 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_f - L_0$$

$$\Delta L = 0.502 - 0.47$$

$$\Delta L = 0.032 \text{ m}$$

$$R = 6.2 \text{ cm}$$

$$F = m * g$$

$$F = 5 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = 49.05 \text{ N}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.062^2$$

$$A = 0.0121 \text{ m}^2$$

$$E = \frac{F * L_0}{A * \Delta L}$$

$$E = \frac{49.05 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.032 \text{ m}} = 59538.99 \text{ Pa} = 59.54 \text{ Kpa}$$

Para 8kg

$$L_0 = 0.47 \text{ m}$$

$$L_F = 0.53 \text{ m}$$

$$\Delta L = L_f - L_0$$

$$\Delta L = 0.53 - 0.47$$

$$\Delta L = 0.06 \text{ m}$$

$$R = 6.2 \text{ cm}$$

$$F = m * g$$

$$F = 8 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$F = 78.48 \text{ N}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.062^2$$

$$A = 0.0121 \text{ m}^2$$

$$E = \frac{F * L_0}{A * \Delta L}$$

$$E = \frac{78.48 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.06 \text{ m}} = 50806.61 \text{ Pa} = 50.80 \text{ Kpa}$$

Botella 6**Para 1kg**

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 0.47 \text{ m} \\
 L_F &= 0.48 \text{ m} \\
 \Delta L &= L_f - L_0 \\
 \Delta L &= 0.48 - 0.47 \\
 \Delta L &= 0.01 \text{ m} \\
 R &= 6.2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 1 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 9.81 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \\
 A &= \pi * 0.062^2 \\
 A &= 0.0121 \text{ m}^2 \\
 E &= \frac{F * L_0}{A * \Delta L} \\
 E &= \frac{9.81 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.01 \text{ m}} = 38104.96 \text{ Pa} = 38.10 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

Para 3 kg

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 0.47 \text{ m} \\
 L_F &= 0.495 \text{ m} \\
 \Delta L &= L_f - L_0 \\
 \Delta L &= 0.495 - 0.47 \\
 \Delta L &= 0.025 \text{ m} \\
 R &= 6.2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 3 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 29.43 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \\
 A &= \pi * 0.062^2 \\
 A &= 0.0121 \text{ m}^2 \\
 E &= \frac{F * L_0}{A * \Delta L} \\
 E &= \frac{29.43 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.025 \text{ m}} = 45725.95 \text{ Pa} = 45.72 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

Para 5 Kg

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 0.47 \text{ m} \\
 L_F &= 0.503 \text{ m} \\
 \Delta L &= L_f - L_0 \\
 \Delta L &= 0.503 - 0.47 \\
 \Delta L &= 0.033 \text{ m} \\
 R &= 6.2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 5 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 49.05 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \\
 A &= \pi * 0.062^2 \\
 A &= 0.0121 \text{ m}^2 \\
 E &= \frac{F * L_0}{A * \Delta L} \\
 E &= \frac{49.05 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.033 \text{ m}} = 57734.78 \text{ Pa} = 57.73 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

Para 8kg

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 0.47 \text{ m} \\
 L_F &= 0.53 \text{ m} \\
 \Delta L &= L_f - L_0 \\
 \Delta L &= 0.53 - 0.47 \\
 \Delta L &= 0.06 \text{ m} \\
 R &= 6.2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 8 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\
 F &= 78.48 \text{ N} \\
 A &= \pi * r^2 \\
 A &= \pi * 0.062^2 \\
 A &= 0.0121 \text{ m}^2 \\
 E &= \frac{F * L_0}{A * \Delta L} \\
 E &= \frac{78.48 \text{ N} * 0.47 \text{ m}}{0.0121 \text{ m}^2 * 0.06 \text{ m}} = 50806.61 \text{ Pa} = 50.80 \text{ Kpa}
 \end{aligned}$$

4.2 Análisis de la influencia del tipo de botellas de PET (*polietileno tereftalato*) de la marca "San Carlos" y de la marca "San Luis".

Un análisis comparativo de las botellas de PET de las marcas San Carlos y San Luis, centrado en la evaluación del módulo de Young como indicador clave de rigidez y resistencia del material. Este estudio tiene como objetivo identificar y cuantificar las diferencias entre ambos tipos de botellas, con base en sus propiedades mecánicas. A través de los valores obtenidos, se busca determinar cómo la elección del tipo de PET y el diseño estructural influyen en el comportamiento mecánico de cada botella, permitiendo así una evaluación objetiva de su desempeño físico y potencial impacto en el uso, transporte y reciclaje del producto.

Tabla 2

Diferencias entre los dos tipos de botella

Ítem	Tipo de botella	Observación
1	"San Carlos"	De acuerdo a los promedios dados sobre 1 kg: 38.10 kPa – 3 kg: 50.05 kPa – 5 kg: 57.23 kPa – 8 kg: 53.76 kPa, presenta una estructura más flexible, con mayor alargamiento ante cargas aplicadas. Su menor módulo de Young indica una menor rigidez, lo cual puede facilitar el reciclaje y compactado, pero la hace menos resistente en transporte o presión interna.
2	"San Luis"	Tiene una respuesta más rígida al esfuerzo aplicado, con mayor resistencia a la deformación. Indica un PET de mayor rigidez o diseño estructural reforzado, ideal para soportar mejor el peso durante transporte o almacenamiento.

Nota. Al comparar las botellas de PET de las marcas San Carlos y San Luis, se evidencia que la botella San Luis presenta un mejor desempeño mecánico frente a la aplicación de cargas. Esto se refleja en sus mayores valores de módulo de Young, lo cual indica una mayor rigidez y menor deformación bajo esfuerzo. Por el contrario, las botellas San Carlos, aunque muestran una estructura más flexible, son menos resistentes y se deforman más fácilmente, lo que podría comprometer su integridad durante el transporte o almacenamiento. Por tanto, la botella San Luis resulta ser más adecuada en contextos donde se requiere mayor resistencia estructural, mientras

que San Carlos podría ser preferida en situaciones donde se priorice la facilidad de reciclaje o la reducción de volumen tras el uso.

4.3 Comparación de los resultados de la elasticidad de las botellas de PET (polietileno tereftalato) con la literatura científica.

A continuación, se presenta la Tabla 3, donde se comparan los valores experimentales del módulo de elasticidad de dos botellas de PET con datos reportados en la literatura científica. Este análisis permite identificar las diferencias estructurales y de comportamiento mecánico entre ambas marcas, considerando factores como la rigidez, la deformabilidad y el posible origen o tratamiento del material. Además, se discuten las implicancias prácticas de estas propiedades en relación con su uso industrial, resistencia y reciclabilidad.

Tabla 3

Análisis comparativo

Marca de la botella	Módulo promedio (Kpa)	Deformación	Comparación con la literatura
San Luis	62.80 KPa	Menor	Muestra mayor rigidez, similar a valores bajos reportados para PET reciclado o botellas delgadas. Aspajo, J. (2024).
San Carlos	50.73 KPa	Mayor	Mayor elasticidad y menor módulo de Young; más deformable, alineado con PET más fino o con menor tratamiento térmico. Paredes, R. (2020).

Nota. Los valores obtenidos para ambas botellas se encuentran dentro del rango esperado para ensayos prácticos aplicados sobre botellas terminadas. Las diferencias entre los resultados de ambas marcas se deben a factores como la forma de la botella, el grosor de sus paredes y el grado de reciclaje del material. La botella *San Luis*, al presentar un mayor módulo de Young, ofrece una mejor resistencia estructural, lo cual es coherente con diseños industriales destinados a soportar mayores cargas o reutilización. En contraste, la botella *San Carlos* muestra una mayor flexibilidad, lo que facilita su compactación o reciclaje, pero la hace más susceptible a la deformación bajo esfuerzo.

V. DISCUSIÓN

El estudio tuvo como principal objetivo analizar el comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) en botellas de las marcas San Carlos y San Luis mediante un protocolo de ensayo de tracción diseñado de forma manual. Este protocolo permitió evaluar el módulo de Young como indicador de rigidez estructural, lo que facilitó la comparación entre ambas marcas.

En relación con el primer objetivo, que consistió en evaluar la resistencia mecánica y elasticidad del PET en función de cargas aplicadas, los resultados evidenciaron que las botellas San Luis presentaron un mayor módulo de Young (promedio de 62.80 KPa), indicando una estructura más rígida y resistente frente a deformaciones. En contraste, las botellas San Carlos mostraron un comportamiento más elástico, con un menor módulo de Young promedio (50.73 KPa), reflejando una mayor deformabilidad. Estos resultados están en sintonía con lo planteado por Jaramillo et al. (2014), quienes destacan que las propiedades mecánicas del PET varían significativamente según su proceso de manufactura, grado de cristalización y el grosor de las paredes. Además, señalan que el uso del PET en aplicaciones estructurales, como en la ingeniería geotécnica, exige materiales con mayor rigidez, similar a lo observado en la botella San Luis.

El segundo objetivo se centró en comparar el desempeño mecánico de ambas marcas de botellas. El análisis reveló que San Luis, con menor deformación ante cargas crecientes, es más adecuada para resistir esfuerzos mecánicos durante transporte o almacenamiento. Esto concuerda con lo indicado por Villafañe (2018), quien analizó diferentes tipos de PET provenientes de botellas comerciales y concluyó que las botellas

más rígidas, por lo general, provienen de materiales vírgenes o con tratamientos térmicos específicos que aumentan la cristalinidad del polímero. Las botellas San Carlos, con mayor elongación, podrían estar fabricadas con PET más delgado o con menor grado de orientación molecular, lo que explica su flexibilidad, pero menor resistencia estructural.

En cuanto al tercer objetivo, relacionado con la implicancia ambiental y reciclabilidad del material, se evidencia que la flexibilidad del PET utilizado en las botellas San Carlos puede facilitar su compactación, almacenamiento y reciclaje, siendo ventajoso en contextos de economía circular. Según Castillo y Pacheco (2018), el comportamiento de los consumidores millennials está fuertemente influenciado por la percepción de sostenibilidad, y prefieren productos que faciliten el reciclaje. Bajo esta perspectiva, la menor rigidez de las botellas San Carlos podría ser una ventaja en términos de disposición postconsumo, aunque a costa de una menor resistencia durante su vida útil. Buscando contrastar los valores obtenidos con literatura científica, demuestra coherencia con estudios como el de Ojeda, Mercante y Fajardo (2019), quienes utilizaron materiales reciclados de PET para refuerzo de mortero y observaron una disminución en rigidez mecánica, pero un aumento en la capacidad de deformación. Esto es consistente con el comportamiento observado en las botellas San Carlos, que posiblemente contienen una mayor proporción de PET reciclado o poseen una estructura menos densa.

VI. CONCLUSIONES

Como resultado de esta investigación, se logró elaborar un protocolo de ensayo de tracción funcional para botellas de PET de la marca “San Carlos”, ante la carencia del equipo especializado conocido como texturómetro. El protocolo incluyó el uso de un soporte, el registro de variables clave como la longitud inicial y final, el diámetro y el peso aplicado, lo que permitió evaluar la respuesta mecánica del material ante distintos niveles de carga. Esta metodología, si bien alternativa, ofreció resultados válidos y replicables para comparar el comportamiento estructural de distintos tipos de botellas.

Los datos obtenidos evidenciaron diferencias claras entre las botellas de las marcas “San Luis” y “San Carlos”. Las botellas San Luis presentaron un mayor módulo de Young, lo cual indica una estructura más rígida y menos susceptible a la deformación. En contraste, las botellas San Carlos, reflejaron mayor elasticidad y capacidad de alargamiento frente a cargas. Estas diferencias sugieren que el diseño y la calidad del PET utilizado en cada marca influyen de manera directa en su resistencia mecánica.

Desde una perspectiva funcional, las botellas de la marca San Luis están mejor adaptadas para resistir condiciones de presión interna, transporte o almacenamiento, debido a su rigidez estructural. En cambio, las botellas San Carlos, al ser más flexibles, pueden ser más fácilmente compactadas o recicladas, aunque con el riesgo de deformarse ante esfuerzos mecánicos durante su uso. Esta propiedad podría ser útil en contextos donde se prioriza la sostenibilidad y reducción de volumen post-consumo.

Al comparar estos resultados con la literatura científica, se observó coherencia con estudios previos, como los realizados por Aspajo (2024) y Paredes (2020). Estos

autores destacan que el módulo de Young del PET puede variar dependiendo del grosor del material, el tipo de fabricación y el grado de reciclado. En ese sentido, la botella San Luis representa un PET más estructurado, posiblemente de mayor calidad o con diseño reforzado, mientras que la botella San Carlos se alinea con materiales más delgados o de menor tratamiento térmico.

Por lo general, este estudio demuestra que tanto el tipo de PET como el diseño estructural de la botella influyen de forma determinante en su comportamiento mecánico. Estas características deben ser cuidadosamente consideradas al momento de fabricar o seleccionar envases, según su uso final. La botella San Luis resulta más adecuada para fines que requieran mayor resistencia, mientras que San Carlos puede ser una opción más sostenible y económica para escenarios de menor exigencia mecánica.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda para medir la elasticidad o la resistencia de botellas de PET emplear pesos mayores a 1kg, debido con el presente proyecto donde se empieza a observar una ligera deformación es aplicando un peso de 3kg a más, es decir usando posteriormente 5kg y 8kg.
- Para futuras investigaciones es recomendable utilizar el equipo llamado texturometro con el fin de obtener datos más precisos y concretos para el uso o empleando materiales de polietileno tereftalato.
- Si se realiza de manera manual es importante considerar la resistencia que tiene el soporte sobre el cual se empleará las mediciones correspondientes, asegurando así que el soporte no presente rotura al aplicar pesos mayores.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aspajo, J. et al. (2024). Monografía: Resistencia de materiales en la Industria Alimentaria. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-la-amazonia-peruana/ingenieria-de-alimentos/monografia-de-resistencia-de-materiales/82739522>
- Baptista, P., Fernández, C., & Hernández, R. (2011). Metodología de la investigación. https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/metodologia-de-la-investigaci%C3%83%C2%B3n_sampieri.pdf
- Castillo, N., y Pacheco, J.(2018). La disposición de reciclar botellas de plástico PET en la generación de los Millennials. ¿Es cierto todo lo que se dice?[PDF]. Universidad peruana de ciencias Aplicadas. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628052/Castillo_N_N.pdf%3Fsequence%3D3%26isAllowed%3Dy%23%3A~:text%3DUniversidad%2520Nacional%2520del%2520Santa%26text%3Del%2520presente%2520trabajo%2520de%2520investigaci%25C3%25B3n, reduciendo%2520as%25C3%25AD%2520la%2520contaminaci%25C3%25B3n%2520ambiental.&ved=2ahUKEwj7h7HI5a6OAxX9GrkGHX_B6EQzsoNegQICBAa&usg=AOvVaw1CHPWVEFC3aJ59B1aB4BOd
- Castro, N., Guevara, G., & Verdesoto, A. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). <file:///C:/Users/HENRY/Downloads/Dialnet-MetodologiasDeInvestigacionEducativaDescriptivasEx-7591592.pdf>
- Garcia, R. (2019). Evaluación de resistencia y elongación en bolsas plástico. <https://es.scribd.com/document/446804489/LAB-1-EVALUACION-DE-RESISTENCIA-Y-OLONGACION-EN-BOLSAS-PLASTICAS>
- Garrido-Hernández, A., Sánchez-Ramírez, E., Reyes-Miranda, J., García-Domínguez, G., & Hernández-Chávez, C. O. (2024). Efecto de las condiciones de hidrólisis alcalina en las fibras de PET y su impacto en el refuerzo del concreto. Padi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 12, 64–71. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/13721>

- Jaramillo, E., Muñoz, L., Ossa, A., y Romo, M. (2014). Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas [PDF]. Scielo. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext%26pid%3DS0120-62302014000100020%23~:text%3DEnvases%2520rellenos%2520con%2520bo lsas%2520de%2520polietileno%26text%3DS%25C3%25AD%2520bien%2520 os%2520envases%2520llenos,en%2520resistencia%2520no%2520es%2520imp ortante.&ved=2ahUKEwj7h7HI5a6OAxX9GrkGHX-B6EQzsoNegQICBAU&usg=AOvVaw2pD3BNYWYzhBJ3Y2JI-BLJ
- Martin, A. (2020). Apuntes de elasticidad. https://oa.upm.es/63584/1/apuntes-de-elasticidad-v3_3.pdf
- Muñoz, A., Chalaco, M., y Areche, A. (2021). Descripción del comportamiento de una varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido. <file:///C:/Users/Elida/Downloads/Dialnet-DescripcionDelComportamientoDeUnaVarillaDePlastico-7926974.pdf>
- Ochoa, C. (2019). Diseño y análisis en la investigación. https://www.aepap.org/sites/default/files/documento/archivos-adjuntos/art1_2019_libro_diseno_y_analisis_de_investigacion.pdf
- Ojeda, J., Mercante, I., y Fajardo, N. (2020). Diseño y ensayo de fibras plásticas recicladas para refuerzo de mortero. <https://www.redalyc.org/journal/370/37072325005/html/>
- Paredes, R. (2020). Propuesta de elaboración de bioplástico en base a almidón de yuca para vasos descartables. Universidad Continental. Facultad de Ingeniería. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12438/2/IV_FIN_108_TI_Paredes_Vega_2020.pdf
- Rivas, V. D. y Cantillo, D. J. G. (2020). Análisis del tereftalato de polietileno (plástico pet) en tuberías hidráulicas domésticas bajo diversos régimen de flujo. ingeniería civil. [https://scholar.google.es/scholar?start=0&q=elasticidad+de+PET+en+botel las+\(+polietileno+tereftalato\)&hl=es&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1746556318133&u=%23p%3D4zTOVzfQA8sJ](https://scholar.google.es/scholar?start=0&q=elasticidad+de+PET+en+botel las+(+polietileno+tereftalato)&hl=es&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1746556318133&u=%23p%3D4zTOVzfQA8sJ)
- Villafañe, I. (2018). Análisis mecánico del material polimérico PET proveniente de botellas de plástico [PDF]. Universidad de valladolid. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://s://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/30144/TFG-P->

06

[775.pdf&ved=2ahUKEwj7h7HI5a6OAxX9GrkGHX_B6EQzsoNegQICBAO&u
sg=AOvVaw3o-dsCTZxwszmedYVTcze8](#)

IX. ANEXOS

Anexo A.

Figura 1

Presentación del acta de Resolución de Decanato

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Y BIOTECNOLOGÍA

RESOLUCIÓN DE DECANATO

Una carrera profesional para fortalecer los compromisos de la Universidad mediante planificación, ejecución y publicación de los resultados de su investigación. (...) Conocerá un componente importante que deberá reflejarse posteriormente con la capacidad del estudiante para realizar el trabajo de investigación conduciendo a la obtención del grado de bachiller. Asimismo, conocerá las capacidades para la preparación del proyecto y ejecución de la tesis para optar al título profesional.

Que, con Resolución de Decanato N° 044-2024-UNF-VIAC/FEIAB del 19 de febrero de 2024, se aprueba el REGLAMENTO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Y BIOTECNOLOGÍA, donde se señala la estructura y los requisitos que deben cumplir los Proyectos de Investigación Formativa para solicitar la emisión de la Resolución de aprobación.

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 162-2025-UNF/CO de fecha 14 de febrero de 2025, se encargó al Dr. LEONARDO ALONSO VALLEJOS MORE, docente Asociado de esta Casa Superior de Estudios, como Coordinador de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología de la Universidad Nacional de Frontera;

Que, mediante el INFORME N°166-2025-JUI-FEIAS-UNF, de 22 de mayo de 2025, la Jefa (c) de Unidad de Investigación de FEIA-UNF, Dr. Roberto Simón Seremino Sanz, una vez revisado la documentación presentada por el docente DR. PIÑARRETA OLIVARES, RONY ALEXANDER y el Co-asesor Mg. Cungiua Piedra Deyvi David, y al corroborar que estos se encuentran de acuerdo a la normativa vigente, de la admisibilidad para la extensión mediante acto resolutorio de Aprobación del proyecto de INVESTIGACIÓN "EVALUACIÓN DE UN MÓDULO DE YOUNG SOBRE BOTELLAS DE PET (POLIETILENO TEREFALATO)"; presentado por un equipo de investigación de la escuela profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, cuya conformación es la siguiente:

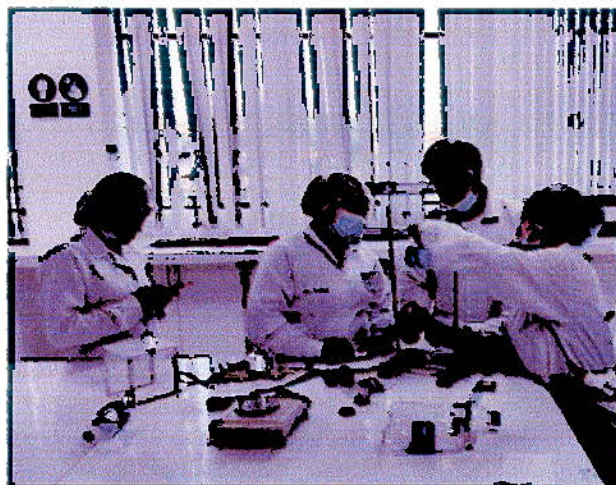
1	Dr. Piñarreta Olivares, Rony Alexander	Docente responsable
2	Mg. Cungiua Piedra Deyvi David	Co-asesor
3	Arivaldo Valdez Jesús Negrelli	Estudiante colaborador
4	Avendaño García Ugena Yanelly	Estudiante colaborador
5	Castro Torres Evelyn Yanina	Estudiante colaborador
6	Ignacio Adanaque Danna Paola	Estudiante colaborador
7	Mendoza Duque Branco Israel	Estudiante colaborador
8	Rosales Vásquez Lizabeth Jackeline	Estudiante colaborador

Nota. El documento por el cual fue aprobado la primera presentación de trabajo titulado "Evaluación del módulo Young sobre botellas de PET (*polietileno tereftalato*), como el equipo se conforma por 6 integrantes, el asesor Dr. Piñarreta Olivares, Rony y el co-asesor Mg. Cungiua Piedra Deyvi.

Anexo C

Figura 3

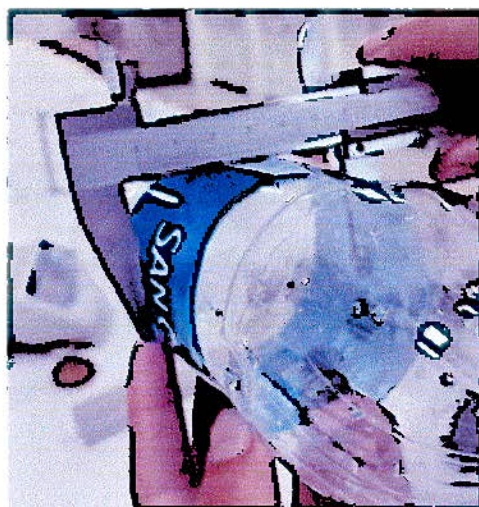
Fotografía de la implementación de un soporte de manera manual



Nota. Se aplica un soporte de manera manual debido a la falta del equipo texturometro, se aplicaron 2 soportes, además en el centro el uso de la botella, se mide la longitud inicial de las 6 muestras.

Figura 4

Medición del diámetro de las botellas de PET

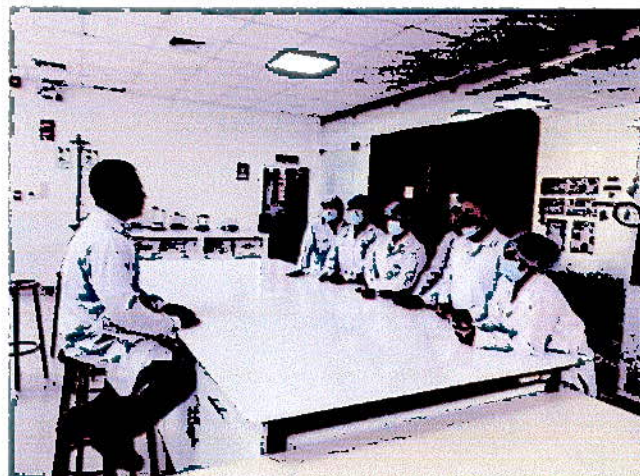


Nota. El pie de rey es un instrumento empleado para medir longitudes pequeñas o el diámetro de diversos materiales. En este caso se midieron las 5 botellas de marca San Carlos y 1 botella marca San Luis.

Anexo D

Figura 5

Reunión del equipo con el asesor del proyecto



Nota: En la imagen se observa al equipo completo de trabajo reunido con el asesor del proyecto, en el laboratorio institucional. Esta sesión tuvo como propósito discutir los avances del experimento de evaluación del módulo de Young en botellas de PET, así como recibir orientación sobre el tratamiento de datos y la validación de resultados. La participación activa y colaborativa del grupo fue clave para el desarrollo técnico y académico del estudio.

Figura 6

Reunión del equipo con el co-asesor del proyecto



Nota. El equipo de reunió con el conocimiento asesor, de manera previa a la experimentación en laboratorio con el fin de realizar los datos exactos y precisos a la experimentación, así mismo, hablar del tema es importante para aclarar las dudas para poder realizar el proyecto de manera sertera.