



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

# RESOLUCIÓN DE VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA N° 081-2025-UNF-VPAC

Sullana, 11 de diciembre de 2025.

### VISTOS:

Oficio N° 1342-2025-UNF-VPAC/FIAB de fecha 26 de noviembre de 2025, Informe N° 453-2025-JUI-FIAB-UNF de fecha 24 de noviembre de 2025; Resolución de Comisión Organizadora N° 829-2025- UNF/CO, de fecha 03 de octubre de 2025,

### 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 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 N° 30220, 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, conforme a la RVM N° 244-2021-MINEDU que resuelve aprobar el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución", en su numeral 6.1.1, la Comisión Organizadora se encuentra integrada por un Presidente y dos Vicepresidentes, encargados de dirigir y ejecutar las políticas en los ámbitos académico y de investigación respectivamente; y en su numeral 6.1.4 Funciones de la Comisión Organizadora: Las funciones de la Comisión Organizadora son las siguientes:... (g) *Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.*

Que, mediante Resolución de Presidencia de Comisión Organizadora N° 198-2025-UNF/PCO, de fecha 13 de octubre de 2025, se resuelve la Formalización de la emisión de Resoluciones Vicepresidenciales, el alcance de las Resoluciones Vicepresidenciales, la elevación de





## UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

expedientes a la Comisión Organizadora, el procedimiento de elevación, el reconocimiento de la responsabilidad técnica y supervisión y ejecución.

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 916-2024-UNF/CO, de fecha 28 de octubre de 2024, se actualizó el Reglamento de Organización y Funciones de la Universidad Nacional de Frontera (ROF-UNF), el cual establece en sus siguientes artículos lo siguiente:

### *Artículo 13°. Vicerrectorado Académico*

*El Vicerrectorado Académico es el órgano de dirección encargado de proponer y promover las políticas y normas académicas de formación integral; y, de organizar, programar, ejecutar y controlar el desarrollo de la actividad académica a través de los órganos de línea dependientes, en concordancia con las directivas impartidas por el Rector.*

### *CAPÍTULO VI*

#### *06. DE LOS ÓRGANOS DE LÍNEA*

*Constituyen órganos de línea de la UNF los siguientes:*

*...()*

#### *06.2.2 Escuela Profesional*

Que de conformidad con el Estatuto de la Universidad Nacional de Frontera, en su Artículo 22° Atribuciones del Consejo Universitario, señala en su literal f) *Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.*

Que mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 829-2025- UNF/CO, de fecha 03 de octubre de 2025, se resolvió aprobar el **Plan de Trabajo de Investigación Formativa** denominado **"Análisis de las propiedades mecánicas de galletas en sistemas de transporte automatizado-Sullana 2025"** presentado por el docente Dr. Ing. Rony Alexander Piñarreta Olivares, Mgtr. María Luz García Criollo y estudiantes de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología de la Universidad Nacional de Frontera.

Que mediante Informe N° 453-2025-JUI-FIIAB-UNF de fecha 24 de noviembre de 2025, el Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología de la Universidad Nacional de Frontera, señala que el **Plan de Trabajo de Investigación Formativa** denominado **"Análisis de las propiedades mecánicas de galletas en sistemas de transporte automatizado-Sullana 2025"**, se realizó con base en los estándares establecidos en el Reglamento de Investigación Formativa, así mismo el análisis de contenido evidencia el cumplimiento de los objetivos planteados, destacando se contribuye al desarrollo formativo de los estudiantes participantes, quienes han adquirido habilidades prácticas en el análisis de materiales alimentarios, por lo cual recomienda la aprobación del informe final, con emisión de acto resolutivo.





## UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

Que mediante Oficio N° 1342-2025-UNF-VPAC-FIIAB de fecha 26 de noviembre de 2025, el Coordinador de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología solicita a la Vicepresidencia Académica la aprobación del informe final del **Plan de Trabajo de Investigación Formativa** denominado "**Análisis de las propiedades mecánicas de galletas en sistemas de transporte automatizado-Sullana 2025**", para su posterior certificación, el cual destaca la importancia de implementar mejoras en los sistemas de transporte y empaque.

Que corresponde aprobar el informe final del **Plan de Trabajo de Investigación Formativa** denominado "**Análisis de las propiedades mecánicas de galletas en sistemas de transporte automatizado-Sullana 2025**", por cuanto evidencia el cumplimiento satisfactorio de los objetivos planteados y presenta un análisis técnico riguroso sobre el comportamiento mecánico de las galletas sometidas a procesos de transporte automatizado. De igual manera, el informe presenta una estructura metodológica coherente, fundamentación teórica pertinente, análisis de datos consistente y conclusiones alineadas con la problemática investigada, cumpliendo con los lineamientos institucionales establecidos para la Investigación Formativa. Por todo lo expuesto, el informe final muestra solvencia académica y técnica, contribuye al fortalecimiento del proceso productivo local y cumple plenamente con los criterios para su aprobación. Haciendo hincapié que la aprobación del Informe Final de este Plan de Investigación Formativa cuenta con el respaldo de los informes emitidos por las áreas competentes, los cuales lo avalan técnica y académicamente.



Que, de conformidad al Artículo IV el Título Preliminar del Texto Único Ordenado de la Ley de Procedimiento Administrativo General, aprobada mediante Decreto Supremo N° 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.

Página | 3

Estando a lo expuesto y en uso de las atribuciones conferidas por la Ley Universitaria N° 30220, el TUO de la Ley de Procedimiento Administrativo General Ley N° 27444, la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y la Resolución Viceministerial N° 064-2024-MINEDU.



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

### SE RESUELVE:

**ARTÍCULO PRIMERO. – APROBAR,** el Informe Final del **Plan de Trabajo de Investigación Formativa** denominado "**Análisis de las propiedades mecánicas de galletas en sistemas de transporte automatizado-Sullana 2025**" presentado por los responsables docente Dr. Ing. Rony Alexander Piñarreta Olivares, Mgtr. María Luz García Criollo 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. – AUTORIZAR** la emisión de certificados del **Plan de Trabajo de Investigación Formativa** denominado "**Análisis de las propiedades mecánicas de galletas en sistemas de transporte automatizado-Sullana 2025**" en mérito a lo probado 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.**

Universidad Nacional de Frontera  
Dr. Sigifredo Alberto Burneo Sánchez  
VICEPRESIDENTE ACADÉMICO DE LA  
COMISIÓN ORGANIZADORA

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias

Programa de Ingeniería de Industrias Alimentarias



## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

Análisis de las propiedades mecánicas de galletas en sistemas de  
transporte automatizado – Sullana 2025

Estudiantes responsables:

Arevalo Avalo, Omar Denys (ORCID:0009-0003-2607-9810)

Navarro Rufino, Ana Katherine (ORCID:0009-0005-2778-6829)

Zapata Ramos, Erik Jharen (ORCID:0009-0000-0728-0226)

Zapata Ramos, Annahi Kassandra (ORCID:0009-0007-8704-6755)

Docente responsable:

Dr. Ing. Rony Alexander Piñarreta Olivares  
Criollo

(ORCID: 0000-0003-0029-729X)

Asesor(a):

Mg. Ing. María Luz García

(ORCID: 0000-0002-4941-7873)

Semestre Académico:

2025

# Índice

- I. INTRODUCCIÓN..... 7
- II. REVISIÓN DE LITERATURA..... 9
- III. METODOLOGIA..... 15
  - 3.1. Materiales ..... 15
  - 3.2. Equipos ..... 15
  - 3.3. Materia prima ..... 15
  - 3.4. Procedimiento..... 15
  - 3.5. Población, muestra y muestreo ..... 16
    - 3.5.1. Población ..... 16
    - 3.5.2. Muestra ..... 16
    - 3.5.3. Muestreo ..... 16
  - 3.6. Variables de estudio ..... 16
  - 3.7. Métodos ..... 17
    - 3.7.1. Tipo de investigación..... 17
    - 3.7.2. Diseño de investigación..... 18
  - 3.8. Técnicas e instrumentos..... 18
    - 3.8.1. Técnicas ..... 18
    - 3.8.2. Instrumentos ..... 18
    - 3.8.3. Análisis de datos ..... 18
- IV. RESULTADOS..... 19
  - 4.1. Determinar las propiedades físicas de las galletas para el transporte automatizado. 19
  - 4.2. Describir las principales propiedades mecánicas de las galletas relevantes para el transporte automatizado..... 20
  - 4.3. Identificar los puntos críticos del sistema de transporte donde se produce mayor daño físico a las galletas. .... 20
    - 4.3.1. Factores que contribuyen al daño físico durante el transporte: ..... 21

• Vibraciones y golpes.....	21
• Humedad y temperatura.....	21
4.3.2. Puntos críticos específicos en el sistema de transporte: .....	21
• Salida del horno y enfriamiento.....	21
• Cargas y descargas en transporte externo. ....	21
V. DISCUSIÓN.....	22
VI. CONCLUSIONES.....	24
VII. RECOMENDACIONES .....	25
VIII. REFERENCIA BIBILOGRAFICA.....	26
IX. ANEXOS.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....16  
Tabla 2.....19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....19  
Figura 2.....29  
Figura 3.....29  
Figura 4.....30  
Figura 5.....30  
Figura 6.....31  
Figura 7.....31  
Figura 8.....32  
Figura 9.....32  
Figura 10.....33  
Figura 11.....33

## RESUMEN

El análisis de las propiedades mecánicas de las galletas en sistemas de transporte automatizado – Sullana 2025, es fundamental para garantizar la integridad del producto durante su manejo, almacenamiento y distribución. Por ello, se tiene como finalidad determinar cómo las características mecánicas de las galletas influyen en su resistencia durante el transporte. Esta investigación no solo permitirá comprender los daños más comunes que sufren las galletas en procesos industriales, sino también identificar áreas clave de mejora en el diseño de empaques y sistemas automatizados. Se utilizó una metodología experimental y cuantitativa, aplicando pruebas físicas con cargas variables (2 kg, 3 kg, 5 kg), recolección de datos mediante fichas técnicas y análisis documental de estudios previos. Como resultado, se observó que, al aumentar el peso aplicado, disminuye la altura de las galletas, indicando mayor compresión y riesgo de fractura, siendo más vulnerables en puntos críticos como la salida del horno, el enfriamiento y la carga en transporte externo. Además, se identificaron factores determinantes como la humedad y la textura, que afectan la dureza y elasticidad de las galletas. Por otro lado, se evidenció la necesidad de implementar mejoras en el diseño del sistema de transporte y en la selección de materiales de empaque. En conclusión, se logró analizar las propiedades mecánicas de las galletas, reafirmando que su evaluación es esencial para optimizar su resistencia física en sistemas automatizados y asegurar la calidad del producto final

**Palabras Clave:** Propiedades mecánicas, galletas, transporte automatizado.

## ABSTRACT

The analysis of the mechanical properties of cookies in automated transport systems – Sullana 2025 – is essential to ensure product integrity during handling, storage, and distribution. Therefore, the objective is to determine how the mechanical characteristics of cookies influence their resistance during transport. This research will not only provide an understanding of the most common damage suffered by cookies in industrial processes, but also identify key areas for improvement in the design of packaging and automated systems. An experimental and quantitative methodology was used, applying physical tests with variable loads (2 kg, 3 kg, 5 kg), data collection through technical sheets, and documentary analysis of previous studies. As a result, it was observed that, as the applied weight increases, the height of the cookies decreases, indicating greater compression and risk of fracture, making them more vulnerable at critical points such as exiting the oven, cooling, and loading during external transport. In addition, determining factors such as humidity and texture were identified, which affect the hardness and elasticity of the cookies. Furthermore, the need for improvements in the design of the conveyor system and the selection of packaging materials was evident. In conclusion, the mechanical properties of the cookies were analyzed, reaffirming that their evaluation is essential to optimize their physical strength in automated systems and ensure the quality of the final product.

**Keywords:** Mechanical properties, cookies, automated transport

## I. INTRODUCCIÓN

Las galletas son uno de los productos alimenticios más populares a nivel global debido a su versatilidad, larga vida útil, bajo costo y amplia aceptación entre diversos grupos sociales. Su producción industrial implica procesos automatizados que garantizan eficiencia y estandarización, pero también presentan desafíos significativos en cuanto a la preservación de su integridad física durante el transporte y manejo. Estudios recientes indican que entre el 5% y el 10% de las galletas sufren daños mecánicos en las etapas de distribución, principalmente debido a fracturas, deformaciones y pérdida de textura (Camino, 2022). Estos problemas no solo generan pérdidas económicas para la industria, sino que también afectan la percepción de calidad por parte del consumidor final.

En el contexto peruano, el consumo anual de galletas supera los 1.500 millones de unidades, lo que equivale a un promedio de 3 kg por persona al año. Este alto nivel de demanda exige sistemas logísticos eficientes que minimicen el desperdicio y mantengan las propiedades organolépticas del producto. Sin embargo, la fragilidad estructural de las galletas, sumada a factores como vibraciones, impactos mecánicos, cambios de temperatura y humedad durante el transporte, representa un desafío crítico para la industria alimentaria.

Para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Frontera, esta investigación representa una oportunidad clave para aplicar conocimientos teóricos en un entorno industrial real. El estudio de las propiedades mecánicas de las galletas no solo fortalece las competencias en análisis de materiales alimentarios, sino que también contribuye al desarrollo de soluciones innovadoras para optimizar los sistemas de transporte automatizado. Además, los resultados obtenidos pueden ser utilizados por empresas del sector para mejorar sus procesos, reducir mermas y garantizar la entrega de un producto de alta calidad.

La presente investigación se enfoca en evaluar las propiedades mecánicas de las galletas y su relación con los sistemas de transporte automatizado, un tema poco explorado en la literatura científica peruana. A nivel internacional, diversos estudios han demostrado que factores como la humedad, la composición de la masa y las condiciones de almacenamiento influyen directamente en la resistencia física de las galletas. Sin

embargo, aún existe un vacío de información sobre cómo estos factores interactúan en sistemas de transporte industrial, especialmente en regiones con climas tropicales como Sullana, donde las variaciones de temperatura y humedad pueden acelerar el deterioro del producto.

Con la finalidad de analizar las propiedades mecánicas de las galletas en sistemas de transporte automatizado, con el objetivo de establecer parámetros técnicos que permitan optimizar los procesos de manejo y distribución, minimizando los daños físicos y preservando la calidad del producto. Mediante un enfoque experimental, se busca generar evidencia científica sobre el comportamiento estructural de las galletas bajo diferentes condiciones de carga, vibración y factores ambientales, lo que contribuirá al desarrollo de soluciones innovadoras en diseño de empaques, sistemas de amortiguación y protocolos logísticos. Los hallazgos de este estudio no solo beneficiarán a la industria alimentaria al reducir pérdidas económicas, sino que también servirán como base para futuras investigaciones en ingeniería de alimentos, promoviendo prácticas más eficientes y sostenibles en la cadena de suministro de productos frágiles. Además, se espera que los resultados impacten positivamente en la experiencia del consumidor final al garantizar la integridad y calidad de las galletas comercializadas.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

En su investigación Mollo (2021), menciona que el análisis mecánico de galletas es un campo de estudio que evalúa las propiedades físicas y texturales de estos productos, centrándose en parámetros como dureza, fracturabilidad y elasticidad. Estas propiedades están influenciadas por factores como la humedad, la composición de ingredientes y los procesos de horneado. La investigación de Jenny Mollo Suni destaca la relación entre las propiedades mecánicas y acústicas de las galletas, demostrando que la humedad afecta significativamente su textura y el sonido emitido durante la fractura. Mediante equipos como texturómetros y máquinas universales de ensayo, se miden fuerzas de compresión y ruptura, mientras que micrófonos registran las emisiones acústicas. Los resultados muestran que galletas con menor humedad requieren menos fuerza para romperse, pero producen sonidos más intensos, mientras que aquellas con mayor humedad son más elásticas y generan menos ruido. Este análisis es crucial para la industria alimentaria, ya que permite optimizar la calidad y aceptación del producto por parte de los consumidores, asegurando atributos deseables como la crocancia. Además, el estudio contribuye al desarrollo de metodologías estandarizadas para el control de calidad, alineadas con normativas técnicas. En resumen, el análisis mecánico proporciona herramientas valiosas para mejorar la formulación, procesamiento y vida útil de las galletas.

Para Carpio (2021), las propiedades mecánicas de los materiales representan el conjunto de características que definen su capacidad para resistir, deformarse o fracturarse ante la aplicación de fuerzas externas, siendo fundamentales en disciplinas como la ingeniería, la ciencia de materiales y el diseño industrial. Estas propiedades incluyen parámetros clave como la resistencia a la tracción, compresión, flexión y torsión, así como la dureza, elasticidad, ductilidad, tenacidad y resiliencia, cada una de las cuales describe un aspecto específico del comportamiento del material bajo diferentes condiciones de carga. La resistencia a la tracción, por ejemplo, indica la máxima tensión que un material puede soportar antes de fracturarse, mientras que la elasticidad define su capacidad para recuperar su forma original tras la eliminación del esfuerzo aplicado. Por otro lado, la ductilidad y la tenacidad están relacionadas con la capacidad de deformación plástica y la energía absorbida antes de la fractura, respectivamente, siendo cruciales en

aplicaciones donde se requieren materiales que puedan soportar impactos o cargas dinámicas sin fallar catastróficamente. Además, propiedades como la fluencia y la fatiga adquieren especial relevancia en entornos con cargas prolongadas o cíclicas, como en componentes estructurales o piezas mecánicas sometidas a vibraciones. La evaluación de estas propiedades se realiza mediante ensayos normalizados, como los de tracción, compresión, dureza (Rockwell, Brinell o Vickers) y fractura, cuyos resultados se representan en curvas tensión-deformación que permiten analizar el comportamiento del material desde su fase elástica hasta su fractura. La relación entre la microestructura del material y sus propiedades mecánicas es un campo de investigación activo, especialmente en el desarrollo de aleaciones avanzadas, composites y materiales nanoestructurados, donde la manipulación a escala microscópica puede mejorar significativamente su desempeño mecánico. En la industria, el conocimiento de estas propiedades es esencial para la selección adecuada de materiales en aplicaciones críticas, como en la aeronáutica, la automoción o la construcción, donde la seguridad y la eficiencia dependen directamente del comportamiento mecánico de los componentes utilizados. Así, el estudio de las propiedades mecánicas no solo permite optimizar el uso de materiales existentes, sino también impulsar la innovación en el desarrollo de nuevos materiales con prestaciones superiores, adaptados a las demandas tecnológicas y ambientales actuales.

Para López (2021), la influencia del empaque y la disposición durante el transporte en el estado final de las galletas es un aspecto crítico que abarca múltiples factores físicos, químicos y logísticos que determinan su calidad, textura e integridad estructural al llegar al consumidor. El empaque actúa como primera barrera de protección contra agentes externos como la humedad ambiental, que puede alterar significativamente las propiedades mecánicas de las galletas al modificar su actividad de agua y reducir su característica crocancia, así como contra la oxidación de lípidos que provoca enranciamiento y cambios organolépticos. Los materiales de empaque más efectivos combinan propiedades de barrera al vapor de agua y gases, utilizando frecuentemente estructuras multicapa que incorporan films metalizados, polímeros como el PET o PP, y en algunos casos recubrimientos activos con absorbedores de oxígeno. Además de la protección pasiva, el diseño estructural del empaque debe considerar resistencias a compresión estática y dinámica, ya que durante el transporte las galletas están sujetas a fuerzas de apilamiento que pueden alcanzar varios kilogramos por centímetro cuadrado

en los niveles inferiores de las tarimas, así como a vibraciones constantes en rangos de 5-200 Hz dependiendo del medio de transporte (terrestre, marítimo o aéreo), que pueden provocar microfisuras y pérdida de integridad si no se emplean diseños con refuerzos estructurales o materiales amortiguadores. La disposición espacial dentro de los contenedores de transporte es igualmente crucial, ya que una mala distribución de la carga puede generar puntos de presión concentrada, movimientos relativos entre paquetes y en el peor de los casos el colapso de pilas completas; para evitarlo se emplean técnicas como el uso de separadores de cartón corrugado, sistemas de inmovilización con airbags o espumas de moldeado, y algoritmos de optimización de carga que consideran el centro de gravedad y las aceleraciones características de cada ruta de transporte. Estudios recientes han demostrado que la combinación de empaques con diseño estructural reforzado (como los patrones de nido de abeja en cartones) junto con disposiciones de carga que minimicen espacios libres puede reducir hasta en un 40% los daños por fractura durante transporte de larga distancia. Asimismo, el control de las condiciones ambientales durante el transporte, particularmente en lo que respecta a temperatura (idealmente mantenida entre 15-25°C) y humedad relativa (óptima <60%), es fundamental para prevenir cambios indeseados en las propiedades texturales, requiriendo en algunos casos el uso de contenedores con control atmosférico o el añadido de desecantes en el empaque secundario. La interacción entre estos factores -propiedades del material de empaque, diseño estructural, condiciones de transporte y disposición de carga- constituye un sistema complejo cuyo óptimo manejo permite preservar las cualidades mecánicas y sensoriales de las galletas, extendiendo su vida útil y reduciendo pérdidas económicas por producto dañado, demostrando que la ingeniería de empaques y logística de transporte son disciplinas tan cruciales como el propio desarrollo de formulación en la cadena de valor de productos de panificación.

Hernández (2024), en su investigación menciona que la caracterización mecánica de galletas constituye un área fundamental en la ciencia e ingeniería de alimentos, enfocada en evaluar cuantitativamente las propiedades texturales que definen la calidad y aceptabilidad del producto por parte del consumidor. Este análisis comprende la medición de parámetros como resistencia a la fractura, dureza, fracturabilidad y módulo de elasticidad, los cuales están íntimamente relacionados con la microestructura del producto y su composición (contenido de humedad, distribución de fases grasas, red de

gluten y estructura porosa). Las pruebas instrumentales más empleadas incluyen ensayos de compresión uniaxial utilizando texturómetros equipados con células de carga de alta precisión (generalmente entre 5-500N), donde se registran curvas fuerza-deformación que permiten determinar el punto de fractura (expresado en Newtons) y la energía requerida para alcanzarlo (área bajo la curva, en Joules), así como ensayos de flexión en tres puntos para evaluar la resistencia a la flexión en productos de mayor tamaño. Adicionalmente, técnicas acopladas como la medición de emisiones acústicas durante la fractura (mediante micrófonos calibrados o sensores piezoeléctricos) proporcionan información valiosa sobre la crocancia, correlacionando los espectros de frecuencia (típicamente en el rango de 1-16kHz) y amplitud (en dB) con la percepción sensorial. Estudios recientes han demostrado que la humedad juega un papel crítico en estas propiedades, mostrando que incrementos del 2-3% en contenido de agua pueden reducir la fuerza de fractura hasta en un 40% y modificar significativamente los patrones acústicos, fenómeno explicado por la teoría de transición vítrea y plasticización de componentes amorfos. La reología de fractura aplicada a galletas ha permitido establecer modelos predictivos que relacionan parámetros como tamaño y distribución de poros (cuantificados por microtomografía computarizada) con el comportamiento mecánico, mientras que técnicas avanzadas como la nanoindentación están revelando las propiedades mecánicas a escala microscópica de dominios individuales de almidón y proteína. En el ámbito industrial, esta caracterización se integra en sistemas de control de calidad automatizados, donde equipos como el TA.XTplus (Stable Micro Systems) o el CT3 (Brookfield) permiten realizar mediciones en línea con alta reproducibilidad ( $CV < 5\%$ ), estableciendo especificaciones técnicas para parámetros como "fuerza máxima de fractura" (típicamente entre 50-300N dependiendo del tipo de galleta) o "número de picos acústicos". La correlación entre estos parámetros instrumentales y paneles sensoriales ha llevado al desarrollo de índices de calidad objetivos, mientras que la aplicación de inteligencia artificial en el análisis de datos mecánicos está permitiendo predecir defectos de textura a partir de variables de proceso. Esta aproximación multidisciplinaria (que combina mecánica de materiales, acústica y ciencia de alimentos) no solo optimiza el desarrollo de nuevos productos, sino que también permite el diseño de empaques y protocolos de almacenamiento que preserven las propiedades mecánicas deseadas, reduciendo el porcentaje de producto rechazado por defectos texturales (estimado en 3-7% de la producción total) y garantizando la consistencia que exigen los mercados actuales.

La manipulación de productos alimenticios frágiles, como galletas, obleas, productos de panadería delicada y snacks crujientes, requiere la implementación de estándares industriales rigurosos que garanticen su integridad física desde la producción hasta el consumidor final. Estos protocolos se basan en normativas internacionales como las establecidas por la ISO 22000 (gestión de seguridad alimentaria), el Codex Alimentarius, y guías específicas como la AIB International Consolidated Standards for Inspection, que establecen criterios técnicos para el manejo, almacenamiento y transporte de alimentos susceptibles a daños mecánicos. Un aspecto fundamental es el diseño de sistemas de empaque que cumplan con los requisitos de resistencia a compresión (ASTM D642), hermeticidad (ASTM F2097) y capacidad de amortiguación (ASTM D1596), utilizando materiales como cartón corrugado de doble pared, films de polipropileno biorientado (BOPP) con barrera al vapor, o espumas de poliestireno expandido (EPS) para absorción de impactos. En el ámbito logístico, los estándares exigen condiciones controladas de humedad relativa (entre 40-60%) y temperatura (18-22°C para la mayoría de productos secos), monitoreadas mediante dataloggers que registran variaciones durante el tránsito, con tolerancias máximas de  $\pm 2^\circ\text{C}$  y  $\pm 5\%$  HR para evitar cambios texturales.

La manipulación física se rige por principios ergonómicos (ISO 11228) que limitan la altura máxima de apilamiento (generalmente no más de 1.5 metros para cajas de galletas estándar) y requieren equipos de movimiento con amortiguación neumática, como transpaletas con suspensiones ajustables o bandas transportadoras con rodillos de baja fricción. Tecnologías avanzadas como sistemas de visión artificial para inspección de fracturas (basados en algoritmos de deep learning que detectan microfisuras con precisiones del 99.5%) y robots colaborativos con sensores de fuerza (capaces de manipular paquetes con precisiones de  $\pm 0.1\text{N}$ ) están transformando los procesos de picking y paletizado en centros de distribución. En transporte, las normas UNECE WP.11 para embalaje de mercancías peligrosas han sido adaptadas para productos frágiles, especificando métodos de sujeción de carga con tensores de ratchet y sistemas de inmovilización por vacío que reducen aceleraciones máximas permitidas a menos de 0.5g en dirección vertical.

López (2023), menciona que los estándares industriales para la manipulación de productos alimenticios frágiles, la capacitación del personal sigue protocolos HACCP extendidos que incluyen módulos específicos sobre manejo de frágiles, donde técnicas como el "levantamiento en pirámide" (distribución uniforme de peso en palets) y el uso de indicadores de impacto (como los sellos ShockWatch® que cambian de color ante aceleraciones superiores a 3G) son obligatorias. Estos estándares se complementan con auditorías periódicas que verifican el cumplimiento de parámetros como: porcentaje de producto dañado en destino (meta <0.5%), eficiencia de empaques (pruebas ISTA 3A simulando 200km de transporte), y vida útil validada mediante estudios acelerados (ARRHENIUS) que correlacionan estrés mecánico con pérdida de calidad. La industria está evolucionando hacia la digitalización total con blockchain para trazabilidad de condiciones de manejo e IoT con sensores de vibración en tiempo real, creando ecosistemas donde cada eslabón de la cadena -desde operarios hasta algoritmos de routing- contribuye a preservar la frágil microestructura de estos alimentos, reduciendo pérdidas económicas (estimadas en 12-15% del valor total sin estos controles) y asegurando que productos delicados lleguen en óptimas condiciones a mercados globales cada vez más exigentes.

### III. METODOLOGIA

#### *3.1. Materiales*

- Bandejas
- Recipiente de plástico
- Bolsas plásticas
- Arena
- Regla

#### *3.2. Equipos*

- Balanza analítica
- Cronómetro

#### *3.3. Materia prima*

- Galleta Soda

#### *3.4. Procedimiento*

- Prepara el recipiente cilíndrico de plástico transparente el cual tendrá una base plana con una altura considerable aproximado de 10 cm además de contar con una base redonda que nos servirá como tapa para el recipiente
- Colocar el recipiente en una superficie plana y medir con una regla aproximadamente 10 cm de altura, luego llenamos el recipiente con la galleta soda y colocamos la base redonda encima del recipiente de tal manera que nos quede como una tapa y que garantice la uniformidad en la superficie

- Se aplican pesos de 2 kg, 3 kg y 5kg sobre el recipiente esperamos unos segundos para que se asiente el peso y medimos de nuevo la nueva altura de la galleta
- Después de haber aplicado los pesos calculamos el porcentaje de compresión con la siguiente formula

$$\frac{\text{Altura inicial} - \text{Altura Final}}{\text{Altura inicial}} \times 100$$

- Y finalmente separamos los paquetes de galletas que se han roto de los que están intactos y calculamos el porcentaje de paquetes dañados

### 3.5. Población, muestra y muestreo

#### 3.5.1. Población

Para realizar la investigación, se estableció la población en estudio, la cual estuvo representado por la totalidad de galletas comercializadas en la provincia de Sullana.

#### 3.5.2. Muestra

Se eligió la muestra, que está representada por 3 paquetes de galletas a base de harina de trigo comercializadas en diferentes tiendas ubicadas en la provincia de Sullana: Plaza Veá, Mercado Modelo, Tottus, Mercadillo de la calle 7.

#### 3.5.3. Muestreo

La técnica por la cual se determinó la muestra fue de tipo no probabilística, porque fue determinado a criterio y conveniencia de los investigadores.

### 3.6. Variables de estudio

**Tabla 1**

*Conceptualización y operacionalización de la variable*

Variable	Conceptualización	Operacionalización	Dimensión	Indicadores
Propiedad mecánicas	En los alimentos permiten evaluar el nivel de textura, un aspecto clave en la	La variable se operacionalizará a través del análisis de las galletas para	Textura	• Perfil de textura (TPA)

de las galletas	percepción sensorial de los consumidores, ya que puede ser detectada a través de estímulos mecánicos, visuales y auditivos, (Jeltema et al., 2017).	poder determinar sus propiedades mecánicas y poder registrar los datos en el instrumento de la investigación	• Curva fuerza/deformación	
			Dureza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la penetración</li> <li>• Fuerza máxima de ruptura (N)</li> </ul>
			Flexibilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Curva de recuperación elástica</li> <li>• Grado de deformación antes de la ruptura</li> </ul>
			Crujiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensidad del sonido al crujir</li> </ul>

Nota. Elaboración propia 2025

### 3.7.Métodos

#### 3.7.1. Tipo de investigación

Respecto al objeto de estudio es **experimental** debido a que es un proyecto que se basa en la observación, manipulación y control de variables para probar una hipótesis, validar teorías o descubrir nuevas relaciones causales. Se caracteriza por el uso del método científico, incluyendo etapas como la formulación de hipótesis, diseño del experimento, recolección de datos, análisis de resultados y conclusiones (Galarza, 2021).

De acuerdo al tipo de datos empleados la investigación es **cuantitativa**:

Para Cárdenas (2018), la investigación cuantitativa es un enfoque metodológico que se basa en la recolección y el análisis de datos numéricos con el objetivo de identificar patrones, probar hipótesis y establecer relaciones causales entre variables. Este tipo de investigación utiliza herramientas estadísticas para garantizar la objetividad, precisión y

replicabilidad de los resultados, y suele aplicarse en estudios que requieren medición exacta y generalización de los hallazgos a una población más amplia.

### 3.7.2. Diseño de investigación

El grado de la manipulación de las variables fue **experimental**, debido a que el estudio se delimita a la descripción de las variables para que sean analizadas sin intención de manipularlas para ver si existe un cambio o no entre ellas, como también lo sustenta Hernández et al. (2014), que para este tipo de investigación se realizada sin manipulación deliberada de las variables, sólo se observan para el análisis los fenómenos tal y como ocurren en su contexto natural.

El periodo temporal en que se realizara la investigación es **transversal** por que se realiza una recopilación histórica de todos los sucesos y cambios que ha sufrido la variable dependiente, asimismo Hernández et al. (2014), señala que un estudio transversal los datos se recogen en un único momento, los cuales serán utilizados para describir variables en un único momento y analizar su aparición con sus relaciones en un momento dado.

## 3.8. Técnicas e instrumentos

### 3.8.1. Técnicas

- Observación
- Análisis documental

### 3.8.2. Instrumentos

- Ficha técnica de observación de laboratorio.
- Ficha de revisión bibliográfica.

### 3.8.3. Análisis de datos

Los datos recolectados en la investigación serán procesados y analizados por medio de tablas de tabulación y figuras.

### IV. RESULTADOS

#### 4.1. Determinar las propiedades cas de las galletas para el transporte automatizado.

Tabla 2

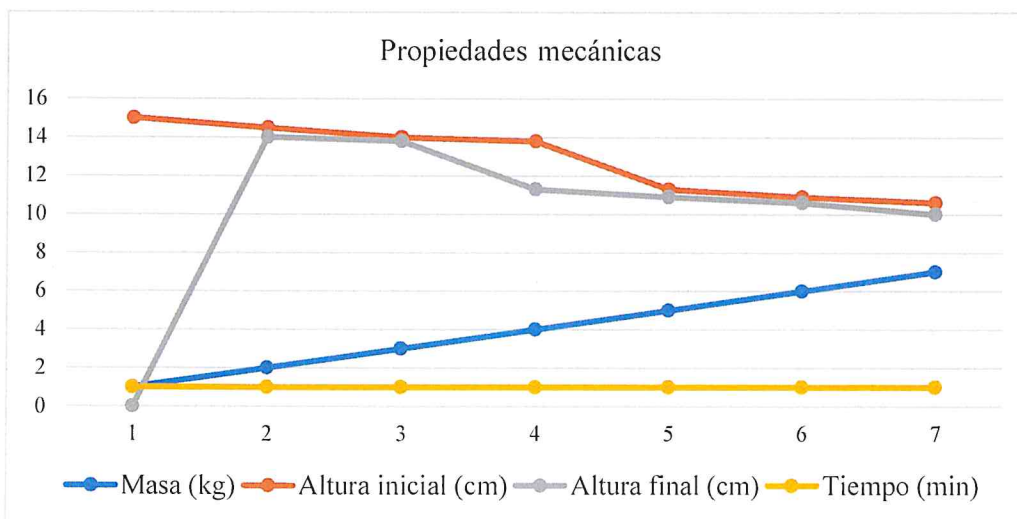
Determinación de las propiedades mecánicas.

Masa (kg)	Altura inicial (cm)	Altura final (cm)	Tiempo (min)
1	15.00	14.50	1
2	14.50	14.00	1
3	14.00	13.80	1
4	13.80	11.30	1
5	11.30	10.90	1
6	10.90	10.60	1
7	10.60	10.00	1

Nota. En la tabla 1 se muestra los datos obtenidos partir de los análisis de las propiedades mecánicas que se les realizaron a las galletas.

Figura 1

Variación de las propiedades mecánicas



Nota. Se observa 7 tratamientos, de la cual se evidencia que a medida que va aumentando la masa disminuye la altura, mientras que el tiempo es constante.

#### ***4.2.Describir las principales propiedades mecánicas de las galletas relevantes para el transporte automatizado.***

Las propiedades mecánicas de las galletas que influyen directamente en su transporte automatizado son principalmente la fuerza de fractura, la dureza, la elasticidad y la resistencia a la compresión. Estas propiedades determinan la capacidad de las galletas para soportar esfuerzos durante el manejo en cintas transportadoras, sistemas de apilamiento, y procesos de envasado sin sufrir daños o roturas (Mollo, 2021).

- **Fuerza de fractura y dureza:** La fuerza necesaria para romper una galleta es un indicador clave para diseñar sistemas que eviten daños durante el transporte. Por ejemplo, estudios han demostrado que la fuerza de fractura puede variar significativamente según la humedad de la galleta, con valores que oscilan entre 140 N para galletas con menor humedad y hasta 311 N para aquellas con mayor humedad, lo que afecta su elasticidad y textura.
- **Elasticidad:** La elasticidad está relacionada con la capacidad de la galleta para deformarse bajo presión y volver a su forma original sin romperse. Es un factor crítico para el diseño de sistemas de transporte que requieren manipulación delicada y apilamiento.
- **Resistencia a la compresión:** Ensayos de compresión realizados con texturómetros permiten medir la tensión máxima que puede soportar una galleta antes de romperse, información esencial para ajustar parámetros de velocidad y presión en cintas transportadoras y sistemas automatizados.

#### ***4.3.Identificar los puntos críticos del sistema de transporte donde se produce mayor daño físico a las galletas.***

Investigaciones recientes sobre procesos productivos de galletas revela que los puntos donde se generan mayores daños físicos suelen estar asociados a las etapas donde las galletas están más vulnerables a impactos mecánicos, como en las bandas transportadoras y durante el laminado o corte (Altamirano y Flores, 2022).

#### **4.3.1. Factores que contribuyen al daño físico durante el transporte:**

- **Vibraciones y golpes:** Durante el transporte interno (bandas transportadoras, traslado entre procesos) y externo (distribución en camiones), las vibraciones y golpes son factores críticos que causan fracturas en las galletas, especialmente cuando no se cuenta con sistemas de amortiguación adecuados.
- **Humedad y temperatura:** Según un estudio sobre la estructura de las galletas, cambios bruscos de humedad y temperatura durante el transporte pueden generar tensiones internas en la masa, provocando grietas o "checking" que afectan la integridad física del producto.

#### **4.3.2. Puntos críticos específicos en el sistema de transporte:**

- **Salida del horno y enfriamiento:** El manejo inadecuado en la banda de salida del horno y durante el enfriamiento puede causar daños físicos, ya que las galletas aún están calientes y frágiles, lo que coincide con la identificación de puntos críticos en la etapa de horneado y envasado en la investigación sobre HACCP en producción de galletas.
- **Cargas y descargas en transporte externo:** La manipulación durante la carga y descarga en vehículos de distribución es otro punto crítico, donde la falta de amortiguación y embalaje adecuado puede aumentar la tasa de fracturas.

## V. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como propósito evaluar las propiedades mecánicas de las galletas al ser sometidas a diferentes niveles de carga, simulando condiciones reales dentro de un sistema de transporte automatizado. En este contexto, los resultados obtenidos revelaron una clara relación entre el incremento del peso aplicado sobre las galletas y su nivel de deformación. Se evidenció que, bajo una carga de 8 kg, la reducción de altura alcanzó un promedio de 1.5 cm, lo cual representa un daño considerable en la estructura del producto. Este hallazgo demuestra que las galletas, al ser alimentos de baja resistencia a la compresión y alta fragilidad, requieren condiciones de transporte diseñadas específicamente para proteger su integridad.

Estos resultados coinciden con lo planteado por Cortés Cañola (2024), quien analizó estructuralmente bandas transportadoras en la industria alimentaria, concluyendo que un diseño adecuado puede evitar deformaciones en productos frágiles. En el presente trabajo, las bandas utilizadas no contaban con protección amortiguadora ni distribución equilibrada de la carga, lo que permite afirmar que una de las causas directas de la compresión de las galletas es la ausencia de materiales que absorban el impacto o disipen la presión.

Asimismo, la investigación realizada por Nieva Mendoza y Rodríguez Ortiz (2017) sobre el diseño de sistemas automatizados para el reproceso de galletas defectuosas respalda el hecho de que la automatización sin supervisión de calidad puede generar pérdidas significativas. En nuestro caso, al no contar con sensores ni sistemas que midan en tiempo real la presión ejercida sobre los paquetes, se dificulta prevenir el daño físico del producto. Es necesario, por tanto, incorporar herramientas que permitan evaluar y controlar constantemente las condiciones mecánicas durante el traslado.

Otro aspecto relevante fue el porcentaje de compresión acumulado en las pruebas prácticas. Bajo cargas progresivas de 2, 4, 6 y 8 kg, las galletas experimentaron un nivel de deformación que fue aumentando con cada etapa, lo que evidencia un comportamiento no lineal frente a la presión. Este fenómeno sugiere que existe un umbral crítico, a partir del cual la estructura interna del producto colapsa. Este comportamiento está en línea con lo observado por Aliaga Aliaga (2015), quien, al analizar la producción de galletas, identificó que los mayores desperdicios se generan por falta de control estructural en

11

zonas de laminado. Esta conclusión respalda la idea de que no solo el transporte, sino también las etapas previas deben contemplar mecanismos de protección.

En este sentido, es posible afirmar que las condiciones actuales de transporte en la planta analizada no garantizan la conservación del producto. La falta de empaques resistentes a la compresión, la ausencia de separadores internos en las cajas y el apilamiento excesivo son factores que contribuyen al daño estructural. Pérez García (2023), al implementar una faja transportadora basada en estándares CEMA, demostró que seguir normativas técnicas no solo mejora la eficiencia, sino que también protege la integridad del alimento. Aplicar estas normativas permitiría rediseñar el sistema actual, considerando la resistencia de materiales, el peso distribuido y la absorción de impactos.

Adicionalmente, se evidenció que muchas de las cajas empleadas en el transporte carecen de rigidez estructural suficiente, lo cual aumenta el riesgo de colapso interno cuando se apilan unas sobre otras. Esta observación resalta la importancia del diseño del embalaje como parte integral del sistema de transporte automatizado. No se trata únicamente de transportar con rapidez, sino de hacerlo sin comprometer la calidad física del producto final.

En conclusión, los datos empíricos obtenidos permiten confirmar que las galletas, por su naturaleza mecánica, necesitan condiciones de transporte específicas que minimicen el riesgo de deformación. Discutir estos hallazgos a la luz de investigaciones previas permite reforzar la importancia del diseño estructural, la automatización controlada y la aplicación de normativas industriales. Esta investigación aporta evidencia real sobre cómo variables físicas como la altura, el peso y la presión deben considerarse desde el diseño del sistema hasta la entrega del producto al consumidor. Solo así se garantizará una logística eficiente y una calidad constante en productos frágiles como las galletas.

## VI. CONCLUSIONES

La determinación de las propiedades físicas muestra que a medida que se incrementa el peso de las galletas, su altura disminuye de forma progresiva, manteniéndose constante el tiempo de evaluación, este comportamiento sugiere que las galletas más pesadas presentan mayor compresión estructural, lo cual debe ser considerado al diseñar sistemas de transporte automatizado que aseguren estabilidad y eviten deformaciones durante el manejo, además, esta tendencia podría indicar una densidad más elevada que influye en la resistencia al impacto. Por lo tanto, es fundamental ajustar los parámetros mecánicos del sistema para adaptarse a la variabilidad física del producto

Las propiedades mecánicas como la fuerza de fractura, dureza, elasticidad y resistencia a la compresión son determinantes para garantizar la integridad física de las galletas durante su transporte automatizado, su correcta medición y análisis permiten ajustar los sistemas de manipulación y transporte, evitando daños estructurales y asegurando una mayor eficiencia en las líneas de producción y envasado, la variación de estas propiedades debido a factores como la humedad puede comprometer la calidad final del producto. Por ello, se recomienda establecer límites operativos en función del comportamiento mecánico de las galletas.

Los puntos más críticos en el sistema de transporte de galletas, donde se concentra el mayor daño físico, se ubican en las etapas de salida del horno, enfriamiento, manipulación en bandas transportadoras y en los procesos de carga y descarga, factores como vibraciones, golpes y cambios ambientales afectan directamente la integridad de las galletas, por lo que se deben implementar mecanismos de amortiguación y control ambiental para minimizar pérdidas por fractura o deterioro y una adecuada identificación de estos puntos permite rediseñar procesos y materiales de embalaje más resistentes. Así, se mejora la calidad del producto final y se reducen los costos asociados a pérdidas por rotura.

## VII. RECOMENDACIONES

- Establecer mecanismos de absorción en cintas transportadoras, debido a que las galletas pueden romperse por impactos y vibraciones, se sugiere colocar capas absorbentes en las cintas transportadoras, sobre todo en áreas clave como la salida del horno y durante el enfriamiento esto disminuirá en gran medida el deterioro físico del producto.
- Modificar el diseño del embalaje de acuerdo con las características mecánicas de las galletas dado que el peso afecta la compresión estructural de las galletas, es fundamental utilizar envases que distribuyan la presión de manera uniforme y proporcionen una mayor protección durante el transporte.
- Diseñar envases de protección basados en los datos de deformación recopilados de los ensayos efectuados con diferentes cargas (1 kg, 2 kg, 3 kg, 4kg, 5kg, 6kg, 7kg), se extrajo información esencial acerca de la deformación a partir de esta información, se deben desarrollar empaques que soporten estas cargas sin dañar el producto.
- Capacitar a los empleados en el uso responsable del producto pese a la automatización, el aspecto humano continúa siendo fundamental en el tratamiento de los paquetes se sugiere instruir al personal en prácticas adecuadas de carga, descarga y conservación, subrayando la relevancia del cuidado físico del producto para preservar la calidad final y minimizar desperdicios financieros.

## VIII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Altamirano B, R. R., y Flores C, G. K. (2022). “Diseño de un sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) en una línea de producción de galletas de la empresa Katari alimentos SAC”.  
[https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6888/DISE%C3%91O%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20ANALISIS%20DE%20PELIGROS%20Y%20PUNTOS%20CRITICOS%20DE%20CONTROL%20\(HACCP\)%20EN%20UNA%20L%C3%8DNEA%20DE%20PRODUCCION%20DE%20GALLETAS%20DE%20LA%20EMPRE](https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6888/DISE%C3%91O%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20ANALISIS%20DE%20PELIGROS%20Y%20PUNTOS%20CRITICOS%20DE%20CONTROL%20(HACCP)%20EN%20UNA%20L%C3%8DNEA%20DE%20PRODUCCION%20DE%20GALLETAS%20DE%20LA%20EMPRE)
- Boruckowska, H., Boruckowski, T., Figurska-Ciura, D., & Drożdż, W. (2020). Effect of addition of dried potato pulp on selected quality characteristics of shortcrust pastry cookies. *Open Life Sciences*, 15(1), 735–741. [https://doi.org/10.1515/BIOL-2020-0093/ASSET/GRAPHIC/J\\_BIOL-2020-0093\\_FIG\\_002.JPG](https://doi.org/10.1515/BIOL-2020-0093/ASSET/GRAPHIC/J_BIOL-2020-0093_FIG_002.JPG)
- Cárdenas, J. (2018). Investigación cuantitativa. <https://refubium.fub-berlin.de/handle/fub188/22407>
- Díaz, A., Dini, C., Viña, S. Z., & García, M. A. (2019). Composición química, propiedades mecánicas y análisis sensorial de galletitas de bajo contenido lipídico con la incorporación de queso blanco. *Libro de Trabajos Completos CyTAL®-ALACCTA 2019: Parte I*, 10. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/121730>
- El comercio. (2023). *Cada año se consumen en el Perú 1.500 millones de paquetes de galletas* | ECONOMIA | EL COMERCIO PERÚ. <https://elcomercio.pe/economia/negocios/cada-ano-se-consumen500-millones-paquetes-galletas-noticia-1636347/?ref=ecr>
- Galarza, C. A. R. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 10(1), 1-7. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7890336https://doi.org/10.3390/FOODS11030305>
- Jeltema, M., Beckley, J., & Vahalik, J. (2017). Food Texture Measurement and Consumer Choice. *Reference Module in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21149-9>

- Morán. (2020). Definición de métodos. <file:///C:/Users/zarat/Downloads/M%C3%A9todos-de-investigacion.pdf>
- Mollo Suni, J. (2021). *Análisis de propiedades acústicas relacionadas a propiedades mecánicas de textura de galletas*. Universidad Peruana Unión. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4650>
- Mollo Suni, J. (2021b). *Análisis de propiedades acústicas relacionadas a propiedades mecánicas de textura de galletas*. Universidad Peruana Unión. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4650>
- Najjar, Z., Alkaabi, M., Alketbi, K., Stathopoulos, C., & Ranasinghe, M. (2022). Physical Chemical and Textural Characteristics and Sensory Evaluation of Cookies Formulated with Date Seed Powder. *Foods 2022, Vol. 11, Page 305, 11(3)*, 305.
- Nandiyanto, A. B. D., Ragadhita, R., Ana, A., & Hammouti, B. (2022). Effect of Starch, Lipid, and Protein Components in Flour on the Physical and Mechanical Properties of Indonesian Biji Ketapang Cookies. *International Journal of Technology, 13(2)*, 432–443. <https://doi.org/10.14716/IJTECH.V13I2.5208>
- Padilla Sánchez, R. A. (2018). *Determinación de las propiedades fisicoquímicas de galletas enriquecidas con harina de chía (Salvia hispanica L.)*. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/bdb3ad18-a6f8-4ce0-9766-002249983d63>
- Vendrell Haya, S. (2021). *Enriquecimiento proteico y antioxidante de galletas con polvo de hojas secas de moringa y aceptación sensorial*. Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/171147>
- Piovesan, A., Vancauwenberghe, V., Aregawi, W., Delele, M. A., Bongaers, E., De Schipper, M., & Verboven, P. (2020). Designing mechanical properties of 3D printed cookies through computer-aided engineering. *Foods, 9(12)*, <https://doi.org/10.3390/foods9121804>
- Cortés Cañola, J. P. (2024). Diseño y análisis estructural de una banda transportadora para la industria alimentaria [Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27438/1/UPS-GT004976.pdf>

Nieva Mendoza, G. A., & Rodríguez Ortiz, W. P. (2017). Diseño de un sistema automatizado para el reproceso de galletas en las líneas de producción N°2 y N°3, en la Galletera del Norte S.A. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Alicia Concytec. <https://repositorio.upao.edu.pe/item/7b1b96c5-ebf4-f7ab-e050-010a1c030756>

Aliaga Aliaga, D. E. (2015). *Análisis y mejora del proceso productivo de una línea de galletas en una empresa de consumo masivo* [Tesis de Ingeniería Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/0b2e962f-7941-4d27-8b97-b3ff55b55049>

## IX. ANEXOS

### Anexo A. Evidencias fotográficas, Material utilizado

**Figura 2**

*Materiales utilizados en la practica*



*Nota:* En la figura, se evidencia los materiales utilizados en el laboratorio de la unf.

**Figura 3**

*Material de vidrio y bolsas*



*Nota:* En la figura, se evidencia los materiales utilizados en el laboratorio para la determinación de las propiedades de las galletas.

## Anexo B Procedimiento

**Figura 4**

*Preparación de bolsas con arena de 1kg y 2kg*



*Nota:* se evidencia el pesado de la arena utilizada para realizar los análisis.

**Figura 5**

*Equipo manual casero para determinar las propiedades mecánicas de las galletas*



*Nota:* se evidencia el acondicionamiento de las galletas, agregadas a un recipiente.

**Figura 6**

*Procedimiento para la colocación de los pesos*



*Nota: se evidencia el acondicionamiento de las galletas, agregadas a un recipiente.*

**Figura 7**

*Aplicación del peso 1 de 1kg*



*Nota: se evidencia el ingreso de la masa aplicada a las galletas desde una cierta altura.*

**Figura 8**

*Galletas después de la aplicarle un peso de 7kg*



*Nota: se evidencia, la deformación de las galletas al agregársele peso.*

**Anexo C, Evidencia fotográfica Datos Obtenidos en la practica**

**Figura 9**

*Datos recolectados*

Peso	Altura Inicial	Altura Final	Tempo	% de Deformación
1kg	15cm	14.5		
2kg	14.5	14.0		
3kg	14	13.8		
4kg	13.8	11.3		
5kg	11.3	10.9		
6kg	10.9	10.6		
7kg	10.6	10.0		

*Nota: se evidencia, los datos obtenidos de la práctica realizada.*

## **Anexo D, Evidencia fotográfica con el docente**

### **Figura 10**

*Asesoramiento con el docente responsable*



*Nota:* se evidencia, el asesoramiento a cargo del docente encargado brindando indicaciones.

## **Anexo E, Evidencia fotográfica con la docente**

### **Figura 11**

*Capacitación con la asesora*



*Nota:* se evidencia, la capacitación con la coasesora brindándonos conocimientos previos para el desarrollo del proyecto.