

**Licenciatura:** Ingeniería Mecánica.

**Nombre del Proyecto de Integración (PI):** Caracterización de desplazamientos axiales y radiales en tripas de gallina.

**Modalidad:** Proyecto de Investigación

**Versión:** Primera

**Trimestre Lectivo:** 24-I

**Datos del alumno:**

Nombre completo: Alonso Bautista Brian Alejandro

Matrícula: 2202005698

Correo electrónico: al2202005698@azc.uam.mx

**Datos del asesor:**

Nombre: M en C. Carlos Alejandro Vargas

Categoría: Titular

Departamento de adscripción: Ciencias Básicas

Teléfono: 55 2325 5918

Correo electrónico: cvargas@azc.uam.mx

**Datos del co-asesor:**

Nombre: Dr. Valeriano Salomón Álvarez Salazar

Categoría: Asociado D

Departamento de adscripción: Energía

Teléfono: 56 1869 0266

Correo electrónico: vsas@azc.uam.mx

**Datos del co-asesor:**

Nombre: Franklin Wladimir Peña Polo

Categoría: Externo

Departamento de adscripción: Matemáticas, CINVESTAV.

Teléfono: 56 4617 8453

Correo electrónico: franklin.pena@gmail.com



---

Firma

---

Firma

---

Firma

---

Firma

Fecha: 26/04/2024

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

---

Alonso Bautista Brian Alejandro

---

M en C. Carlos Alejandro Vargas

---

Dr. Valeriano Salomón Álvarez Salazar

---

Dr. Franklin Wladimir Peña Polo

## 1. Introducción.

Los tubos orgánicos, conocidos comúnmente como tripas, son estructuras tubulares naturales derivadas del intestino delgado de animales como bovinos, porcinos, aves de corral, etc. La versatilidad y las propiedades únicas de las tripas las convierten en un recurso valioso en diversas industrias. Su estructura natural proporciona una combinación de elasticidad y resistencia mecánica, las hace ideales para contener rellenos y transportar fluidos. El uso de las tripas es determinante para diversos tipos de embutidos a elaborar, los cuales pueden recibir o no tratamientos térmicos antes de su comercialización. Sin embargo, las tripas naturales tienen diferentes defectos tales como ruptura y contaminación microbiana debido a procesos de manipulación [1].

Hay también aplicaciones de tipo médico como son, por ejemplo: las suturas quirúrgicas Catgut crónica, elaboradas a partir de las tripas de vaca u oveja, las que son empleadas debido a su biocompatibilidad y capacidad degradativa en el cuerpo humano [2].

Trabajar con tejidos orgánicos es complicado debido a su naturaleza delicada y a la variabilidad que presentan. Estos tejidos pueden descomponerse, contaminarse o sufrir cambios estructurales durante el procesamiento y su manipulación, por lo que es necesario tener cuidados.

El problema por resolver es caracterizar las propiedades que tienen los tubos orgánicos, tripas de gallina, en términos de los fenómenos de deformación y flujo. Empleando un reservorio de acrílico como se muestra en la figura 1, será posible observar los desplazamientos radiales y axiales que tendrá el tubo orgánico al tener un flujo continuo de agua en su interior.

En este proyecto de investigación para la realización de los experimentos se emplearán tripas de gallinas debido a que es más fácil obtener las muestras necesarias.

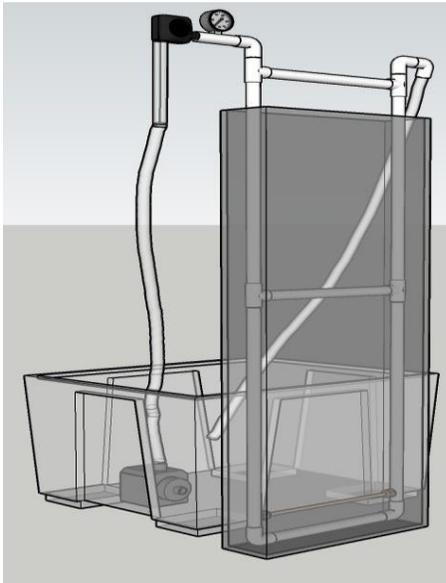


Figura 1. Reservorio de acrílico.

## 2. Antecedentes.

En la actualidad hay pocos trabajos relacionados con el proyecto que pretendo realizar, sin embargo, es posible señalar tres tesis, una de maestría, una de doctorado y otra de licenciatura que tienen algunos elementos útiles al menos en lo referente a modelaciones, aunque no respecto de la parte experimental.

En el año 2017 Martínez Salvador Héctor, de la Universidad de Zaragoza España, realizó un proyecto de fin de carrera relacionado con la influencia de las aproximaciones sobre el perfil de velocidades de vasos elásticos con aplicación a la simulación numérica de flujo sanguíneo en un modelo circulatorio detallado. En el capítulo 3 de su proyecto Martínez Salvador analizó la obtención de un sistema de ecuaciones unidimensionales que gobierna el flujo en estos vasos, derivado de las ecuaciones de Navier-Stokes [3]. De este proyecto se utilizará la parte matemática como base para determinar las ecuaciones que expliquen los desplazamientos axiales y radiales que sufren las tripas de gallina a causa de un flujo pulsátil.

En el año 2019 Isaza López Jérica Andrea, de la Universidad Nacional de Colombia, realizó una tesis de doctorado en ingeniería, donde identificó el comportamiento mecánico que tiene la piel y a su vez como predecir los coeficientes de la ecuación constitutiva de Ogden [4]. Se tomarán como base las ecuaciones constitutivas para modelar tejidos, ya que este modelo proporciona una buena aproximación de las propiedades mecánicas.

Hacia el año 2019 Chimbo Pérez Lorena Beatriz, de la Universidad Politécnica de Madrid, España realizó un trabajo de fin de máster, donde desarrolló un análisis del estado tensional de un cuerpo cilíndrico a fin de establecer la relación del comportamiento mecánico de una arteria [5].

Para el presente proyecto la referencia [5] nos será de utilidad porque emplearemos como base los fundamentos teóricos respecto a que sucede cuando los tejidos blandos son sometidos a cargas y presentan una respuesta no lineal con grandes deformaciones y cambios de forma.

## 3. Justificación.

Conocer el comportamiento de estos tubos orgánicos sometidos a fenómenos físicos permitirá comprender y caracterizar de manera básica estos cuerpos. Asumiendo que las tripas de gallina pueden presentar cierta variabilidad, por lo que es indispensable el método que se muestra en la figura 1 para permitir caracterizarlos correctamente.

## 4. Objetivos.

### **Objetivo general:**

Caracterizar de forma simple el comportamiento de tubos orgánicos sometidos a deformación y flujos de agua.

### Objetivos particulares:

Diseñar un montaje experimental de tubos orgánicos dentro de una celda de acrílico.

Realizar pruebas de tensión a las tripas de gallina.

Caracterizar 4 lotes de 10 segmentos de tubos orgánicos (intestinos) de gallina.

Sistematizar el proceso para caracterizar tubos orgánicos.

Procesar las imágenes obtenidas con la cámara de alta velocidad en el software MATLAB.

## 5. Metodología.

En esta sección se detalla el análisis y montaje experimental, junto con la especificación de las variables dependientes e independientes utilizadas en las pruebas experimentales, para llevar a cabo el proyecto se realizará la metodología en el siguiente orden:

1. Investigación de modelos matemáticos existentes. Se realizará un estudio de los modelos matemáticos existentes referentes al tema de continuidad. Analizando su funcionamiento, fortalezas y limitaciones. Posteriormente se analizarán las condiciones que incluyan aquellos modelos que aportan información importante al proyecto.
2. Se construirá el dispositivo mostrado en la figura 1, con acrílico y de forma hermética, dentro de él irá una conexión de tubos de PVC como el de la figura 2. Al mantener una presión hidrostática dentro del reservorio y un flujo constante de agua dentro de las tuberías ocasiona un flujo pulsátil en las tripas. Este flujo pulsátil está en función de la presión hidrostática ( $P_H$ ), la presión de entrada ( $P_1$ ) y salida ( $P_2$ ), así como del área transversal ( $A$ ) y del módulo de elasticidad ( $E$ ) del material.

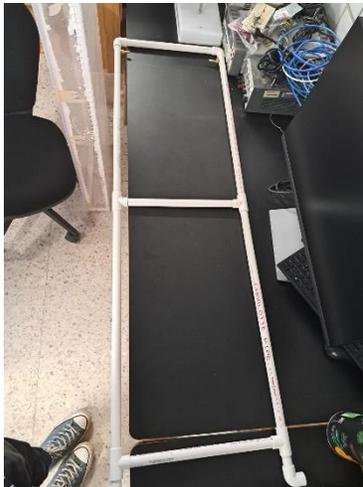


Figura 2. Foto de la conexión de tuberías que van dentro del reservorio de acrílico.

3. Se configurará un Arduino en donde se conectarán los sensores para que puedan recopilar los datos de presión y flujo, así mismo se utilizará una bomba hidráulica para tener un mejor control del fluido que pase dentro de las tripas de gallina.
4. Se desinfectarán los segmentos de tripa con ácido acético al 5% y agua, teniendo así una solución de 2.5% de ácido acético. Al ser un material orgánico tiende a contaminarse con microorganismos que pueden dañar o alterar sus propiedades físicas.
5. Se realizarán los ensayos de tensión a las tripas de gallina. Esto se realizará en el laboratorio de Caracterización de Materiales del Departamento de Materiales, donde se utilizará la máquina SHIMADZU. Para obtener la deformación, el desplazamiento y esfuerzo de cada segmento de tripa.
6. Con la cámara de alta velocidad se filmará el experimento que se hará con ayuda del reservorio de acrílico. Esto con el fin de ver las deformaciones axiales y radiales que presenta la tripa de gallina al momento de que transite internamente el flujo de agua.
7. Con los vídeos que se obtendrán, se podrán generar las imágenes de la deformación axial y radial de las tripas de gallina y posteriormente procesarlas con ayuda del software MATLAB.
8. Como última etapa se elaborará el reporte con los resultados obtenidos y se incluirán los entregables vinculados en esta propuesta.

## 6. Normatividad.

La norma oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994, establece las prácticas adecuadas de higiene y sanidad en los procesos de alimentos, mismas que se utilizarán en la manipulación de tejidos orgánicos, a fin de reducir los riesgos de salud para los que manipulan dichos tejidos [6].

La norma de calidad Española BOE-A-1986-29371 para las tripas naturales destinadas al mercado, permite describir el proceso de preparación y obtención de las muestras, así mismo permite clasificarlas por su procedencia anatómica [7].

La norma oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004 decreta las especificaciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos que se dedican a sacrificar y faenar animales para abasto. En su definición 3.20 menciona la extracción de las vísceras contenidas en cavidades torácicas, abdominales, craneales y bucal [8].

## 7. Cronograma de actividades.

UEA para la que se solicita autorización:

- Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

	Actividades durante el Trimestre 24-P	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Revisar bibliografías	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Construir el montaje experimental		X	X									
	Hacer pruebas de tensión a las tripas de gallina				X	X	X						
3	Realizar el montaje experimental y prueba hidrostática				X	X	X						
4	Grabar la prueba hidrostática con cámara de alta velocidad (1000 FPS)				X	X	X						
5	Realizar el procesamiento de imágenes con MATLAB							X	X	X	X		
6	Realizar el reporte final								X	X	X	X	X

	Actividades durante el Trimestre 24-O	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Sistematizar proceso de caracterización de tubos orgánicos	X	X	X									
2	Analizar resultados		X	X	X								
3	Realizar y entregar el reporte final	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

## 8. Entregables.

- Caracterización de las tripas de gallina.
- Reporte final del Proyecto de Integración.

## 9. Referencias bibliográficas.

- [1] Sánchez Merchá, c. d., y Vásquez Guapisaca, a. c., 2016, “ELABORACIÓN DE EMBUTIDOS EMULSIONADOS y NO EMULSIONADOS UTILIZANDO INULINA COMO SUSTITUYENTE PARCIAL DE LA GRASA DE CERDO”, Tesis de licenciatura en Ingeniería Química, Universidad De Cuenca, pp. 37.
- [2] 2012, “Sutura Quirúrgica de Catgut Crómica”, ETHICON Surgical Technologies [En línea]. Disponible: <https://www.jnjmedtech.com/es-419/product/sutura-quirurgica-de-catgut-cromica>. [Accedido: 03-mar-2024].
- [3] Martínez Salvador, H., 2017, “Influencia de Las Aproximaciones Sobre El Perfil de Velocidad En Vasos Elásticos Con Aplicación a La Simulación Numérica de Flujo Sanguíneo En Un Modelo Circulatorio Detallado.” Proyecto fin de carrera, Departamento de Ciencia de Materiales y Fluidos, Universidad de Zaragoza, pp. 25-29.
- [4] Isaza López, Jéscica A., 2019, “Comportamiento Mecánico de La Piel En Función Del Espesor de Las Capas Que La Componen”, Tesis de doctorado en Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, pp. 31-33.
- [5] Chimbo Pérez, Lorena B., 2019, “Abombamiento de tubos con tensiones residuales sometidos a presión interna y carga axial: aplicación a la formación de aneurismas en las paredes arteriales.” Trabajo de fin de máster, Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica De Madrid, pp. 7-9.
- [6] 1995, “NORMA Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Prácticas de Higiene y Sanidad Para El Proceso de Alimentos, Bebidas No Alcohólicas y Alcohólicas.”, SEGOB [En línea]. Disponible: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4880184&fecha=28/08/1995#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4880184&fecha=28/08/1995#gsc.tab=0). [Accedido: 03-abr-2024].
- [7] 1986, “BOE-A-1986-29371 Orden de 29 de octubre de 1986 por la que se aprueba la norma de calidad para tripas naturales con destino al mercado interior.” [En línea]. Disponible: [https://www.boe.es/eli/es/o/1986/10/29/\(5\)](https://www.boe.es/eli/es/o/1986/10/29/(5)).
- [8] 2004, “NORMA Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004, Productos y Servicios. Especificaciones Sanitarias En Los Establecimientos Dedicados al Sacrificio y Faenado de Animales Para Abasto, Almacenamiento, Transporte y Expendio. Especificaciones Sanitarias de Productos.”, SEGOB [En línea]. Disponible: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=661587&fecha=18/09/2004#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=661587&fecha=18/09/2004#gsc.tab=0). [Accedido: 18-abr-2024].

## 10. Terminología.

Tubos orgánicos: Estructuras tubulares de origen animal, que exhiben propiedades como conductividad, flexibilidad y biocompatibilidad.

## 11. Infraestructura.

Laboratorio de Caracterización de Materiales, Departamento de Materiales, acompañado del Dr. Joan Reyes Miranda.

Laboratorio de Sistemas Complejos W209, asesorado por M. en C. Carlos Alejandro Vargas.

## 12. Asesoría complementaria.

No es necesaria.

## 13. Publicación o difusión de los resultados.

Envío de trabajo a la revista electrónica AZCATL, de acceso libre, que pertenece a DCBI de la UAM-A.