

Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Azcapotzalco.  
División de ciencias básicas e ingeniería

**Licenciatura:** Ingeniería Mecánica.

**Nombre del Proyecto de Integración (PI):** Diseño y construcción de un sistema spray pirólisis.

**Modalidad:** Proyecto Tecnológico.

**Versión:** Primera.

**Trimestre Lectivo:** 24-P

**Datos del alumno:**

Nombre: Eloy Armando Gutierrez Garcia.

Matrícula: 2182005467

Correo electrónico: [al2182005467@azc.uam.mx](mailto:al2182005467@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](mailto:cvargas@azc.uam.mx)

**Datos del co-asesor:**

Nombre: Dra. Lucia Diaz Barriga Arceo.

Categoría: Externo.

Departamento de adscripción: IPN – ESIQIE.

Teléfono: 55 4015 3798

Correo electrónico: [luxell.diaz@gmail.com](mailto:luxell.diaz@gmail.com)

**Datos del co-asesor:**

Nombre: Dr. Valeriano Salomón Álvarez Salazar.

Categoría: Externo.

Departamento de adscripción: Externo.

Teléfono: 56 1869 0266

Correo electrónico: [salomonalvarez490@gmail.com](mailto:salomonalvarez490@gmail.com)



---

Firma

---

Firma

---

Firma

---

Firma

Fecha: 06/09/2024

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.

---

Gutierrez Garcia Eloy Armando

---

M en C. Carlos Alejandro Vargas

---

Dra. Lucia Diaz Barriga Arceo.

---

Dr. Valeriano Salomón Álvarez Salazar.

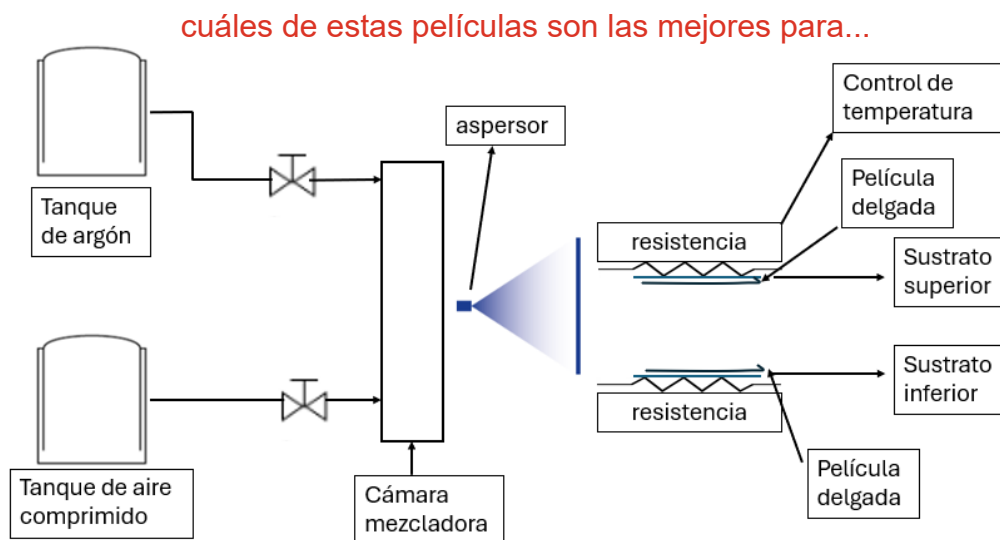
## 1. Introducción.

El método de "Spray Pirólisis", es una técnica versátil y eficiente para la síntesis de una amplia gama de materiales, aprovechando la descomposición térmica controlada de precursores químicos atomizados en forma de aerosol.

La clave de su aplicación radica en la capacidad para ajustar parámetros críticos como la temperatura de pirólisis, la concentración de los precursores y la velocidad de atomización, factores determinantes en la morfología y composición de los productos finales. Esta versatilidad ha encontrado aplicación en una amplia gama de campos, desde la fabricación de recubrimientos cerámicos avanzados hasta la síntesis de materiales conductores y catalíticos de alto rendimiento.

Este método no solo permite la producción económica y precisa de materiales a escala de laboratorio, sino que también se adapta a aplicaciones industriales donde la uniformidad, la reproducibilidad y el control de las propiedades son fundamentales. En este contexto, explorar las capacidades y aplicaciones del método de "Spray Pirólisis" representa un paso significativo hacia el avance en tecnologías emergentes y el desarrollo de materiales innovadores para diversas aplicaciones tecnológicas y científicas [1].

En este proyecto se plantea la construcción de un sistema de spray pirólisis, como se muestra en la figura 1, en la cual se ilustra el proceso de la obtención de las partículas, primero tenemos los tanques, aire comprimido y tanque de argón los cuales utilizaremos para inyectar aire al sistema, ya sea aire limpio o argón. En la parte de la cámara mezcladora se refiere a una pistola de gravedad en cuyo vaso de aluminio se colocarán las nanopartículas de cobre molibdeno y dióxido de titanio, previamente mezclados, y estos se inyectarán dentro del horno horizontal para calentarlos a distintas temperaturas de 600, 800 y 1000 °C y después de este proceso obtener películas y determinar cuáles de estas películas es la mejor para la creación de un refrigerante.



**Figura 1.** Prototipo del Sistema de Spray. Imagen propia.

## 2. Antecedentes.

En 2017 Luis Guillermo Venegas Pineda de UPIITA, Instituto Politécnico Nacional [2], realizó un trabajo de deposición por rocío pirolítico ultrasónico, donde describe la constitución básica de una boquilla ultrasónica y sus características, misma que empleó en la aplicación de esta técnica.

En 2018, Edwin Alexander Ramírez Pérez, Universidad Nacional de Colombia [3]. Realizó la fabricación de películas delgadas de  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  crecidas por el método de spray pirólisis y la optimización de sus propiedades para aplicaciones fotovoltaicas. en el cual se describe paso a paso la construcción de un sistema spray pirólisis, y así mismo se encontró información de la construcción del horno vertical.

En 2024, Dylan Iván Moreno Regino, Universidad Autónoma de Querétaro [4]. Publicó su tesis, películas delgadas de  $\text{Cu}_2\text{O}$  depositados RTA (Rapid Thermal Anneal "Recocido térmico rápido) para su aplicación como sensor de vapores de acetona. En este trabajo se encuentran la utilización de diversas nanopartículas, que fueron utilizados en un sistema de spray pirólisis.

## 3. justificación.

En el método de spray pirólisis se utilizan las técnicas en fase aerosol para la síntesis de nanopartículas metálicas, óxidos metálicos y semiconductores debido a que son técnicas simples las cuales se pueden escalar a nivel industrial. El sistema común de spray pirólisis es de aspersion vertical, mediante un horno que tiene un atomizador en la parte superior del mismo y así se genera una película delgada.

En el desarrollo de este proyecto se quiere obtener una aspersion horizontal para que se generen dos películas delgadas. Para esto se requiere la construcción de un horno que posea un orificio aspersor el cual se localice de manera horizontal para así obtener dos películas con una sola aspersion. De esta manera es posible obtener una mejor eficiencia con el material y reducir costos de producción. Además, con este proyecto se quiere obtener películas Cobre, molibdeno y dióxido de titanio, para determinar **cuáles de estas películas es las mejor para** la creación de un refrigerante, el cual no se realizará en este proyecto.

cuáles de estas películas son las mejores para...

## 4. Objetivos.

### Objetivo general.



Diseñar y construir un sistema spray pirólisis.

## Objetivos particulares.

Obtener nano partículas de cobre (Cu), molibdeno (Mo) y dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), mediante la molienda de partículas mesoscópicas.

Determinar las propiedades físicas y químicas de partículas esféricas nanoestructuradas para estimar su conductividad.

Caracterizar las nanopartículas por medio de Microscopia Electrónica de Barrido.

Determinar la cantidad de nanopartículas en la aspersión, mediante pruebas de calorimetría.

Diseñar y Construir el sistema spray pirólisis.

Acondicionar el sistema de flujo para el proceso.

Evaluar el ~~correcto~~ funcionamiento del sistema spray pirólisis.

Obtención de películas que se realizarán con distintas mezclas de nanopartículas.

Éste no es un objetivo. Todo objetivo inicia con un verbo en infinitivo.

## 5. Metodología o Descripción técnica.

El sistema spray pirólisis contará con un compresor de aire, con el cual se pretende generar el rocío, a través de una pistola de gravedad, en el vaso de aluminio se le colocará la mezcla de nanopartículas, y mediante una válvula se regulará la presión de aspersión, que entrará al horno horizontal, y así obtener las películas.

- El horno horizontal se construirá con placa de acero inoxidable, lana mineral, mortero refractario, resistencias tubulares y un termostato digital PID de doble salida entrada universal.
- El horno tendrá una temperatura de operación de 600, 800 y 1000 °C, se realizarán 5 experimentos con cada temperatura, dando un total de 15 experimentos.
- La mezcla de polvos serán Cobre (Cu), Molibdeno (Mo) y Dióxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>).
- Pistola de gravedad con boquillas de tamaño de 1.4 mm y 1.7 mm para distintos tamaños de aspersión.
- Compresor de aire de 5 HP.
- Adaptador de pistola de gravedad.
- Boquilla de goma para pistola de gravedad.
- Conector macho y hembra doble.
- Boquilla de seguridad de pistola de gravedad.
- Boquilla cónica pistola de gravedad.
- Cinta teflón.
- Pistola de gravedad.
- Acoplador industrial NPT de 1/4".
- Enchufe industrial NPT de 1/4".
- Manguera de nylon de bobina de 1/4" x 7.5 m.
- Cilindro portátil de Argón de 40L (8m<sup>3</sup>).

## 6. Normatividad.

Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015 es una norma que establece el sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo, para un sistema de spray pirólisis, esta norma es relevante para identificar y gestionar los riesgos asociados con las sustancias químicas involucradas en el proceso [5].

Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 es una norma que establece los criterios para identificar residuos peligrosos generados en actividades industriales. Esta norma se utilizará para los residuos que se genere con el spray pirólisis que requieran un manejo adecuado debido a su peligrosidad [6].

Norma Oficial Mexicana NOM-001-STPS-2008 es una norma que establece los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir las instalaciones y áreas del centro de trabajo para proteger la integridad física, para el proceso de spray pirólisis [7].

## 7. 0Cronograma de actividades.

UEA para la(s) que se solicita(n) autorización.

- Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I.

	Actividades del trimestre 24-O	Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Diseño del Horno horizontal.	X	X	X									
2	Realizar la molienda de partículas mesoscópicas.	X											
3	Determinar las propiedades físicas y químicas de las nanopartículas		X										
4	Caracterizar mediante SEM las nanopartículas.			X									
5	Realizar pruebas de calorimetría.				X								
5	Construcción del horno horizontal.					X	X	X					
6	Realizar pruebas para el <del>correcto</del> funcionamiento del horno horizontal.						X	X					
8	Construir el sistema spray pirólisis.							X	X				
8	Evaluar el correcto funcionamiento del sistema.								X				
10	Realizar las pruebas experimentales.								X	X			
11	Comparar los resultados del uso de Cu, Mo y TiO <sub>2</sub> .									X			
12	Redactar el reporte final.										X	X	X

## 8. Entregables.

- Horno horizontal.
- Sistema spray pirólisis funcional.
- Graficas comparativas de eficiencia térmica.
- Reporte final del Proyecto de Integración.

## 9. Referencias bibliográficas.



- [1] Ignacio Barrosos Benavente, 2016, "Síntesis y caracterización de sistemas híbridos metal-óxidos de tierras raras con propiedades ópticas por spray pirólisis y síntesis asistida por microondas de soluciones solidas de tierras raras", Tesis, Universidad Carlos III de Madrid.
- [2] Venegas Pineda L. G., 2017, "Deposición por rocío pirolítico ultrasónico". Instituto Politécnico Nacional, 01. [Deposición por rocío pirolítico ultrasónico \(Ultrasonic Spray Pyrolysis\) \(ipn.mx\)](#).
- [3] Ramírez Pérez Edwin, A., 2018, "Fabricación de películas delgadas de  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  crecidas por el método de spray pirolisis y optimización de sus propiedades para aplicaciones fotovoltaicas", Tesis, Universidad Nacional de Colombia.
- [4] Moreno Regino Dylan, I., 2024, "Películas delgadas de  $\text{Cu}_2\text{O}$  depositado por spray pirólisis sujetas a pos-tratamientos RTA para su aplicación como sensor de vapores de acetona", Tesis, Universidad Autónoma de Queretaro.
- [5] Norma mexicana, 2015, "Identificación y comunicación de peligros y riesgos asociados con el manejo de sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo, NOM-018-STPS-2015.
- [6] Norma mexicana, 2005, "Estable los criterios para la identificación, clasificación, y manejo de residuos peligrosos en México", NOM-052-SEMARNAT-2005.
- [7] Norma mexicana, 2008, "Las condiciones mínimas de seguridad y salud en los trabajos que se realicen en un centro de trabajo", NOM-001-STPS-2008.



## 10. Terminología.

No es necesaria.

11. Infraestructura.

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.

No se tiene intención de publicar.