

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE
Departamento de Procesos Tecnológicos e Industriales

Sustentabilidad y tecnología

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)
Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I



ITESO, Universidad
Jesuita de Guadalajara

4G03 Programa de Apoyo a Centros de Investigación Externos I
Síntesis de películas de sSulfuro de cCobre (*CuS*) por el método de baño
químico en el CUCEI.

PRESENTAN

Programas educativos y Estudiantes
Ing. en Nanotecnología, Yara Zepeda Zambrano

Profesor PAP: Dra. Araceli Sánchez Martínez
Tlaquepaque, Jalisco, diciembre, 2022

ÍNDICE

Contenido

REPORTE PAP.....	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	2
Resumen	4
1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional	4
1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto.....	6
1.2 Caracterización de la organización	11
1.3 Identificación de la(s) problemática(s)	13
1.4. Planeación de alternativa(s)	14
1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora.....	16
1.6. Valoración de productos, resultados e impactos	24
1.7. Bibliografía y otros recursos	25
1.8. Anexos generales	26
2. Productos.....	27
3. Reflexión crítica y ética de la experiencia	28
3.1 Sensibilización ante las realidades	28
3.2 Aprendizajes logrados	28

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son experiencias socio-profesionales de los alumnos que desde el currículo de su formación universitaria- enfrentan retos, resuelven problemas o innovan una necesidad sociotécnica del entorno, en vinculación (colaboración) (coparticipación) con grupos, instituciones, organizaciones o comunidades, en escenarios reales donde comparten saberes.

El PAP, como espacio curricular de formación vinculada, ha logrado integrar el Servicio Social (acorde con las Orientaciones Fundamentales del ITESO), los requisitos de dar cuenta de los saberes y del saber aplicar los mismos al culminar la formación profesional (Opción Terminal), mediante la realización de proyectos profesionales de cara a las necesidades y retos del entorno (Aplicación Profesional).

El PAP es un proceso acotado en el tiempo en que los estudiantes, los beneficiarios externos y los profesores se asocian colaborativamente y en red, en un proyecto, e incursionan en un mundo social, como actores que enfrentan verdaderos problemas y desafíos traducibles en demandas pertinentes y socialmente relevantes. Frente a éstas transfieren experiencia de sus saberes profesionales y demuestran que saben hacer, innovar, cocrear o transformar en distintos campos sociales.

El PAP trata de sembrar en los estudiantes una disposición permanente de encargarse de la realidad con una actitud comprometida y ética frente a las disimetrías sociales. En otras palabras, se trata del reto de “saber y aprender a transformar”.

El Reporte PAP consta de tres componentes:

El primer componente refiere al ciclo participativo del PAP, en donde se documentan las diferentes fases del proyecto y las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo de este y la valoración de las incidencias en el entorno.

El segundo componente presenta los productos elaborados de acuerdo con su tipología.

El tercer componente es la reflexión crítica y ética de la experiencia, el reconocimiento de las competencias y los aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

La síntesis de películas de sulfuro de cobre (CuS) por el método de baño químico tiene como finalidad la obtención de películas delgadas para su aplicación en celdas fotovoltaicas con precursores libres de amonía como la trietanolamina ($C_6H_{15}NO_3$) y tiourea (CH_4N_2S) que reducen el uso de materiales orgánicos cancerígenos. En este proyecto se presenta la síntesis de películas de CuS por el método de baño químico (CBD) en el cual se obtuvieron películas delgadas a una temperatura ambiente de 25 °C utilizando distintas concentraciones de trietanolamina (1M, 1.5M y 2M). Las películas se depositaron sobre sustrato de vidrio durante 90 minutos, cuidando la cinética de reacción de crecimiento. Las películas obtenidas por el método de CBD se les realizó un tratamiento térmico a 250 °C, 300 °C y 350 °C para mejorar sus propiedades morfológicas y estructurales. Para analizar sus propiedades ópticas se utilizó el espectrofotómetro UV-Vis para medir el porcentaje de transmisión y conocer el borde de absorción (400 – 500 nm) correspondiente a los valores reportados en la literatura ($E_g=2.5\text{eV}$, $E_g=496\text{nm}$). Para conocer su espesor, rugosidad y morfología de las películas se midieron con el microscopio de fuerza atómica (AFM). Para la película con tratamiento térmico a 250 °C y 1M se obtuvo una rugosidad de 14.1 nm (RMS), los valores del espesor de la película de 138 nm. Por último, para conocer su morfología y composición se caracterizó en el microscopio electrónico de barrido (SEM) en el cual se hizo la misma medición para la película de 1M donde se observó la presencia de aglomerados en la superficie de la película y se obtuvo la composición química del compuesto de sulfuro de cobre (CuS).

1. Ciclo participativo del Proyecto de Aplicación Profesional

±

El PAP es una experiencia de aprendizaje y de contribución social integrada por estudiantes, profesores, actores sociales y responsables de las organizaciones, que de manera colaborativa construyen sus conocimientos para dar respuestas a problemáticas de un contexto específico y en un tiempo delimitado. Por tanto, la experiencia PAP supone un proceso en lógica de proyecto, así como de un estilo de trabajo participativo y recíproco entre los involucrados.

Con formato: Normal, Sin viñetas ni numeración

El Departamento de Ingeniería de Proyectos (DIP), dependencia de la División de Ingenierías del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara tiene como misión, desde 1994, la investigación, el proceso y el desarrollo de tecnología en las áreas de ingeniería, ciencia de materiales y administración de tecnología. Este departamento busca vínculos entre universidades y empresas de desarrollo e innovación [1].

El DIP cuenta con programas académicos que están incluidos en el padrón Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT, la mayoría de los investigadores cuentan con el perfil deseable del programa de desarrollo profesional docente. Sus laboratorios están reconocidos por la entidad Mexicana de acreditación y entre ellos se encuentra el laboratorio el laboratorio de materiales semiconductores nanoestructurados en el que se está trabajando en la síntesis y caracterización de películas delgadas a partir del baño químico [1].

La síntesis química para películas de sulfuro de cobre (CuS) es parte del presente PAP experimental cuyo objetivo general es crear celdas fotovoltaicas para producir energía renovable a partir de precursores libres de amonía amigables con el ambiente que reducen el uso de materiales orgánicos cancerígenos con el proceso de deposición de baño químico (CBD). Algunos de los objetivos específicos son:

- Aplicar el proceso de baño químico (CBD) que consta de una solución a partir de compuestos orgánicos tales como, la trietanolamina ($C_6H_{15}NO_3$) y tiourea (CH_4N_2S).
- Realizar tratamientos térmicos de a 250 °C, 300 °C y 350 °C con ayuda del horno tubular a películas delgadas de CuS en distintas concentraciones (1M, 1.5M y 2M).
- Utilizar el espectrofotómetro UV-Vis para medir el porcentaje de transmisión y conocer el borde de absorción de las películas de CuS.
- Determinar el espesor, rugosidad y morfología de las películas con el microscopio de fuerza atómica (AFM).
- Conocer la morfología y composición de las películas de CuS en el microscopio electrónico de barrido (SEM).

1.1 Entendimiento del ámbito y del contexto

La síntesis de materiales con CuS es uno de los temas que en el laboratorio de Materiales Semiconductores y Nanoestructurados (LMSyN) ha sido estudiando últimamente, ya que lo que se desea es sintetizar películas delgadas por métodos químicos que presenten propiedades ópticas, morfológicas y eléctricas comparables con las que se obtiene por síntesis físicas [2].

La industria de las celdas solares se inició en 1953, y durante los últimos 20 años se ha buscado conseguir una eficiencia superior en la conversión de energía solar a eléctrica, por ejemplo, implementando los compuestos orgánicos mencionados. Actualmente se reportan eficiencias superiores al 9%. Los compuestos orgánicos tienen ciertas ventajas como lo es la versatilidad con la que se pueden realizar diversas modificaciones a su estructura. Un compuesto orgánico es aquél que está constituido por átomos de carbono e hidrógeno [3]. Las primeras investigaciones referentes a una celda solar orgánica datan del año 195, y han sido objeto de investigación desde entonces. Actualmente este tipo de celdas junto con otras energías renovables, serán las principales fuentes generadoras de energía eléctrica en el futuro [3].

Se realizaron diversas investigaciones, las cuales dieron origen a uno de los principales componentes electrónicos de nuestros días, el transistor de silicio, el cual abrió camino hacia las primeras celdas solares de este material. A pesar de que en un inicio los usos fueron pensados para el espacio, después se implementaron en la tierra, dando origen a una nueva fuente de energía viable. Los paneles solares de silicio monocristalino y cristalino ofrecen alta capacidad para absorber la radiación que favorece el efecto fotovoltaico. Por lo anterior, las empresas de telecomunicaciones se habían enfocado en este tipo de energía debido a su alto potencial y descubrimientos con materiales semiconductores [4].

A lo largo de los años, las celdas solares inorgánicas han sido desarrolladas a grandes escalas, sin embargo, debido a que su producción implica un alto costo, no se ha podido implementar su uso de manera mas amplia. Es por eso, que el presente PAP busca utilizar materiales orgánicos como alternativa para la fabricación de estos productos, aunque esta implementación requiera enfrentar retos como incrementar la eficiencia de la energía producida, aminorar los costos implicados en la fabricación y poder alcanzar un mayor

tiempo de vida útil [5]. Debido a que es necesario buscar alternativas de energía renovable, esta implementación de materiales orgánicos a las celdas solares puede generar un impacto positivo en el medio ambiente [5].

La alternativa planteada es disminuir costos de producción cambiando el tradicional silicio por el uso de semiconductores orgánicos. Desde el descubrimiento de estos tipos de materiales, se ha buscado poder emular los comportamientos de dispositivos creados a partir de sustancias inorgánicas. Después de ardua investigación, en los últimos años el resultado ha probado que se pueden considerar los materiales orgánicos como alternativa viable, debido a las ventajas que tienen sobre los materiales comunes, como es la propia versatilidad para modificar su estructura, pudiendo modular como sea necesario para llegar a las propiedades deseadas [6] [5].

Debido a esa versatilidad, se pueden sintetizar películas gruesas o delgadas, que son de vital importancia en la implementación de dispositivos fotónicos y optoelectrónicos, ya que estas películas se pueden depositar a temperatura ambiente, lo que promueve una gran facilidad en su manejo para este tipo de dispositivos mencionados. Al visualizar esto, nos podemos dar cuenta de que la energía renovable es el futuro de la energía en el mundo. Las celdas orgánicas, junto con otras fuentes de energía, serán el principal suministro de energía en unos años, aunque aún falta investigación para poder reemplazar de manera satisfactoria la energía no renovable que utilizamos hoy en día, así como llegar a una eficiencia mayor [6].

En los últimos años la tecnología ha ido experimentando materiales para la creación de celdas fotovoltaicas orgánicas con distintos tipos de elementos, entre los más populares ubicados en los grupos IIB, IIA-VIA de la tabla periódica (Figura 1). En estos grupos están ubicados el cobre y el azufre. Los estudios han avanzado considerablemente debido a su creciente aplicación en distintos dispositivos electrónicos y ópticos como en transistores, filtros, diodos emisores de luz y celdas solares. Este tipo de semiconductores tiene propiedades en particular que tienen valores distintos en la banda prohibida desde los 0.3 eV a 4.0 eV. Los semiconductores son materiales fotoconductivos, insolubles en agua, poseen una estabilidad

química en solución acuosa y presentan un alto punto de fusión por lo que los hace materiales ideales para ser sintetizados por medios químicos [7].



Figura 1. Tabla periodica de los elementos [7].

Para la formación de celdas fotovoltaicas se necesita una estructura fundamental de componentes electrónicos basados en la estructura P-N la cual es la unión de dos materiales semiconductores con exceso de huecos y electrones. Los electrones libres del lado N tienden a dispersarse en cualquier dirección, algunos atravesando la unión hacia el lado P (Figura 2). Cuando un electrón libre entra en la región P se convierte en un portador minoritario y con tantos huecos a su alrededor no tardará en recombinarse cayendo en un hueco, transformándose en un electrón de valencia. Estas propiedades permiten generar una zona de depleción, lo que nos permite tener un flujo de corriente y pares ionizados que caracteriza a los semiconductores. Este tipo de uniones estructurales de semiconductores se extienden de igual manera para precursores orgánicos permitiendo generar las mismas propiedades [7].

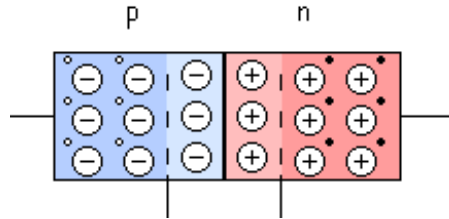


Figura 2. Unión P-N formando la zona de deplexión [7].

Existen diversas síntesis de materiales como el depósito químico en fase vapor (CVD, por sus siglas en inglés), evaporación por dispersión al vacío, depósito por láser pulsado (PLD, por sus siglas en inglés), depósito por capas de átomos (ALD, por sus siglas en inglés) y depósito por baño químico (CBD, por sus siglas en inglés). Entre las anteriores síntesis de materiales, la de depósito por baño químico (figura 3), posee ventajas particulares ya que es fácil de manejar, es adecuado para depósito en áreas grandes y también es un método rentable para la fabricación de películas delgadas. La mezcla de reacción contiene soluciones acuosas diluidas de una fuente de iones metálicos (generalmente una sal), un agente complejante y una fuente de iones calcogenuros. Los compuestos iónicos cuando se disuelven en agua se disocian en sus iones correspondientes, de manera que los iones metálicos en la solución se encuentran libres [8]. Es posible formar la unión P-N citadas por esta técnica para cubrir una superficie de forma homogénea y un depósito de buena calidad con propiedades electrónicas, ópticas y morfológicas para la creación de celdas solares fotovoltaicas con compuestos orgánicos [8].

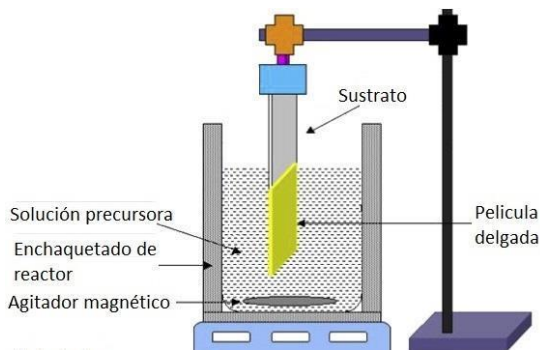


Figura 3. Sistema de depósito de películas por medio de CBD [8].

Mecanismo de crecimiento Ion-Ion.

En el proceso para el crecimiento de la película, los complejos que se forman en la solución son adsorbidos sobre la superficie del sustrato produciendo reacciones e intercambio de iones. Como ya se mencionó, la función del agente acomplejante en la solución es liberar controladamente los iones sobre la superficie y en esta primera etapa se forman los núcleos. [9].

El crecimiento ion-ion es un mecanismo simple donde ocurren reacciones iónicas secuenciales y consta de la adsorción sucesiva de aniones y cationes sobre la superficie del sustrato para formar la película, donde el producto del ion $n+$ excede el producto de solubilidad Kps , teniendo en consideración los problemas cinéticos que ocurren en la nucleación (Figura 4). Si la reacción se realiza en una solución alcalina se necesita un complejo para mantener el ión metal en solución y evitar que se precipite [9]. Ya que la descomposición del precursor puede ser manejada (por T, pH o concentración), la velocidad de formación del ion complejo puede ser bien controlada [10].

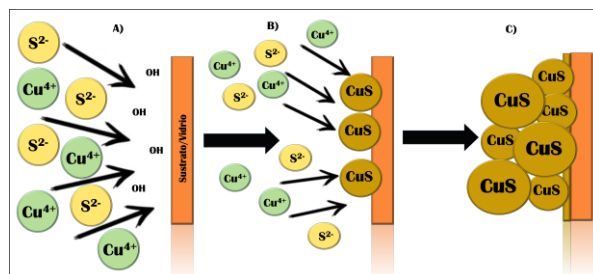


Figura 4. Diagrama esquemático del mecanismo ion por-ion. a) Difusión de los iones S^{2-} y Cu^{4+} hacia el sustrato. b) Nucleación y adsorción de los iones S^{2-} y Cu^{4+} habilitada por el CuS nucleado. c) Crecimiento de los cristales CuS los cuales se adhieren a otros a través de fuerzas de atracción mediante las interacciones químicas.

Espectro de la radiación solar.

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas y se genera en las reacciones del hidrógeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y es emitida por la superficie solar [11]. El

sol emite energía en forma de radiación de onda corta. Después de pasar por la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento por la difusión, reflexión en las nubes y de absorción por las moléculas de gases y por partículas en suspensión, la radiación solar alcanza la superficie terrestre oceánica y continental que la refleja o la absorbe. La cantidad de radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera[11].

La figura 5 presenta un estudio del espectro de la radiación solar que llega a la superficie del suelo y permite establecer que la radiación de longitud de onda menor que 0.2 mm debe ser absorbida totalmente por la atmósfera [11].

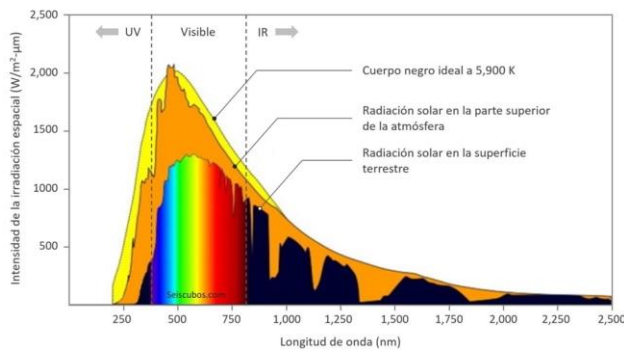


Figura 5. Espectro de la radiación solar [11].

1.2 Caracterización de la organización

El Departamento de Ingeniería de Proyectos (DIP) es una dependencia de la División del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI) y parte de la red universitaria de la ciudad de Guadalajara ubicada en los Belenes, Bulevard José Guadalupe Zuno 48, Industrial, 45157 Zapopan, Jalisco. Es el núcleo formado por el Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas, el nuevo campus del Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades y el Centro Cultural Universitario [12].

El DPI cuenta con tres programas académicos de posgrados como son la maestría en Ciencia de Materiales, el doctorado en Ciencia de Materiales y la maestría en Proyectos

Tecnológicos; los dos primeros forman parte del Padrón Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT y el restante se encuentra en proceso de lograr su pertenencia [12].

Para cumplir con su misión de atender la investigación científica y tecnológica en el campo de las ciencias exactas e ingeniería, el DIP tiene los siguientes objetivos:

1. Impartir enseñanza de posgrado en campos de ciencia de materiales y proyectos tecnológicos. Impartir diplomados, cursos cortos, seminarios y conferencias en los temas que le son afines, para la actualización y el desarrollo profesional.
2. Prestar servicios de información, tecnológicos, de consultoría y de asistencia técnica a la industria en general.
3. Realizar investigación científica y tecnológica en los campos de la ingeniería ambiental, la ciencia de materiales, la metalurgia, la ingeniería de procesos y la ingeniería de manufactura.
4. Apoyar la creación y desarrollo de empresas basadas en la tecnología.

La misión del DIP principalmente es la formación y actualización de recursos humanos, la prestación de servicios tecnológicos y la realización de actividades de investigación y desarrollo y su acción ante la sociedad, en las áreas de ingeniería, ciencia de materiales y administración de la tecnología, para industrias de proceso, de manufactura y technoambientales. Busca el establecimiento de vínculos entre la Universidad y la empresa para el desarrollo de actitudes de innovación, transferencia de conocimientos y de estímulo a la creación y desarrollo de empresas basadas en el conocimiento [12].

El DIP es una Dependencia universitaria reconocida en su entorno, cuyos programas académicos están incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT [12]. Sus laboratorios se encuentran acreditados ante la Entidad Mexicana de Acreditación, la mayoría de sus profesores investigadores cuentan con el reconocimiento del Sistema Nacional de Investigadores y tienen el perfil deseable del Programa para el Desarrollo Profesional Docente. Así, la Doctora Araceli Sanchez Martinez catedrática del CONACYT, profesora e investigadora cuenta con este perfil, y es la docente responsable del presente PAP.

1.3 Identificación de la(s) problemática(s)

El uso de energías renovables está teniendo un gran impacto en las últimas décadas ya que reducen las emisiones totales del dióxido de carbono y metano que hay en el ambiente. Los paneles fotovoltaicos que transforman la radiación solar en electricidad es una de las energías renovables más populares en la actualidad y que por lo general son fabricados con materiales como silicio cristalino (Si) y arseniuro de galio (GaAs) [13].

De los principales efectos que se generan al fabricar paneles solares con los materiales mencionados (Si y GaAs), es la producción de gases de efecto invernadero que son emitidos hacia la atmósfera, haciendo un daño considerable, aunque el grado de impacto ambiental depende de la manufactura de los paneles, su instalación y sobre todo cómo son desechados. Estos desechos contienen materiales perjudiciales para el medio ambiente, y aunque la mayoría de empresas reutilizan estas sobras para ahorrar dinero, muchas otras los desechan. Este material desechado al entrar en contacto con el agua provoca la acidificación del suelo y emite vapores nocivos, por lo cual es importante que se cuide la realización de este aspecto de manera correcta [13].

Sin embargo, los procesos y materiales que se requieren para la fabricación de los paneles fotovoltaicos conllevan los daños al medio ambiente ya mencionados y debido a las emisiones nocivas que se producen, genera la cuestión de si en verdad es conveniente seguir utilizando éste tipo de materiales. Es por esto que se busca una alternativa en las películas de sulfuro de cobre (CuS) implementadas con materiales libres de amoníaco como la trietanolamina ($C_6H_{15}NO_3$) y tiourea (CH_4N_2S) que pueden generar fuentes energéticas limpias, renovables y eficientes, generando una mayor estabilidad al momento de ser implementadas en sistemas de conversión y almacenamiento de energía evitando el uso de sustratos rígidos [13].

1.4. Planeación de alternativa(s)

La problemática de los procesos y materiales que requiere la fabricación de paneles solares con materiales no orgánicos se puede resolver con múltiples técnicas utilizando materiales libres de amonía. Algunas técnicas son los depósitos de fase vapor, al vacío, por capas de átomos y baño químico (figura 3). Esta última técnica es la que se implementa en el presente PAP por su sencillo desarrollo a un bajo costo.

Depósito por baño químico.

La técnica de depósito por baño químico es un método muy económico, sencillo y de fácil obtención de sulfuros metálicos semiconductores con propiedades eléctricas, estructurales y ópticas apropiadas para ser usados en dispositivos opto-electrónicos. Consiste en la adhesión de película delgada sobre un sustrato sólido (figura 3), a partir de una reacción que ocurre en una solución acuosa. Se planea hacer una celda fotovoltaica sin amonía amigable con el ambiente que no genere residuos por medio de la síntesis química (CBD). Se analiza por medio del espectrofotómetro UV-Vis para medir el porcentaje de transmisión y conocer el borde de absorción de las películas de CuS. Se determina el espesor, rugosidad y morfología de las películas con el microscopio de fuerza atómica (AFM). Por último, se analiza la morfología y composición de las películas de CuS en el microscopio electrónico de barrido (SEM).

En la tabla 1 se muestra el plan de trabajo del presente proyecto en tiempo y forma donde se especifican las actividades, recursos y materiales necesarios para cumplir con cada actividad y concluir con el objetivo principal del proyecto.

Tabla 1. Cronograma de actividades previstas para la realización del PAP.

Nombre	Recursos	Tiempo (días)	Agosto			Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16
Conocimiento del proyecto	AA	5	■															
Conocimiento del laboratorio y equipo	AA	5	■	■														
Lavado de portabjetos y material	TP. BU	5		■	■			■	■	■								
Aforado de soluciones	TP. BA	5			■	■	■		■	■								
Depósito en películas	TP. AA	5				■	■	■	■									
Secado de películas	TP	5				■	■	■	■									
Asesorías RPAP	AG		■		■					■		■						
Escritura RPAP	TP			■				■	■		■		■		■	■	■	
Tratamiento térmico	TP. HT	5							■	■	■							
Análisis XRD	XRD TP	5								■	■	■						
Análisis SEM	TP. SEM. AA	5										■	■	■				
Revisión del avance 4	AA														■	■		
Presentación final	AA, TP																■	
Productos y entregables	TP. AA	5															■	

La tabla 2 muestra el significado de las abreviaturas utilizadas para referir los recursos necesarios en cada actividad planeada.

Tabla 2. Abreviaturas de los recursos señalados en el cronograma de actividades.

Recursos Utilizados	
Abreviatura	Significado
AG	Asesoría grupal
AA	Asesoría Dra. Araceli Sánchez
SEM	Microscopio Electrónico de Barrido
XRD	Difractómetro de Rayos X
TP	Trabajo personal
BU	Baño ultrasónico
BA	Báscula analítica
HT	Horno tubular

1.5. Desarrollo de la propuesta de mejora

Las películas delgadas de sulfuro de cobre (CuS) fueron depositadas mediante el método de baño químico y posteriormente se les aplicó un tratamiento térmico a temperaturas de 250°C, 300°C y 350°C a bajo vacío. Se estudiaron las propiedades estructurales, morfológicas y ópticas mediante las técnicas de microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopia UV-Vis y microscopía de fuerza atómica (AFM), lo que permitió evaluar la influencia de los tratamientos térmicos en las propiedades fisicoquímicas de las películas delgadas de CuS.

Para comenzar con el depósito de baño químico en películas de sulfuro de cobre (CuS), fue necesario realizar cálculos previos de cada reactivo. Se utilizaron los moles, el peso molar según la marca del fabricante, para determinar los gramos requeridos según su concentración (Tabla 3) de sulfato de cobre (CuSO₄), hidróxido de sodio (NaOH), trietanolamina (C₆H₁₅NO₃) y tiourea (CH₄N₂S).

Tabla 3. Reactivos y gramos según la concentración.

Reactivo	Marca	P.M. (g/mol)	Moles (M)	Gramos
CuSO₄	Sigma-Aldrch	249.69	0.5	6.3696
CH₄N₂S	J.T Baker	76.12	1	3.8397
C₆H₁₅NO₃	J.T Baker	149.19	1	1.4933
NaOH	Fermont PA	40	2	8.1549

Para el precursor orgánico trietanolamina (TEA), se realizaron tres cálculos más para obtener los gramos a diferente concentración, 1M, 1.5M y 2M (Tabla 4), para el análisis del depósito de las películas delgadas a distintas concentraciones.

Tabla 4. Solución de trietanolamina a diferentes concentraciones.

Trietanolamina	Volumen (mL)	Moles (M)	Gramos
C₆H₁₅NO₃	10	1	1.4933
		1.5	2.24
		2	2.98

Limpieza de sustrato/vidrio con baño ultrasónico

El proceso de limpieza de los portaobjetos o sustrato/vidrio utilizados para la deposición de las películas delgadas de sulfuro de cobre (CuS), consistió en tres pasos: a) limpieza básica, b) limpieza con baño ultrasónico utilizando acetona de limpieza y alcohol isopropílico, y c) reposo con amonio. La limpieza básica de los portaobjetos sustrato/vidrio se llevó a cabo frotándolos con la yema de los dedos con agua y detergente casero seguido de un cuidadoso enjuague para eliminar cualquier residuo. Enseguida se preparó el baño ultrasónico agregando agua de la llave en el interior de este y conectándolo a la corriente para generar ondas ultrasónicas. Los portaobjetos sustrato/vidrio se colocaron dentro de un vaso coplin (figura 6) que contenía acetona de limpieza y que a su vez se sumergió en el depósito de agua del baño ultrasónico durante 10 min. Una vez transcurrido este tiempo, se eliminó la acetona del vaso coplin para reemplazarla con alcohol isopropílico durante otros 10 min. Finalmente, se retiró el alcohol isopropílico y en su lugar se vertieron 50 mL de agua destilada y 1.0 mL de amonio (NH₃); se dejó reposar durante 24 h.



Figura 6. Sustrato/vidrio en vaso coplin con amonio (NH_3).

Preparación de soluciones para el método de baño químico

La preparación de las soluciones inició recolectando los cuatro reactivos de la marca seleccionada en la Tabla 3. Se conectó una balanza analítica digital a la corriente y se utilizó una pesa de 20 g para la calibración de la balanza. Con ayuda de barcos de pesaje, se fueron añadiendo los gramos de cada reactivo (Tabla 4 y Tabla 5 para TEA) cuidando la calibración entre las pesadas de cada uno. Una vez teniendo los gramos requeridos de los cuatro reactivos, se dispusieron tres matraces de aforación de 10 mL, 50 mL y 100 mL junto con una probeta graduada para el agua y los reactivos previamente pesados. Para la preparación de las soluciones, fue necesario pasar el reactivo sólido al matraz de aforación poco a poco y una vez que el reactivo se encontró dentro del matraz, se agregó agua líquida en cantidad necesaria para poder diluir el reactivo sólido, hasta llegar al volumen determinado indicado por la línea de cada matraz. Por ejemplo, en el caso de la Tiourea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$) se utilizó un matraz de aforación de 100 mL para diluir 3.8397 g (Tabla 5) hasta llegar a la línea de aforado que indica el volumen máximo de llenado para la capacidad del mismo matraz. Finalmente las soluciones se pasaron a recipientes de vidrio color ámbar (figura 7) para sellar con parafilm impidiendo la evaporación y contaminación de las soluciones hasta el día de deposición química. Se repitieron los pasos anteriores para la trietanolamina (TEA) a 1M, 1.5M y 2M.

Tabla 5. Gramos y volumen para la preparación de soluciones.

Reactivo	Gramos	Volumen (mL)
CuSO₄	6.3696	50
NaOH	8.1549	10
CH₄N₂S	3.8397	100
C₆H₁₅NO₃	-	50



Figura 7. Soluciones en recipiente de vidrio ambar.

Deposición por baño químico

El proceso de deposición por el método de baño químico para la obtención de películas delgadas de sulfuro de cobre (CuS) consistió en cuatro pasos fundamentales: a) Solución de los reactivos en vasos de precipitados, b) Mezcla de reacción, c) Deposición sustrato/vidrio, y d) Limpieza de películas. Con ayuda de un succionador de pipetas y una pipeta de vidrio, se agregó el volumen correspondiente (Tabla 6) a un vaso de precipitados de 20 mL para cada solución, también se agregó en una probeta graduada los mililitros correspondientes de agua (Tabla 6) para el depósito. Se utilizó un vaso de precipitados de 100 mL para realizar la mezcla de reacción. Las soluciones se agregaron rápidamente al vaso de precipitados de 100 mL en el mismo orden que aparece en la tabla 6, para controlar la cinética de reacción. Los sustratos de vidrio se montaron previamente en un soporte de plástico y se colocaron rápidamente dentro de la mezcla de reacción. El vaso de precipitados de 100 mL contenedor de la mezcla, se colocó encima de un baño maría a 25° C tapado con aluminio para que la mezcla no reaccionara con la luz (figura 8). Después de 90 min de depósito, se retiraron los sustratos de vidrio de la mezcla de reacción y se enjuagaron con agua destilada. Finalmente,

con ayuda de un hisopo por sustrato y ácido clorhídrico (HCL), se limpió el exceso de residuo de depósito para cada película y se dejó reposar en un lugar seco (figura 9).

Tabla 6. Volumen para la mezcla de reacción.

Reactivo	Volumen (mL)
CuSO_4	10
NaOH	5
$\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$	18
$\text{C}_6\text{H}_{15}\text{NO}_3$	8
Agua	58

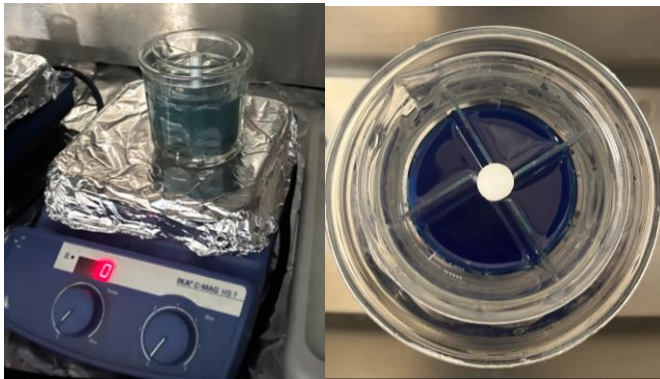


Figura 8. Deposición química de cuatro películas en sustrato/vidrio en el baño maría a 25 °C.

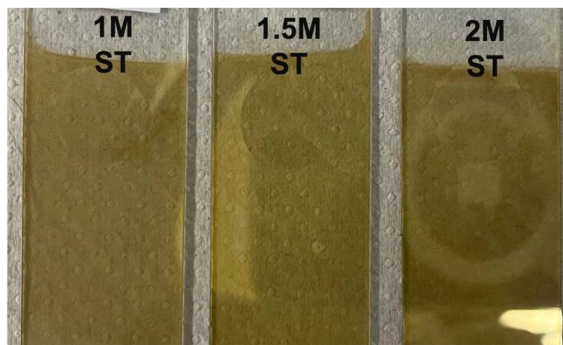


Figura 9. Películas de CuS secas a 1M, 1.5M y 2M de TEA .

Tratamiento térmico

En este proceso se utilizó un Horno Tubular modelo OTF-1200x (Figura 11) al vacío con -0.10 Mpa y se realizaron tratamientos térmicos a las películas de 1M, 1.5M y 2M a 250°C, 300°C y 350°C (figura 10) durante 60 min con la finalidad de modificar su morfología, estructura cristalina y propiedades ópticas sin que cambie su composición química por el calentamiento.

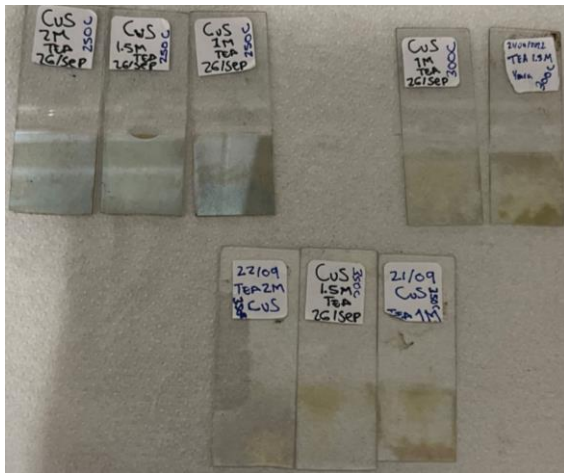


Figura 10. Películas de 1M, 1.5M y 2M con tratamiento térmico a 250 ° C, 300°C y 350°C en el horno tubular.



Figura 11. Horno tubular modelo OTF-1200x.

Caracterización espectroscopia ultravioleta-visible (UV-Vis).

Se obtuvieron los espectros de transmitancia correspondientes a las películas delgadas de sulfuro de cobre (CuS) sin tratamiento térmico, es decir, tal y como fueron obtenidas de la reacción y tratadas térmicamente en el vacío durante 60 min con una temperatura de 250°C, 300°C y 350°C a distintas concentraciones. Los espectros de transmisión de la figura 12 representan una alta transparencia en la región visible entre 70 - 80% en todas las gráficas. También, se observa en cada gráfica dos bordes de absorción en los espectros de transmisión, en las gráficas *a*, *b* y *c* se encuentran en un intervalo de 350 - 450 nm, el segundo borde en el intervalo de 300 - 500 nm. De acuerdo con la literatura, el borde de absorción para las películas delgadas de sulfuro de cobre (CuS) están situadas entre los 400 - 500 nm, por lo tanto, podemos asumir que el intervalo del primer borde de absorción puede estar relacionado con el sustrato/vidrio el cual es encontrado en 200-1000 nm. Para el caso de la película delgada con tratamiento térmico de 250°C a 1M, 1.5M y 2M se puede observar un borde de absorción entre 350 - 450 nm, correspondiente a los valores reportados en la literatura del ancho de banda prohibida ($E_g=2.5$ eV, $E_g=496$ nm).

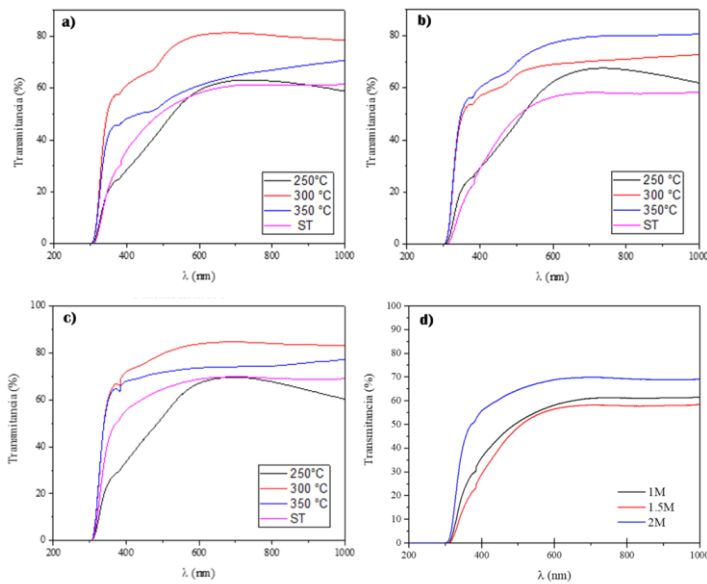


Figura 12. Espectros de transmisión de películas de sulfuro de cobre (CuS). a) Sin tratamiento y tratadas térmicamente con concentración de 1M de TEA. b) Sin tratamiento y tratadas térmicamente con concentración de 1.5M de TEA. c) Sin tratamiento y tratadas térmicamente con concentración de 2M de TEA. d) Sin tratamiento térmico a distintas concentraciones.

Caracterización con microscopía de fuerza atómica (AFM)

En la figura 13 se muestra una micrografía de fuerza atómica en 2D y 3D para una película de sulfuro de cobre (CuS) con tratamiento térmico de 250 °C a 1M. En esta muestra se determinó el escalón del depósito de 138 nm el cual es cercano a los valores teóricos de 100 nm. También, se obtuvo una topografía con granos distribuidos de manera irregular sobre la superficie. También se midió la rugosidad de RMS de 14.1 nm respectivamente.

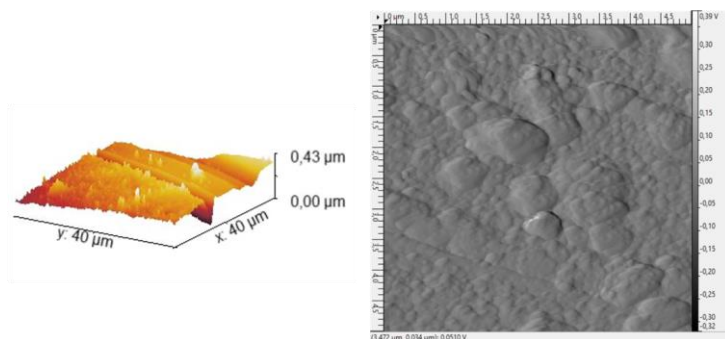


Figura 13. Micrografías de fuerza atómica para las películas de Cu S con tratamiento térmico de 250 °C a 1M de TEA.

Caracterización con el microscopio electrónico de barrido (SEM)

En la figura 14 se muestran la micrografía y un análisis de espectroscopia de energía dispersiva (EDS) de la película delgada de sulfuro de cobre (CuS) con tratamiento térmico a 1M de TEA. En la micrografía se puede observar a 100x la presencia de aglomerados en la superficie de la película. Teóricamente la superficie tiende a ser lisa y densa con presencia de grietas en forma de huecos, ya que a 250 °C se promueve la formación hexagonal de CuS en su morfología tendiendo a ser nanoestructurada. El análisis de energía dispersiva (EDS)

nos muestra la presencia de azufre (S) y cobre (Cu) con un voltaje de 15.00 KeV, apareciendo con una mayor concentración de cobre (Cu).

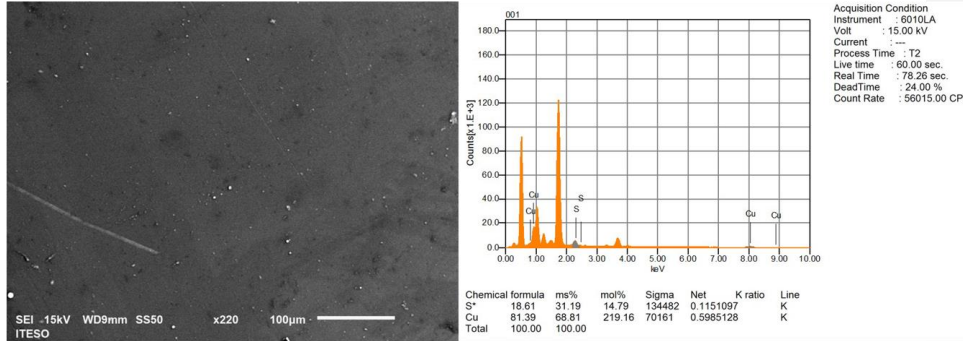


Figura 14. Micrografía SEM a 100 μm x220 y análisis de espectroscopia de energía dispersiva (EDS) a 15.0 KeV.

1.6. Valoración de productos, resultados e impactos

Se obtuvieron películas reproducibles de CuS por el método de baño químico.

Se obtuvo una transmisión del 80% y un intervalo de transmisión de 300 nm hasta 1000 nm que permite que el paso de la luz ultravioleta visible e infrarroja. Este intervalo de transmisión permite que la película aproveche la mayor parte de radiación solar.

En conclusión se pudo depositar con éxito en el sustrato de vidrio la película delgada de sulfuro de cobre (CuS) a distintas concentraciones aplicando tratamiento térmico para cambiar la estructura interna del depósito. Se depositó en un ambiente oscuro debido a que algunos precursores como la trietanolamina (TEA) son fotosensibles al ambiente.

En el espectrofotómetro de UV-Vis se pudo determinar el porcentaje de transmisión y el borde de absorción entre los 400 – 500 nm de acuerdo con la literatura, lo que podemos concluir que, para el caso de las películas de 1M, 1.5M y 2M se pudo observar un borde de absorción entre 350 - 450 nm, correspondiente a los valores reportados en la literatura del ancho de banda prohibida ($E_g=2.5$ eV, $E_g=496$ nm).

En la microscopía de fuerza atómica (AFM) se determinó el espesor, rugosidad y la morfología. Para la película de CuS a 1M de TEA a 250 °C, Se determinó una rugosidad superficial RMS de 14.1 nm. El espesor de la película se determinó a partir de un escalón donde no existía depósito el cual dio como resultado 138 nm, muy cercanos a la tasa de depósito teóricas. Mediante el programa Gwyddion se realizó el esquema topográfico de la muestra así como su rugosidad en una región libre.

En el microscopio atómico de barrido (SEM) se determinó para la película de CuS a 1M de TEA a 250 °C la morfología y composición química (EDS) en la cual se observa la presencia de aglomerados en una superficie de la película a 10 μm x220 y se obtuvo la presencia de cobre y azufre. Estos resultados se obtuvieron a partir de la conducción de una cinta de cobre a 15.0 KeV.

La segunda etapa del proyecto es necesario estudiar el efecto del tratamiento térmico a distintas temperaturas en el microscopio atómico de barrido (SEM) y en la microscopía de fuerza atómica en una variación de la concentración de trietanolamina (TEA) con el fin de evaluar la estabilidad y calidad de la superficie de las películas de sulfuro de cobre (CuS).

Evaluar la película de CuS en el diseño de las celdas solares.

Realizar la caracterización eléctrica para las películas con y sin tratamiento térmico.

1.7. Bibliografía y otros recursos

Bibliografía

- [1] Universidad de Guadalajara, «departamento de Ingeniería de Proyectos,» Red Universitaria de Jalisco, 2015. [En línea]. Available: <http://depingp.cucei.udg.mx/Historia>.
- [2] J. J. Marín Pérez, «Estudio de las propiedades fisicoquímicas de las películas calcogenuras de ZnSe y CuS para celdas solares,» Repositorios latinoamericanos, Guadalajara, Jalisco, 2022.
- [3] M. M. Sierra Céspedes, C. L. Vásquez Stanescu y R. Ramírez-Pisco, «Disposición final e impacto ambiental de las celdas fotovoltaicas,» Publicaciones en Ciencias y Tecnología., Barcelona, España, 2020.

- [4] S. Shajing Sun y N. Serdar Sariciftci, *Organic Phoyovoltaics*, Rochester, New York: Taylor & Francis Group, 2005.
- [5] J. F. R. Castro, «Efecto de la temperatura de reconocido sobre la resistividad electronica de películas delgadas de CdS sintetizadas por baño químico,» Biblioteca Digital - Dirección de Sistemas de Informática y Comunicación, Trujillo, Perú, 2012.
- [6] F. J. Cohen Cancio, «Fabricación y caracterización de la celda solar con estructura PbS/CdS depositada por método de baño químico,» 2018 2018. [En línea]. Available: <http://148.225.114.121/bitstream/unison/3329/1/cohencanciofranciscojavierm.pdf>.
- [7] S. Herrera, C. M. Ramos, R. Patiño, J. L. Peña, W. Cauch y A. I. Oliva, «Analysis of the Chemical Bath and its Effect on the Physical Properties of CdS/ITO thin Films,» *Brazilian Journal of Physics*, São Paulo, Brasil, 2006.
- [8] E. Mosquera, J. Diosa y A. Fernández-Pérez, «Datos del estudio de películas delgadas de CdS:Al crecidas por el método de deposición de baño químico después del envejecido,» *Ingeniería y competitividad*, Cali, Colombia, 2013.
- [9] <http://eprints.uanl.mx/2518/1/Art4.pdf>, «Estudio del anión No, en la formación de películas delgadas de PbS por baño químico,» *Química Hoy*, Nuevo Leon, México, 2011.
- [10] R. V. L. EUGENIA, «Síntesis y caracterización de películas semiconductoras de Óxido de Cadmio (CdO) y Óxido de Zinc (ZnO) mediante la técnica de baño químico,» México, D.F, 2014.
- [11] «La Radiación solar.» Unknown, 16 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://laradiacionsolar-alexis.blogspot.com/2016/05/la-radiacion-solar.html>.
- [12] Universidad de Guadalajara, «Departamento de Ingeniería de Proyectos,» [En línea]. Available: <http://depingp.cucei.udg.mx/>.
- [13] O. . M. Barbosa García, J. L. Ramos Ortiz , M. Rodriguez, E. Perez Gutierrez y M. MenesesNava, «Celdas solares orgánicas como fuente de energía sustentable,» *Acta Universitaria*, Guanajuato, México, 2012.

1.8. Anexos generales

[Este apartado es opcional, entendiendo por anexos generales todo lo que de sustento al documento para su mejor comprensión, como planes de trabajo detallados, cronogramas, materiales elaborados, bitácoras, fichas de trabajo, fotografías, gráficas, estadísticas, etc.]

2. Productos

Ficha descriptiva de: Bitácora de seguimiento.

Nombre y código del PAP	4G03 Programa de Apoyo a Centros de Investigaci3n Externos I
Nombre del proyecto	Síntesis de películas de sulfuro de cobre (CuS) por el método de baño químico.
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	La bitácora de trabajo es un instrumento para reunir datos y llevar a cabo un registro cronológico documental del trabajo hecho en el laboratorio. Se realizó con la finalidad de seguir con la segunda etapa del proyecto, dando datos de suma importancia de la síntesis realizada, así como cálculos y procesos posteriores.
Autores:	Yara Zepeda Zambrano, Araceli Sánchez Martínez y Óscar Ceballos Sánchez.

Ficha descriptiva de: Póster Científico.

Nombre y código del PAP	4G03 Programa de Apoyo a Centros de Investigaci3n Externos I
Nombre del proyecto	Síntesis de películas de sulfuro de cobre (CuS) por el método de baño químico.
Descripción (qué es, para quién se realizó y para qué es):	El póster científico tiene como objetivo presentar de manera clara y concisa los resultados, contribuciones y métodos relacionados al trabajo de investigación. Este póster se realizó para participar en la feria de ciencias FECHIT 2022 del ITESO y como exposición de la investigación en el

	laboratorio de semiconductores y nanoestructurados del departamento de ingeniería de proyectos (DIP).
Autores:	Yara Zepeda Zambrano, Araceli Sánchez Martínez y Óscar Ceballos Sánchez.

3. Reflexión crítica y ética de la experiencia

El RPAP tiene también como propósito documentar la reflexión sobre los aprendizajes en sus múltiples dimensiones, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto para compartir una comprensión crítica y amplia de las problemáticas en las que se intervino.

3.1 Sensibilización ante las realidades

Los aprendizajes adquiridos en este proyecto trascienden a la búsqueda de nuevas energías renovables para comenzar a sustituir las energías que comúnmente se usan en la actualidad, dañando la capa de ozono, el suelo y el subsuelo. La experiencia de búsqueda en la síntesis y caracterización para nuevas energías renovables me hizo reflexionar y actuar sobre la problemática que vivimos hoy en día y que quizás algún día con desempeño y dedicación podamos resolver empezando a fabricar dispositivos de captación de energía sin residuos amigables con el ambiente.

3.2 Aprendizajes logrados

- Aprendizajes profesionales.

En el inicio del proyecto PAP 4G03 enfrente el reto de aprender una síntesis nueva como lo es el método de baño químico. aprender los aspectos ópticos y morfológicos a los cuales teníamos que llegar, así como el funcionamiento interno de las partículas en la reacción, fue un reto que al inicio no comprendía y conforme se fue desarrollando el proyecto a la mano de los avances de entrega del PAP, me puede dar cuenta que no era tan complicado y simplemente tenía que enfocarme en pequeños detalles para lograr el resultado final como lo

fue el tiempo de deposición, la temperatura y qué soluciones estábamos considerando. entender las propiedades década precursor fue fundamental para el desarrollo de este proyecto.

Al final del proyecto enfrente el reto de usar el espectrofotómetro UV-Vis En el que no estaba tan familiarizada con los resultados obtenidos los cuales con la ayuda de la Dr. Araceli Sánchez fuimos analizando y haciendo más pruebas para que nuestros resultados fueran lo más parecidos a los de la literatura. Con esto aprendí a interpretar datos y concluir porque fue el resultado final.

También, al final del proyecto aprendí que es necesario tener una metodología organizada y concisa, tener en cuenta todos los aspectos a considerar como los retos, objetivos y al resultado al cual quiere llegar desde el inicio, fue fundamental para este proyecto y para los próximos a lo largo de mi carrera profesional.

- Aprendizajes sociales.

A lo largo de mi estancia en el departamento de ingeniería de proyectos (DIP) con ayuda de mis compañeros de laboratorio que cursan la maestría de materiales semiconductores, aprendí a relacionarme en un ambiente más profesional y científico. Tuve la oportunidad de trabajar con personas con un nivel académico superior con quienes tuve buena relación y abrieron mi panorama para mis próximos proyectos profesionales y personales. Los comentarios generados por mi directora del PAP, la Dr. Araceli, y mis compañeros de laboratorio de posgrado fueron claves para la realización de este proyecto y para proyectos posteriores. Las personas que conocí gracias a este proyecto me ayudaron a abrir mi panorama de posibles maestrías a futuro en el área de mi interés.

Me di cuenta que para mi carrera profesional como investigador es necesario desarrollar aprendizajes como el cuestionamiento y ser autodidacta. Aprendí que para culminar con un proyecto es necesario extender más tiempo como un semestre más o quizás un año, y que el verdadero aporte social viene al finalizar el proyecto de manera exitosa. Me siento orgullosa del aporte que pude presentar al departamento de materiales semiconductores y saber que es

un proyecto que será culminado por las próximas generaciones y podrá tener un auge en los próximos años.

- Aprendizajes personales.

A casi culminar el proyecto me di cuenta que había mejorado en distintas habilidades en el laboratorio y en el análisis de datos, qué soy capaz de pensar de manera analítica y razonable para el ámbito científico. También me di cuenta que puedo realizar un proyecto paso a paso siendo paciente con el proceso y no exasperarse con el resultado. Adquirir valores personales fue en gran parte la realización de este proyecto como la responsabilidad y compromiso.

3.3 Inventario de competencias Inicial (ingreso del PAP) e Inventario de competencias Final (salida al PAP).

Categorizar los elementos, si es un conocimiento, una habilidad, una actitud,	Competencia		Evidencia	Relevancia /Fortaleza*	Competencias nuevas	Competencias potencializadas
	Conocimientos	Método de síntesis química aplicado en litografía.	Utilicé las principales técnicas y procesos químicos para realizar la preparación de nanoestructuras para la fabricación de estampas.	Puedo realizar el diseño requerido utilizando PDMS (polidimetil siloxano), llegando al proceso de deposición de la mezcla e impresión de relieves.	Escribir reportes en modo científico. Planear, sintetizar y caracterizar los métodos de deposición por baño químico cuidando las cinéticas de deposición y realizando cada paso detalladamente para el	Anteriormente a había adquirido experiencia al utilizar el espectrofotómetro o UV-Vis, pero con las caracterizaciones de las periodistas películas realizadas en este período pude utilizar de manera independiente el espectrofotómetro o por mi cuenta y hacer las mediciones de manera correcta.
Síntesis de nanopartículas magnéticas. Mediante el método		Realicé el proceso de síntesis y determiné la importancia del control del pH en el proceso de	Puedo fabricar nanopartículas mediante esta precipitación simple			

	de coprecipitación química.	formación de nanopartículas.	para la presencia de un campo magnético que se puede utilizar en investigaciones modernas.	control de crecimiento. Ahora tengo la habilidad de reconocer los distintos tipos de depósito ya sean físicos y químicos. desde cómo se emplea cada uno y las propiedades que pueden generar.	Mejoro mi habilidad para lavar sustratos de deposición por medio de el baño ultrasónico y utilizando distintos tipos de reactivos.
	Técnicas de microscopía aplicada al análisis en nanomateriales	Realicé pruebas de morfología en el microscopio atómico y detecté fuerzas mediante sondas o puntas del microscopio de fuerza atómica.	A partir de mis conocimientos puedo aplicar los resultados de estos microscopios para la investigación y a partir de esto hacer una aplicación amplia del campo de estudio.		
Habilidades	Utilizar la mercadotecnia para difundir proyectos.	En varias ocasiones utilicé la mercadotecnia para dar a conocer proyectos innovadores.	Esto me ayuda a crear conciencia en la sociedad acerca de nuevas posibilidades y mejoras de aplicaciones en la vida cotidiana.	Ahora tengo habilidades para llevar un mejor control en	Mi habilidad en el microscopio atómico de barrido (SEM) mejoró en la búsqueda de espesor de la muestra ya que para este proyecto fue todo un reto y aunque no se encontró como tal la práctica me hizo considerar aspectos

		Llevar un control preciso en las distintas etapas de un proyecto.	Estuve a cargo en varios puestos de empresas, donde tuve la responsabilidad de dirigir y supervisar las etapas de distintas ideas.	Con esta experiencia puedo llevar a cabo una idea innovadora en conjunto a un equipo de trabajo para la realización óptima de un proyecto.	las distintas etapas que puede presentarse un proyecto y cuestionarme de lo que está pasando para empezar a resolver el problema.	importantes para la búsqueda de espesores en películas orgánicas.
		Manejo de equipos de microscopios de alta resolución	Utilicé el microscopio de fuerza atómica y el microscopio de efecto túnel en prácticas de laboratorio.	Puedo utilizar estos instrumentos de manera adecuada para la investigación y análisis de distintos nanocompuestos.		
	Actitudes	Facilidad para el trabajo en equipo.	La mayoría del tiempo he trabajado en equipo en escuela, trabajo y negocios.	Facilita la relación con los miembros del trabajo para cumplir objetivos como la motivación, creatividad, entre otros beneficios.	Gracias a la colaboración con los doctores encargados	
		Responsabilidad en los	La mayoría del tiempo he terminado mis	Puedo afrontar problemas de manera		

	proyectos en mente.	proyectos satisfactoria mente, con el objetivo cumplido.	positiva e integral.	de este proyecto, fue fácil hacer colaboración y desarrollar mis habilidades para la mejora en trabajos en equipo, y aquí a lo largo de este proyecto tuve que compartir materiales de laboratorio con personas de otros proyectos, lo que desarrollo mi habilidad para socializar y ser responsable con las cosas de los demás.	
	Honestidad	Siempre realizo los trabajos de manera honesta y con ética de por medio.	Puedo establecer relaciones laborales de confianza para generar alianzas para completar un objetivo.		

Lo más significativo de este inventario de competencias son las competencias escritas antes del proyecto y las competencias escritas después del proyecto las cuales pueden referenciar el trabajo y desempeño en este proyecto ya que se desarrollaron distintas habilidades y competencias así como potencializadas.

Este tipo de inventario de competencias es importante para valorar el trabajo realizado y evaluar que en lo que podemos todavía mejorar y sentir orgullo de lo que se ha logrado hasta ahora. En mi caso, es evidente la mejora en muchos puntos como lo es el trabajo en equipo, redacción en reportes científicos y un mejor conocimiento en las técnicas de deposición química para películas delgadas, aunque aún faltan desarrollar competencias potencializadas en la parte de la caracterización de películas delgadas que se podrá ver en el próximo avance del proyecto.