

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



PROCESAMIENTO DE IMAGEN DEL ESPECTRO DE DIFRACCIÓN DE
ELECTRONES

POR

EDSON EDGARDO SAMANIEGO PANTOJA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

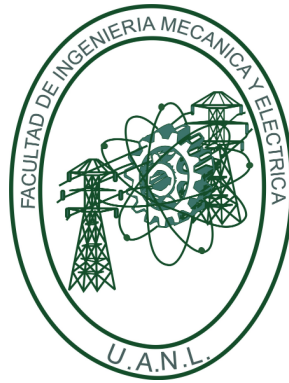
CON ORIENTACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA

AGOSTO 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



PROCESAMIENTO DE IMAGEN DEL ESPECTRO DE DIFRACCIÓN
DE ELECTRONES

POR

EDSON EDGARDO SAMANIEGO PANTOJA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CON ORIENTACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA

AGOSTO 2022

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Subdirección de Estudios de Posgrado

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis “PROCESAMIENTO DE IMAGEN DEL ESPECTRO DE DIFRACCIÓN DE ELECTRONES”, realizada por el alumno Edson Edgardo Samaniego Pantoja, con número de matrícula 2081741, sea aceptada para su defensa como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias de la Ingeniería con Orientación en Nanotecnología.

El Comité de Tesis

Dr. Virgilio Ángel González González

Co-Asesor

Dra. Satu Elisa Schaeffer

Co-Asesora

M. C. Nombre Apellido1 Apellido2

Revisora

Vo. Bo.

Dr. Simón Martínez Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, agosto 2022

escribir aquí la dedicatoria

RESUMEN

Edson Edgardo Samaniego Pantoja.

Candidato para obtener el grado de Maestría en Ciencias de la Ingeniería con Orientación en Nanotecnología.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: PROCESAMIENTO DE IMAGEN DEL ESPECTRO DE DIFRACCIÓN
DE ELECTRONES.

Número de páginas: 13.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO:

Firma de los asesores:

RESULTADOS:

Dr. Virgilio Ángel González González

Asesor

Dra. Satu Elisa Schaeffer

Co-asesora

ABSTRACT

Fulano de Tal.

Candidate for obtaining the degree of Master in Engineering with Specialization in
Systems Engineering.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Title of the study: INCREDIBLE STUDY.

Number of pages: 13.

OBJECTIVES AND METHODS:

Signature of supervisors:

RESULTS:

Dr. Virgilio Ángel González González

Asesor

Dra. Satu Elisa Schaeffer

Co-asesora

ÍNDICE GENERAL

Resumen	v
Abstract	vi
1. Introducción	1
1.1. Hipótesis	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivos específicos	3
1.3. Estructura de la tesis	4
2. Marco teórico	5
2.1. Antecedentes	5
3. Revisión bibliográfica	6
4. Metodología	7
5. Resultados	8

6. Conclusiones	9
6.1. Contribuciones	9
6.2. Trabajo a futuro	9
 Bibliografía	 10
 A. Información complementaria	 11
 B. Otro apéndice complementario	 12

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1. Muestra de difracción.	2
-------------------------------------	---

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En el campo de la nanotecnología y ciencia en materiales es muy común y necesario realizar trabajos con el microscopio electrónico de transmisión (TEM por su sigla en inglés) y uno de sus modos es el de difracción el cual estudia la estructura cristalina de los solidos haciéndolo uno de los métodos más importantes para la obtención de información cristalográfica acerca de los materiales.

La difracción de electrones consiste en un haz de electrones que atraviesa una muestra delgada del material a estudiar, los electrones tendrán interacción mediante fuerza eléctrica con los átomos de la muestra produciéndoles una dispersión, en la estructura periódica de un solido cristalino tiene la función como una rejilla de difracción haciendo que los electrones sean dispersados de forma predecible. Los haces difractados son enfocados y forman un patrón de difracción resultante que puede ser observado en una pantalla fluorescente o en forma digital como lo muestra la figura 1.1.

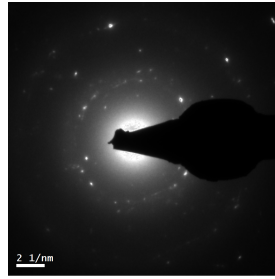


Figura 1.1: Muestra de difracción.

Las imágenes de patrones de difracción son interpretadas de manera que se miden los haces difractados a el centro del haz obstruido por un paro de haz, obteniendo un radio que es necesario para determinar a que plano cristalográfico pertenece y así determinar cada plano para poder formar la red cristalina del material.

Para eso Python resulta una herramienta de programación adecuada de manera que facilita el análisis de imágenes en las que se pueden obtener datos importantes, histogramas de intensidad, contornos, etc. Para eso es desarrollado un programa con cualidades como poder leer la imagen de difracción de electrones extraída del microscopio electrónico de transmisión y primeramente ubicar de manera automática el centro donde impacta el haz de electrones ya que este es cubierto por una punta que tiene como objetivo cubrir que la muestra sea irradiada en exceso y no sea posible visualizar los puntos difractados, lo cual dificulta en la actualidad ubicar el centro del haz para centrar los puntos y anillos difractados de manera manual.

Se facilita la manera en que se hacen las mediciones del centro del haz a cada punto difractado debido a que comúnmente al hacerlo manual existe un desfase del centro lo cual a esa escala nanométrica provoca una diferencia de la medida esperada, el software analiza mediante análisis de histogramas, intensidades y búsqueda de contornos que tiene como objetivo el encontrar en instancias imperfectas de objetos, una clase de formas o figuras mediante un procedimiento, con esto resulta fácil detectar líneas, elipses y círculos.

1.1 HIPÓTESIS

Es posible mediante un procesamiento de imagen utilizando el software Python [1], obtener contornos por intensidades del haz de electrones, círculos y centros por la transformada de Hough y distancias precisas a nivel píxel, aunado a esto estadísticamente posible comprobar una mejor exactitud y precisión para analizar imágenes de muestras de la difracción de electrones y realizar más rápido el proceso.

1.2 OBJETIVOS

Se busca el desarrollo de un programa automático capaz de analizar las imágenes de difracción de electrones de materiales con estructura cristalina, enfocado en la rapidez y mejor precisión para la medición de las distancias entre cada spot difractado mejorando la manera de analizar, a diferencia otros programas utilizados comúnmente para la determinación de los índices hkl.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener muestras del TEM para tener variantes de muestras y ver el proceso.
- Utilizar el histograma de la imagen para trabajar con datos de intensidad que arroje dicho gráfico.
- Determinar estadísticamente el centro del haz de electrones (obstruido) variando el rango de intensidad.
- Eliminar el ruido de fondo de la imagen.

- Ubicación de la red periódica que forman los spots difractados para su posterior análisis y obtención de su coordenada central
- Determinación de spots difractados contorno y centro.
- Medir la distancia entre el centro del haz núcleo y el centro de cada spot difractado como distancia euclidiana y guardar en una lista.
- Ubicar la zona donde aparece la escala e identificar caracteres mediante reconocimiento automático.
- Realizar la conversión de cada distancia euclidiana a la escala real.
- Consultar las tarjetas (JCPDS) ya reportadas para comparar la precisión y obtener los índices hkl.
- comparacion y obtención del rango de error que se tiene.

1.3 ESTRUCTURA DE LA TESIS

Esta tesis se conforma inicialmente por el primer capítulo el cual trata en términos generales de en donde se aplica la difracción de electrones, que aporta de conocimiento en nanotecnología, funcionamiento e interpretación de las imágenes, así como por parte del software Python [1], que se realizo a grandes rasgos.

capítulo dos. Se revisará conceptos fundamentales para la investigación de este trabajo así como trabajos relacionados al tema

Tercer capítulo.

El cuarto capitulo.

Capítulo cinco.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

CAPÍTULO 3

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

6.1 CONTRIBUCIONES

6.2 TRABAJO A FUTURO

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rossum G. *Python*. Python Software Foundation, 2021. URL <https://www.python.org/>.

APÉNDICE A

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

APÉNDICE B

OTRO APÉNDICE COMPLEMENTARIO

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Edson Edgardo Samaniego Pantoja

Candidato para obtener el grado de
Maestría en Ciencias de la Ingeniería
con Orientación en Nanotecnología

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

PROCESAMIENTO DE IMAGEN DEL ESPECTRO DE DIFRACCIÓN DE
ELECTRONES

Nací el 22 de octubre de 1997 en la ciudad de Nuevo Laredo, Tamaulipas; mis padres son Enrique Samaniego y Gloria Pantoja. En 2019 egresé como Ingeniero en Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo.