

UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA UTEC

Carrera de Ciencia de la Computación



**Evaluación de Técnicas Modernas de Optimización en
Dos Dispositivos Nanofotónicos: *bend-90°* y *2-splitter***

Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Ciencia de la Computación

José Leonidas García Gonzales

Código 201720102

Asesor

Jorge Luis Gonzalez Reaño

Lima - Perú

27 de septiembre de 2021

Índice general

	Pág.
CAPÍTULO 1 Introducción	1
1.1 Motivación y Contexto	1
1.2 Descripción del Problema	2
1.3 Justificación	2
1.4 Objetivos	3
1.5 Aportes	3
CAPÍTULO 2 Trabajos relacionados	4
CAPÍTULO 3 Marco Teórico	5
CAPÍTULO 4 Propuesta	6
CAPÍTULO 5 Resultados Preliminares	7

Capítulo 1

Introducción

1.1 Motivación y Contexto

La fotónica está atrayendo el interés de la industria debido a su potencial en términos de escalabilidad y los beneficios de costo-eficiencia. Este potencial se evidencia, por ejemplo, con los siguientes tres puntos. Primero, mantener la tendencia que cada 10 años se mejore en un factor de 1000 el *performance* de los sistemas electrónicos parece ser posible solo con la convergencia de estos con sistemas fotónicos [1]. Segundo, existe una inversión billonaria en la fabricación de transistores cuyos procesos se están comenzando a lograr adaptar para fabricar circuitos fotónicos [2]. Tercero, el elevado ancho de banda que ofrece en comunicaciones digitales y el éxito de los cables ópticos [1, 2]. De esta manera, es prometedor el futuro de los dispositivos fotónicos.

Los dispositivos fotónicos se utilizan en grandes cantidades en los circuitos fotónicos integrados [2]. Estos dispositivos trabajan en la escala de nanómetros y son diseñados para funcionar bajo ciertos requerimientos. Así, para que estos dispositivos cumplan los requerimientos deseados existen dos estrategias comunes: diseño tradicional y diseño inverso [3].

En el diseño tradicional se define el dispositivo con geometrías simples que permiten obtener funciones analíticas de sus propiedades físicas. Esto se realiza para poder optimizar la función obtenida a partir de los parámetros que la definan. Dicha optimización se suele realizar haciendo un barrido de los parámetros, con algoritmos genéticos o usando *particle swarm optimization*. Es un enfoque simple, pero que ha obtenido buenos resultados. Sin embargo, existen dos grandes inconvenientes con este planteamiento. Primero, solo estamos explorando una pequeña fracción de todos los posibles diseños. Segundo, por lo general no es conocido el límite del *performance* del dispositivo [3, 4].

En el diseño inverso se busca hacer una mayor exploración de todos los posibles diseños. Para ello, ya no nos limitamos a solo usar diseños intuitivos. Ahora, definimos geometrías arbitrarias y usamos simulaciones computacionales para determinar las propiedades físicas del dispositivo [3, 4]. Este enfoque ha logrado conseguir mejores resultados que los obtenidos por el diseño tradicional en una variedad de dispositivos [3, 5]. Sin embargo, este planteamiento viene acompañado de nuevos desafíos.

1.2 Descripción del Problema

Una estrategia común a la hora de hacer diseño inverso es seleccionar una región rectangular de diseño y dividirla en $n \times m$ rectángulos de igual tamaño distribuidos como una matrix. Luego, seleccionamos dos materiales y decimos que cada rectángulo puede ser de alguno de ellos. De esta forma tenemos $2^{n \times m}$ posibles dispositivos [4]. Definiendo un dispositivo de esta manera podemos llegar a tener, por ejemplo, $2^{10 \times 10}$ posibles diseños [6]. Pero, es imposible evaluar todas esas posibilidades. Además, las simulaciones computacionales son computacionalmente muy costosas, el espacio de búsqueda es altamente no convexo y no todos los diseños son fabricables [4, 5].

Así, existe una demanda crítica de un *framework* capaz de optimizar dispositivos con un elevado número de parámetros dentro de un espacio de búsqueda no convexo [7].

1.3 Justificación

En este apartado, el lector debe entender por qué es importante resolver el problema que plantean, desde el punto de vista social y especialmente, computacional.

La idea es justificar la razón por la cual el problema que intenta resolver es importante y relevante. Tenga en cuenta que el problema que intenta resolver puede ser de tipo aplicativo, y en estos casos, se intenta aplicar algoritmos, métodos o técnicas para solucionar algún problema de otra área como biología, medicina, sociología, entre otros.

Por ejemplo, **Detección de covid19 en imágenes de resonancia magnética mediante técnicas de *deep learning*** es un tema netamente aplicativo y la justificación del problema será más del tipo social. Sin embargo, si se plantea una nueva arquitectura de CNN que mejore el rendimiento del estado del arte para, específicamente, detección de covid, podemos decir que la justificación iría tanto desde el punto de vista social como de ciencia de la computación

Por otro lado, si el problema que intenta resolver, es específicamente, de ciencia de la computación, como por ejemplo, mejorar alguna estructura de datos, modificar algún algoritmo para optimizar su eficiencia en RAM o velocidad, crear una nueva función de activación en el caso de redes neuronales, etc; entonces, la tesis está mas relacionada a ciencias básicas y por lo tanto la justificación será más desde el

punto de ciencia de la computación.

Es importante determinar el tipo de investigación que está desarrollando, para según esto redactar la justificación.

1.4 Objetivos

Deberá redactar el objetivo general y los específicos de la tesis. Recuerde, que el objetivo general debe estar en concordancia con el título de la tesis.

1.5 Aportes

Los aportes permiten visualizar la calidad de su trabajo. En general, para las tesis de pregrado no se piden trabajos que generen nuevo conocimiento, pero es posible realizar trabajos que innoven en alguna medida mínima lo cual hace que su trabajo sea publicable.

Capítulo 2

Trabajos relacionados

Usted deberá buscar, revisar, seleccionar y estudiar un conjunto de artículos pertenecientes al estado del arte y que además, sean relevantes en su área de investigación. (Entre 2 a 3 páginas)

La sección de trabajo relacionados, deberá contener un resumen, claro y conciso, de aquellos trabajos de investigación que están directamente relacionados con vuestro trabajo. Esto con el objetivo que el lector pueda darse cuenta de las diferencias entre su propuesta y las del estado del arte, además, permitirá saber como otros autores han intentado resolver un problema similar al suyo.

Capítulo 3

Marco Teórico

El marco teórico deberá contener sólo la teoría necesaria para que el lector pueda comprender su propuesta. No sea muy detallista ni específico, intente resumir y colocar los conceptos más importantes.
(Entre 2 a 3 páginas)

Capítulo 4

Propuesta

En la propuesta deberá colocar la o las ideas principales de lo que pretende realizar. Se sugiere utilizar una figura a modo de *pipeline* donde se muestre, gráficamente, cada uno de los pasos que intervienen en su propuesta. (4 a 5 páginas)

Capítulo 5

Resultados Preliminares

Es sumamente importante, para esta etapa del proyecto de tesis, tener algunos avances iniciales en cuanto a la experimentación; esto con el fin de evaluar la factibilidad del trabajo para posteriormente continuar, en el siguiente semestre, con la tesis final.

En el caso que su tesis requiera experimentos, es importante que utilice gráficos y tablas para explicar de manera mas sencilla sus resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Glick, L. C. Kimmerling, and R. C. Pfahl, “A Roadmap for Integrated Photonics,” *Optics and Photonics News*, vol. 29, no. 3, p. 36, mar 2018. [Online]. Available: <https://www.osapublishing.org/abstract.cfm?URI=opn-29-3-36>
- [2] Lukas Chrostowski, *Silicon Photonics Design: From Device to System*, 2010.
- [3] S. Molesky, Z. Lin, A. Y. Piggott, W. Jin, J. Vucković, and A. W. Rodriguez, “Inverse design in nanophotonics,” *Nature Photonics*, vol. 12, no. 11, pp. 659–670, nov 2018. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1038/s41566-018-0246-9http://www.nature.com/articles/s41566-018-0246-9>
- [4] L. Su, D. Vercruysse, J. Skarda, N. V. Sapra, J. A. Petykiewicz, and J. Vučković, “Nanophotonic inverse design with SPINS: Software architecture and practical considerations,” *Applied Physics Reviews*, vol. 7, no. 1, 2020.
- [5] L. Su, A. Y. Piggott, N. V. Sapra, J. Petykiewicz, and J. Vučković, “Inverse Design and Demonstration of a Compact on-Chip Narrowband Three-Channel Wavelength Demultiplexer,” *ACS Photonics*, vol. 5, no. 2, pp. 301–305, feb 2018. [Online]. Available: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsphotonics.7b00987>
- [6] G. N. Malheiros-Silveira and F. G. Delalibera, “Inverse design of photonic structures using an artificial bee colony algorithm,” *Applied Optics*, vol. 59, no. 13, p. 4171, may 2020. [Online]. Available: <https://www.osapublishing.org/abstract.cfm?URI=ao-59-13-4171>
- [7] Z. A. Kudyshev, A. V. Kildishev, V. M. Shalaev, and A. Boltasseva, “Machine learning-assisted global optimization of photonic devices,” *Nanophotonics*, vol. 10, no. 1, pp. 371–383, 2020.