

Instituto Tecnológico y Estudios Superiores de Monterrey



Evidencia 1: Solución del reto

Análisis de fenómenos ópticos

Myrna Dinorah Ortiz Ramírez A01383998
Sebastián Espinosa López A01659912
Yolanda Romero Martínez A00831561
Fabián Alexis Hernández Rodríguez A00831639
Pedro Jahir Hinojosa García A01284222
Doctor: Blas Manuel Rodríguez Lara
Doctor: Rodolfo Rodríguez y Masegosa

Septiembre 2022

1. Introducción

1.1. Contexto

La computación cuántica es una tecnología que actualmente se encuentra en desarrollo por diversas empresas y organismos en varias partes del mundo. Entre los desarrolladores de esta tecnología se encuentra el PTB, donde el Doctor Amado Bautista es una de las personas involucradas en el diseño de los chips que se utilizan en la computación cuántica, conocidos como trampas de iones. Estas trampas se componen de un sustrato que servirá de base para la trampa, un electrodo de dos niveles hecho de oro y dióxido de titanio, y un dieléctrico que recubre los electrodos.

El método que está utilizando nuestro socio formador para la trampa de iones es el multilayer que consiste en diferentes capas, este método hace que los componentes del chip estén a diferentes alturas.

Los iones atrapados son conocidos como Qubits, los Qubits se desplazan por carriles predefinidos, una forma de obtener información de ellos, alterar su estado, o la temperatura, es a través de iluminarlos con láseres a distintas longitudes de onda.

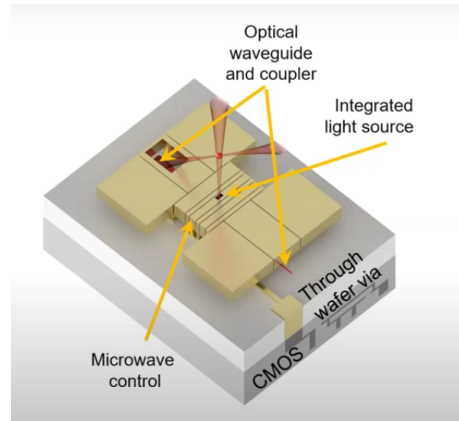


Figura 1: Diseño de trampas de iones de Amado Bautista

1.2. Definición del problema

El doctor Bautista ha planteado la necesidad de integrar guías de onda acopladas al chip (en el sustrato), encargadas de dirigir y focalizar la luz en una región determinada (a 70 μm) sobre la superficie de la trampa de iones. Dichas guías de onda se utilizarán para iluminar un Ión de estroncio (88Sr^+) con diferentes longitudes de onda, dependiendo de lo que se requiera hacer o saber del ión (calentarlo, enfriarlo, lecturas), las cuales son: 405nm, 422 nm, 461 nm, 674 nm, 1033 nm, 1092 nm.

La problemática planteada tiene varias consideraciones y limitaciones que deberán ser tomadas en cuenta las cuales se presentarán en forma de lista:

- Los haces de luz deberán ser localizados a una altura de 70 μm sobre la superficie de la trampa, perpendicular al camino del ion de estroncio.
- La guía de onda deberá de estar acoplada al chip; acoplarlo evitará perturbaciones producidas por las vibraciones del chip las cuales causan un desfase
- El haz deberá iluminar únicamente 1 ión; comúnmente estos viajan en cadenas con separaciones de aproximadamente $10\mu m$, por lo que el láser deberá iluminar con un área efectiva equivalente a un círculo con radio menor a $5\mu m$.
- Debido a que las trampas de iones requieren estar al alto vacío, se considerará que el medio por el que viajará el láser antes de entrar a la guía de onda y al salir de ella es el vacío.
- La guía de onda estará ubicada en la capa del sustrato, por lo que la geometría de ésta es independiente de la capa de los electrodos y el dieléctrico.
- El tamaño de la apertura por la que saldrá el haz de luz tiene dimensiones de $20 \times 20 \mu m$.
- Dado que los electrodos son controlados con microondas, los componentes metálicos que se encuentren en el sustrato se verán afectados también por campos eléctricos

Ademas de las consideraciones dadas por la problematica del Dr. Bautista, es importante tambien considerar las limitaciones de la forja propuesta para la creación del chip la cual es TripleX de LioniX international.

Triplex Waveguide Estructure es una tecnología que permite la integración de guías de onda capaces de crear actuadores dentro del chip para sintonización, activación o modulación de estado sólido en CFI (Circuitos Fotónicos Integrados) al potenciar las propiedades de nitruro de silicio. las limitaciones y consideraciones que esta forja nos da son:

- Los materiales con los que trabaja la forja principalmente son el Si_3N_4 (principal componente de las guías de onda), silicon, SiO_2 , InP
- el espesor maximo de Si_3N_4 que pueden insertar es de 300 nm [1]

1.3. Problema específico a solucionar

Dado el problema por el Dr. Bautista, nuestro equipo se encargara de proponer una solución para una onda de $\lambda = 405nm$. De manera resumida nuestros objetivos son diseñar una guía de onda adecuada para λ , posteriormente emplear algún dispositivo óptico que re-direccione el haz fuera de la ventana del chip y finalmente asegurarnos que ilumine a $70\mu m$ y un area circular efectiva con radio de $5\mu m$.

2. Marco teórico

Tomando en cuenta nuestros objetivos, en la actualidad existen diversos sistemas ópticos capaces de realizar cada una de las acciones necesarias, por lo que separaremos nuestros objetivos en 3 partes.



Figura 2: Esquema de problemas a solucionar

2.1. Guía de onda

Debido a efectos difractivos, los haces de luz van incrementando su sección transversal a medida que viajan en el espacio libre. Estos efectos pueden corregirse mediante el empleo de conductos dieléctricos que atrapan la luz y permiten que viaje por grandes distancias con pérdidas mínimas [5].

Las guías de onda se basan en el confinamiento de la luz, efecto que se logra mediante el uso de dos medios con índice de refracción diferente. El medio por el que viajará la onda (núcleo) se embebe en el medio con índice de refracción distinto (revestimiento o cubierta); la luz queda confinada en el medio el núcleo debido a la reflexión total interna.

La geometría de las guías de onda puede ser plana (slab, strip) o cilíndrica, siendo esta última la más utilizada (fibras ópticas).

Una opción que encontramos fue la de trabajar con fibra óptica. Las ventajas de trabajar con fibra óptica son la variedad de proveedores que se pueden encontrar en el mercado, en cambio las desventajas que pudimos ver en utilizar este método fueron que como parte de la fibra óptica se encuentra el recubrimiento que evita la pérdida de energía, el recubrimiento al ser tan grueso no entraba en las características de medidas que fueron establecidas por nuestro socio formador.

En el caso de TripleX las guías de onda que utilizan son planas, en forma de caja o cuadradas, estas guías se componen de nitruro de silicio (Si_3N_4) rodeado por capas de un sustrato que es dióxido de silicio (SiO_2) cuyo índice de refracción es menor al de la guía de onda.

Una de las ventajas de este tipo de guías es que de acuerdo con Lionix international [1], el nitruro de silicio es un medio con muy baja pérdida de energía de la onda y soporta ondas que van desde los 405 nm hasta los 2350 nm. Una de las desventajas que puede tener es que la capa

del material de mayor índice de refracción (Si_3N_4) solo puede tener un espesor de 300 nm por la técnica de fabricación e implementación que tiene la empresa.

Una modificación en las guías de onda planas que puede tener diversas aplicaciones es la de torcer la sección transversal rectangular 90° , con lo que se puede controlar la polarización de la luz que viaja por esta guía. La ventaja de hacer esto es que la luz transmitida tendrá la polarización deseada, lo cual dependiendo de los objetivos puede ser de gran importancia. La desventaja sería

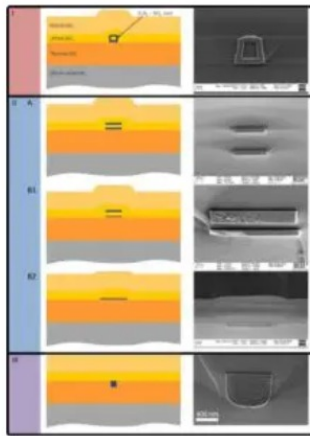


Figura 3: Tipos de guías de onda de TripleX. [2]

2.2. Re-direccionamiento del haz

El direccionamiento de la luz es un fenómeno que se presenta cuando un haz de luz viaja y entra con un ángulo a un medio distinto (con un índice de refracción diferente) al que se encontraba, al pasar de un índice de refracción a otro la luz cambia de velocidad lo que causa su cambio de dirección. [9]

Una forma de direccionar un haz es usando espejos, éstos presentan la ventaja de tener un índice de refracción muy alto por lo que la mayoría del campo E se refleja al intentar viajar a través del espejo. Las desventajas que podemos encontrar al utilizar espejos son sus materiales, los espejos están hechos de metales que actúan como capacitores al ser atravesados por luz.

Otro dispositivo óptico que puede direccionar un haz es el Grating Coupler que utiliza una geometría de "dientes", la parte de los dientes tiene un índice de refracción mayor y el espacio entre ellos está hecho con un material de índice menor. De esta forma el campo E va rebotando en cada diente lo que ocasiona un cambio de dirección de la luz. Parte de las desventajas que se presentan es un pobre manejo de la desalineación que se puede provocar. Por otro lado las ventajas de utilizarlo son que no se necesita un lente para enfocar, también actualmente en la industria ya existen proveedores de Grating Couplers del tamaño requerido. [11]

También existe el H Bend waveguide que es un dispositivo óptico que tiene la característica que el verlo lateralmente tiene la forma de un codo (cambia de horizontal a vertical con una curva), además está hueco por dentro, por lo que al pasar una onda por dentro del dispositivo ésta termina cambiando su dirección a una ortogonal a la que llevaba originalmente. El hecho de que se tenga una salida definida es una ventaja ya que los frentes de onda son planos al salir. Parte de las desventajas

de este dispositivo son que al ser un dispositivo hueco el material que se tiene que usar tiene que tener un índice de refracción muy alto para evitar pérdida de energía (generalmente se utilizan metales, lo cual es contradictorio para las necesidades de nuestro socio formador), por la misma propiedad de ser hueco es complicado encontrar este dispositivo en el tamaño que es necesario. [10]

2.3. Iluminación del ion

La problemática del socio formador se puede resumir en que se necesita iluminar un ion (resaltar que sólo se busca iluminar un ion a la vez), lo cual se puede solucionar con un enfoque de la luz en la posición requerida. El enfoque consiste en hacer que los rayos de luz coincidan en un punto llamado foco. [9]

Las lentes biconvexas son los principales objetos que se utilizan para enfocar la luz, éstos direccionan rayos de luz paralelos a rayos que convergen en un foco. Ventajas que presenta usar un lente biconvexo son la facilidad de encontrarlos en el mercado, los materiales con los que se pueden construir no están limitados y no ocupan mucho espacio.

Al presentar las diferentes formas de redireccionar hay métodos que no necesitan enfocarse, pero presentan el problema de no resultar en suficiente intensidad de luz. Un dispositivo óptico que intensifica la intensidad de la luz es el Reflector de Bragg. Este dispositivo consta en varias capas de dos materiales atornados (de bajo y alto índice de refracción) que ocasionan que la luz que viaja a través de él tenga interferencia constructiva (lo que hace que filtre la longitud de onda deseada). Las ventajas de utilizar un Bragg es que al iluminar el ion con más intensidad éste presentará los efectos del láser. Una desventaja se puede presentar que al tener un espacio limitado, el tener varias capas de materiales puede llegar a ser contradictorio.

3. Propuesta de solución

Como solución a la problemática planteada se decidió la implementación de una guía de onda plana dieléctrica de Si_3N_4 recubierto por capas de SiO_2 , la cual llegará a un grating coupler potenciado por un reflector de Bragg.

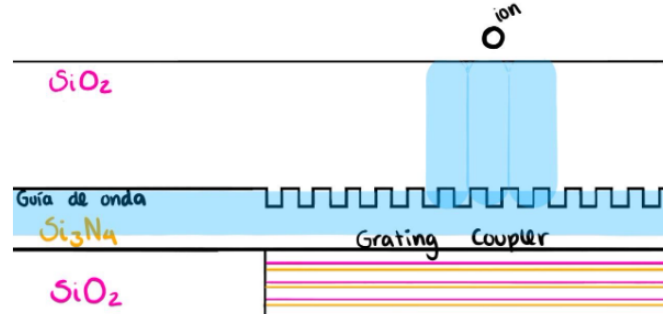


Figura 4: Esquema de propuesta de solución

3.1. Guía de onda para 405 nm

Para cumplir con el objetivo de una guía de onda para 405 nm, se ha propuesto utilizar una guía plana rectangular dieléctrica, esto debido a la simpleza de fabricación, su reducido tamaño en comparación con la fibra óptica y la disponibilidad y experiencia de LioniX international para fabricar este tipo de guías.

La guía de onda será monomodal, esto con el objetivo de contener únicamente el modo que se propaga como un laser y que posee la mayor intensidad de la onda dentro de la guía, la cual estará compuesta por un nucleo de Si_3N_4 recubierto por capas de SiO_2 .

El espesor del núcleo debe cumplir con el tamaño adecuado para ser monomodal, este está dado por la siguiente expresión

$$d = \frac{\lambda M}{2NA}$$

Donde $NA = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)}$, es la apertura numérica de la guía de onda y λ_0 es la longitud de onda central de la fuente óptica utilizada.

Donde M es el numero de modos ($M = 1$). Por lo que el espesor de la guía (núcleo) que cumple con esta ecuación es:

$$136,26 \text{ nm}.$$

El revestimiento por su parte tendrá un espesor tal que las ondas se atenúen lo suficiente antes de llegar a la superficie del chip para impedir que el campo eléctrico del laser afecte al camino del ion. En nuestro caso observamos que teniendo un revestimiento de 431.87 nm por encima y por debajo del nucleo impide esta transmisión del campo.

En suma, el nucleo junto con los 2 rebestimientos tendran un espesor total de $1\mu m$.

Modelando esta guía de onda propuesta en el software de COMSOL obtenemos el siguiente resultado

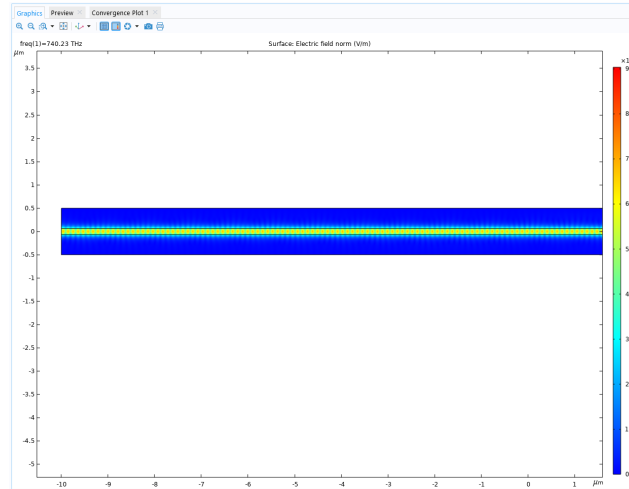


Figura 5: Guía de onda modelada en COMSOL Multiphysics

3.2. Gratin coupler - redireccioamiento del haz

Como sistema óptico a emplear en el redireccionamiento del laser se eligió un grating coupler (GC) por sus propiedades de redireccionamiento del laser.

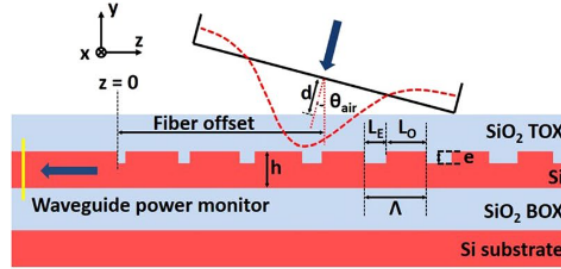


Figura 6: Esquema de un grating coupler. [7]

Este estara continuo (unido) a la guía de onda. Buscaremos que el laser salga con un ángulo de transmisión de 0 grados con respecto a la normal, para esto se debe determinar la periodicidad de las zonas dentadas dada por

$$a = \frac{\lambda}{n_1 - n_2 \sin \theta}$$

Al sustituir por nuestras variables tenemos que el tamaño de un periodo dentado es

$$193,78 \text{ nm}$$

Además, la altura h sera la misma que el espesor del nucleo (136.26 nm), las endiduras e de y en cada periodo a los dientes miden lo mismo que la separacion entre ellos, es decir $a/2$. Una vez modelada la geometría del GC en COMSOL obtenemos

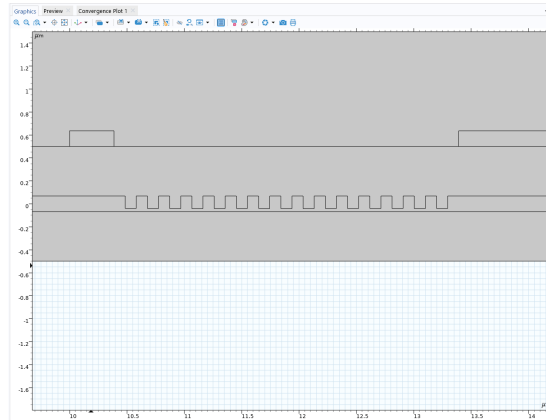


Figura 7: Geometría de un grating coupler modelado en COMSOL Multiphysics

3.3. Reflector de Bragg

Este se selecciono como una forma de intensificar el haz redireccionado para que al llegar al ion este reciba una mayor influencia del laser.

Este se colocara justo debajo de la rejilla del grating coupler y contara con capas de $1/4$ de la longitud de onda en el medio hechas de (Si_3N_4) como material de alto indice de refracción y (SiO_2) como el de bajo indice.

4. Resultados

Luego de hacer la implementación de nuestra propuesta y probarla utilizando el software de COMSOL pudimos observar distintos resultados.

Al implementar la guía de onda por separado nos dimos cuenta que el haz se propaga de manera adecuadas dentro del núcleo, sin embargo al unirse con el grating coupler las ondas que se reflejan interfieren con el haz que viaja por esta guía. Por otra parte observamos que el GC no dejaba pasar la onda por toda la geometría del mismo, por lo que el haz no podia redirigirse de manera efectiva como se esperaba.

Finalmente al analizar la intensidad del campo resultante encontramos que a $20\ \mu m$ la mayor componente se encuentra dentro de un radio efectivo menor a $5\ \mu m$, sin embargo, al extenderse hasta $70\ \mu m$ se atenúa demasiado y ya no se distingue un area efectiva de este tamaño. Este hecho puede deberse a que nuestro reflector de Bragg en la simulación no funciono de la forma esperada, por lo que el haz se disipaba muy rapidamente al llegar al GC y no lograba recuperar la intensidad perdida.

5. Discusión de resultados

Una ventaja importante de este modelo es la facilidad de construcción, ya que hemos ideado otros sistemas ópticos que fungen la misma función pero son más difíciles de construir al utilizar más sistemas ópticos en uno solo. Sin embargo, una desventaja del mismo modelo simplificado es que si quisiesémos cambiar la longitud de onda del rayo incidente tendríamos que cambiar toda la geometría del sistema, siendo un modelo que solo funciona para una sola longitud de onda, restandole versatilidad al modelo.

Un área de oportunidad interesante para nuestro diseño es la mejora de la guía de onda para soportar una mayor intensidad del rayo electromagnético, así esta sería capaz de enfocar los rayos normalmente a las rejillas difractoras. También la optimización del modelo para que soporte automáticamente más longitudes de onda para generar una aplicación de simulación de un iluminador de iones.

Asimismo si consideramos algunos errores de fabricación como variaciones ligeras (no mas de 50nm) en el espesor de las capas podemos decir que la guía seguira conteniendo correctamente al laser manteniendo la propiedad monomodal.

6. Conclusiones

La problemática que nos presentó el Dr. Amado Bautista Salvador se puede resumir en la necesidad de hacer que un sistema óptico reciba luz monocromática (con una longitud de onda de 405 nm), que guíe las ondas, las redirija al objetivo (ion de Estroncio) que se encuentra a 70 μm arriba de la superficie del chip, para poder iluminarlo. Dado el problema específico a solucionar se llegó a la siguiente propuesta solución, dividida en pasos; primeramente para llevar las ondas de la luz en el chip se propuso y modeló una guía plana rectangular tanto teóricamente como experimentalmente, después para redireccionar el haz se propuso y modeló un Grating Coupler que entre sus características puede direccionar luz con algo de enfoque, para terminar se propuso un Reflector de Bragg para disminuir el campo E que pueda llegar a escapar por debajo de nuestro sistema. Nuestro diseño de sistema óptico para iluminar un ion logra cumplir con una redirección del haz electromagnético para iluminar una región aproximada de 10 μm a 70 μm de distancia de la ventana impuesta por el socio formador, sin embargo, la región de dispersión del haz de unos 15 μm . Por la construcción de la guía de onda y por la propia longitud de onda utilizada el haz de luz incidente a la rejilla de difracción pierde potencia y no alcanza a iluminar de forma perfectamente vertical como se propuso teóricamente. El alcance de este modelo en la industria y la investigación es interesante pues el uso de sistemas ópticos para iluminar iones con el propósito de verificar el estado de estos es de vital importancia para el desarrollo de detectores que nos ayudan a investigar y aplicar el conocimiento que se tiene sobre la física en escalas muy pequeñas. La modelación realista de estos modelos nos ayuda para el comprendimiento de tecnologías cuánticas y su posible aplicación para el desarrollo tecnológico que pueda llegar a impactar la sociedad en general. Es importante mencionar las áreas de oportunidad de la solución presentada en este reporte. Al hacer el modelado experimental del Reflector de Bragg se tuvieron dificultades para acoplarlo al sistema óptico completo. También se podría encontrar una forma de asegurar que toda la luz se enfoque en el ion.

7. Referencias

- [1] Lionix International. (2022, 29 julio). TriPleX Silicon Nitride Waveguide Technology. Lionix International.
<https://www.lionix-international.com/photronics/pic-technology/triplex-waveguide-technology/>
- [2] IEEE Xplore Full-Text PDF: (s.f.).
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=arnumber=8259277tag=1>
- [3] Refractive index of BK7 - SCHOTT. (s.f.).
<https://refractiveindex.info/?shelf=glassbook=BK7page=SCHOTT>
- [4] Chávez Velázquez, R., Zaldívar Huerta, I., Reyes Betanzo, C., Díaz Sánchez, A. (2005). Fabricación de guías de onda ópticas en silicio utilizando óxido de silicio y nitruro de silicio. Superf. vacío, 21-23
- [5] Espitia, N. C. APLICACIONES DE OPTOELECTRÓNICA EN MEDICINA.
- [6] Optics Ansys. (s.f.). <https://optics.ansys.com>. <https://optics.ansys.com/hc/en-us/articles/360042305334-Grating-coupler>

- [7] Marchetti, R. (2017, 30 noviembre). High-efficiency grating-couplers: demonstration of a new design strategy. Nature. <https://www.nature.com/articles/s41598-017-16505-z>
- [8] Photonics Media editors. (2022, 8 agosto). Durable Multicore Waveguides Herald Optimized Quantum Photonic Chips. Research Technology. Aug 2022, https://www.photonics.com/Articles/Durable_Multicore_Waveguides_Herald_Optimized/a68263Refractionoflight. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/49-refraction-of-light>
- [9] H-Bend Waveguide 3D. (s.f.). COMSOL. <https://www.comsol.com/model/h-bend-waveguide-3d-1421>
- [10] Discussion today: Grating couplers. (s.f.). ppt download. <https://slideplayer.com/slide/14295288/>
- [11] Distributed Bragg Reflector. (s.f.). COMSOL. <https://www.comsol.com/model/distributed-bragg-reflector-19275>
- [12] Focusing Lens. (s.f.). COMSOL. <https://www.comsol.com/model/focusing-lens-57621>
- [13] Cheng et al. (2020). Grating Couplers on Silicon Photonics: Design Principles, Emerging Trends and Practical Issues.

8. Ápendice

8.1. Código numérico

En este documento se encuentran los links para el archivo mph y el reporte computado en COMSOL Multiphysics.

<https://drive.google.com/drive/folders/1GHeWXa3uPjvNqXpq24A2Jb7YyYeferq8?usp=sharing>

8.2. Reflexiones personales

Fabián Alexis Hernández Rodríguez : Durante este reto se reforzó el conocimiento sobre cuestiones fundamentales de la óptica, la aplicación y modelación práctica y el trabajo en equipo para solucionar problemas complejos y específicos. Fue muy interesante aplicar el conocimiento del curso para poder hacer un modelo práctico y aplicable a un problema real en la industria, así como poder organizar una solución cliente-consultor para resolver un problema específico y bien definido. Aunque hubo limitaciones por el poco uso del software que utilizamos, tales como el uso fluido y el conocimiento para construir ciertas geometrías y materiales; gracias al conocimiento teórico y el tiempo invertido, se logró construir un modelo que cumple con las especificaciones del Socio Formador y solucionan el problema planteado. También es importante recalcar el trabajo en equipo y la organización que se llevó a cabo para llegar a una solución bien estructurada y profesional. Mi aportación en este reto fueron algunos cálculos matemáticos para encontrar el ángulo de difracción en el Grating Coupler, el modelado en COMSOL del mismo entre en otras aportaciones al trabajo de mis compañeros.

Pedro Jahir Hinojosa García : Las problemáticas presentadas en el presente trabajo fueron principalmente las limitaciones técnicas. No obstante, nos dimos el tiempo de leer diversos tutoriales y entender las limitaciones de los tipos de geometrías, materiales a usar, condiciones de frontera y tipos de estudios usados en la simulación. Fue un proyecto retador ya que fue de empezar a usar

un software nuevo en muy poco tiempo. Pero, gracias al tiempo que invertimos en el COMSOL y en el modelo teórico, pudimos hacer que la simulación resultase exitosa sin muchos componentes agregados empleando la teoría perfectamente.

Myrna Dinorah Ortiz Ramírez : En el desarrollo para la solución del reto , llegué a reforzar el conocimiento visto en clase y aprendí cuestiones de trabajo en equipo y los métodos para resoluciones de problemas. Además fue interesante contextualizar el problema de manera matemática y de manera física, también fue de gran utilidad tener a cada integrante de manera participativa, pues cada quien contribuía a lo que había entendido en clase, y se discordábamos en algo le preguntábamos directamente al profesor. Mi participación en este entregable fue la redacción en la parte de la guía de onda, también contribuí con los calculos matemáticos del mismo tema y del grating coupler, intenté ayudar en la parte de la simulación de COMSOL pero no pude contribuir mucho porque mis conocimientos no estaban tan completos como los otros miembros de mi equipo. El impacto de esta actividad en mí formación profesional fue sobretodo complementaria a los conocimientos de óptica previos, además podría implementarla en sectores como el desarrollo de la tecnología óptica o la formación de computadoras cuánticas.

Yolanda Romero Martínez : Llegar a proponer una solución para una problemática real ha sido una experiencia que definitivamente siento es una forma útil de prepararnos para una vida profesional, esto también en el área del trabajo en equipo ya que está claro que como en un ambiente de trabajo ingenieril se tiene que saber trabajar en equipo, repartiendo el trabajo conforme las habilidades de los participantes, sin dejar de lado que siempre puedes apoyarte en tus compañeros para entender la problemática como un completo. Mencionando los conocimientos desarrollados en el área de la física y experimentación puedo afirmar que el conjunto de ambas es necesaria ya que al ser ingenieros en una ciencia necesitamos estar preparados en ambas áreas para poder hacer soluciones completas para nuestros clientes. Con respecto a mis aportaciones en el reto, me concentré en el área de la investigación del contexto, diferentes soluciones que se podrían implementar, sus ventajas y desventajas, decidir qué propuesta íbamos a presentar.

Sebastián Espinosa López: Durante la realización de esta actividad desempeñe diversas tareas. Principalmente me enfoqué en la definición de la problemática, diseño y medidas de la guía de onda así como la estructura del reporte. De forma mas pasiva me mantuve investigando y proponiendo diseños, medidas y parámetros del reto las cuales eran probadas por mis compañeros que desempeñaron principalmente la tarea del modelo en COMSOL. De manera indirecta a la creación del reporte y más enfocado al trabajo en equipo considero que mantuve una supervisión general de la propuesta de solución y su modelación, asegurandome de que se mantuviera congruencia entre lo dicho y lo echo y en ocasiones distribuyendo las tareas entre los integrantes. Entre los aprendizajes importantes que tuve fue el como proponer distintas opciones para la resolución de un problema, así como la forma de abordar una problemática, comenzando por definir claramente los objetivos.