

CITID, Año 2, Numero 2, 2025 - 2026 es una revista bianual, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México, dependiente de la Secretaria de Educación Pública, a través del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Av. Universidad No. 12002, Quinto Piso, Col. Xoco, Alcaldía Benito Juárez C.P. 03330, Ciudad de Reserva México, Tel 5536002500 Ext. 65064, d_vinculacion05@tecnm.mx, Editor Responsable Dra. María Lidia Palacios Contreras. de derechos al uso exclusivo No. 04-2023-092911362100-102, ISSN No. 2992-8516, ambos son otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este número: Dra. Areli Marlen Salgado Delgado, profesora investigadora del Instituto Tecnológico de Zacatepec, Calzada Tecnológico No. 27, Col. Centro, Zacatepec, Morelos, C.P. 62780, Tel. (734) 3431394, fecha de última actualización 10 de julio de 2025. El objetivo de la revista es establecer un espacio que permite visualizar los aportes científicos ingenieriles, y administrativas académicas y de en educación diferentes que disciplinas generan los investigadores, docentes y expertos y así por medio de una publicación académica arbitrada en formato electrónico dar la difusión y divulgación de proyectos presentados en el CITID.

Las publicaciones de los artículos son sometidas a revisión por un Comité de Arbitraje y el contenido es responsabilidad de y no necesariamente reflejan la postura de los autores editores de la publicación. Queda prohibida la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico de Zacatepec, salvo que sea citada la fuente de origen.

Diseño 3D de un reactor solar de bajo costo para la síntesis de materiales.

C. A. Del Rivero Estrada¹, D. H. Cuate Gómez², J. L. Sosa Sánchez³, A. Garzon Roman⁴.

¹Universidad Interamericana A.C. Departamento de ingeniería, Lateral Sur de la Vía Atlixcáyotl #7007, Municipio de San Andrés Cholula, Puebla. a000003641@lainter.edu.mx

²Instituto Tecnológico Superior Campus Progreso, Blvd. Tecnológico de Progreso S/N, Centro, 97320 Progreso, Yucatán. - dhcq.inv@gmail.com

³Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores del instituto de ciencias (CIDS-ICUAP) Av San Claudio s/n, Cd Universitaria, La Hacienda, 72592 Puebla, Pue. jose.sosa@correo.buap.mx

⁴Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica, Calle Luis Enrique Erro, Santa María Tonantzintla, Puebla, C.P 72840– abelgr@inaoep.mx

Área de participación: Desarrollo de tecnología e innovación (MP)

Resumen:

Los reactores de síntesis solar son dispositivos que utilizan la energía solar para producir hidrógeno y otros productos químicos a partir de la disociación del agua. El hidrógeno es una fuente de energía renovable que no emite gases de efecto invernadero y puede ser utilizado para alimentar vehículos, hogares e industrias. La producción de hidrógeno mediante reactores de síntesis solar es un proceso limpio y sostenible, ya que la energía utilizada proviene directamente del sol y no produce emisiones contaminantes. A pesar de que la investigación en este campo continúa siendo un área activa y emocionante de la ciencia, los diseños de los reactores cuentan con patentes, lo que dificulta el acceso a esta tecnología. Para abordar este problema, se ha propuesto el diseño 3D de un reactor solar con lente de Fresnel de acceso libre, que puede ser impreso utilizando la tecnología de impresión 3D, debido a que es una tecnología que ha revolucionado la forma en que se diseñan y producen objetos en diversos campos.

Introducción.

Los reactores de síntesis solar son un tipo de reactor que utiliza la energía solar mayormente utilizados para producir hidrógeno y otros productos químicos a partir de la disociación del agua. El hidrógeno es una fuente de energía renovable que no emite gases de efecto invernadero y puede ser utilizado para alimentar vehículos, hogares e industrias. Además, la producción de hidrógeno utilizando estos reactores es un proceso limpio y sostenible, ya que la energía utilizada proviene directamente del sol y no produce emisiones contaminantes.(Agrafiotis et al., 2007a)

La investigación en el campo de los reactores de síntesis solar sigue siendo un área activa y emocionante de la ciencia. La optimización del diseño de los reactores, la mejora de los materiales utilizados en su construcción y la investigación en nuevos procesos químicos son algunas de las áreas en las que se está trabajando actualmente.(Agrafiotis et al., 2007b) Además, la utilización de los reactores de síntesis solar en la producción de hidrógeno y otros productos químicos puede ayudar a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por la ONU.(Steinfeld et al., 1998) Sin embargo, los diseños de estos reactores cuentan con patentes, haciéndolos de difícil acceso para la investigación. Por ello se toma

la decisión de realizar un diseño 3D de acceso libre y que cualquier persona pueda armar el suyo.

La impresión 3D es una tecnología que ha cambiado la forma en que se diseñan y producen objetos en una amplia gama de campos, desde la ingeniería y la arquitectura hasta la medicina y la moda. Esta tecnología utiliza modelos digitales para crear objetos tridimensionales utilizando una amplia variedad de materiales, incluyendo plásticos, metales, resinas y cerámica, entre otros. (Zakari et al., 2022) La impresión 3D se basa en el concepto de fabricación aditiva, que se refiere al proceso de agregar material capa por capa para construir un objeto en lugar de tallar o moldear una pieza a partir de un bloque sólido. Esta tecnología ha evolucionado significativamente desde su creación en la década de 1980 y ha experimentado un rápido crecimiento en los últimos años debido a la reducción de costos y la mejora en la calidad y capacidad de las impresoras 3D. En el campo de la ingeniería, la impresión 3D se utiliza para crear prototipos y piezas personalizadas con gran precisión. Esto ha reducido significativamente el tiempo y los costos de desarrollo de productos, permitiendo a las empresas llevar productos al mercado de manera más rápida y eficiente. (Yan et al., 2018)

Es por ello que en el presente artículo se realizará el diseño 3D de un reactor solar con lente de Fresnel para aminorar costos en la producción de estos reactores. Así también, proporcionar el kit del modelado 3D para que cualquier persona pueda imprimir su reactor, otorgando el fácil acceso.

Sección Experimental y/o Fundamento Teórico.

Se toma la decisión de utilizar AutoCAD, debido a que es una de las herramientas más populares utilizadas para la creación de diseños 3D en una variedad de campos. Una de las principales razones por las que AutoCAD es tan efectivo para crear diseños 3D es su capacidad para generar modelos precisos y detallados. Los diseños creados en AutoCAD permiten a los diseñadores visualizar sus ideas y conceptos en un formato tridimensional, lo que les permite evaluar el diseño desde diferentes ángulos y perspectivas. Otra ventaja clave de utilizar AutoCAD es la capacidad de colaborar y compartir diseños con otros miembros del equipo. Finalmente, y la principal razón de utilizar AutoCAD es porque cuenta con licencia para estudiantes, permitiendo utilizarlos sin necesidad de pagar por su uso.

Para obtener el diseño del reactor se utilizó la impresora Ultimaker 3; es una impresora 3D de alta calidad que ofrece una amplia variedad de características y funcionalidades que la convierten en una herramienta indispensable para cualquier entusiasta de la impresión en 3D o profesional en la industria. Esta impresora utiliza la tecnología FFF (Fused Filament Fabrication) y es capaz de imprimir con una amplia variedad de materiales, incluyendo PLA, ABS, Nylon y PET. Además, la Ultimaker 3 cuenta con dos extrusoras, lo que permite la impresión de modelos complejos con soporte soluble, aumentando así la calidad y la precisión de las impresiones.

Como se acaba de mencionar existen diferentes materiales para ser utilizados en la impresora 3D, sin embargo, se tomó la decisión de usar el acrilonitrilo butadieno estireno, comúnmente conocido como ABS. Es un material termoplástico utilizado en una amplia variedad de aplicaciones. Se compone de tres monómeros principales: acrilonitrilo, butadieno y estireno, y su fórmula química es $(C_8H_8)_x \cdot (C_4H_6)_y \cdot (C_3H_3N)_z$. Una de las principales ventajas del ABS es su capacidad para resistir impactos y choques, lo que lo hace ideal para su uso en la fabricación de piezas que necesitan una alta resistencia y durabilidad. Además, el ABS también es resistente a la abrasión y a la corrosión, lo que lo hace una opción ideal para piezas expuestas a ambientes agresivos. Otra ventaja del ABS es su facilidad de procesamiento, lo que permite su moldeo por inyección y extrusión. Esto significa que puede ser moldeado en una amplia variedad de formas y tamaños, lo que lo hace ideal para la producción en masa de piezas. (Su & Al'Aref, 2018)

Finalmente, una de las piezas principales para este proyecto es la reducción de costos del reactor solar. Sin embargo, la síntesis solar enfrenta desafíos en términos de eficiencia y costo. Para superar estos desafíos, se han desarrollado varias tecnologías, entre ellas las lentes de Fresnel. Las lentes de Fresnel son una alternativa económica y eficiente a las lentes convencionales debido a su diseño plano y su capacidad para enfocar la luz solar en un punto focal. Además, las lentes de Fresnel también permiten una mayor flexibilidad en el diseño del reactor, lo que facilita la integración con otras tecnologías. (Gürda et al., 2001; Li et al., 2006; Suzuki & Wilkie, 1995; Xie et al., 2011)

Resultados y Discusión.

Para crear este prototipo fue necesario educarse con los concentradores solares. Observando que todos tienen el mismo principio, concentrar la radiación solar en un punto focal como se puede ver en la figura 1. La figura 1a muestra un cristal que recubre la lente de Fresnel. La lente de Fresnel por su diseño permite una mayor concentración de radiación a una distancia focal (ver figura 2). Como se mencionó anteriormente; la principal ventaja de las lentes de Fresnel es su construcción plana y delgada, lo que las hace más ligeras y fáciles de transportar que las lentes convencionales de vidrio. Esto se debe a que, en lugar de tener una superficie curva como una lente convexa, las lentes de Fresnel están hechas de una serie de prismas pequeños, que permiten enfocar la luz de manera similar a una lente curva. Además de su tamaño y peso reducidos, las lentes de Fresnel también tienen una mayor eficiencia óptica que las lentes convencionales, ya que la luz que pasa a través de una lente de Fresnel se refracta en ángulos muy pequeños, lo que reduce la cantidad de luz que se pierde en la reflexión interna. (Toledo et al., 2012)

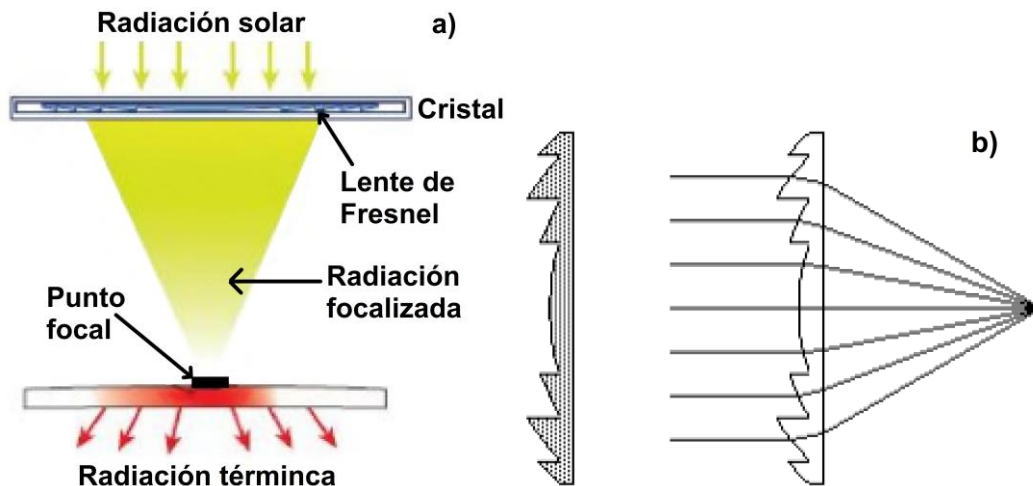


Figura 1. a) Esquema básico de concentradores solares convencionales y b) sección transversal de una lente de Fresnel.

A continuación, en la figura 2 se presentan las partes diseñadas para realizar el reactor de síntesis solar. Las medidas donde estará ubicado el lente de Fresnel (Ver figura 2a) es de 32X32 cm (largo y ancho) y 1.5 cm de espesor. Los pilares (Ver figura 2b) tienen 33.49X1.5 cm (largo y ancho) y un espesor de 1.5 cm. el espacio donde se colocará el recipiente de reacción química tiene forma de cubo y cada uno de sus lados mide 18 cm, sin embargo, el ancho de estos lados es de 1 cm y un espesor de 1.5 cm (Ver figura 2c).

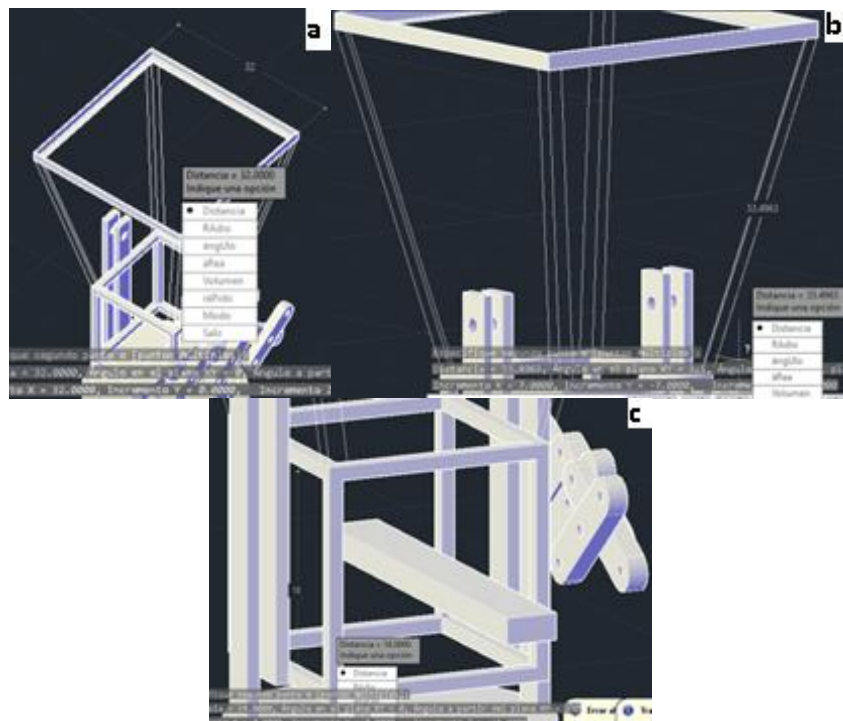


Figura 2. a) Vista superior de reactor solar, b) pilares que soportan el Lente de Fresnel y c) Lugar donde se colocará el recipiente de las reacciones químicas.

También contamos con una parte móvil tipo pantógrafo con esta lograremos controlar la temperatura de reacción, esto gracias a la facilidad de cambiar el punto focal de nuestra lente de Fresnel. Esta parte móvil consta de 6 pilares de 13 cm cada uno con una anchura de 3 cm, además cuenta con 3 orificios de 0.5 cm de diámetro (Ver figura 3a). Finalmente contamos con un soporte que puede girar 360° en los ejes "X, Y" y 120° en el eje "Z". Este soporte consta de 2 bases una de 25 cm y otra de 28.5 cm de diámetro, permitiendo ser anclada a una superficie plana y evitar movimientos inesperados.

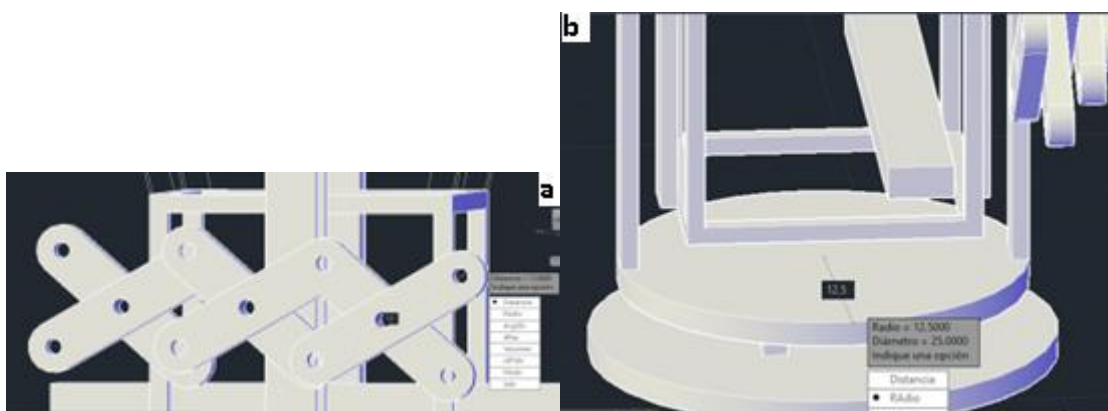


Figura 3 a) Parte móvil tipo pantógrafo y b) soporte con capacidad de girar.

Finalmente, la imagen 4 muestra el armado del diseño del prototipo del reactor de síntesis solar. Mostrando 4 partes principales dentro de este diseño: Cavity donde se colocará la lente de Fresnel, Pilares que soportaran tanto la cavity y el lente de Fresnel, espacio donde se colocaran los recipientes para realizar las reacciones químicas, partes móviles tipo pantógrafo que ayudarán a cambiar el punto focal reduciendo o aumentando la temperatura de reacción y una base que permitirá girar y enfocar la radiación solar.



Figura 4. a) Diseño 3D del prototipo armado del reactor de síntesis solar y b) Prototipo de reactor de síntesis solar.

Conclusiones.

La importancia de utilizar herramientas de diseño 3D precisas y detalladas permiten desarrollar prototipos a menor costo. Asimismo, la utilidad de la impresora 3D, capaz de imprimir con una amplia variedad de materiales como el ABS, elegido por su resistencia a impactos y durabilidad, facilidad de procesamiento y capacidad de moldeo en una amplia variedad de formas y tamaños. Es por ello que destacamos la importancia de la reducción de costos en el diseño del reactor solar.

Para la creación del reactor de síntesis solar, se utilizó la técnica de concentración de radiación solar en un punto focal mediante lentes de Fresnel, que son más eficientes ópticamente y más ligeras y fáciles de transportar que las lentes convencionales de vidrio. El diseño del prototipo del reactor incluye una cavidad para la lente de Fresnel, pilares que soportan la cavidad y el lente, un espacio para colocar los recipientes de reacción química, partes móviles tipo pantógrafo para controlar la temperatura de reacción y una base giratoria que permite enfocar la radiación solar. En conjunto, estos componentes permiten la creación de un reactor de síntesis solar eficiente y transportable para la producción de sustancias químicas.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al Laboratorio de Síntesis de Semiconductores Orgánicos (LaSSO) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por prestar espacio de trabajo. También agradecemos a la Universidad Interamericana A. C. Por facilitar los insumos y equipo de impresión 3D.

Referencias

- Agrafiotis, C. C., Pagkoura, C., Lorentzou, S., Kostoglou, M., & Konstandopoulos, A. G. (2007a). Hydrogen production in solar reactors. *Catalysis Today*, 127(1–4), 265–277. <https://doi.org/10.1016/J.CATTOD.2007.06.039>
- Agrafiotis, C. C., Pagkoura, C., Lorentzou, S., Kostoglou, M., & Konstandopoulos, A. G. (2007b). Hydrogen production in solar reactors. *Catalysis Today*, 127(1–4), 265–277. <https://doi.org/10.1016/J.CATTOD.2007.06.039>
- Gürda, G., Güçlü, G., & Özgümü, S. (2001). Graft copolymerization of acrylic acid onto cellulose: Effects of pretreatments and crosslinking agent. *Journal of Applied Polymer Science*, 80(12), 2267–2272. <https://doi.org/10.1002/APP.1331>
- Li, Y. N., Sun, Y., Deng, X. H., Yang, Q., Bai, Z. Y., & Xu, Z. Bin. (2006). Graft polymerization of acrylic acid onto polyphenylene sulfide nonwoven initiated by low temperature plasma. *Journal of Applied Polymer Science*, 102(6), 5884–5889. <https://doi.org/10.1002/APP.25007>

- Steinfeld, A., Brack, M., Meier, A., Weidenkaff, A., & Wullemin, D. (1998). A solar chemical reactor for co-production of zinc and synthesis gas. *Energy*, 23(10), 803–814. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(98\)00026-7](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(98)00026-7)
- Su, A., & Al’Aref, S. J. (2018). History of 3D Printing. *3D Printing Applications in Cardiovascular Medicine*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803917-5.00001-8>
- Suzuki, M., & Wilkie, C. A. (1995). Graft copolymerization of methacrylic acid and acrylamide onto acrylonitrile-butadiene-styrene terpolymer by photoinduced hydroperoxide. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 33(7), 1025–1029. <https://doi.org/10.1002/POLA.1995.080330704>
- Toledo, C. G., Ortiz, J. V. G., Wallhead, I., Toledo, I. G., & Jiménez, T. M. (2012). Design of an efficient Fresnel-type lens utilizing double total internal reflection for solar energy collection. *Optics Express*, Vol. 20, Issue S6, Pp. A1005–A1010, 20(106), A1005–A1010. <https://doi.org/10.1364/OE.20.0A1005>
- Xie, W. T., Dai, Y. J., Wang, R. Z., & Sumathy, K. (2011). Concentrated solar energy applications using Fresnel lenses: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 2588–2606. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2011.03.031>
- Yan, Q., Dong, H., Su, J., Han, J., Song, B., Wei, Q., & Shi, Y. (2018). A Review of 3D Printing Technology for Medical Applications. *Engineering*, 4(5), 729–742. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2018.07.021>
- Zakari, A., Khan, I., Tan, D., Alvarado, R., & Dagar, V. (2022). Energy efficiency and sustainable development goals (SDGs). *Energy*, 239, 122365. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2021.122365>

Autorización y renuncia.

Los autores del presente artículo autorizan al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Zacatepec para publicar el escrito en el libro electrónico del **CONGRESO INTERNACIONAL EN TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN y DOCENCIA 2023**. El Instituto o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que está expresado en el escrito.