

Del diseño CAD al circuito solar

Emmanuel Garcia-Lagunas,¹ Christian Alexis Lagunas-Trujillo,² Carlos Alberto Rodríguez-Castañeda³

Introducción

El sector automotriz enfrenta el reto de innovar continuamente en estructuras más ligeras, eficientes y sostenibles. En el ámbito académico, los proyectos de vehículos eléctricos constituyen una excelente plataforma para aplicar conocimientos de diseño mecánico, manufactura digital y optimización de recursos. En este contexto, la utilización del Diseño Asistido por Computadora (CAD, por sus siglas en inglés) junto con la impresión 3D ofrece a los estudiantes una vía práctica para materializar conceptos, validar ideas y desarrollar prototipos funcionales sin requerir infraestructura industrial compleja. Este artículo presenta una experiencia académica enfocada en el diseño CAD y fabricación de un chasis funcional mediante esta tecnología, con el propósito de participar en una competencia de vehículos solares.

Diseño estructural con software CAD

El diseño estructural constituye una etapa esencial en el desarrollo de proyectos tecnológicos e ingenieriles, ya que permite traducir ideas conceptuales en soluciones viables, funcionales y técnicamente coherentes. Actualmente, este proceso se apoya de manera significativa en herramientas digitales, entre las que destacan los programas CAD. El uso de software CAD permite generar modelos tridimensionales con un alto grado de precisión, facilitando el análisis geométrico y funcional de las piezas, así como su compatibilidad con sistemas de fabricación digital, lo que se traduce en una mayor eficiencia, reducción de errores y mejora en la calidad final del producto. En el marco del presente artículo, el diseño estructural se centró en la construcción de un chasis destinado a soportar un sistema de propulsión eléctrica y un módulo fotovoltaico, que puede observarse en la Figura 1.

El proceso comenzó con la definición de los requerimientos funcionales y geométricos fundamentales: Adaptación al motor eléctrico, integración con componentes mecánicos estándar (como ejes, engranajes y soportes de ruedas) y la incorporación de una base estructural para la fijación de un módulo solar (dispositivo encargado

de transformar la radiación solar en energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas). La validación de estos criterios se basó en métodos prácticos y empíricos, tales como la comparación de la sección transversal del diseño con modelos existentes de referencia, cálculos manuales de cargas distribuidas aproximadas considerando el peso total y la revisión de zonas de concentración de carga (uniones, soportes de eje) para reforzar perfiles o espesores.

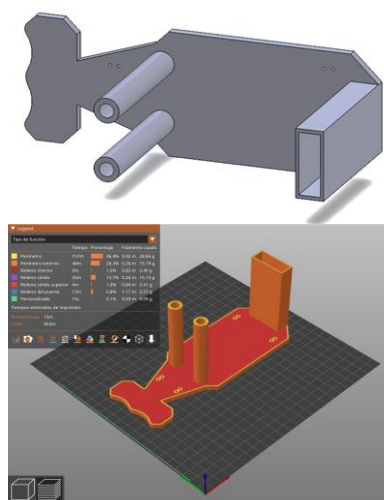


Figura 1. Modelo tridimensional del chasis automotriz y laminado de prototipo. Imagen creada en FreeCAD y ArtillerySlicer

Estrategias aplicadas: A) Segmentación del modelo: El chasis fue dividido en 3 secciones con uniones tipo ensamblaje singular, optimizando la orientación de las piezas para minimizar tiempos de impresión, B) Selección de material: Para la fabricación se optó por utilizar filamento PLA, un material ampliamente empleado en impresión 3D. El PLA (ácido poliláctico), es un bioplástico obtenido a partir de recursos renovables como el maíz o la caña de azúcar. Destaca por su rigidez, facilidad de manejo y buena calidad de acabado, lo que lo convierte en una opción ideal para obtener piezas precisas y resistentes sin requerir condiciones de impresión complejas., C) Optimización interna: Se utilizó relleno de patrón hexagonal (honeycomb) con una densidad entre 5-10% para equilibrar ligereza y resistencia, D) El archivo CAD se exportó a formato .STL (estereolitografía) y se procesó con un software de

laminado (slicer), ajustando parámetros de temperatura, velocidad de impresión y temperatura de extrusión, considerando tiempos de impresión prolongados y posibles fallos de adhesión. Figura 1. El tiempo total de impresión fue de 3.3 horas.

Tras la impresión, las secciones fueron alineadas en una superficie nivelada, utilizando adhesivo multi superficie y refuerzos plásticos impresos a medida para mantener la rigidez. Para garantizar la alineación, se usaron guías, escuadras metálicas y guías plásticas de sujeción.

Sistema de alimentación solar

La elección de la energía solar como fuente primaria para alimentar el sistema del prototipo responde a una serie de consideraciones estratégicas que abarcan criterios de sostenibilidad, disponibilidad, simplicidad técnica y valor pedagógico.

En términos generales, la energía solar fotovoltaica representa una de las alternativas más limpias y accesibles dentro del abanico de fuentes energéticas renovables. Su aprovechamiento no implica emisiones contaminantes, no genera ruido ni requiere de combustibles fósiles, y puede ser implementado con relativa facilidad en entornos donde otras formas de energía no están disponibles o resultan poco prácticas. Estas características hacen de la energía solar una solución particularmente atractiva para aplicaciones educativas, experimentales y de bajo consumo energético.

En este caso específico, se utilizó un módulo solar fotovoltaico de 2.5 W, 5 V, capaz de suministrar una corriente máxima de 500 mA bajo radiación solar plena (potencia de la radiación solar que llega a una superficie, en W/m²). Asimismo, un motor eléctrico DC (de flujo continuo de carga eléctrica) de 3–6 V y 400–600 mA a carga ligera, conectado a una pequeña transmisión de engranes para accionar las ruedas traseras del prototipo. En cuanto al circuito de conexión: El módulo solar se conectó directamente al motor mediante un interruptor simple y cableado protegido. No se utilizó controlador de carga ni batería auxiliar, dado que el objetivo es demostrar la alimentación directa y observar el comportamiento variable según la intensidad solar. De este modo, la prueba práctica, llevada a cabo bajo radiación solar media, ~600–700 W/m², el módulo solar proporcionó potencia suficiente para accionar el motor y generar movimiento en el sistema de engranaje sobre una superficie plana, validando el funcionamiento básico del sistema, Figura 2.

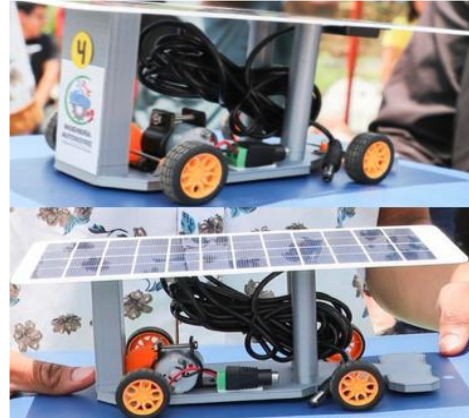


Figura 2. Prototipo de vehículo solar a escala, diseñado y ensamblado con componentes impresos en 3D y su módulo fotovoltaico montado en la parte superior. Imagen tomada en prueba práctica.

En competencia: El prototipo logró desplazarse con tracción directa impulsada únicamente por **energía solar fotovoltaica**, confirmando la efectividad de la integración estructural y eléctrica, como puede observarse en la **Figura 3**.



Figura 3. Competencia de vehículos solares a escala realizada en cancha deportiva de 14 m de longitud. Imagen tomada en competencia.

Aspectos relevantes observados: La potencia de 2.5 W resulta adecuada solo para competencia básica, no para desplazamientos prolongados ni con carga elevada, la estructura impresa mantuvo su integridad durante las pruebas de rodaje, se identificaron puntos de mejora para la sujeción del módulo y la protección de cables frente a vibraciones.

Desafíos técnicos

A) Limitaciones en volumen de impresión y ensamblaje meticuloso, B) Variaciones de hasta 1–2 mm en el diseño CAD impreso, corregidas con lijado, C) Dependencia directa de la radiación solar sin almacenamiento, por lo que el rendimiento del motor es intermitente y D) Requerimiento de aislar contactos para evitar cortocircuitos en condiciones húmedas o de polvo.

Impacto académico y prospectiva

El desarrollo de este prototipo constituye mucho más que un ejercicio técnico: representa una experiencia formativa integral que articula el conocimiento con la práctica, y la tecnología con la sostenibilidad. A

través del mismo, los participantes pudieron aproximarse al uso de herramientas **CAD**, procesos de manufactura digital mediante impresión 3D y principios básicos de conversión de energía solar en energía eléctrica. Este tipo de iniciativas no solo promueven el aprendizaje activo, sino que también estimulan la creatividad y la resolución de problemas a partir de contextos reales, como lo es la disponibilidad limitada de materiales o componentes. En ese sentido, el prototipo no solo se concibe como un objeto funcional, sino como un medio para fomentar competencias clave en ciencia, tecnología e innovación, bajo una perspectiva ambientalmente responsable.

Asimismo, el uso de energía solar en el prototipo responde a una intención pedagógica y ética: introducir, desde etapas tempranas de formación, el valor estratégico de las energías renovables en el contexto del desarrollo sustentable.

Con miras a futuras etapas de mejora, se identifican diversas posibilidades de ampliación: incorporar un regulador de carga para estabilizar la entrega de energía, aumentar la potencia del módulo fotovoltaico con el fin de optimizar el rendimiento del motor, y explorar el uso de materiales compuestos o filamentos reforzados en la estructura, que otorguen mayor resistencia sin comprometer la ligereza del diseño.

Conclusiones

El proyecto desarrollado permitió comprobar la pertinencia del uso de herramientas **CAD** y tecnologías de **manufactura aditiva**, como la **impresión 3D**, en la elaboración de prototipos funcionales de bajo costo. La aplicación de estas tecnologías facilitó la integración de criterios geométricos, funcionales en un diseño estructurado y replicable. Asimismo, la incorporación de un sistema de alimentación basado en **energía solar fotovoltaica** no solo solventó técnicamente el requerimiento de movilidad, sino que también fortaleció el carácter formativo del proyecto al introducir principios de sustentabilidad y eficiencia energética en un contexto accesible y práctico. Este ejercicio constituyó una experiencia formativa integral, demostrando que la innovación tecnológica puede desarrollarse desde entornos educativos con impacto real y de formación de competencias para el futuro.

Palabras clave: Manufactura Aditiva; Impresión 3D; bioplástico PLA; Energía solar; Energía Fotovoltaica.

¹ Emmanuel Garcia Lagunas (primer autor): Estudiante de la licenciatura en Ingeniería Automotriz en la Universidad Politécnica del Estado de Guerrero. Contacto: 25180032@upeg.edu.mx

² Christian Alexis Lagunas Trujillo (segundo autor): Estudiante de la licenciatura en Ingeniería Automotriz en la Universidad Politécnica del Estado de Guerrero. Contacto: 25180012@upeg.edu.mx

³ Carlos Alberto Rodríguez Castañeda (tercer autor): Dr. en Ingeniería en Energía, miembro de SNII y Sociedad Mexicana de Materiales A.C. Certificado en estándares de competencia para electromovilidad, Docente-investigador de las Ingenierías en Energía y Desarrollo Sostenible, Automotriz y Electromovilidad de la Universidad Politécnica del Estado de Guerrero. Contacto: carlos.rodriguez@upeg.edu.mx

Lecturas recomendadas

Alexander Bade, Rainer Lasch, Nick Schneider (2025). Additive manufacturing scenario for automotive spare parts supply: A case study approach, *International Journal of Production Economics*, 282, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2025.109552>

L. Chen; N.P.H. Ng; J. Jung; S.K. Moon (2023). Additive Manufacturing for Automotive Industry: Status, Challenges and Future Perspectives. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2023, 1431–1436. <http://dx.doi.org/10.1109/IEEM58616.2023.10406820>

Marcos Vido, Geraldo Cardoso de Oliveira Neto, Sergio Ricardo Lourenço, Marlene Amorim, Mário Jorge Ferreira (2024). Computer-Aided Design and Additive Manufacturing for Automotive Prototypes: A Review. *Appl. Sci.*, 14, 2–20. <https://doi.org/10.3390/app14167155>