

Integración de energía solar en un Prototipo Híbrido Vehicular en Pasto. Una alternativa sostenible

Héctor Gamboa E ^a

^a Facultad de ingeniería, Universidad Mariana, Pasto (Nariño), Colombia
E-mail: davidgamboa802@gmail.com

Resumen—

La contaminación y la explotación de recursos naturales generan preocupación por los ecosistemas. La alta demanda de energía de combustibles fósiles se agotará en el futuro, dejando daños irreparables. Los vehículos automotores emiten contaminantes perjudiciales y la producción masiva no busca alternativas. Se desarrolla un prototipo híbrido vehicular con monitoreo GSM para reducir la contaminación y aumentar la eficiencia. Los vehículos eléctricos se consideran una opción futura para la movilidad y se busca descarbonizar el sector energético. El proyecto, denominado "Prototipo híbrido vehicular con sistema de monitoreo GSM", se enmarca en la línea de investigación de diseño y desarrollo mecatrónico de la facultad de Ingeniería de la Universidad Mariana en San Juan de Pasto enfocado en reducir emisiones y gastos de combustible, aprovechando fuentes de energía más limpias al comparar con vehículos tradicionales.

Abstract— The pollution and exploitation of natural resources raise concerns for ecosystems. The high demand for fossil fuel energy will be depleted in the future, causing irreparable damage. Automobiles emit harmful pollutants, and mass production does not seek alternatives. A hybrid vehicle prototype with GSM monitoring is being developed to reduce pollution and increase efficiency. Electric vehicles are seen as a future option for mobility and a means to decarbonize the energy sector. The project, called "Hybrid Vehicle Prototype with GSM Monitoring System," is part of the research line in mechatronic design and development at the Faculty of Engineering of Universidad Mariana in San Juan de Pasto. Its focus is on reducing emissions and fuel expenses while utilizing cleaner energy sources and comparing with traditional vehicles.

Palabras clave: Fossil fuels, Renewable Energy, Hybrid Car, Monitoring, GSM-GPS.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema económico global, construido después de la Segunda Guerra Mundial, depende en gran medida (80%) de los combustibles fósiles, los cuales representan una fracción limitada de la energía recibida por el planeta en su historia

geológica. Sin embargo, esta dependencia ha generado inestabilidad y una creciente preocupación por los ecosistemas debido a la contaminación y la explotación de recursos naturales, especialmente los no renovables. Como resultado, muchos países están dando mayor importancia a la implementación de energías alternativas y renovables en diversos procesos.

La mayoría de las industrias, incluyendo los vehículos automotores, utilizan energías consideradas no renovables, ya que sus fuentes primarias se agotan y son limitadas tanto física como económicamente [1].

La alta demanda actual de energía proveniente de combustibles fósiles sugiere que en el futuro estos recursos se agotarán, dejando un daño irreparable en el planeta que afectará a las generaciones presentes y futuras. Por estas razones, se están explorando diferentes opciones para sustituir los combustibles fósiles por fuentes alternativas de energía renovable. En la actualidad, el mundo se enfrenta a niveles críticos de contaminación y emisiones dañinas. Los combustibles fósiles presentan dos problemas fundamentales: en primer lugar, son recursos finitos y se espera que las reservas, especialmente las de petróleo, se agoten en un futuro cercano según los estudios revisados. En segundo lugar, la quema de estos combustibles libera grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, lo cual se ha señalado como la principal causa del calentamiento global y la generación de gases de efecto invernadero [2].

Reducir la contaminación en el parque automotor es un desafío para la sociedad. Por ello, se está desarrollando un prototipo híbrido vehicular con un sistema de monitoreo que combina dos tipos de energía en un diseño mecánico: la combustión generada por un motor de dos tiempos y una fuente de alimentación suplementaria a través de energía solar. El sistema de monitoreo GSM recopilará y transmitirá datos a una central para su procesamiento, evaluando variables cinemáticas y de funcionamiento para validar el rendimiento del prototipo. Este enfoque busca mejorar el rendimiento del vehículo en comparación con los automóviles tradicionales, identificando las diferencias positivas y los beneficios en términos de eficiencia y impacto ambiental [3].

En relación a los costos de combustible, el proyecto busca optimizar el rendimiento del vehículo mediante la implementación de tecnologías que permitan una mayor

eficiencia en el consumo de energía. Esto se logra al combinar la energía proveniente de la combustión con la energía solar, aprovechando así el potencial de ambas fuentes de energía y reduciendo la dependencia exclusiva de los combustibles fósiles. La finalidad principal del proyecto es abordar de manera integral dos aspectos clave en el ámbito del transporte: la reducción de las emisiones contaminantes y la optimización de los costos asociados al consumo de combustible [4]. Se busca lograr esto mediante el aumento del rendimiento del vehículo, aprovechando los beneficios de una fuente de energía limpia y renovable, y comparando los resultados obtenidos con los de un vehículo tradicional.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

- ✓ Desarrollar un prototipo híbrido vehicular con un sistema de monitoreo GSM y alimentación de una fuente alterna limpia para el arquetipo en la ciudad de San Juan de Pasto.

Objetivos específicos

- ✓ Establecer las características y los requerimientos mediante bases de investigaciones y bibliografía especializada para el diseño del prototipo híbrido vehicular
- ✓ Diseñar el prototipo mecánico vehicular integrando la parte de combustión generada por un motor dos tiempos a escala y como fuente suplementaria la energía solar como parte híbrida.
- ✓ Implementar un sistema GSM que se encargue de la digitalización de la información obtenida de acuerdo al sensado de variables cinemáticas como distancia recorrida y velocidad del automotor para el sistema de telemetría del prototipo híbrido vehicular.
- ✓ Validar el prototipo híbrido vehicular verificando su desempeño mediante una prueba piloto planeada en una zona urbana predeterminado.

III. METODOLOGIA

El desarrollo de este proyecto representa una valiosa oportunidad y un desafío en el campo de la ingeniería, ya que busca contribuir e innovar en el uso de una fuente de energía no convencional, con el objetivo de reducir las emisiones y aumentar los beneficios en el contexto del parque automotor. En esta sección se describe la metodología propuesta para abordar todas las etapas del proyecto, que incluyen los requerimientos, el análisis de potencia, el diseño y la construcción, el análisis de comportamiento y los algoritmos de control. Cada una de estas etapas es fundamental para lograr el desarrollo exitoso del prototipo híbrido vehicular. Con el fin de facilitar una comprensión clara de la metodología, se presenta un diagrama explicativo que muestra de manera visual las diferentes fases del proyecto. Este diagrama es una herramienta útil para visualizar de

manera global el proceso de desarrollo y las interacciones entre las diferentes etapas:

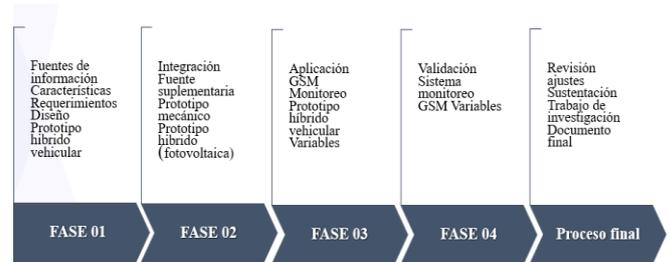


Fig. 1 Fases de metodología

Este artículo presenta el desarrollo de un prototipo híbrido vehicular con tecnología GSM, con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el uso de una fuente de energía no convencional. El sistema propuesto se compone de las siguientes etapas integradas:

A. Estudio de requerimientos

La recolección de información frente a la sistematización del proyecto presente de investigación es fundamental como base de datos de los requerimientos para el desarrollo del prototipo híbrido vehicular. La búsqueda, recolección, análisis y aplicación de investigaciones es elemental para el progreso de los objetivos planteados. Teniendo en cuenta el objetivo principal se resume a que el parque automotor ha implementado sistemas en los vehículos para la economía de combustible, en caso de ser híbrido, existe diferentes tipos de sistemas conmutadores para la acción de los motores internos de un vehículo. Se impulsa con un motor eléctrico y cuenta con otro motor para el funcionamiento de un generador en caso de que falte energía para generar movimiento.

Un vehículo híbrido y/o eléctrico es una buena alternativa para contribuir a la reducción de emisiones contaminantes, disminuir el consumo de combustible y los costos de operación del automóvil. Sin embargo, el vehículo híbrido no puede considerarse un sistema de emisión cero y todavía son fuente de contaminación acústica; sin embargo, estas contaminaciones son menores que los sistemas convencionales ya que utilizan dos fuentes diferentes de energía para su propulsión, el motor de combustión interna (energía térmica) y el motor eléctrico (energía eléctrica) [5]. El desarrollo del prototipo automotor se basa en la selección de los elementos de desarrollo más efectivos, descartando otras posibilidades disponibles en el mercado. Se ha realizado un exhaustivo análisis de la parte mecánica del sistema, centrándose en el motor de combustión interna como componente clave responsable de la generación de energía mecánica. Para asegurar un funcionamiento óptimo, se ha optado por un motor de nitro-metanol de 3,5 centímetros cúbicos (cc) de dos tiempos, que comprende las fases de compresión, aspiración, explosión y escape.

La adaptación del sistema mecánico ha sido cuidadosamente diseñada para garantizar un comportamiento eficaz y optimizado. Por otro lado, se ha integrado una fuente suplementaria en forma de un motor eléctrico, como parte del enfoque híbrido del prototipo. Esta integración ha sido posible gracias al aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica, que genera un diferencial de potencial eléctrico capaz de impulsar el funcionamiento híbrido del vehículo.

Por ende, se ha considerado cuidadosamente los elementos más efectivos disponibles en el mercado, centrándose en la parte mecánica y la integración de una fuente de energía suplementaria. El motor de combustión interna y el motor eléctrico, combinados con el aprovechamiento de la energía solar, permiten un comportamiento híbrido óptimo y eficiente en el prototipo híbrido vehicular.



Fig. 2 Alimentaciones del parque automotor

B. Análisis de potencia requerida

El análisis de potencia para paneles solares es el proceso de evaluar y medir la cantidad de energía eléctrica generada por un panel solar en condiciones específicas de radiación solar y temperatura. En este proyecto, se realizó un análisis de la energía requerida por los componentes electrónicos para evaluar su comportamiento. La potencia es el factor predominante frente a los componentes utilizados, en un sistema eléctrico esta variable se calcula multiplicando el voltaje por la corriente, y se mide en vatios (W) [6]. Conocer la potencia es fundamental para determinar el rendimiento y la eficiencia del sistema para permitir dimensionar adecuadamente los componentes necesarios para satisfacer las demandas energéticas del prototipo híbrido vehicular.

TABLA I
DATOS DE POTENCIA DE ELEMENTOS

Componentes	cantidad	V	I(mA)	P	h	w/h
Arduino	1	5	0.3	1.50	0.20	3
Modulo Rf	1	5	0.5	2.5	0.20	1
Driver L298N	1	5	0.8	4	0.20	1.6
Motor	1	10-12	1	10	0.20	2
Total			2.6	18		7.9

También se debe tener en cuenta para la correcta elección el panel solar con sus características en una instalación fotovoltaica. Lo anterior cuenta para dimensionar correctamente una instalación fotovoltaica no son solamente el número (y tipo) de paneles solares, sino que también se deberá elegir qué tipo de baterías son las recomendables según las necesidades y consumos habituales, así como el inversor y regulador de carga compatible con las baterías solares y con el número y tipo de paneles solares elegidos, o incluso el grupo electrógeno que podría sumar autonomía a la instalación [7]. Con las características del panel seleccionado y sus componentes, se realizó el modelado matemático del panel solar teniendo en cuenta lo términos siguientes:

TABLA II
CONCEPTOS DE ECUACIONES

I _{ph}	Fotocorriente (A)
I _{sc}	Corriente de corto-circuito(A)
K _i	Corriente de corto circuito
T	Temperatura de operación (K)
T _n	Temperatura nominal
G	Irradiación Solar(W/m ²)
q	Carga del electrón (C)
V _{oc}	Voltaje del circuito abierto(V)
n	Factor del diodo
K	Constante de Boltzmann(J/K)
E _{go}	Gráfico de banda de energía del semi conductor (eV)
N _s	Numero de celdas conectadas en serie
N _p	Numero de celdas conectadas en paralelo
R _s	Resistencia serie(ohms)
R _{sh}	Resistencia Shunt(ohms)

Se implemento las siguientes ecuaciones:

- Ecuación de corriente fotovoltaica

$$I = Ipv - Iosc \left(e^{\frac{V+ivp Rs}{vi}} - 1 \right) - \frac{v - IRs}{Rp}$$

- Corriente de saturación

$$I0 = IRs \left(\frac{T}{Tn} \right)^3 \exp \left(\frac{qEgo + \left(\frac{1}{Tn} - \frac{1}{T} \right)}{nK} \right)$$

- Corriente de saturación inversa:

$$Rs = \frac{Isc}{\frac{qVoc}{e(nNs * RT) - 1}}$$

- Corriente shunt:

$$Ish = \frac{V + IRs}{Rsh}$$

- Ecuación de corriente fotovoltaica:

$$I = Ipv - I0 \left(e^{\frac{q(V+IRs)}{nKnST}} - 1 \right) - Ish$$

Aplicando y utilizando el software de simulación Simulink, se realizó un modelado matemático del sistema, representado mediante un diagrama de bloques. El modelado matemático obtenido permite simular y analizar el comportamiento respecto a lo requerido.

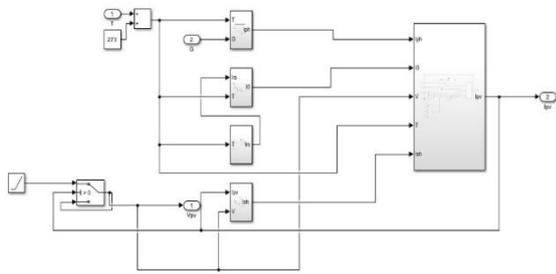


Fig. 3 Modelado matemático Simulink

Se integraron las características del panel fotovoltaico seleccionado para incorporar su funcionamiento al sistema. Estas características son fundamentales para garantizar un adecuado rendimiento y aprovechamiento de la energía solar

TABLA III
CONCEPTOS DE ECUACIONES

Variables	Valor
Isc	8.42
Ki	0.0032
Tn	298
q	1.60E-23
Voc	36.6
n	1.3
k	1.38E-23
Ego	1.1
Ns	58
Rs	0.221
Rsh	415.405

Se realiza un diagrama del comportamiento macro del sistema híbrido, teniendo en cuenta la selección de componentes. Este diagrama representa de manera visual el sistema híbrido. Proporciona una visión general del funcionamiento conjunto de estos elementos, mostrando cómo se combinan y trabajan en conjunto para impulsar y alimentar el vehículo de manera eficiente y sostenible.

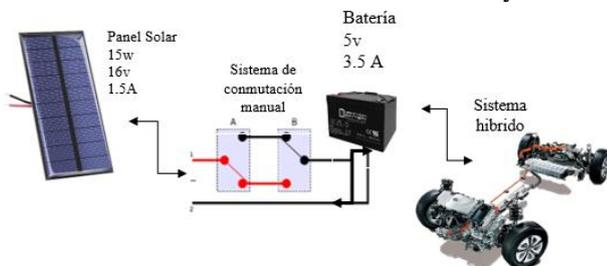


Fig. 4 Diagrama de conexión híbrido

C. Diseño de Modelado 3D

El diseño se basó en el modelado 3D utilizando el software de diseño asistido por computadora (CAD) SolidWorks ya que posee herramientas versátiles y precisas con capacidades

asociativas bidireccionales y paramétricas para todas las aplicaciones [8]. Se crearon piezas con dimensiones precisas, sujetas a posibles cambios en relación con las medidas reales del prototipo automotor, las cuales se acotaron en milímetros. Para desarrollar los componentes, se utilizaron operaciones de croquizado y aplicaciones específicas dentro del software. Se realizó un estudio exhaustivo de los requisitos y se establecieron parámetros de diseño tanto para el aspecto de combustión como para el sistema híbrido. A partir de esta información, se generaron nuevos diseños de chasis que se presentarán a continuación, permitiendo una retroalimentación constante y mejoras en la fabricación del prototipo.

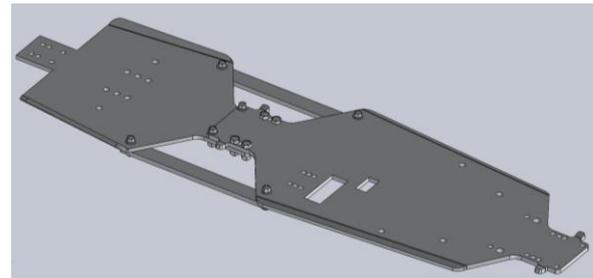


Fig. 5 Chasis completo híbrido

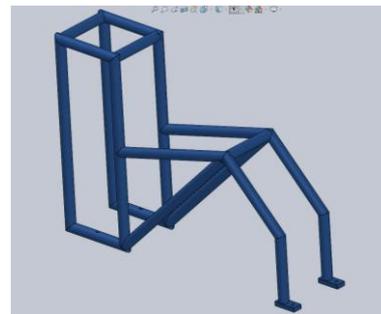


Fig. 6 Estructura de panel solar y protector del sistema

Con el objetivo de crear un modelo compacto del prototipo híbrido vehicular, se procedió a implementar los componentes principales en un diseño que representa visualmente cómo se verá el vehículo una vez ensamblado. Es importante destacar que los detalles mecánicos y electrónicos no se han representado en profundidad, ya que el enfoque principal es obtener una vista general de la disposición de los sistemas. El propósito de este modelo es proporcionar una representación general de la ubicación de los diferentes componentes en el vehículo.

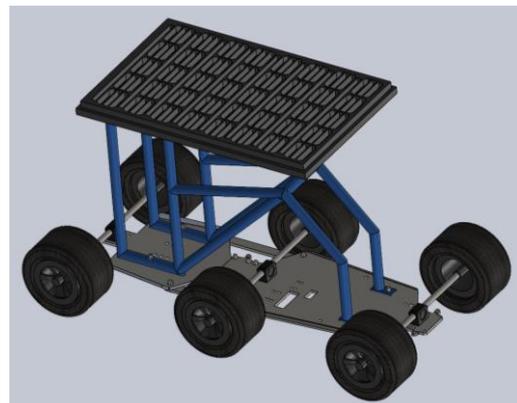


Fig. 7 Modelado del prototipo

D. Análisis de elementos finitos

El análisis de elementos finitos (FEA) es una técnica utilizada en el software de diseño asistido por computadora (CAD) como SolidWorks para evaluar el comportamiento de una estructura o componente frente a diferentes condiciones de carga y restricciones. En SolidWorks, el análisis de elementos finitos se basa en la división de la geometría en elementos más pequeños, conocidos como elementos finitos, que representan una parte de la estructura. Estos elementos finitos se someten a cálculos matemáticos y se aplican diferentes condiciones de carga, tales como fuerzas, presiones o restricciones, para simular el comportamiento real del componente [9].

El análisis de elementos finitos en SolidWorks permite obtener información detallada sobre factores como la deformación, el estrés y la vibración en una estructura o componente. Frente a lo anterior se aplica unas condiciones de carga y variables de comportamiento medido en las siguientes unidades

TABLA IV
UNIDADES DE ESTUDIO

Sistema de unidades	Métrico
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	$\frac{N}{m^2}$
Gravedad	$\frac{m}{s^2}$

Para el proceso un mallado de la pieza a la cual se tiene en cuenta las unidades respectivas y se le aplica el material correspondiente que es una aleación de aluminio 1060 para el chasis y para las uniones un acero forjado. En primer lugar, se aplica en un determinado centro de masa un sistema discreto en un punto geométrico que dinámicamente se comporta como si en él estuviera aplicada la resultante de las fuerzas externas al sistema en puntos específicos, se aplicó 7kgf que es el peso generado hacia al chasis del prototipo con una misma presión en las platinas de sujeción con la gravedad en $9.8 \frac{m}{s^2}$ y con un margen de error de $\pm 0.3kg$.

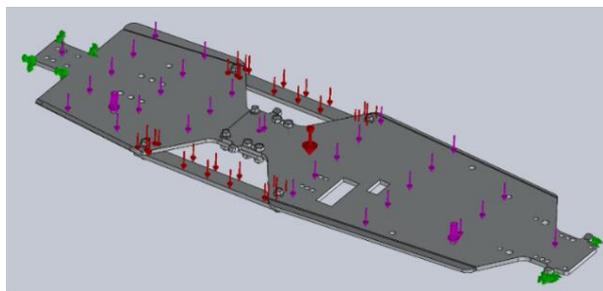


Fig. 8 Condiciones de apoyo y carga chasis

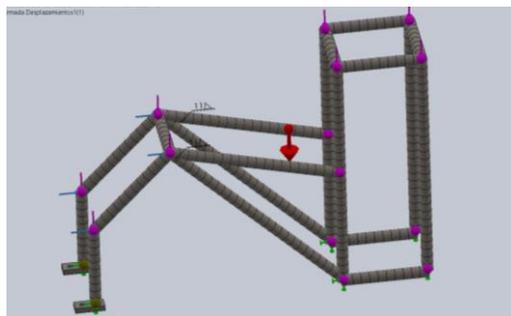


Fig. 9 Condiciones de apoyo y carga estructura

E. Control híbrido

El implementar un sistema comunicación inalámbrica (IoT) se busca soluciones que varíen respecto a eficiencia, costo, dificultad e implementación. Existen varias tecnologías con estos parámetros inalámbricos para monitoreas y controlar sistemas de manera inalámbrica con la programación respectiva para la comunicación [10]. Teniendo en cuenta las características se descartó y opto por la comunicación RF. Un mismo modulo como tranceptor RF con una velocidad programable de 250Kbps hasta 2Mbps como es el nrf24l01.

Este protocolo posee una arquitectura de servicio maestro-esclavo donde el dispositivo maestro (master device) puede iniciar la comunicación con uno o más dispositivos esclavos y enviarles o recibir datos. Los dispositivos esclavos no pueden iniciar directamente la comunicación o intercambiar datos[11]. Este bus SPI es un sistema síncrono, porque proporciona una señal de reloj que mantiene a los dispositivos sincronizados y reduciendo la complejidad del sistema frente a sistemas asíncronos

Para el montaje del transmisor se tiene en cuenta los pines de conexión SPI, el pin IRQ como una interrupción en la ejecución y el pin SCN como interfaz del protocolo SPI . Con cada controlador respecto al sistema RF y la conexión en los pines analogicos para el joystick como salidas y control PWM hacia el motor

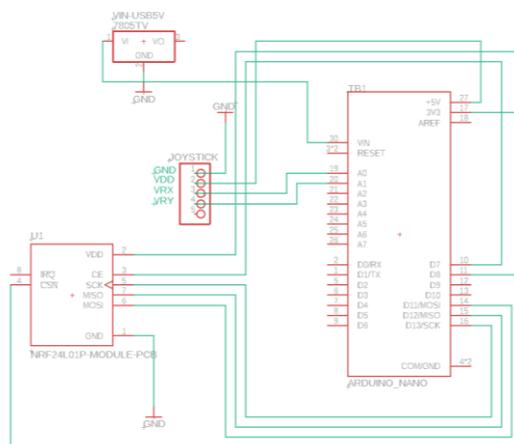


Fig. 9 Diagrama de conexión transmisor

Para el montaje del receptor se reitera tener en cuenta los pines de conexión SPI, el pin IRQ como una interrupción en la ejecución y el pin SCN como interfaz del protocolo SPI, junto a ello los pines de conexión del driver L298N y su alimentación respectiva para el control del motor mediante RF anteriormente programado

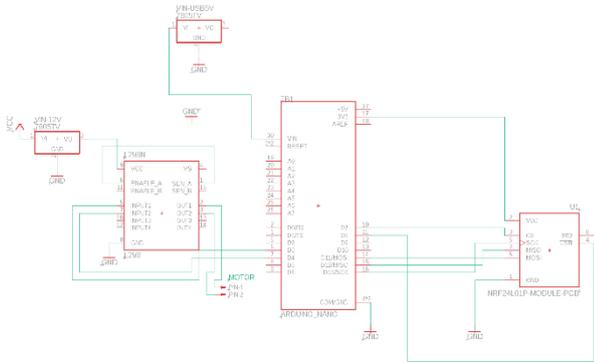


Fig. 10 Diagrama de conexión receptor

F. Monitoreo GSM-GPS

El alcance y cobertura del sistema de comunicación GSM ha evolucionado con las nuevas tecnologías y su implementación en diversos procesos de transferencia de datos [12]. En el caso de Colombia, país de residencia, se observa que la cobertura se concentra en las áreas de mayor densidad poblacional y en las principales redes móviles operativas a nivel regional [13]. Para realizar pruebas de monitoreo de variables y seleccionar el sistema de envío de señales, se utiliza una combinación de simulación y montaje utilizando un controlador como Arduino. Se llevan a cabo pruebas de tecnología GSM y GPRS en conjunto con los sensores que se utilizarán en la implementación del sistema a nivel macro. Esto permite enviar mensajes SMS y MMS a través de comandos AT en el módulo de control seleccionado, el SIM808.

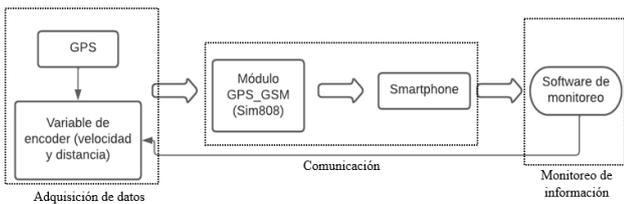


Fig. 11 Diagrama de bloques GSM-GPS

IV. RESULTADOS

Este artículo describe el desarrollo a través del análisis del comportamiento del sistema son fundamentales para la validación y optimización continua del prototipo. La figura 12 proporciona una representación gráfica clara de cómo el sistema satisface las necesidades de potencia requeridas, lo que respalda la viabilidad y el éxito del desarrollo del sistema híbrido.

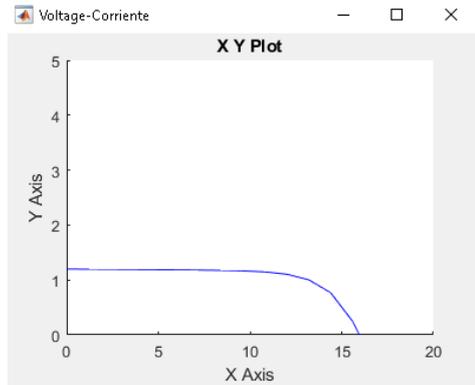


Fig. 12 Grafica Corriente-Voltaje Simulink

En la figura 12 se observa que se comienza con una máxima corriente y a la variación de voltaje existe una corriente constante, nos muestra nuestros 1.2 A aproximados que nuestro panel genera y los 16 voltios aproximados

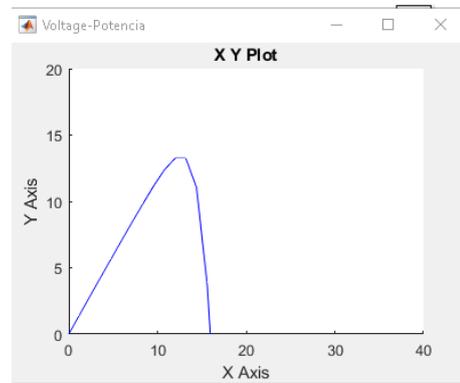


Fig.13 Grafica Potencia-voltaje Simulink

En la figura 13 se observa que en el punto máximo entrega aproximadamente 15w que es lo que se espera en el panel, con un voltaje aproximado a 16v.

En el área de comportamiento FEA se obtuvo unas deformaciones al analizar las tensiones aplicadas de sujeciones cada uno de los extremos del chasis con una fuerza entre $4.1^1 a 7.08^1 kfg (\frac{n}{m^2})$ donde su desplazamiento máximo puede llegar a ser de $0.9mm \approx 0.09cm$ en determinada parte del chasis. Después, se aplica la máxima fuerza a soportar del chasis hasta 35kfg que corresponde a cinco veces el peso del conjunto aplicada como cargas. Se observa el comportamiento que arroja con un desplazamiento de $1.89mm \approx 0.18 cm$ y una fuerza de colapso entre $1.37^9 a 2.06^9 kfg (\frac{n}{m^2})$.

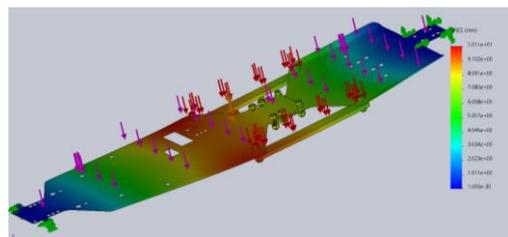


Fig. 14 Resultado de desplazamientos

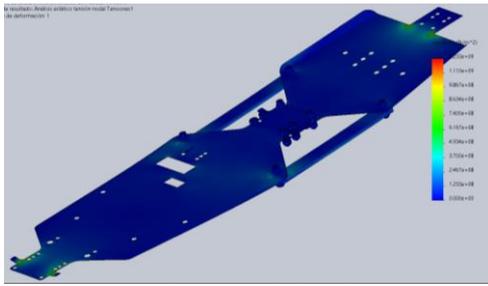


Fig. 15 Resultado de tensiones Von mises

Por parte de la estructura, En primer lugar se seleccionó los sólidos para modificarlos en vigas ya que es un elementos de estructura soldada y se aplica la fuerza en aquellas juntas (uniones de soldadura) entre $0.1kgf$ a $1kgf \left(\frac{n}{m^2}\right)$ a una gravedad de $9.8 \frac{m}{s^2}$ teniendo en cuenta el peso del panel que ejerce sobre la estructura exagerando el resultado para sus deformaciones donde su desplazamiento máximo puede llegar a ser de $0.62mm \approx 0.062cm$ y una fuerza de colapso entre $5.13^3kgf \left(\frac{n}{m^2}\right)$ a $1.18^4kgf \left(\frac{n}{m^2}\right)$.

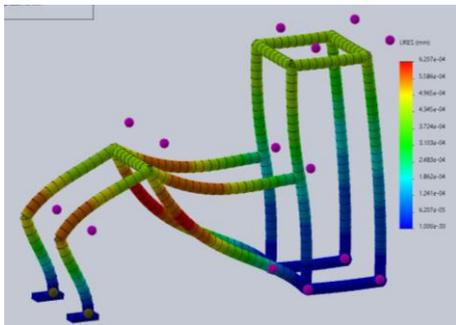


Fig. 16 Resultado de desplazamientos

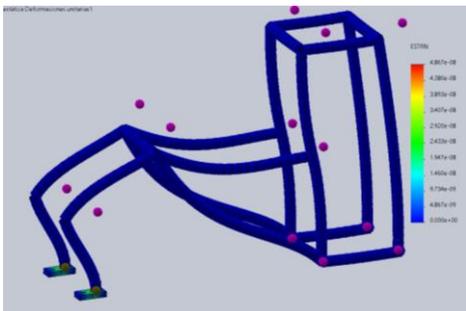


Fig. 17 Resultado de tensiones Von mises

El enfoque principal en la construcción y montaje fue garantizar que el prototipo cumpliera con altos estándares de calidad y que reflejara las aspiraciones y objetivos del proyecto. Se tuvo en cuenta la selección cuidadosa de componentes y la integración adecuada de las diferentes partes del sistema, asegurando así un funcionamiento óptimo y eficiente. Durante la construcción y montaje del prototipo híbrido vehicular, se consideró la adaptación de piezas estándar y repuestos comunes en el mercado correspondiente. Se buscó seleccionar características estéticas, mecánicas y ergonómicas aceptables y distintivas. Esta elección se realizó con el objetivo de asegurar una línea de calidad y permitir la

identificación de áreas de mejora y posibles direcciones futuras para el proyecto.



Fig. 18 Resultado de fabricación de componentes



Fig. 19 Resultado de ensamble de componentes

En los algoritmos las pruebas de funcionamientos se realizaron en un software de simulación y se trabaja en el perfeccionamiento de las variables a monitorear para conocer el rendimiento del automotor [14]. Como anexo al complemento anterior, se realizó el montaje del sistema de posicionamiento GPS con el modulo SIM808 como complemento al controlador obteniendo los valores solicitados en el monitor serial de la siguiente manera:

```

COM5
14:05:24.323 -> AT+IPR=9600
14:05:24.838 -> AT+CMGF=1
14:05:25.357 -> AT+CMGF=?
14:05:25.877 -> AT+CNMI=2,2,0,0
14:05:26.399 -> Configuración realizada
14:05:26.683 -> AT+CGNSPWR=1
14:05:27.107 -> Sistema de monitoreo Prototipo Híbrido
14:05:28.095 -> Esperando ...
14:05:28.095 -> Estabilizando GPS
14:05:28.143 -> LATT: 01 ° 13
14:05:28.143 -> LONG: 77 ° 17W
    
```

Fig. 20 Localización GPS

Por parte del monitoreo velocidad del automotor se obtiene mediante con la lectura de un encoder optico con un opinterruptor. Este sistema contiene un sensor de herradura infrarrojo, el cual tiene un led Emisor y otro Receptor en cada costado del sensor, al interrumpirse el rayo de luz, el voltaje de salida lógico cambia a cero lógico (LOW), y cuando el rayo pasa con normalidad el módulo arroja una salida de uno lógico (HIGH).

$$t_0 = MA_n I = \text{Muestro anterior de interrupción}$$

$$t_1 = MA_l = \text{Muestro actual de interrupción}$$

$$\Delta = t_1 - t_0$$



Fig. 21 Montaje encoder optico de velocidad

De manera siguiente, se tiene en cuenta los pulsos de las revoluciones del motor se hace un analisis del aumento de frecuencia PWM de la velocidad frente a los picos de frecuencia obtenida y los valles de la grafica comprendida como desfases o error [15].

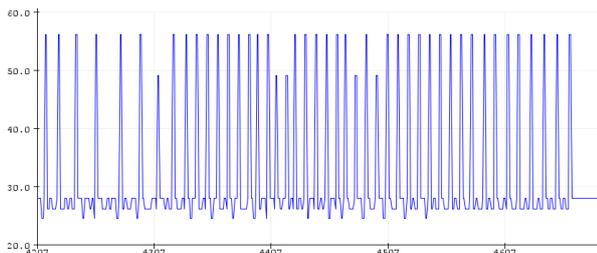


Fig. 22 Frecuencia PWM obtenida

El sistema de monitoreo GSM se encuentra en una fase de desarrollo activo, enfocado en la corrección de errores y en asegurar el envío correcto de datos al servidor. El objetivo es lograr un funcionamiento óptimo del sistema en el prototipo híbrido vehicular. Actualmente, se está trabajando en la validación y comparación de las fuentes de alimentación integradas, para determinar su uso y comportamiento más adecuados. Este proceso de validación es fundamental para garantizar un rendimiento eficiente y confiable del sistema de monitoreo.



Fig. 23 Prototipo híbrido vehicular

V. CONCLUSIONES

En el ámbito de eficiencia energética, se aplicó dos formas de alimentación para mejorar el rendimiento. Esto se debe a la combinación de la energía generada por el motor de combustión interna y la fuente de energía solar fotovoltaica, lo que permite un aprovechamiento más eficiente de los recursos y una reducción en los costos de combustible. En cuanto a la reducción de emisiones frente a la puebla piloto se busca la disminución significativa de los gases de efecto invernadero emitidos por el prototipo híbrido vehicular en comparación con los vehículos convencionales. Esto se debe al uso de una fuente de energía más limpia y renovable, como la energía solar, optimizando el funcionamiento del vehículo.

En el área de control y monitoreo, se logró implementar de manera exitosa el sistema de monitoreo GSM utilizando el módulo SIM808. Esto permitió la transmisión de datos y la comunicación en tiempo real con una central de procesamiento, lo cual resulta fundamental para la evaluación y mejora continua del rendimiento del vehículo.

Estos resultados demuestran la viabilidad y los beneficios del prototipo híbrido vehicular con sistema de monitoreo GSM en términos de eficiencia energética, reducción de emisiones y control avanzado. Los hallazgos obtenidos respaldan la importancia de continuar investigando y desarrollando soluciones innovadoras en el campo de la movilidad sostenible y la transición hacia fuentes de energía más limpias y renovables.

REFERENCIAS

- [1] "Vista de Dinámica de la penetración de tecnologías alternativas para vehículos automotores y su impacto en las concentraciones de carbono atmosférico". Portal de Revistas UN. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/avances/article/view/26661/27002> (accedido el 30 de mayo de 2023).
- [2] [1] L. Nurhadi, S. Borén, H. Ny, y T. Larsson, "Competitiveness and sustainability effects of cars and their business models in Swedish small town regions", *J. Clean. Prod.*, vol. 140, pp. 333–348, 2017.
- [3] S. Hoyos, C. J. Franco, y I. Dyner, "Integración de fuentes no convencionales de energía renovable al mercado eléctrico y su impacto sobre el precio", *Ing. Cienc.*, vol. 13, núm. 26, pp. 115–146, 2017.
- [4] I. Capellán-Pérez, M. Mediavilla, C. de Castro, Ó. Carpintero, y L. J. Miguel, "Agotamiento de los combustibles fósiles y escenarios socio-económicos: un enfoque integrado", *Uva.es*. [En línea]. Disponible en: http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2014/09/Capellantetal2014_esp.pdf. [Consultado: 22-may-2023].
- [5] D. A. Cajamarca Tigre y V. E. García Toledo, "Determinación de las ventajas ambientales que presenta un vehículo híbrido respecto a un vehículo normal de similares características", 2010.
- [6] J. A. Marroyo y J. Garcia Lopez. "TRABAJO, POTENCIA Y ENERGÍA", 2015. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316167304_TRABAJO_PO_TENCIA_Y_ENERGIA
- [7] G. Uja, C. Omplementaria, A. Paneles, F. Autor, y M. R. Canales, "GUÍA COMPLEMENTARIA ANB", 2017.
- [8] "Diseño de una camilla con cilindro hidráulico - Repositorio Institucional de Documentos", Universidad de Zaragoza, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/7687?ln=es>. [Consultado: 22-may-2023].
- [9] J. T. C. Lizarza, "Método de los Elementos Finitos para Análisis Estructural", *Core.ac.uk*. [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/83570224.pdf>. [Consultado: 26-may-2023].
- [10] [11] T. Gagliardi, "Análisis de la comunicación de radio frecuencia con módulos nRF24L01", Universidad Nacional de La Plata, 2019.
- [11] L. Llamas, "Comunicación inalámbrica a 2.4Ghz con Arduino y NRF24L01", Luis Llamas, 08-dic-2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/comunicacion-inalambrica-a-2-4ghz-con-arduino-y-nrf24l01/>. [Consultado: 26-may-2023].
- [12] C. R. Uriglés Guerrero y R. I. Calle Ormazá, "Monitoreo y control mediante mensajes de texto (GSM) para un sistema automatizado de propagación vegetativa de plantas de ornato", 2010.
- [13] Y. Bedoya Giraldo, C. F. Salazar Giraldo, y J. F. Muñoz Lozano, "Implementación, control y monitoreo de un sistema de Seguridad vehicular por redes GSM/GPRS", 2013.
- [14] A. Pozo-Ruz, A. Ribeiro, M. C. García-Alegre, L. García, D. Guinea, y F. Sandoval, "SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS): DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS DE ERRORES, APLICACIONES Y FUTURO", 2010.
- [15] M. G. López, "Control de lazo abierto de la velocidad de un motor de inducción utilizando PWM con vectores espaciales", 2001.