

**CIENCIA Y DESCUBRIMIENTO**

*Revista Científica Multidisciplinaria*



**ISSN 3073-1232**  
**Año: 2025**  
**Volumen: 3**  
**Número: 2**  
**abr-jun**

**ANÁLISIS TÉCNICO DE LA  
INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA DE LA  
BIELA DE COMPRESIÓN VARIABLE  
DEL MOTOR CON EL CILINDRAJE DE  
UN VEHÍCULO.**

**TECHNICAL ANALYSIS OF THE  
INFLUENCE OF THE GEOMETRY OF  
THE VARIABLE COMPRESSION  
CONNECTING ROD OF THE ENGINE  
ON THE DISPLACEMENT OF A  
VEHICLE.**

**David Nicolas Chango Hidalgo**  
<https://orcid.org/0009-0006-7026-2147>  
[davidnavy53@gmail.com](mailto:davidnavy53@gmail.com)  
**Unidad Educativa Louis Víctor de Broglie**  
**Quito - Ecuador**

**Recibido:** 01/04/2025

**Aceptado:** 15/04/2025

**Publicado:** 04/05/2025

**Análisis técnico de la influencia de la geometría de la Biela de compresión variable del motor con el cilindraje de un vehículo.**

**Technical analysis of the influence of the geometry of the variable compression connecting rod of the engine on the displacement of a vehicle.**

**Autor:**

**David Nicolas Chango Hidalgo**

<https://orcid.org/0009-0006-7026-2147>

[davidnavy53@gmail.com](mailto:davidnavy53@gmail.com)

Unidad Educativa Louis Víctor de Broglie

Quito – Ecuador



## Resumen

El estudio analiza la influencia de la geometría de la biela de compresión variable en el rendimiento de motores de combustión interna con distintos niveles de cilindraje. A través del diseño y modelado en 3D de dos bielas con geometrías diferentes, se evaluó su impacto en la eficiencia y la potencia del motor. Utilizando software de modelado y simulación, se compararon las características de una biela estándar y una de compresión variable. Los resultados mostraron que la biela de compresión variable aumentó la cilindrada de 402,11 cm<sup>3</sup> a 432,27 cm<sup>3</sup>, logrando una ganancia de potencia de 96 W. Esto se debe a que la mayor carrera del pistón permite una mejor admisión de la mezcla aire-combustible, optimizando la eficiencia energética. El enfoque experimental de la investigación confirma que la geometría de la biela influye significativamente en el rendimiento del motor. La implementación de bielas de compresión variable podría mejorar la eficiencia de los motores sin modificaciones estructurales mayores, contribuyendo a la reducción de emisiones y al desarrollo de tecnologías automotrices más sostenibles. Estos hallazgos abren nuevas oportunidades para optimizar el diseño de motores con el fin de aumentar su desempeño y minimizar su impacto ambiental.

**Palabras clave:** Motores, biela, eficiencia, cilindraje, sostenibilidad.



## **Abstract**

The study analyzes the influence of the variable compression connecting rod geometry on the performance of internal combustion engines with different displacement levels. Through the design and 3D modeling of two connecting rods with different geometries, their impact on engine efficiency and power was evaluated. Using modeling and simulation software, the characteristics of a standard connecting rod and a variable compression connecting rod were compared. The results showed that the variable compression connecting rod increased the displacement from 402.11 cm<sup>3</sup> to 432.27 cm<sup>3</sup>, achieving a power gain of 96 W. This is due to the longer piston stroke allowing better intake of the air-fuel mixture, optimizing energy efficiency. The experimental approach of the research confirms that the geometry of the connecting rod significantly influences engine performance. The implementation of variable compression connecting rods could improve engine efficiency without major structural modifications, contributing to emission reduction and the development of more sustainable automotive technologies. These findings open new opportunities to optimize engine design to enhance performance and minimize environmental impact.

**Keywords:** Engines, connecting rod, efficiency, displacement, sustainability.



## Introducción

La evolución de los motores de combustión interna ha sido una de las principales fuerzas impulsoras del desarrollo en la industria automotriz. En este contexto, el análisis de los componentes del motor, como las bielas, desempeña un papel fundamental en la mejora del rendimiento, la eficiencia y la sostenibilidad de los vehículos. Una de las innovaciones más destacadas en los últimos años es el sistema de biela de compresión variable, que permite ajustar la relación de compresión en función de las condiciones de operación del motor, optimizando así su rendimiento.

El presente estudio se centra en el análisis técnico de la influencia de la geometría de las bielas de compresión variable sobre el cilindraje de un motor de vehículo. Se explora cómo el diseño y las características geométricas de las bielas afectan el comportamiento del motor, especialmente en términos de eficiencia de combustión, emisiones y rendimiento general.

Además, se investigan los posibles efectos de estas variaciones geométricas en el rendimiento del motor, con especial atención a su interacción con el cilindraje del motor. Este tipo de análisis es crucial para comprender cómo los avances tecnológicos en la ingeniería automotriz pueden contribuir a la mejora de la eficiencia energética y la reducción de la huella de carbono de los vehículos.

La relevancia de esta investigación radica en la creciente demanda de vehículos más eficientes y sostenibles, lo cual ha impulsado a los fabricantes a incorporar tecnologías innovadoras en sus diseños. A través de este estudio, se pretende aportar una visión técnica sobre cómo la geometría de las bielas de compresión variable puede optimizarse en función del cilindraje del motor, brindando así una mejor comprensión de los factores que afectan el rendimiento y la eficiencia de los motores modernos.

La evolución de los motores de combustión interna ha impulsado una constante búsqueda por optimizar su rendimiento y eficiencia. Un componente esencial en esta optimización es la biela,



que desempeña un papel clave en la transferencia de la energía generada durante la combustión hacia el cigüeñal. En los últimos años, ha cobrado importancia la biela de compresión variable, diseñada para adaptarse a las variaciones de carga del motor y mejorar la eficiencia del proceso de combustión.

Investigaciones previas, como las de Hernández-Nieto, (2022), han demostrado que un diseño adecuado de la biela puede influir positivamente en la relación de compresión del motor, permitiendo una mayor flexibilidad operativa. Este avance ha sido posible gracias a los sistemas de control avanzados que ajustan la geometría de la biela según las condiciones de funcionamiento, optimizando la potencia y la eficiencia del motor.

Por otro lado, la geometría de las bielas ha sido objeto de estudio en relación con el rendimiento del motor, específicamente en cómo influyen las distintas configuraciones de bielas en la combustión y las emisiones. García-Pérez, (2023) realizó una investigación que resalta que, al modificar el diseño de la biela, se puede controlar de manera más precisa la relación de compresión, lo que a su vez mejora la eficiencia energética y reduce los niveles de emisiones. Este enfoque ha abierto la puerta a nuevas oportunidades para el diseño de motores más ecológicos y eficientes, haciendo uso de sistemas de compresión variable.

El cilindraje de un motor es otro factor crucial que se ve afectado por la geometría de las bielas. En motores de mayor cilindraje, la interacción entre las bielas y la relación de compresión puede ser determinante para el rendimiento general del motor. Vasquez-Naranjo, (2021) enfatiza que la variabilidad en el diseño de la biela, dependiendo del cilindraje, tiene un impacto directo en la eficiencia de la combustión. En motores de mayor tamaño, un sistema de compresión variable puede ayudar a optimizar la potencia disponible sin sacrificar la eficiencia del consumo de combustible. Esta relación entre el cilindraje y la biela de compresión variable es esencial para el desarrollo de motores que no solo sean potentes, sino también más sostenibles.

A nivel global, diferentes investigaciones han abordado la relación entre el cilindraje y la geometría de la biela, concluyendo que un diseño adecuado puede generar mejoras significativas en el rendimiento del motor. Albuja-Jácome, (2022) destaca que las configuraciones de la biela en



relación con el cilindraje permiten ajustar las fases de compresión y expansión, lo cual maximiza el rendimiento del motor.

Este tipo de optimización es especialmente valiosa en vehículos de pasajeros, donde se busca un balance entre potencia, eficiencia de combustible y bajas emisiones. Los estudios sugieren que los motores de cilindraje mediano y grande pueden beneficiarse especialmente de estos avances en el diseño de las bielas, mejorando así tanto la experiencia de conducción como la sostenibilidad del vehículo.

En este contexto, el análisis técnico de la influencia de la geometría de la biela de compresión variable en el cilindraje de un motor se vuelve esencial para comprender cómo estos dos factores se interrelacionan. Según los estudios realizados por Albuja-Jácome, et al. (2024), la optimización de la geometría de la biela es clave para mejorar el rendimiento general de un motor, ya que influye en las fases de la compresión, expansión y escape del motor. Además, el ajuste de la relación de compresión según las condiciones de conducción puede ayudar a mejorar la eficiencia operativa del motor y reducir el impacto ambiental de los vehículos.

El problema central de esta investigación radica en la falta de comprensión y optimización técnica sobre la influencia que tiene la geometría de la biela de compresión variable en el cilindraje de un motor, específicamente en vehículos de uso común. A medida que los motores de combustión interna continúan evolucionando, el diseño de componentes clave como la biela, que afecta directamente la relación de compresión, ha demostrado ser un factor crucial en la eficiencia del motor. Este aspecto técnico adquiere relevancia en un contexto donde los fabricantes buscan equilibrar la eficiencia de combustible, el rendimiento y las emisiones.

Sin embargo, a pesar de los avances en la tecnología de compresión variable, no existe un consenso claro sobre cómo la variabilidad en la geometría de la biela impacta de manera directa en el rendimiento de los motores con diferentes cilindrajes. Este vacío en el conocimiento técnico plantea un desafío importante para la optimización del diseño y desarrollo de motores más eficientes y sostenibles, limitando el potencial de mejora en la industria automotriz.



Este vacío técnico plantea un desafío para optimizar motores, equilibrando desempeño, eficiencia de combustible y emisiones. Aunque se sugiere que ajustar la geometría de la biela podría mejorar estos aspectos, su eficacia depende del cilindraje específico. Es necesario investigar cómo este diseño influye en diferentes motores para desarrollar soluciones más eficientes y sostenibles.

El problema también se amplía al ámbito de la industria automotriz, que continuamente busca innovaciones tecnológicas que aumenten la competitividad de sus vehículos. Si bien las bielas de compresión variable son una opción prometedora para mejorar el rendimiento de los motores, la falta de datos específicos que correlacionen la geometría de la biela con el cilindraje del motor impide que los fabricantes de automóviles puedan aplicar estas soluciones de manera efectiva en el diseño de sus vehículos. Esto resalta la importancia de contar con un análisis técnico riguroso que permita comprender y optimizar la interacción entre la biela de compresión variable y el cilindraje del motor.

Para Ayala-Lamar & Carrión-Cano, (2022), el cilindraje de un motor no se calcula directamente a partir de las medidas de la biela, ya que este depende principalmente del diámetro del cilindro (diámetro del pistón) y de la carrera del pistón. Sin embargo, la geometría de la biela influye indirectamente en la dinámica del motor y, en algunos casos, en la relación de compresión, lo que puede afectar el rendimiento del motor.

El cilindraje o desplazamiento del motor se calcula con la siguiente fórmula Ayala-Lamar & Carrión-Cano, (2022):

### **Fórmula del cilindraje:**

$$\text{Cilindraje} = \pi \cdot \left(\frac{\text{Diámetro del cilindro}}{2}\right)^2 \cdot \text{Carrera del pistón} \cdot \text{Número de cilindros}$$

Donde:

Diámetro del cilindro (D) es el diámetro interno del cilindro.



Carrera del pistón (C) es la distancia que recorre el pistón entre el Punto Muerto Superior (PMS) y el Punto Muerto Inferior (PMI).

Número de cilindros (NNN) es la cantidad de cilindros del motor.

### **Influencia de la biela en el cilindraje:**

Aunque la biela no interviene directamente en el cálculo del cilindraje, su longitud y geometría afectan:

Relación de compresión: La biela determina la posición del pistón en el PMS y el PMI, lo que afecta el volumen máximo y mínimo en el cilindro.

Dinámica del motor: La longitud de la biela afecta la relación biela-carrera (L/R), que influye en la velocidad del pistón y las fuerzas laterales, afectando indirectamente la eficiencia del motor.

La biela es un componente clave en los motores de combustión interna, ya que conecta el pistón con el cigüeñal, transformando el movimiento lineal del pistón en un movimiento rotacional (Abarca Pérez, et al. 2022). Su geometría incluye parámetros como la longitud de la biela, el ángulo de inclinación y el diámetro de las cabezas superior e inferior. Los cambios en la geometría de la biela pueden alterar la relación de compresión y la duración del tiempo que el pistón permanece en su punto muerto superior (PMS), afectando la eficiencia y las emisiones del motor (Hoyos Garcia, 2023).

La relación de compresión es el cociente entre el volumen máximo y el volumen mínimo de la cámara de combustión. Una relación de compresión más alta generalmente mejora la eficiencia térmica del motor, aunque puede generar problemas como la detonación si no se ajusta adecuadamente al tipo de combustible utilizado. La geometría de la biela influye indirectamente en esta relación al modificar el movimiento del pistón y el volumen de la cámara de combustión en cada ciclo (Abarca Pérez, et al. 2022).



## Métodos

La investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, ya que busca analizar y comparar datos obtenidos a partir de simulaciones realizadas en modelos 3D de bielas de compresión variable, con el fin de evaluar su influencia en el cilindraje y la eficiencia de un motor. Este enfoque permite establecer relaciones numéricas y realizar mediciones objetivas que respaldan los resultados.

El tipo de investigación es aplicada, ya que tiene como objetivo generar conocimiento útil para el diseño y análisis de componentes mecánicos, como las bielas, que puedan contribuir a la optimización del desempeño de motores de combustión interna. Además, es de tipo experimental, dado que se emplearán simulaciones computacionales para evaluar el comportamiento de diferentes geometrías de bielas en un entorno controlado, replicando las condiciones operativas de un motor.

El diseño de la investigación es no experimental y transversal, ya que no se manipulan variables de manera directa en un entorno físico real, sino que se realiza el análisis en un momento específico a través de herramientas de modelado y simulación. Este enfoque permite estudiar cómo las características geométricas de las bielas influyen en parámetros clave, como el cilindraje y la relación de compresión del motor.

Para llevar a cabo la investigación, se utilizarán instrumentos tecnológicos como software de modelado 3D y de simulación de dinámica de fluidos y mecánica estructural, específicamente el software llamado “Inventor” proveniente de “Autodesk”. Este programa permitirá crear los modelos virtuales de las bielas, realizar simulaciones de su comportamiento y recopilar datos cuantitativos sobre su impacto en el motor.

El procedimiento comienza con una revisión de la literatura sobre geometría de bielas y su relación con la compresión variable y el cilindraje. Posteriormente, se diseñarán dos modelos tridimensionales de bielas con geometrías diferentes, basados en criterios técnicos previamente definidos. Una vez creados los modelos, se realizarán simulaciones que emulen las condiciones



reales de operación del motor, permitiendo obtener datos como la relación de compresión, el volumen desplazado y el desempeño general del sistema.

Asimismo, los resultados obtenidos serán analizados estadísticamente para identificar patrones y diferencias significativas entre las dos geometrías de bielas. Este análisis permitirá establecer conclusiones sobre cuál de las geometrías propuestas optimiza mejor el cilindraje y la eficiencia del motor, contribuyendo al desarrollo de estrategias innovadoras en el diseño de motores más eficientes y sostenibles.

## Resultado

### Fórmula del cilindraje

$$\text{Cilindraje} = \pi \cdot \left(\frac{\text{Diámetro del cilindro}}{2}\right)^2 \cdot \text{Carrera del pistón} \cdot \text{Número de cilindros}$$

- Biela estándar

$$\pi \cdot \left(\frac{0,08}{2}\right)^2 \cdot 80 \cdot 1 = 0,4021238597$$

$$0,4021238597 \cdot 1000 = 402,1238597$$

- Biela de compresión variable

$$\pi \cdot \left(\frac{0,08}{2}\right)^2 \cdot 86 \cdot 1 = 0,4322831491$$

$$0,4322831491 \times 1000 = 432,2831491$$

### Ganancia de potencia

- Biela Normal

Pistón: 80mm esto es igual a 0.08cm<sup>3</sup>

Carrera estándar: 80

Cilindrada: 402,11 cm<sup>3</sup>

Potencia:



- Biela de comprensión Variable

Pistón: 80mm

Carrera Variable: 86mm

Cilindraje: 432,27 cm<sup>3</sup>

Potencia:

Caballos de potencia:  $(0.08 \cdot (\frac{\text{Cilindraje}}{\text{Número de cilindros}})^{0,6} \cdot 746\text{w})$

- Biela estándar

$0.08 \cdot (402.11\text{cc})^{0,6} \cdot 746\text{w} = 2178,6\text{w}$

Biela de comprensión variable

$0.08 \cdot (432.27\text{cc})^{0,6} \cdot 746\text{w} = 2274,8\text{w}$

Obteniendo una ganancia de 96w con la biela de comprensión variable.

Los cálculos realizados permiten evaluar el impacto de la biela de comprensión variable en la cilindrada y la potencia del motor en comparación con una biela estándar. A través del modelado en 3D y la simulación de distintas configuraciones, se han obtenido valores que evidencian un incremento en el desempeño teórico del motor al modificar la geometría de la biela.

En términos de cilindrada, la biela estándar, con una carrera del pistón de 80 mm, alcanza un volumen de 402,11 cm<sup>3</sup>, mientras que la biela de comprensión variable, con una carrera de 86 mm, incrementa la cilindrada a 432,27 cm<sup>3</sup>. Este aumento en el volumen desplazado sugiere un mayor llenado de mezcla aire-combustible en el cilindro, lo que puede traducirse en un mejor rendimiento del motor.

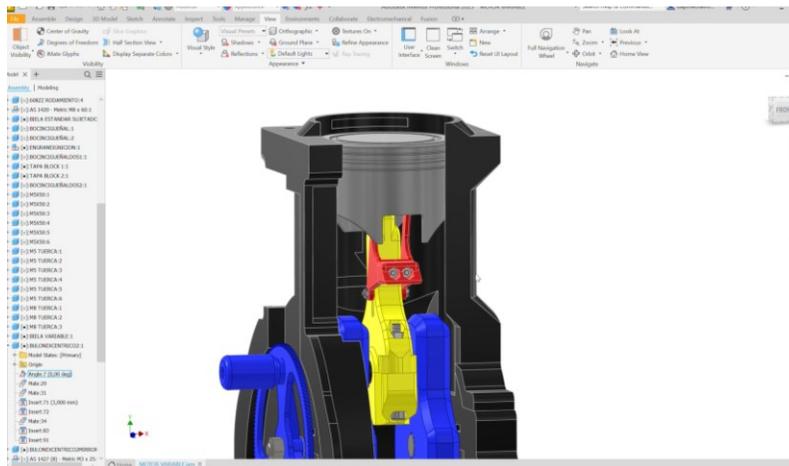
Al analizar la potencia teórica obtenida, se observa que la biela estándar genera aproximadamente 2178,6 W, mientras que la biela de comprensión variable alcanza 2274,8 W. Esto representa una ganancia de 96 W, lo que indica que el diseño de la biela de comprensión variable contribuye a mejorar la eficiencia del motor al optimizar la relación de compresión y la combustión de la mezcla.



Desde el punto de vista de los objetivos planteados, los resultados confirman que el diseño y modelado de diferentes geometrías de bielas en 3D permite evaluar de manera efectiva su impacto en la relación de compresión y el desempeño del motor. Asimismo, la comparación entre las configuraciones simuladas evidencia que la variación en la carrera del pistón influye en la cilindrada y potencia generada, resaltando la importancia de optimizar estos componentes en el diseño de motores más eficientes.

Por ello, estos hallazgos proporcionan una base teórica para futuras investigaciones enfocadas en mejorar la sostenibilidad y eficiencia de los motores de combustión interna. La implementación de bielas con geometrías adaptativas podría representar una alternativa viable para mejorar de una manera significativa el rendimiento y la potencia del motor, pero sin ser eficiente en términos de consumo de combustible ya que esta adaptación geométrica conlleva una mayor demanda en el área de la combustión.

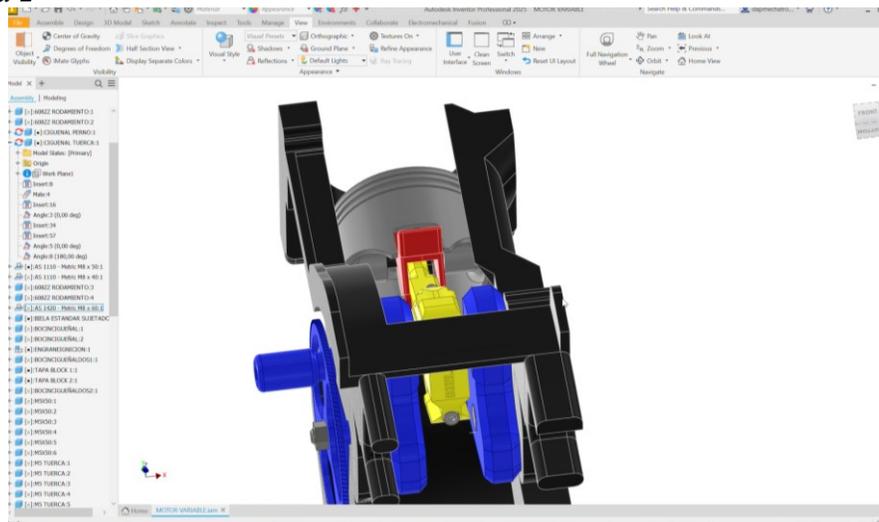
Figura 1



Modelado en 3D de la biela de compresión variable proveniente del software “Inventor Autodesk”.

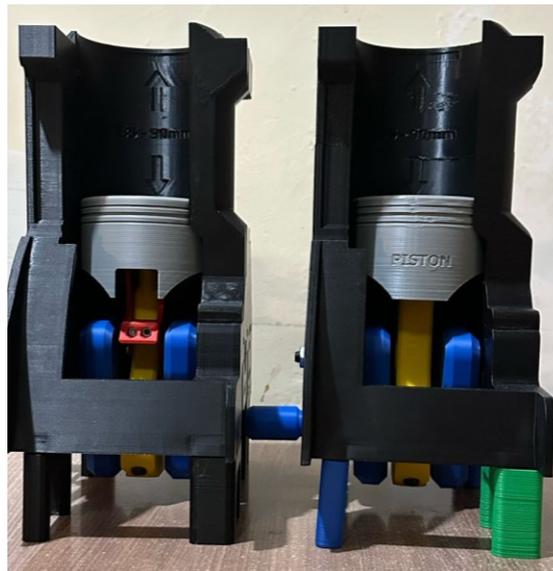
Fuente: Chango (2025)

*Figura 2*



Demostración del movimiento del cigüeñal y la pieza de compresión variable de la biela en “Inventor Autodesk”.  
Fuente: Chango (2025)

*Figura 3*



Presentación de los modelos de biela estándar y de compresión variable en impresión 3D de filamento de plástico.  
Fuente: Chango (2025)



## Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que la geometría de la biela de compresión variable tiene un impacto significativo en el rendimiento de los motores de combustión interna. El aumento de la cilindrada de 402,11 cm<sup>3</sup> a 432,27 cm<sup>3</sup> y la ganancia de 96 W en potencia evidencian que la mayor carrera del pistón mejora la admisión de la mezcla aire-combustible, optimizando la eficiencia energética del motor. Estos hallazgos resaltan la importancia del diseño geométrico de la biela en la optimización del desempeño mecánico.

Sin embargo, la investigación se centró en la simulación y modelado 3D, por lo que es necesario complementar estos resultados con pruebas experimentales en motores reales o en bancos de prueba. Esto permitiría validar con mayor precisión el impacto de la variación en la relación de compresión sobre el consumo de combustible, la eficiencia energética y las emisiones de gases contaminantes. Además, el análisis estructural de la biela mediante herramientas avanzadas de simulación ayudaría a evaluar la resistencia a la fatiga, la distribución de esfuerzos y la durabilidad del material utilizado en su fabricación.

Otro aspecto clave a considerar en futuras investigaciones es la selección de materiales más ligeros y resistentes para la fabricación de bielas, lo que permitiría reducir el peso del conjunto móvil y mejorar la eficiencia mecánica del motor. La exploración de estos diseños en motores híbridos o de combustibles alternativos representa una vía prometedora para el desarrollo de tecnologías automotrices más sostenibles.

En tal sentido, la implementación de bielas de compresión variable muestra un alto potencial para mejorar la eficiencia de los motores de combustión interna sin necesidad de modificaciones estructurales significativas. No obstante, para consolidar su viabilidad y aplicabilidad en la industria automotriz, es fundamental realizar estudios adicionales que incluyan pruebas experimentales, análisis estructural avanzado y evaluación del impacto en la sostenibilidad del sistema motriz.



## Conclusiones

El diseño y modelado en 3D de las bielas con geometrías diferentes permitieron evaluar teóricamente su impacto en la relación de compresión y el desempeño del motor. La biela de compresión variable, al modificar la carrera del pistón, mostró un incremento en la cilindrada del motor, lo que sugiere una mayor eficiencia en la admisión de la mezcla aire-combustible. Estos resultados confirman que la geometría de la biela es un factor determinante en el rendimiento del motor y que su optimización puede contribuir a mejorar la potencia generada.

Las simulaciones realizadas permitieron comparar el comportamiento de las bielas en distintas configuraciones de cilindraje, analizando parámetros clave como la relación de compresión y el rendimiento energético. Se evidenció que la biela de compresión variable incrementó la cilindrada de 402,11 cm<sup>3</sup> a 432,27 cm<sup>3</sup>, lo que resultó en una ganancia de 96 W en potencia. Este incremento respalda la hipótesis de que modificaciones en la geometría de la biela pueden influir directamente en la eficiencia del motor, optimizando su desempeño sin necesidad de realizar cambios estructurales en otros componentes.

Por ello, al identificar y analizar las diferencias en el rendimiento teórico de ambas bielas, se concluye que la implementación de una biela de compresión variable representa una alternativa viable para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los motores de combustión interna. Su aplicación podría contribuir a un mejor aprovechamiento del combustible y a la reducción de emisiones contaminantes, favoreciendo el desarrollo de tecnologías más eficientes. Estos hallazgos abren la posibilidad de continuar investigando y optimizando diseños de bielas que maximicen el desempeño del motor sin comprometer su durabilidad y fiabilidad.

## Referencias

Abarca Pérez, E., Quinchuela Paucar, J., Granizo Mora, B., & Gómez Llamatumbi, J. (2022). Optimización de un prototipo de trillador de granos con acople a motor de combustión interna. *Ciencia Digital*, 202–219, <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i2.2199>.



- Albuja Jácome, J. (2022). *Optimización geométrica de la biela de un motor de combustión interna de 100CC, mediante análisis transitorio de las cargas ejercidas en el conjunto pistón – biela durante un ciclo de trabajo*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Albuja Jácome, J., Bonilla Novillo, S., & Flores Arévalo, C. (2024). Matemática aplicada para la optimización del diseño de una biela de un motor de combustión interna. *Polo del conocimiento*, 2460-2479, <https://doi.org/10.23857/pc.v9i7.7638>.
- Ayala Lamar, A., & Carrión Cano, K. (2022). *Optimización del Rendimiento de un Motor CG200 Mediante el Acoplamiento de un Variador de Posición en el Cigüeñal*. Cotopaxi: Universidad técnica de Cotopaxi.
- García Pérez, D. (2023). *Potenciación de un motor de combustión interna alternativo*. Universidad de Cantabria.
- Guilcamaigua-Tarco, M., Suntaxi-Suntaxi, V., Lema-Parra, E., & Maldonado-Páez, F. (2023). Actualidad de la unidad de control del motor. Avances y funcionalidad. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología E Investigación*, 6(12), 223-239. Recuperado a partir de <https://www.journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/151>.
- Hernández Nieto, M. (2022). *Diseño mecánico de un motor Stirling*. Santiago de Querétaro: Instituto Politécnico Nacional.
- Hoyos Garcia, L. (2023). *Análisis termodinámico de un motor stirling solar mediante un algoritmo de cálculo para encontrar la eficiencia térmica*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- López Fernández, I. (2023). *Las estrategias exitosas de las empresas automovilísticas en el nuevo entorno mundial*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Sánchez Carrión, E., Abarca Pérez, E., & Enrique Arguello, E. (2022). Optimización del proceso de fundición mediante el proceso de ingeniería inversa y aditiva de un cabezote de un motor de bajo cilindraje. *Ciencia digital*, 236–253, <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i3.1.2249>.



Santi, L. (2020). *Nuevos métodos híbridos para modelado y simulación eficiente de partículas en geometrías 3D*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

Vasquez Naranjo, D. (2021). *Exploración de técnicas de inteligencia artificial para la predicción de resultados de la etapa de análisis por elementos finitos en el proceso de diseño mecánico*. Bogotá: Universidad militar nueva granada.