



*Desarrollo de un método para la alineación de ejes de maquinaria industrial y artesanal mediante fotogrametría*

*Development of a method for the alignment of industrial and craft machinery axes by means of photogrammetry*

*Desenvolvimento de um método para alinhamento de eixos de máquinas industriais e artesanais por meio de fotogrametría*

Julio Eduardo Cajamarca-Villa <sup>I</sup>  
[julio.cajamarca@epoch.edu.ec](mailto:julio.cajamarca@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-6568-6037>

Vanessa Lorena Valverde-González <sup>II</sup>  
[v\\_valverde@epoch.edu.ec](mailto:v_valverde@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-3501-8353>

Pablo Montalvo-Jaramillo <sup>III</sup>  
[pmontalvo@epoch.edu.ec](mailto:pmontalvo@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-8172-681X>

Eugenia Mercedes Naranjo-Vargas <sup>IV</sup>  
[eugenia.naranjo@epoch.edu.ec](mailto:eugenia.naranjo@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-9658-6311>

**Correspondencia:** [julio.cajamarca@epoch.edu.ec](mailto:julio.cajamarca@epoch.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\***Recibido:** 30 de enero de 2022 \***Aceptado:** 25 de febrero de 2022 \* **Publicado:** 23 marzo de 2022

- I. Máster Universitario en Ingeniería Electromecánica, Ingeniero Electrónico, Grupo de investigación Ciencia del Mantenimiento, Docente en la Escuela Superior Politécnica Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Magíster en Informática Educativa, Ingeniera en Sistemas Informáticos, Analista en Sistemas Informáticos, Grupo de investigación Ciencia del Mantenimiento, Docente en la Escuela Superior Politécnica Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Magister en Sistemas de Control y Automatización Industrial, Ingeniero Industrial, Ingeniero Electromecánico, Docente Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba Ecuador.
- IV. Magíster en Diseño Mecánico, Ingeniera Mecánica, Docente en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

## Resumen

La necesidad de mantener la alineación de un eje de motor, por ser el implemento de mayor porcentaje de fallas en una máquina, además de provocar un gasto a la empresa, junto con el tiempo que se requiere para proceder a alinear, surge la necesidad de la presente investigación en ofrecer un método de alineación de fácil acceso, uso y bajo costo, por lo que el objetivo es realizar una alineación de ejes mediante el uso de la fotogrametría y realizar una comparación en costos y uso frente a la alineación láser, una nueva alineación mediante la fotogrametría que a más de ser intuitivo, abarate costos. La metodología implementada es la deductiva al tener como premisa la obtención de datos a través de la alineación laser y así poder realizar una comparación de medidas, entre los resultados obtenidos se llega a un buen nivel de confianza a favor de la fotogrametría.

**Palabras clave:** Alineación de ejes; desalineación de ejes; pérdidas de energía; eficiencia energética; fotogrametría.

## Abstract

The necessity to maintain the alignment of an engine shaft, for being the implement with the highest percentage of failures in a machine, in addition to causing an expense to the company, and the time required to proceed to align, arises the necessity for this research to offer an alignment method of easy access, use and low cost, so the objective is to perform a shaft alignment using photogrammetry and make a comparison in costs and use compared to laser alignment, a new alignment using photogrammetry that besides being intuitive, lower costs. The methodology implemented is deductive, having as a premise the obtaining of data through laser alignment and being able to make a comparison of measurements, among the results obtained a good level of confidence in favor of photogrammetry is reached.

**Keywords:** Shaft alignment; shaft misalignment; energy losses; energy efficiency; photogrammetry.

## Resumo

A necessidade de manter o alinhamento de um eixo de motor, por ser o implemento com a maior percentagem de falhas numa máquina, além de causar uma despesa para a empresa, e o tempo necessário para proceder ao alinhamento, surge a necessidade desta pesquisa oferecer um método de alinhamento de fácil acesso, utilização e baixo custo, pelo que o objectivo é realizar um

alineamiento do eixo usando fotogrametria e fazer uma comparação em custos e utilização em comparação com o alinhamento a laser, um novo alinhamento usando fotogrametria que além de ser intuitivo, tem custos mais baixos. A metodologia implementada é dedutiva, tendo como premissa a obtenção de dados através de alinhamento a laser e podendo-se fazer uma comparação de medições, entre os resultados obtidos é atingido um bom nível de confiança em favor da fotogrametria.

**Palavras-chave:** Alinhamento de eixos; desalinhamento de eixos; perdas de energia; eficiência energética; fotogrametria.

## Introducción

El creciente desarrollo de la industria requiere un constante consumo energético que va en aumento, lo cual se debe de considerar dentro de la matriz productiva de un país, por ello el ahorro de energía debe de realizarse a nivel residencial, industrial, para llegar a obtener beneficios como confiabilidad de sistemas de energía eléctrica, mayor competitividad, seguridad energética entre otros (Grupo Banco Mundial., 2017). El Ecuador dentro del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable tiene un plan nacional de eficiencia energética donde se plantea como meta al año 2035 tener un ahorro de 29.9 Mtep (CNEL EP., 2017), teniendo en consideración que a nivel mundial el consumo de la energía eléctrica en la industria es representado por máquinas eléctricas que se encuentra en un rango del 30% a 50% del total (Energía y Sociedad., 2019; Morena Cancela., 2018; MOTOREX., 2021), en Ecuador el consumo de la industria es del 31.7 % aproximadamente (IIGE, 2020), además considerando que de este porcentaje dos terceras partes son utilizadas por motores eléctricos (ABB, 2022), y estos en su mayoría suelen tener un rendimiento del 75% de su potencia nominal (Marek Lukaszczyk., 2012), se tiene que evitar cualquier otra pérdida que pueda generarse en los mecanismos que utilizan los motores para convertir la energía eléctrica en mecánica.

De aquí nace la importancia de cuidar la alineación que se debe tener dentro de un eje de motor, pues esta representa el 32% de fallas en la máquina, frente a un 31% de fallas en rodamientos, 18% en desequilibrio, 16% por sistemas flojos y 3% varios (Dynamox., 2020), además que esto incrementa un gasto innecesario por el deslizamiento lateral que provoca en los ejes, generando un desgaste en rodamientos, doblado de ejes, rotura o desgaste de los acoplamientos (EPIDOR, 2020), esta desalineación puede ser de diferentes tipos: angular, lateral, axial (UNE, 2022), que a su vez para volver a alinear una máquina conlleva entre 8 a 16 horas en su primer alineación y después

entre 3 y 4 horas, además que este trabajo habitualmente lo realizara una empresa especializada en dicha tarea (PROCOEN., 2017), debido a los costos que tienen los equipos, el propósito de esta investigación es buscar un método alternativo a los conocidos actualmente, previamente se realizó una investigación de alineación con componentes de tipo poliácido láctico (Hernández-Dávila, 2020), otro estudio con sensores de tipo inductivo e impresión en 3D (Mendoza, 2018), que pretenden ser sistemas eficaces y que disminuyan los costos de los equipos, en este artículo se toca un método diferente a los tradicionales, se pretende realizar un estudio de la desalineación de ejes por medio de fotogrametría, que es el análisis de las dimensiones de objetos sobre fotos (Global Mediterránea Geomática., 2020) define a la fotogrametría como “la fotogrametría es una técnica que tiene como objetivo el estudio y la definición de forma precisa de la forma, las dimensiones y/o la posición en el espacio de un objeto, a través de los datos obtenidos de una o varias fotografías.”, con este método se pretende analizar la posición de los ejes para encontrar la desviación que pueda tener entre sí, las imágenes capturadas se ingresaran al software LabVIEW que realizará el procesamiento de las imágenes, análisis y muestra de resultados.

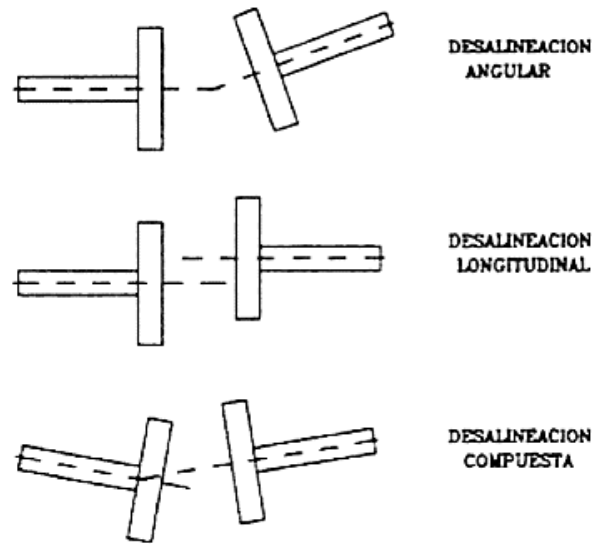
Se escogió la fotogrametría, debido que esta propuesta tiene como objetivo ir más allá en el análisis y poder resolver a más del conflicto de costo para pequeñas empresas, utilizar imágenes que a través del uso de un celular se logre conseguir el mismo objetivo de alineación de ejes, en este caso con menos dispositivos y de una forma muy intuitiva.

### **Marco Metodológico**

Uno de los problemas en la industria que afecta de manera sustancial a la economía es la desalineación de ejes de motores lo cual genera cerca del 50% de los problemas relacionados con vibraciones dentro de la industria (Palomino Marín, 1997), en los ejes de los motores existen dos tipos básicos de desalineación según (Gómez F., 1998):

- Desalineación angular
- Desalineación paralela (off-set)

Se considera además que al estar las dos desalineaciones juntas se denomina desalineación compuesta.



**Figura. 1.** Tipos de desalineación.  
**Fuente:** (Gómez F., 1998)

El cometido de la investigación es evitar los problemas que conlleva la desalineación y poder tener varias ventajas como lo menciona (Preditec. Grupo Ávala, 2022):

- Reducción de las operaciones y los costes de mantenimiento.
- Mayor duración de rodamientos, cierres mecánicos y acoplamientos.
- Reducción del nivel vibración y de la fatiga mecánica de elementos.
- Menor consumo de energía, con ahorros de hasta un 5%.
- Mayor fiabilidad de la maquinaria al disminuir el riesgo de paradas por avería.

El proceso para el desarrollo del presente estudio se enmarca en aplicar la metodología deductiva debido a que es necesario considerar que muchos de los componentes para el desarrollo de análisis se enfatizan de productos conocidos hacia la adaptabilidad de nuevos modelos en ello el desarrollo con software de diseño de prototipos, así como la impresión en 3D, herramientas que son de gran ayuda en la realización de múltiples componentes para la investigación; en la actualidad este tipo de fabricación inteligente se encuentra en auge en la industria 4.0, pues permite realizar una serie de partes o piezas que con la fabricación tradicional sería muy costosa, existen diferentes aplicaciones que se están realizando con la fabricación aditiva, que van desde aplicaciones como elaboración de teclas de computadora hasta la elaboración de un cohete espacial TERRAN R (Forbes, 2021), y se observar que cada día va tomando más fuerza la fabricación y modelado en

3D. Tomando en consideración este tipo de fabricación y por costos se empleara para la fabricación del soporte que nos permitirá adquirir las diferentes imágenes mediante un celular MI 11 Lite que consta de una cámara frontal de 64 MP f/1.79 + 8 MP f/2.2 + 5 MP f/2.4 (lente telemacro) (Xiaomi, 2022), para ello se utilizó PLA como material de construcción de la base, para el proceso de modelado es necesario considerar parámetros como espesores, condición de impresión, peso del celular; para que el componente se encuentre en equilibrio (Figura. 2).

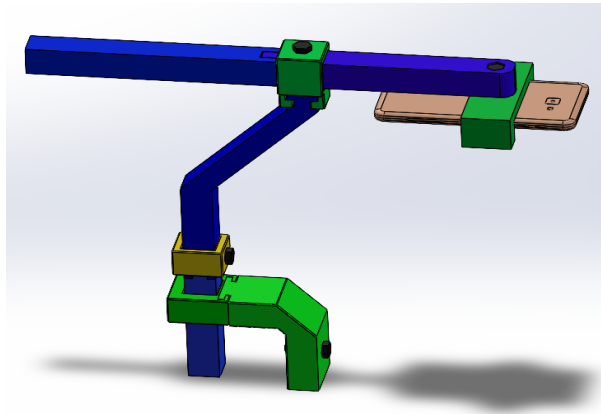
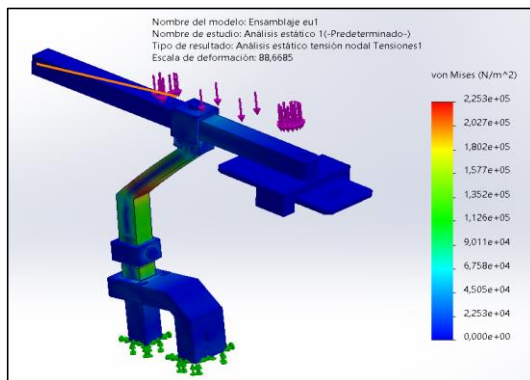
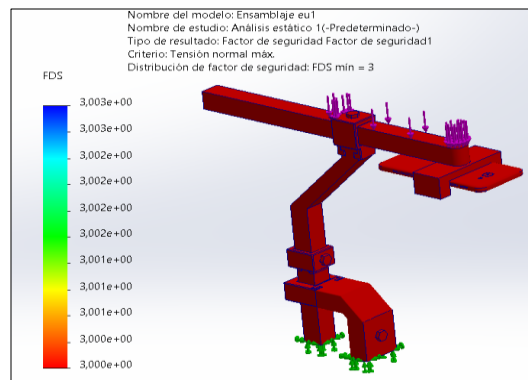


Figura. 2. Modelo de soporte para celular.

Antes del proceso de fabricación se realizó una simulación estática (Figura. 3a) para determinar las fuerzas que soportara la base y evitar una fractura de este. Adicional al considerar el análisis de factor de seguridad mínimo es de valor de 3 es decir un valor adecuado; por lo que los espesores considerados en el diseño y de paso en la impresión son de parámetros adecuados (Figura. 3b).



1. Estática de tensión.



2. Análisis de factor de seguridad

Figura. 3. Simulación de la base celular.

Para el proceso de adquisición de imágenes, se requirió mejorar la iluminación de los ejes puesto que se estaban capturando sombra que provocaban errores de las mediciones. En la Figura. 4 se indica el sistema de iluminación en conjunto a la base celular que se construyó para mejorar las mediciones.



**Figura. 4.** Iluminación de los ejes.

El programa de alineación de ejes con adquisición de imágenes esta realizado en LabVIEW que es un software con el que es posible obtener representaciones pictóricas que posteriormente pueden ser procesadas digitalmente para conocer la desalineación de los ejes. “Los programas de LabVIEW son llamados instrumentos virtuales o VIs ya que su apariencia y operación generalmente imitan a los instrumentos físicos, como osciloscopios y multímetros”(NATIONAL INSTRUMENTS CORP, 2022a), este software de LabVIEW cuenta con dos paneles de programación, el panel frontal que nos permite una interacción directa con el usuario (Figura. 5) y el diagrama de bloques (Figura. 6) que es donde se realiza la programación en lenguaje G (Lajara J. & Pelegrí J., 2007) que estará compuesta por “terminales, subVIs, funciones, constantes, estructuras y cables, los cuales transfieren datos junto con otros objetos del diagrama de bloques” (NATIONAL INSTRUMENTS CORP, 2022a).

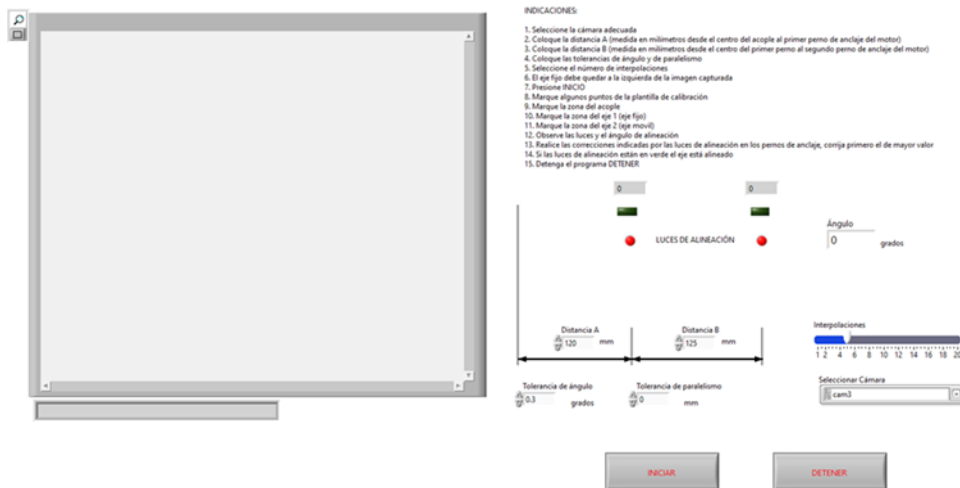


Figura. 5. Panel frontal del programa

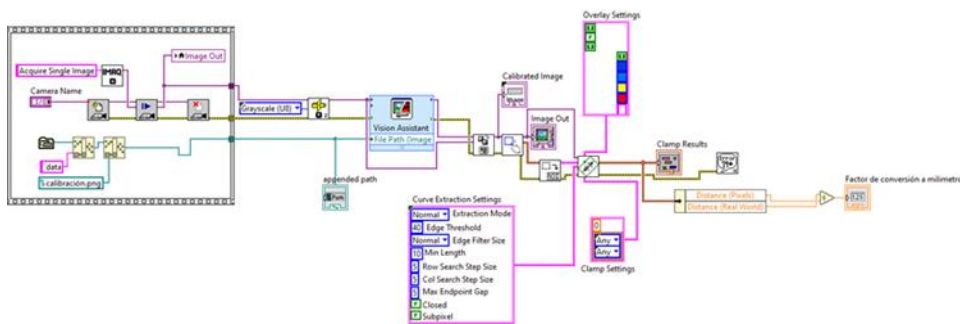


Figura. 6. Diagrama de bloques del VI de calibración de imagen.

Como se observa en la (Figura. 7) están marcados el eje izquierdo y el eje derecho, marcando la zona de interés que son los ROI (NATIONAL INSTRUMENTS CORP, 2022b), indicando una línea media justo en la mitad para indicar dónde están los ejes, tanto el eje izquierdo como el derecho, con esta información el programa indicará que ángulo tiene cada eje y el ángulo que forman los dos ejes tomando en cuenta el centro del acople. Con la herramienta de Vision Assistant de LabVIEW se procede a realizar la ubicación de los ejes y el ángulo formado por los ejes.

Se realizan varias adquisiciones de imagen para luego sacar la media de los valores de todos los datos obtenidos y tener una mayor confiabilidad en las mediciones. Se calculó los catetos, donde se implementa trigonometría y álgebra booleana, cálculos internos que se proceden a realizar en LabView, del promedio de las fotos se toman las principales, trabajando con la distancia A y B (Figura. 8), convalidando si existe o no error.



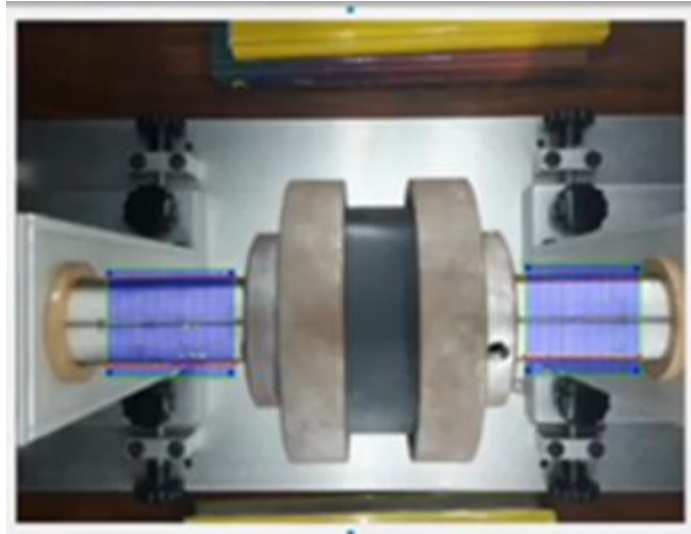


Figura. 7. Marcado de las zonas de interés.

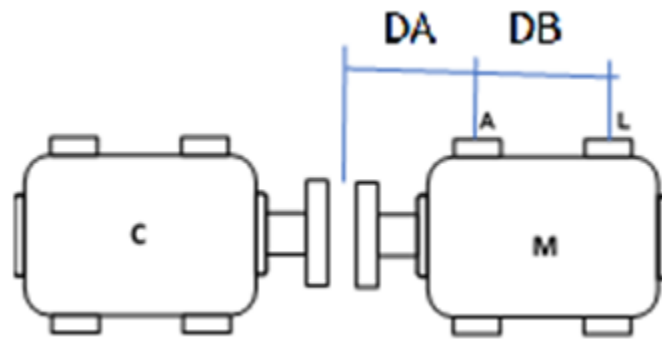


Figura. 8. Distancias reales desde el centro del acople a los pernos de la parte móvil de los ejes.

Con estos datos y el ángulo medido por el programa se procede a encontrar los valores a corregir realizando los siguientes cálculos respectivos, por ejemplo, si el ángulo es de  $0.5^\circ$  se traza un triángulo y se encuentran los catetos formados a la distancia  $A=120$  mm y a la distancia  $B=120$  mm es decir 240 mm del centro del acople (Figura. 9).

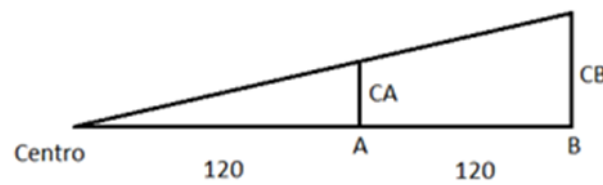


Figura. 9. Análisis por catetos.

Desplazamiento CA:

$$CA = \text{tg}(0.5^\circ)120$$

$$CA = 1.047$$

Desplazamiento CB:

$$CB = \text{tg}(0.5^\circ)240$$

$$CB = 2.094$$

El desplazamiento a corregirse este dado en milímetros.

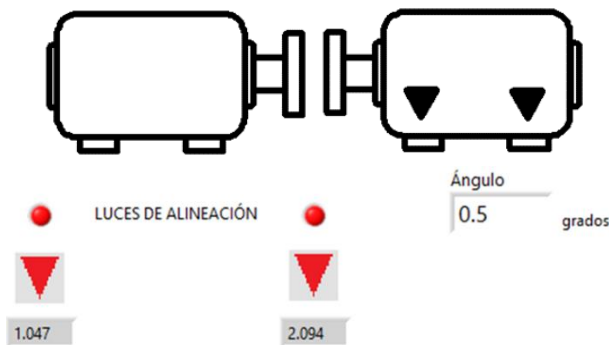


Figura. 10. Indicadores para la corrección de un ángulo de  $0.5^\circ$

Si el ángulo es de  $0^\circ$  significa que está alineado, pero se puede tener un error de paralelismo lo que será indicado como una medida a desplazarse CA y CB, iguales las dos. Si el ángulo formado por los ejes fuera de  $359.43^\circ$  las correcciones serían las siguientes (Figura. 11):

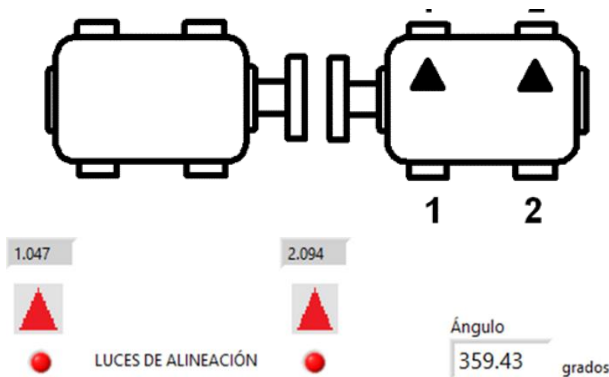


Figura. 11. Indicadores para la corrección de un ángulo de  $359.43^\circ$

Mientras exista un error sea de angularidad o de paralelismo se encenderán unos indicadores rojos con el valor respectivo a desplazarse en CA y CB hasta que el error se ha corregido dentro de una tolerancia aceptable, en este momento desaparecen los indicadores rojos poniéndose en verde los indicadores que indican que los ejes se encuentran alineados (Figura. 12).



**Figura. 12.** Indicadores de alineación indicando que los ejes están alineados, el ángulo de  $0.03^\circ$  está dentro de la tolerancia aceptable

### Análisis de resultados

Para la validación de la precisión alcanzada con el método de alineación desarrollado, se procede a tomar cien mediciones del ángulo de desalineación residual (Ang), de la desviación residual de la pata delantera (CA) y de la desviación residual de la pata trasera (CB), utilizando la adquisición de imágenes y por medio de alineador láser obteniendo los siguientes resultados de la Tabla 1:

**Tabla 1.** Desviaciones residuales alcanzadas con los dos métodos de desalineación.

Nº	Ang_CI	CA_CI	CB_CI	Ángulo %	Ang_Las	CA_Las	CB_Las
1	0.0020	0.0042	0.0086	0.3%	0.0020	0.00	0.01
2	0.0300	0.0628	0.1283	5.2%	0.0300	0.07	0.13
3	0.0220	0.0461	0.0941	3.8%	0.0220	0.05	0.10
4	0.0620	0.1299	0.2651	10.8%	0.0620	0.13	0.27
5	0.0640	0.1340	0.2737	11.2%	0.0640	0.14	0.28
6	0.0620	0.1299	0.2651	10.8%	0.0620	0.14	0.28
7	0.0900	0.1885	0.3848	15.7%	0.0900	0.20	0.40
8	0.0980	0.2053	0.4191	17.1%	0.0980	0.21	0.43
9	0.0720	0.1508	0.3079	12.6%	0.0720	0.15	0.31
10	0.0880	0.1843	0.3763	15.4%	0.0880	0.19	0.39
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
100	0.0940	0.1969	0.4019	16.4%	0.0940	0.21	0.42

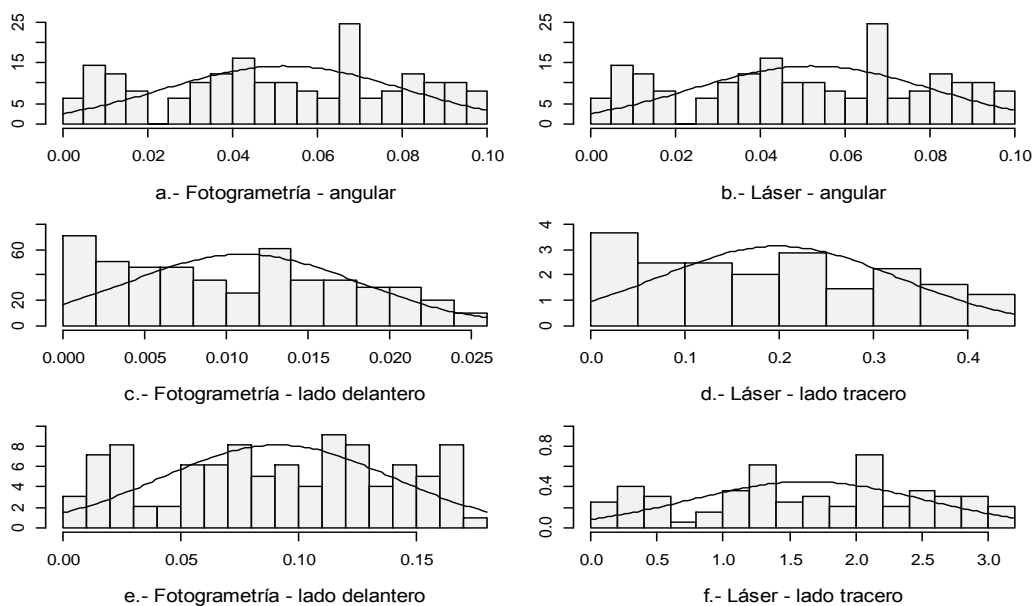
La estadística descriptiva de los datos se indica en la tabla 2, donde se puede observar a través de la desviación estándar, que en todos los casos existe una baja dispersión de los valores de las

muestras. Estos resultados, al igual que todos los análisis estadísticos se realizaron en el software estadístico R versión 4.1.1.

**Tabla 2.** Estadística descriptiva de los datos.

Método	Desviación	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Fotogrametría	Angular [°]	0.0020	0.0980	0.0521	0.0281
Fotogrametría	Lado delantero [mm]	0.0010	0.0250	0.0110	0.0071
Fotogrametría	Lado trasero [mm]	0.0035	0.1710	0.0909	0.0490
Láser	Angular [°]	0.0020	0.0980	0.0521	0.0281
Láser	Lado delantero [mm]	0.0200	0.4500	0.1985	0.1273
Láser	Lado trasero [mm]	0.0600	3.0800	1.6370	0.8812

La Figura. 13 sugiere que las muestras tienen una diferencia representativa con la distribución normal, por lo que se procede a realizar el test de Shapiro Wilks a los datos, obteniendo los resultados plasmados en la tabla 3, donde se aprecia que todas las muestras valoradas tienen un p-valor menor a 0.05 por lo que se concluye que en ningún caso se distribuyen normalmente. Debido a esto, se procedió a normalizar los datos aplicando el teorema central del límite mediante el método de Bootstrap.



**Figura. 13.** Histogramas iniciales de los datos

Tabla 3. Resultados del test de normalidad.

Método	Desviación	W	p-value	Normalidad
Fotogrametría	Angular [°]	0.95171	0.001233	No normales
Fotogrametría	Lado delantero [mm]	0.9415	0.000278	No normales
Fotogrametría	Lado trasero [mm]	0.9517	0.001232	No normales
Láser	Angular [°]	0.95171	0.001233	No normales
Láser	Lado delantero [mm]	0.93884	0.000192	No normales
Láser	Lado trasero [mm]	0.95195	0.001279	No normales

Luego de aplicar el teorema central del límite mediante el método de Bootstrap se obtuvo una muestra para cada variable de 10000 datos, distribuidos normalmente, tal como se puede observar en la figura 14. Este hecho está respaldado por el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov con la variante de Lilliefors, cuyo p-valor resultó ser mayor que 0.05 para todas las muestras.

Cabe mencionar que se seleccionó el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov con la variante de Lilliefors, porque el tamaño de las muestras es de 10000 datos.

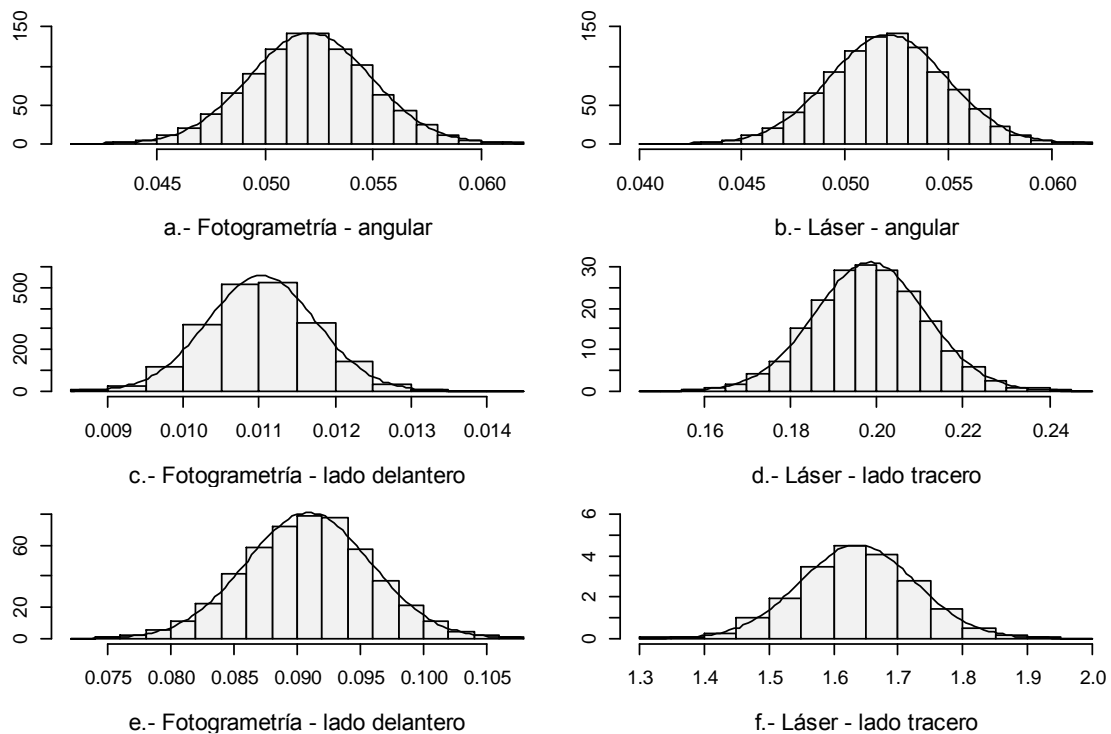


Figura. 14. Histogramas de los datos normalizados

**Tabla 4.** Resultado del test de Kolmogorov-Smirnov con los datos normalizados.

Método	Desviación	D	p-value	Normalidad
Fotogrametría	Angular [°]	0.0077088	0.1597	Datos normalizados
Fotogrametría	Lado delantero [mm]	0.0082489	0.1018	Datos normalizados
Fotogrametría	Lado trasero [mm]	0.0074458	0.1972	Datos normalizados
Láser	Angular [°]	0.0058954	0.5459	Datos normalizados
Láser	Lado delantero [mm]	0.0084591	0.0847	Datos normalizados
Láser	Lado trasero [mm]	0.0059586	0.5284	Datos normalizados

Una vez obtenidos los datos normalizados se procede a aplicar los test de comparación de muestras paramétrico T student, bajo las siguientes particularidades.

Debido a que el diagrama de cajas de la figura 15, señala la similitud entre las muestras de los ángulos residuales del proceso de alineación con los métodos de la fotogrametría y láser, se aplicó un test T student de comparación de igualdad de muestras pareadas. Donde el p-valor obtenido fue de 0.5629, mismo que es mayor a 0.05, por lo tanto, se concluyó que no existe evidencia suficiente que respalde la afirmación de que las muestras sean diferentes, con una confianza del 95%.

En los casos de las desviaciones o valores de corrección de los lados delantero y trasero, la figura 15 indica que los valores con el método de alineación con la fotogrametría son menores a los obtenidos con el método láser, por lo que se aplicó el test T student de cola izquierda para muestras pareadas, en el que el p-valor resultante fue de  $2.2e-16$ , mismo que es menor a 0.05, por lo que se concluyó que existe suficiente evidencia para aseverar que las desviaciones residuales del lado delantero y trasero obtenidas mediante fotogrametría son menores que las de alineación láser, con una confianza del 95%.

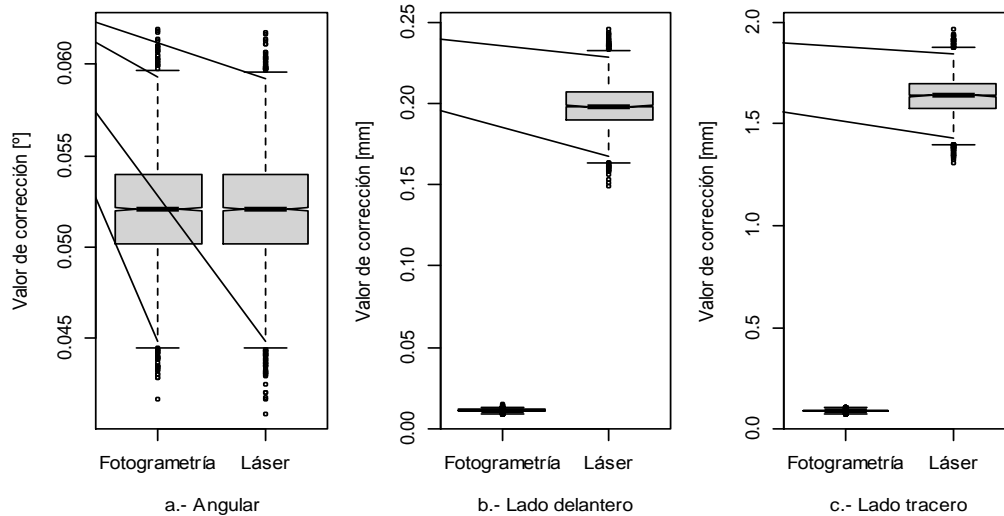


Figura. 15. Diagramas de caja de los datos normalizados

## Conclusiones

- La fabricación aditiva nos da una gran ventaja sobre desarrollo de prototipos no solo a nivel de investigación si no también industrial, así el desarrollo del soporte como se explicó inicialmente además de un diseño en 3D se puede simular para analizar las cargas que va a soportar el mismo, permitiéndonos conocer el comportamiento del sistema antes de su implementación y realizar las piezas y partes más optimas y evitar un exceso de material.
- La implementación del software de programación gráfica LabVIEW facilita mucho el diseño de sistemas gráficos en especial al realizar prototipos, además ofrece facilidades de manipulación de datos de una manera intuitiva a relación de otros códigos.
- El análisis de comparación de muestras evidencia que el método de la fotogrametría arroja valores de corrección residuales menores a la alineación láser, por lo que el método desarrollado tiene mayor precisión.
- En comparación con los procedimientos tradicionales, la alineación propuesta abarata los costos frente a las alineaciones comerciales, como es el caso de la alineación láser.

## Referencias

1. ABB. (2022). *El gasto energético en la industria. Drives.* <https://New.Abb.Com/Drives/Es/Eficiencia-Energetica/Gasto-Energetico-Industria>.

2. CNEL EP. (2017). *Plan Nacional de Eficiencia Energética*. CNEL EP. .  
<https://www.cnelep.gob.ec/plan-nacional-eficiencia-energetica/>.
3. Dynamox. (2020, December 15). *Desalineación del eje y su contribución a fallas mecánicas*. .  
<https://dynamox.net/es/blog/desalineaci%C3%B3n-del-eje-y-su-contribuci%C3%B3n-a-fallas-mec%C3%A1nicas/>.
4. Energía y Sociedad. (2019). *Contribución del sector eléctrico y gasista a la sociedad*. .  
<https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/5-3-contribucion-del-sector-electrico-y-gasista-a-la-sociedad/>.
5. EPIDOR. (2020, May 14). *Alineación de ejes: Evita gastos y mantenimientos innecesarios*.  
<https://epidor.com/blog/alineacion-de-ejes-evita-gastos-y-mantenimientos-innecesarios/>.
6. Forbes. (2021). *Esta nave espacial impresa en 3D quiere acabar con la hegemonía de SpaceX*. <https://www.forbes.com.mx/forbes-life/tecnologia-nave-espacial-impresa-en-3d-relativity-space/>.
7. Global Mediterránea Geomática. (2020, February 11). *Fotogrametría: Qué es, Ventajas y Metodología*. <https://www.globalmediterranea.es/fotogrametria-que-es/>.
8. Gómez F. (1998). *Tecnología del Mantenimiento Industrial* (Primera, Vol. 1). Universidad de Murcia.
9. Grupo Banco Mundial. (2017). *Eficiencia energética*.  
<https://www.bancomundial.org/es/results/2017/12/01/energy-efficiency>.
10. Hernández-Dávila, E. S. , M.-A. J. R. , & B.-A. N. S. (2020). Método para la alineación de ejes de máquinas rotacionales conformado por componentes de poliácido láctico. *Dominio de Las Ciencias*, 6.
11. IIGE. (2020). *Balance Energético Nacional – Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables*. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/5900-2/>.
12. Lajara J., & Pelegrí J. (2007). *LabVIEW: entorno gráfico de programación* (MARCOMBO S.A., Vol. 1).  
<https://books.google.com.ec/books?id=NnkwnsnG0UUC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
13. Marek Lukaszczyk. (2012, July 19). *Determinar la carga de un motor eléctrico es esencial para el rendimiento energético*.



- <https://Www.Interempresas.Net/Robotica/Articulos/98865-Determinar-La-Carga-de-Un-Motor-Electrico-Es-Esencial-Para-El-Rendimiento-Energetico.Html>.
14. Mendoza, I. , & Z. G. (2018). SHAFT ALIGNMENT MEASUREMENT SYSTEM DEVELOPED FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS. *Investigación & amp*, 91–102.
  15. Morena Cancela. (2018). *Mejora de la productividad mediante el empleo de motores de alta eficiencia*. . <https://Www.Interempresas.Net/Robotica/Articulos/210635-Mejora-de-La-Productividad-Mediante-El-Empleo-de-Motores-de-Alta-Eficiencia.Html>.
  16. MOTOREX. (2021, October 22). . *IMPORTANCIA DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS EN LA INDUSTRIA*. <https://Www.Motorex.Com.Pe/Blog/Importancia-de-Los-Motores-Electricos-En-La-Industria/>.
  17. NATIONAL INSTRUMENTS CORP. (2022a). *Fundamentos del Entorno de LabVIEW*. <https://www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/environment#Block%20Diagram>
  18. NATIONAL INSTRUMENTS CORP. (2022b). *Region of Interest (ROI) Manipulations - NI*. <https://www.ni.com/es-cr/support/documentation/supplemental/06/region-of-interest--roi--manipulations.html>
  19. Palomino Marín, E. (División de I. de las V. y D. (1997). *La Medición y el Análisis de Vibraciones en el Diagnóstico de Máquinas Rotatorias*.
  20. Preditec. Grupo Ávala. (2022). Servicio de Alineación Láser de Ejes. In <http://www.preditec.com/servicios/servicio-de-alineacion-laser-de-ejes-342221/>.
  21. PROCOEN. (2017, April 18). *Alineamiento de ejes, ¿una tarea del pasado?* <https://Procoen.Com/Alineamiento-de-Ejes/>.
  22. UNE. (2022, January 19). *¿Qué es la desalineación? Causas de desalineación, tipos y sus consecuencias*. <https://Eganagroup.Com/Une/Que-Es-La-Desalineacion/>.
  23. Xiaomi. (2022). *Xiaomi 11 Lite 5G NE*. <https://Www.Mi.Com/Global/Product/Xiaomi-11-Lite-5g-Ne/>.