

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



“SUSTITUCIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN ICECS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, CALLAO 2024”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRICISTA

AUTORES:

CORDOVA GOMEZ, BRYAN ROY
SOTO ALVAREZ, RICARDO FRANCO
VASQUEZ CUSTODIO, RAFAEL RENZO

ASESOR:

Dr. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMENEZ

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

CALLAO - 2024

PERÚ

TESIS DE SOTO - CORDOVA - VASQUEZ



9%
Textos
sospechosos



8% Similitudes
< 1% similitudes entre
comillas
0% entre las fuentes
mencionadas
2% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS DE SOTO - CORDOVA - VASQUEZ.pdf
ID del documento: 124deef9a5a807ad8e58a8fd82845fed70959d41
Tamaño del documento original: 688,45 kB
Autores: []

Depositante: FIEE PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION
Fecha de depósito: 3/1/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 3/1/2025

Número de palabras: 17.462
Número de caracteres: 121.350

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	TESIS FINAL HUAMAN_PAVEK_ZARATE.pdf TESIS FINAL HUAMAN_PAVEK_... #54fb1b El documento proviene de mi biblioteca de referencias 6 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (290 palabras)
2	Tesis_Cabanillas_PP.pdf Tesis_Cabanillas_PP #add813 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 6 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (209 palabras)
3	repositorio.unac.edu.pe http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/20.500.12952/8705/1/TESIS - TECHERA AYMACHOQUE.p... 5 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (288 palabras)
4	Tesis final ORTIZ ROJAS YOVERA.pdf Tesis final ORTIZ ROJAS YOVERA #e8e039 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 7 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (246 palabras)
5	unac.edu.pe https://unac.edu.pe/wp-content/uploads/documentos/transparencia/articulo-11/11-2/transparen...	1%		Palabras idénticas: 1% (251 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	PROYECTO_ISIDRO NUÑEZ JULIO WALTHER.pdf PROYECTO_ISIDRO NUÑ... #43ca12 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	Documento de otro usuario #db1c6d El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
3	INFORME FINAL DE TESIS -QUISPE HERENCIA GIOVANI MIGUEL.pdf INFO... #9374db El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
4	repositorio.ucv.edu.pe https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/20.500.12692/87858/1/Quispe_BJC-SD.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
5	www.procase-elearning.cl https://www.procase-elearning.cl/Demos/aau/docs/Necesidades y Expectativas de los Usuarios.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)

INFORMACIÓN BÁSICA	
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN	DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
TÍTULO	“SUSTITUCIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN ICECS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, CALLAO 2024”
AUTOR(ES)	CORDOVA GOMEZ, BRYAN ROY DNI: 74973089 COD. ORCID: 0009-0004-8102-8773 SOTO ALVAREZ, RICARDO FRANCO DNI: 73030264 COD. ORCID: 0009-0009-1471-8324 VASQUEZ CUSTODIO, RAFAEL RENZO DNI: 74965326 COD. ORCID: 0009-0002-4107-2986
ASESOR	Dr. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMENEZ DNI: 43324583 COD. ORCID: 0000-0003-0095-6988
LUGAR DE EJECUCIÓN	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
UNIDADES DE ANÁLISIS	INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN ICECS
TIPO DE INVESTIGACIÓN	TIPO APLICADA, CUASI-EXPERIMENTAL, NIVEL EXPLICATIVO
TEMA OCDE	INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

MG. ING. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA	:	PRESIDENTE
ING. FREDY ADÁN CASTRO SALAZAR	:	SECRETARIO
M.SC. LIC. RAÚL PEDRO CASTRO VIDAL	:	VOCAL
DR. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMENEZ	:	ASESOR
ACTA FOLIO N°	:	290
FECHA DE APROBACIÓN	:	28/04/2025
RESOLUCIÓN DECANAL	:	N°111-2025-DFIEE



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE
TESIS SIN CICLO DE TESIS**

A los 28 días del mes de abril de 2025 siendo las 12:00 horas, en acto público en el aula de sustentación ubicada en el 4to piso de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, se reunió el Jurado Examinador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao, aprobada mediante Resolución Decanal N°111-2025-DFIEE, conformado por los siguientes docentes ordinarios:

- | | |
|---|-------------------|
| • MG. ING. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA | Presidente |
| • ING. FREDY ADAN CASTRO SALAZAR | Secretario |
| • M. SC. RAÚL PEDRO CASTRO VIDAL | Vocal |


Con el fin de dar inicio a la exposición de TESIS de los Bachilleres **CORDOVA GOMEZ, Bryan Roy, SOTO ALVAREZ, Ricardo Franco y VASQUEZ CUSTODIO, Rafael Renzo**, quienes habiendo cumplido con los requisitos para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electricista de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del Callao; como lo señalan los Arts. N°s 52 y 53 del Reglamento de Grados y Títulos, sustentarán la Tesis Titulada: **“SUSTITUCIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN ICECS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, CALLAO 2024”**, con el quórum Reglamentario de Ley, se dio inicio a la exposición, considerando lo establecido en el Art. N° 95 del Reglamento de Grados y Títulos dado por Resolución N° 286-24-CU, en el Sub Capítulo V, correspondiente al otorgamiento del Título Profesional con Tesis sin Ciclo de Tesis; efectuadas las deliberaciones pertinentes se establece:

Dar el resultado por unanimidad (X) mayoría () la calificación con un registro cualitativo deBUENO..... y cuantitativo de15....(QUINCE)....., dando por aprobado (X) desaprobado () a los expositores **CORDOVA GOMEZ, Bryan Roy, SOTO ALVAREZ, Ricardo Franco y VASQUEZ CUSTODIO, Rafael Renzo**; con lo cual se dio por concluida la sesión, siendo las ...13:00... horas del día del mes y año en curso.

Es copia fiel del folio N° 290 del Libro de Actas de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica – UNAC.



MG. ING. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA
PRESIDENTE



ING. FREDY ADAN CASTRO SALAZAR
SECRETARIO



M. SC. RAÚL PEDRO CASTRO VIDAL
VOCAL

DEDICATORIA

A nuestras personas más cercanas, quienes nos han ofrecido su apoyo incondicional y se han convertido en una inspiración a lo largo de este extenso recorrido para finalizar nuestra tesis. A nuestros padres, hermanos, amigos y familiares, les agradecemos profundamente por su amor, paciencia y comprensión. Este logro ha sido posible gracias a su constante ánimo y motivación.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestros tutores y profesores, quienes nos han orientado y compartido su valioso conocimiento y experiencia para el desarrollo de esta investigación. Asimismo, reconocemos el apoyo y la colaboración de las instituciones y organizaciones que contribuyeron con los datos y recursos esenciales para la realización de este trabajo.

Agradecemos también a nuestros compañeros de clase, cuya motivación y respaldo han sido fundamentales en todo momento. Finalmente, extendemos nuestra gratitud a la universidad por ofrecernos la oportunidad de adquirir los conocimientos y habilidades que han sido clave para alcanzar este logro.

ÍNDICE

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE	viii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	3
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Objetivos	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Delimitantes de la investigación	6
II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes: internacionales y nacionales	8
2.2. Bases Teóricas	13
2.3. Marco conceptual.....	25
2.4. Definición de Términos básicos	28
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	32
3.1. Hipótesis.....	32
3.1.1. Operacionalización de variables.....	32
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	34
4.1. Diseño metodológico	34
4.2. Método de Investigación	35
4.3. Población y muestra	35

4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado	36
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la Información.....	36
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	40
4.7.	Aspectos Éticos en investigación.....	41
V.	RESULTADOS.....	42
5.1.	Resultados Descriptivos	42
5.2.	Resultados inferenciales.....	45
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	51
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	52
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	54
VII.	CONCLUSIONES.....	56
VIII.	RECOMENDACIONES	58
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
X.	ANEXOS	65
	Anexo N°1: Matriz de Consistencia	65
	Anexo N°2: Instrumento de recolección de datos	67
	Anexo N°3: Validación de instrumentos.....	68
	Anexo N°4: Base de datos.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Opciones tarifarias para usuarios en media tensión</i>	16
Figura 2. <i>Principio de funcionamiento del motor eléctrico</i>	17
Figura 3. <i>Eficiencia vs potencia (HP) en motores eléctricos</i>	22
Figura 4. <i>Triangulo de potencias</i>	23

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Operacionalización de variable</i>	33
Tabla 2 <i>Validación del instrumento de recolección de datos por juicio de expertos</i>	38
Tabla 3 <i>Confiabilidad de instrumentos</i>	39
Tabla 4 <i>Descriptivos de la variable eficiencia energética - Pre Test vs Post Test</i>	42
Tabla 5 <i>Descriptivos de la dimensión demanda de energía - Pre Test vs Post Test</i>	43
Tabla 6 <i>Descriptivos de la dimensión perdida de energía - Pre Test vs Post Test</i>	44
Tabla 7 <i>Prueba de normalidad</i>	45
Tabla 8 <i>Prueba de homogeneidad de Barlett</i>	46
Tabla 9 <i>Prueba T de Student. Eficiencia energética - Pre vs Post</i>	47
Tabla 10 <i>Prueba T de Student. Cantidad de energía - Pre vs Post</i>	48
Tabla 11 <i>Prueba T de Student. Cantidad de energía - Pre vs Post</i>	49

RESUMEN

La presente investigación planteó como objetivo general sustituir los motores eléctricos para mejorar la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024. La metodología planteada constó de un tipo de investigación aplicada, cuasi experimental y explicativa, considerando como población y muestra a 16 motores pertenecientes a los equipos del instituto de investigación ICECS de la UNAC. Los resultados descriptivos mostraron que la eficiencia energética mejoró significativamente tras la sustitución de los motores, con la media subiendo de 66,0150 a 86,4550. La reducción en la desviación estándar (de 1,65164 a 0,96083) muestra un rendimiento más consistente de los motores nuevos. Se concluyó que el sustituir los motores eléctricos mejorará la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, esto se demostró a partir de la prueba t de Student que reveló una mejora significativa de 20,44 unidades en la eficiencia energética tras la sustitución de motores ($t = -45,436$, $p = 0,000$), lo que confirma la hipótesis alterna y rechaza la nula.

Palabras claves: Motores eléctricos, eficiencia energética, demanda de energía, instalaciones eléctricas

ABSTRACT

The general objective of this research was to replace electric motors to improve energy efficiency at the ICECS research institute of the Universidad Nacional del Callao, Callao 2024. The methodology proposed consisted of a type of applied, quasi-experimental and explanatory research, considering as population and sample 16 motors belonging to the equipment of the ICECS research institute of the UNAC. The descriptive results showed that the energy efficiency improved significantly after the replacement of the motors, with the mean increasing from 66.0150 to 86.4550. The reduction in standard deviation (from 1.65164 to 0.96083) shows more consistent performance of the new motors. It was concluded that replacing electric motors will improve energy efficiency at the ICECS research institute of the National University of Callao, this was demonstrated from the Student's t-test which revealed a significant improvement of 20.44 units in energy efficiency after motor replacement ($t = -45.436$, $p = 0.000$), confirming the alternate hypothesis and rejecting the null hypothesis.

Keywords: Electric motors, energy efficiency, energy demand, electrical installations

INTRODUCCIÓN

Para alcanzar un mejor rendimiento en el uso actual de energía, es necesario aumentar la eficiencia; la sostenibilidad y la competitividad empresarial pueden beneficiarse al integrar la eficiencia energética dentro de las empresas [1]. El aprovechamiento eficiente de la energía eléctrica implica identificar los equipos o procesos que consumen más energía, detectar aquellos que son cruciales, reconocer las áreas donde se puede reducir el consumo energético, entre otras medidas [2]. La maquinaria industrial es una herramienta fundamental que ha mejorado y optimizado las operaciones productivas a nivel global. Sin embargo, estos equipos requieren un alto consumo de electricidad, y los sistemas de motores eléctricos representan una parte significativa del uso de energía industrial. De hecho, el 46% de la electricidad mundial se destina a generar energía mecánica a través de sistemas impulsados por motores eléctricos. Esto subraya que la mayor demanda de energía eléctrica en la industria proviene de la potencia motriz (motores eléctricos), que abarca entre el 46% y el 67% del consumo global. Así, sustituir motores convencionales por motores de mayor eficiencia es, por lo tanto, fundamental. [3]. En los últimos 30 años, Perú ha experimentado un crecimiento y desarrollo constante. Como resultado, la demanda energética de las empresas está muy relacionada con los costos de producción, lo que las obliga a mejorar y optimizar sus procesos de manera eficiente para lograr la máxima competitividad de sus marcas y productos tanto en el sector nacional como en países del extranjero [4]. Bajo este concepto desde la perspectiva técnica si los motores eléctricos han sido sometidos a años de explotación, este hecho se vería afectado en una disminución de su capacidad productiva con relación a su capacidad nominal provocando la subutilización de su motor principal que unido a su deficitario estado técnico provoca paros improductivos y sobreconsumo energético [5].

Las regulaciones en países desarrollados han impulsado el desarrollo de motores eléctricos más eficientes, reduciendo pérdidas y contribuyendo al ahorro energético. Muchos países están adoptando motores de clase superior y estableciendo fechas límite para la prohibición de motores de eficiencia estándar [6]. Esta investigación propone comparar motores de alta eficiencia con los

actuales de eficiencia estándar, buscando aclarar inquietudes sobre su funcionamiento, rendimiento práctico y rentabilidad económica.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En actividades industriales peruanas, una de las formas de energía más utilizadas es la electricidad, lo que implica una gran demanda para cumplir con las necesidades productivas y de consumo. Se sostiene que, estadísticamente, la energía eléctrica es crucial para la operación de los motores eléctricos, que transforman cerca del 75% de toda la energía requerida para satisfacer el sector productivo de los países [4]. La productividad es un factor clave en cualquier industria, ya que implica equilibrar el uso de los recursos de producción para lograr el máximo rendimiento con el mínimo esfuerzo posible, una problemática frecuente en cualquier industria vendría a ser las deficiencias en las maquinarias, la productividad se vería afectada principalmente por interrupciones en la cadena de abastecimiento y clausuras temporales [7]. Dado que los sistemas de motores eléctricos constituyen una parte significativa del consumo total de electricidad (más del 50%), existe un gran potencial de ahorro al utilizar sistemas de motores energéticamente eficientes, tanto en nuevas instalaciones como al acelerar el reemplazo de motores antiguos e ineficientes [3].

La solución propuesta por la tesis de investigación que tendrá lugar en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao (En adelante, UNAC), consiste en el intercambio de motores eléctricos de eficiencia promedio a unos de alta eficiencia para tener una mayor eficiencia energética.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

P.G.1 ¿La sustitución de los motores eléctricos mejorará la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024?

1.2.2. Problemas Específicos

P.E.1. ¿La sustitución de los motores eléctricos ineficientes disminuirá la demanda de energía eléctrica en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024?

P.E.2. ¿La selección de nuevos motores eléctricos disminuirá las Pérdidas de energía en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

O.G. Sustituir los motores eléctricos para mejorar la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

O.E.1 Sustituir los motores eléctricos ineficientes para disminuir la demanda de energía eléctrica utilizada en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024

O.E.2 Seleccionar nuevos motores eléctricos para disminuir las Pérdidas de energía en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024

1.4. Justificación

1.4.1 Justificación teórica

[8] refiere que esta justificación se aplica cuando la meta del estudio es promover la reflexión y la discusión académica acerca de la comprensión vigente, comparar teorías, verificar resultados, explorar los fundamentos del conocimiento o presentar las alternativas planteadas por un modelo.

Según lo manifestado, la indagación actual posee justificación teórica, ya que la evaluación de los motores de inducción permitirá identificar las fluctuaciones en los parámetros de voltaje, corriente y factor de potencia. Esto contribuirá a una comprensión más profunda de cómo estos motores

operan bajo diferentes condiciones y a la reflexión sobre las teorías existentes en el campo.

1.4.2 Justificación práctica

Al respecto [8] indicó esta justificación no solo aborda un problema real, sino que también ofrece soluciones concretas o estrategias que, al implementarse, podrían resolver el problema en cuestión. Esto implica que la investigación debe proporcionar recomendaciones prácticas basadas en los hallazgos, que sean viables y relevantes para el contexto en el que se encuentra el problema. Además, una justificación práctica sólida demuestra cómo los hallazgos de la investigación pueden aplicarse para poder dar un avance mejor a los procesos, optimizar recursos, o tomar decisiones informadas, beneficiando así a las partes interesadas y generando un impacto positivo tangible en la situación estudiada.

De acuerdo con lo expuesto por el autor, esta investigación permitió realizar una evaluación más precisa y continua del estado de funcionamiento de los motores en el Instituto de Especialización en Ingeniería, Ciencias Empresariales y Ciencias de la Salud (En adelante, ICECS). Esta mejora en la monitorización y el análisis de los motores no solo facilitará la identificación de posibles fallas y la optimización del rendimiento, sino que también contribuirá a la implementación de estrategias de mantenimiento más efectivas. Además, al proporcionar datos detallados sobre el funcionamiento de los motores, se podrá ajustar y perfeccionar los procesos operativos, reduciendo costos y mejorando la eficiencia general del instituto.

1.4.3 Justificación metodológica

Para [8] esta justificación se establece cuando la iniciativa sugiere un enfoque novedoso o un plan estratégico innovador para producir información válida y fiable. Esto implica que la investigación no solo debe presentar un método nuevo o mejorado, sino que también debe demostrar cómo este enfoque supera las limitaciones de métodos anteriores y ofrece resultados más precisos y pertinentes. Además, una sólida justificación

metodológica resalta la eficacia y la aplicabilidad del nuevo método en contextos específicos, mostrando cómo contribuye al avance del campo y proporciona soluciones prácticas a problemas existentes.

De acuerdo con el autor, esta investigación posee una justificación metodológica al proponer un enfoque sistemático para reemplazar los motores con desempeño deficiente. Este enfoque incluye un procedimiento detallado que considera las variaciones en parámetros clave como voltaje, corriente y factor de potencia. La justificación metodológica se fortalece al demostrar que este procedimiento estructurado no solo aborda de manera efectiva los problemas identificados, sino que también mejora la precisión en la evaluación y el reemplazo de motores.

1.5 Delimitantes de la investigación

De acuerdo con [9], la delimitación debe ser establecida en cuanto a la temporalidad y el ámbito geográfico, para situar nuestro problema dentro de un marco específico y coherente.

A partir de esta premisa, las delimitaciones son las siguientes:

Delimitación Teórica

Este estudio se centra en evaluar los criterios de actividad de los motores de inducción para identificar fallas y bajos factores de potencia, con la meta de llevar mejor la eficiencia energética mediante la ejecución de motores de alta eficiencia. La investigación busca determinar cómo la sustitución de estos motores puede optimizar el rendimiento energético en comparación con los motores actuales.

Delimitación Espacial

El dominio de este análisis se restringe al Instituto de Especialización en Ingeniería, Ciencias Empresariales y Ciencias de la Salud de la UNAC, ubicado en el distrito de Bellavista. Se excluyen otras ubicaciones debido a las variaciones en las condiciones operativas y las características específicas de cada sitio que podrían influir en los resultados.

Delimitación Temporal

Esta pesquisa se realizó desde de mayo de 2024 y se extendió por un tiempo de 6 meses. Este tiempo se destinó a la adquisición de materiales, la examinación de los directrices de operación de los motores de inducción, el intercambio de estos por motores de máxima eficiencia y la realización del análisis energético final.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes: internacionales y nacionales

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Para [10] cuyo estudio tuvo como objetivo crear un simulador de eficiencia energética, compuesto por Hardware y Software, que facilite la evaluación energética de un motor con eficiencia estándar en funcionamiento y proyecte un ahorro energético al contemplar su reemplazo por un propulsor de alta eficiencia. Adoptando un estudio de enfoque cuantitativo-correlacional, en el cual se consideró como muestra a una maquina industrial operada por un motor de eficiencia estándar de 15HP. En los resultados el Software del emulador determinó que el propulsor en uso opera con un nivel de carga de 31% y a una eficiencia ajustada de 84%, sugiriendo por tanto un propulsor de mejor eficiencia de 7.04 HP para que funcione a una carga aproximada del 80%, según lo aconsejado. Concluyendo así con la identificación de una relación positiva entre la estrategia de sustitución de motores para una mejor eficiencia energética.

A partir de lo manifestado por el autor, es relevante una suplencia de motores de eficiencia reducida por unos de mejor calidad para una mejor eficiencia energética. Esto proporciona los puntos de partida para las variables “eficiencia energética” y “sustitución de los motores eléctricos”.

Según [11] cuyo trabajo denominado “Evaluación experimental de un motor de encendido por chispa con diversas gasolinas”. El propósito fue analizar el rendimiento de un propulsor de ignición interna tras el equilibrio energético y exergético, utilizando cada una de las tres gasolinas disponibles en Ecuador. Se utilizó un enfoque experimental con un método cuantitativo para llevar a cabo mediciones térmicas, así como para evaluar el consumo específico de combustible y la relación aire-combustible durante tres minutos. Los datos obtenidos mostraron que la eficiencia energética fue del 11,31 % para la gasolina súper, 10,75 % para la gasolina extra y 10,39 % para la gasolina Ecopaís. En términos de eficiencia total, se registraron 58,81 % para la gasolina súper, 58,89 %

para la gasolina extra y 59,19 % para la gasolina Ecopaís. Estos resultados evidencian un posible margen de mejora en la exergía, lo que podría convertirse en una oportunidad para optimizar la eficiencia energética.

Conforme a lo manifestado, la eficiencia energética es directamente proporcional a la potencia máxima del motor, esto da base a mi variable “eficiencia energética”

Según [12] cuya pesquisa se orientó a desarrollar el Sistema de Gestión Energética en la empresa Café Minerva a través de la implementación de la norma ISO 50001, para optimizar el rendimiento energético y reducir el impacto ambiental. Usando una metodología cuantitativa experimental a través de la recopilación de datos en el lugar para evaluar el consumo eléctrico y el uso de diésel. En los resultados se observó una oportunidad para optimizar el consumo de diésel, que pasó de 18 a 22 Gal/kg de café tostado y molido entre 2019 y 2021. En relación con el consumo eléctrico, se observó que el sector de tostadoras representa el 52.5% del consumo global. De manera similar, el consumo energético calorífico, que es esencial para el proceso, también destaca en esta área. En cuanto al consumo de diésel, las tostadoras 1 y 2 se identificaron como las de mayor consumo, con un 74.6%.

Conforme a lo presentado, se debe gestionar la energía para un medio ambiente sostenible y economía rentable, esto da base a mi variable “eficiencia energética”

Según [13] en su tesis tuvo como objetivo optimizar la eficiencia energética de una explotación ganadera ubicada en Los Villares de Soria, Soria. Usando un enfoque cuantitativo, se efectuó una evaluación energética de la instalación. En cuanto a los resultados obtenidos, se confirma que el proyecto es beneficioso, tanto por los resultados obtenidos en el VAN de 905.541,38 € como por el valor de TIR del 89 %, logrando una reducción del consumo energético al año de 11.370,42 kWh. Concluyendo que el estudio muestra ser lucrativo, ya que se manifiesta

tanto en el Valor Actual Neto (VAN) adquirido como por el valor de la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR).

Conforme a lo expuesto por el autor el consumo energético constituye una porción considerable de los gastos, también se busca menguar las emisiones de efecto invernadero, esto da base a la variable “eficiencia energética”.

Según [14] en su tesis tuvo como objetivo optimizar la eficacia de los equipos eléctricos y teniendo en cuenta igualmente cualquier tipo de maquinaria rotativa. El método de estudio fue de carácter cuantitativo, este estudio se realizó mediante documentación recopilada. Se obtiene que el motor operará todo el día diariamente por los restantes años, sin experimentar ningún tipo de sobrecarga. En conclusión, el aspecto crucial en la gestión de fallos y en minimizar lo máximo posible las interrupciones en la fabricación es adoptar un enfoque proactivo.

Conforme a lo revelado por el autor al configurar un motor eléctrico, es necesario considerar para su aplicación final para una mejor eficiencia, esto da base a mi variable “eficiencia energética”.

ANTECEDENTES NACIONALES

Según [15] en su tesis tuvo como objetivo analizar la eficiencia energética para evaluar la optimización de las métricas eléctricas y la disminución de emisiones de facturas en la planta de producción de ladrillo GREQ – JAEN. La estrategia adoptada fue cuantitativa, no experimental de estudio realizado es de nivel aplicada y de tipo tecnológico. Los hallazgos conseguidos de la recopilación de datos es un mejor manejo de energía por ende un aporte a la sostenibilidad ambiental.

Conforme con señalado, el rendimiento energético mejorará y gestiona el manejo de los indicadores eléctricos, esto sería base para mi variable “eficiencia energética”

Según [16] en su estudio cuyo objetivo fue identificar posibles oportunidades de ahorro energético en los sistemas de bombeo. El

método aplicado fue cuantitativo de tipo descriptivo, la muestra para el estudio está compuesta por los equipos y cargas que utilizan energía eléctrica en la estación de bombeo N°1 de la empresa Epsel S.A. Los resultados obtenidos tras el intercambio de los motores convencionales por motores de mayor eficiencia PREMIUM fueron la disminución de consumo por 199,848.17 KWh/año. Finalmente, en este trabajo se recomienda reemplazar con motores de alta eficiencia los equipos que hayan sido rebobinados, ya que cada reparación tiende a reducir sus características de rendimiento y requieren de un mayor consumo eléctrico.

De lo manifestado por el autor, es fundamental entender las especificaciones técnicas en las que se encuentra el uso de energía eléctrica de los motores para reemplazarlos con motores de eficiencia superior, este aspecto proporciona una buena base para el análisis de la variable “Sustitución de motores eléctricos”.

De acuerdo con [17] en su investigación cuyo propósito fue examinar las métricas energéticas para mejorar la utilización de energía en una planta de productos de leche y derivados en la ciudad de Cajamarca, para ello utilizó un método que fue aplicado ya que, se emplearon las bases teóricas para abordar el alto uso eléctrico en una planta de productos de lácteos, mejorando el uso de sus recursos mediante un marco no experimental, en el que no se modificaron ni se controlaron las variables examinadas. Finalmente, en este trabajo se sugiere a la junta directiva de planta de productos de lácteos desarrollar una propuesta energética para implementar la ISO 50001, estableciendo las métricas energéticas como factores clave en sus objetivos y éxitos empresariales.

De lo señalado, es crucial evaluar los criterios energéticos para abordar el elevado uso eléctrico en una planta de productos, lo que constituye la base para el análisis de la variable “eficiencia energética”.

Asimismo [18] en su investigación planteó la meta optimizar el índice de demanda energética mediante el reemplazo de los motores eléctricos en minera Cerro Corona, para ello utilizó un método que se basa es una clase de estudio aplicada y con un modelo de investigación no experimental en

el que se investigará la antigüedad de los dispositivos, la cantidad y tipo de mantenimientos realizadas a lo largo de los años, con el propósito de sugerir motores de elevada eficiencia. Esto resultó en una disminución del consumo de 870.48 kW-h a 787.61 kW-h cada mes, una disminución en las pérdidas de potencia de 16.15 kW a 5.06 kW cada mes y una reducción en costos de s/. 212.57 a s/. 192.33 mensuales. El objetivo es demostrar que el empleo de motores de elevada eficiencia es recomendable. Finalmente, se sugiere realizar este tipo de estudios en todos los motores eléctricos que operen más de 4000 horas al año, que hayan sido reparados o reemplazados, y que no funcionen a un factor de carga entre el 75% y el 100%, ya que estos estudios pueden asistir en decidir si es más adecuado reparar un motor eléctrico estándar o adquirir uno de alta eficiencia.

Según lo indicado por el autor, es crucial sustituir los motores eléctricos en base a la edad de los instrumentos, el número y forma de reparación realizadas a lo largo de los años para optimizar el índice de consumo energético, este aspecto me proporciona una base para el estudio de mi variable “sustitución de los motores eléctricos”.

De acuerdo con [19] su estudio planteó como objetivo desarrollar estrategias de acciones correctivas basadas en una evaluación eléctrica para maximizar la eficiencia energética del centro comercial El Dorado. La investigación fue aplicada, con un diseño descriptivo no experimental, utilizando variables cuantitativas y una muestra de 46 vendedores de los puestos que cuentan con suministro eléctrico en el mismo centro. Se concluyó que al aumentar el factor de potencia a 0.97, se generaría una potencia activa de 194 kW, lo que permitiría evitar la facturación de potencia reactiva y facilitar la instalación de un nuevo panel con capacidad de 20 kW.

En concordancia con el autor, es crucial buscar un crecimiento sostenible manteniendo el grado de acción y avance, mientras se ajusta a las necesidades y recursos disponibles, y se evita la ineficiencia energética, esto me servirá como base para mi variable de “eficiencia energética”.

2.2. Bases Teóricas

Pérdidas de energía en los motores eléctricos

Se refiere a la energía eléctrica que se transforma y se pierde como energía térmica durante el proceso de conversión de energía eléctrica a mecánica dentro del motor. Estas pérdidas se pueden clasificar en diversas categorías según sus características: pérdidas en el cobre del estator, en el rotor, en el núcleo, por fricción y ventilación [20].

Los motores síncronos son equipos que transmutan potencia eléctrica en potencia mecánica. Durante el proceso de transmutación, siempre ocurren des incrementos de energía por la transmisión térmica, que constituye una pérdida intrínseca al motor [21].

a) Pérdidas en los conductores

Entre más grande sea el voltaje generado, aumentará el flujo de corriente que se obtiene y, en consecuencia, serán más elevadas las pérdidas de I^2R . Por el contrario, una mayor resistividad del material que conduce las corrientes resulta en una menor cantidad de corriente para un voltaje específico en el bobinado [22].

- Las pérdidas en los conductores se dividen en dos áreas: estator (I^2R en las bobinas del estator) así como el rotor (I^2R en los devanados del rotor). Éstas están relacionadas con el cuadrado de la corriente.

- Pérdidas en los conductores del estator

Las pérdidas están asociadas a la corriente que circula por el bobinado del estator y su resistencia. Son bajas sin carga y aumentan con la carga. De acuerdo al factor de potencia (FP), la corriente de línea en el estator se puede representar como (1):

$$I_L = \frac{\text{potencia eléctrica de entrada}}{\sqrt{3} * \text{Voltaje de línea} * FP} \quad (1)$$

- Pérdidas en los conductores del rotor

- Sin carga, el flujo magnético en el entrehierro es prácticamente inexistente, pero aumenta con el cuadrado de la corriente en el rotor y con la temperatura. Las pérdidas están directamente ligadas a la resistencia del devanado del rotor y son proporcionales al cuadrado de la corriente que circula por él, tanto en las barras como en los anillos. Estas pérdidas en el rotor pueden describirse en términos de deslizamiento [20]. (2)

$$Perd. Rotor = \frac{(PMS + Pérdidas F y V)}{1 - S} S \quad (2)$$

PMS.: Potencia Mecánica de Salida

F y V: Fricción y Ventilación

S: Deslizamiento

b) **Pérdidas en el núcleo magnético**

Se dividen en dos tipos de pérdidas: Por histéresis y por corrientes parásitas, las cuales se originan en el material magnético del motor. El ajuste en la disposición de los dominios requiere energía, lo que causa un tipo de pérdidas energéticas en todos los motores y transformadores [22].

Perdidas por Histéresis

Estas pérdidas son consecuencia de la remanencia en los materiales magnéticos cuando se exponen a un flujo magnético unidireccional. Al cambiar la dirección del flujo de excitación en el núcleo magnético, la remanencia genera un ciclo de histéresis, cuya área representa la energía utilizada en la magnetización y desmagnetización del núcleo de manera continua. El nivel de pérdidas está influenciado por el flujo de excitación máximo, la frecuencia de fluctuación del flujo y las propiedades del material que impactan el ancho del ciclo de histéresis.

- Pérdidas por corrientes de Eddy
- Estas pérdidas son por el resultado de corrientes inducidas, conocidas como corrientes de Eddy, que se forman en las laminaciones del

núcleo del estator debido al flujo magnético rotatorio. Un campo magnético variable en el tiempo, según la ley de Faraday, provoca la generación de campos eléctricos cerrados en el núcleo. Dado que el acero conduce electricidad, estas corrientes inducidas fluyen en circuitos cerrados, lo que justifica la laminación del núcleo magnético. Así, las pérdidas son influenciadas por el máximo flujo magnético, la frecuencia de su variación y la resistividad del acero utilizado [20].

c) **Pérdidas por fricción**

Estas pérdidas son causadas por la resistencia que se produce en los cojinetes de las máquinas debido a la fricción. Esta fricción ocurre cuando las superficies de contacto en los cojinetes se deslizan una sobre la otra durante el funcionamiento de la máquina. La energía necesaria para superar esta resistencia se convierte en calor, lo que tiende a ser una pérdida de eficiencia en el funcionamiento del equipo. Estas pérdidas pueden aumentar con el tiempo debido al desgaste de los cojinetes, lo que puede afectar negativamente el rendimiento general de la máquina [22].

Opciones tarifarias

Los estudios tarifarios basados en el costo marginal se fundamentan en la premisa de que los consumidores deben abonar el costo que incurre el sistema para satisfacer un aumento en la carga solicitada. La tarifa de energía eléctrica se establece según el costo marginal, que fluctúa dependiendo de la forma de carga, su ubicación en la red, así como la hora y la temporada del año en que se ejecuta el consumo. Si la previsión o los instrumentos se han realizado por defecto, la excelencia del servicio y el suministro de energía eléctrica pueden verse comprometidos. En cambio, si se han realizado por exceso, resultaría en un sobre equipamiento del sistema y en costos adicionales, lo que, en un entorno de competencia comercial en generación, se traduciría en una reducción de los costos de la electricidad para los clientes y en una desincentivación para los generadores [23].

Figura 1

Opciones tarifarias para usuarios en media tensión

Media Tensión		
Opción Tarifa	Sistema y Parámetros de Medición	Cargos de Facturación
MT2	<p>Medición de dos energías activas y dos potencias activas (2E2P)</p> <p>Energía: Punta y Fuera de Punta Potencia: Punta y Fuera de Punta</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa variable.</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa en horas de punta.</p> <p>c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta.</p> <p>d) Cargo por potencia activa de generación en horas de punta.</p> <p>e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta.</p> <p>f) Cargo por exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta.</p> <p>g) Cargo por energía reactiva.</p>
MT3	<p>Medición de dos energías activas y una potencia activa (2E1P)</p> <p>Energía: Punta y fuera de Punta Potencia: Máxima del Mes</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa: Contratada o Variable.</p> <p>Clasificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa en horas de punta.</p> <p>c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta.</p> <p>d) Cargo por potencia activa de generación.</p> <p>e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución.</p> <p>f) Cargo por energía reactiva</p>
MT4	<p>Medición de una energía activa y una potencia activa(1E1P)</p> <p>Energía: Total del mes. Potencia: Máxima del mes</p> <p>Modalidad de facturación de potencia activa: Contratada o variable</p> <p>Calificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta</p>	<p>a) Cargo fijo mensual.</p> <p>b) Cargo por energía activa.</p> <p>c) Cargo por potencia activa de generación.</p> <p>d) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución.</p> <p>e) Cargo por energía reactiva.</p>

Fuente: OSINERG. *Norma: opciones tarifarias y condiciones de aplicación de las tarifas a usuario final.* Lima: OSINERG, 2005

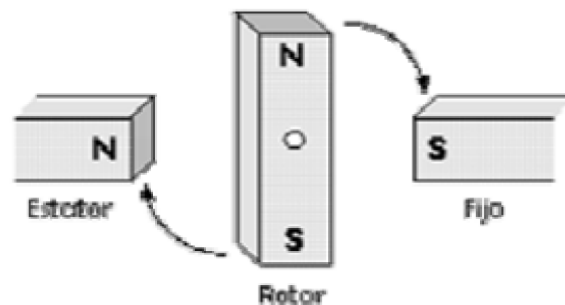
Fundamentos de operación de los motores eléctricos.

Un equipo eléctrico se puede describir como un dispositivo que transforma energía mecánica en energía eléctrica. Cuando un conductor transporta corriente en un campo, se genera una fuerza electromotriz inducida, que es el principio básico detrás del funcionamiento del motor [21].

Dependiendo de la energía utilizada, podemos hacer dos grandes clasificaciones motores de corriente continua y motores de corriente alterna, estos son los que más se han aplicado en el entorno industrial, por su fácil utilización, bajo costo y un mantenimiento fácil [24].

Figura 2

Principio de funcionamiento del motor eléctrico



Fuente: CHAPMAN, S., *Máquinas eléctricas*. 3ª ed. Venezuela: McGraw-Hill, 2000

Componentes principales del motor de inducción trifásico

Un motor de inducción posee un estator que es prácticamente igual al de una máquina síncrona, pero su rotor presenta un diseño distinto. Se utilizan comúnmente dos tipos de rotores en estos motores: el rotor de jaula de ardilla, que también se conoce como rotor de jaula, y el rotor devanado. A continuación, se detallarán las partes del motor que utiliza el rotor de jaula de ardilla [21]:

1. Estator

El estator está constituido por una serie de láminas de acero al silicio apiladas, que tienen incisiones en su borde interno donde se instala un bobinado trifásico distribuido, provisto a través de una corriente trifásica. Esto produce un flujo rotatorio de amplitud constante, distribuido de forma

senoidal a través del entrehierro. El estator está rodeado por una carcasa que incluye las patas de montaje y los anillos o ganchos para su elevación y movilidad [25].(3)

En un motor, el bobinado inductor se encuentra en el estator y el bobinado inducido, en el rotor, el estator es la parte fija del motor [24].

$$n_s = 60 \frac{f}{p}$$

Donde:

n_s = Velocidad síncrona [rpm]

f = frecuencia [Hz]

p = n^o de pares de polos

2. Rotor

En motores de inducción, el rotor de jaula de ardilla con barras abiertas es utilizado, el flujo de dispersión sigue un camino de alta reluctancia a través del aire en cualquier condición de carga, lo que provoca que los parámetros no varíen significativamente con el estado de carga. En contraste, en los motores de inducción con rotor de jaula de ardilla y barras cerradas, el hierro que recubre las barras no está completamente saturado en niveles bajos de carga, lo que deja un camino de baja reluctancia para el flujo de dispersión [26].

3. Carcasa

Resguarda y tapa tanto el estator como el rotor, el recurso utilizado en su fabricación varía según el tipo de motor, su diseño y su empleabilidad para el que está destinado.

La parte exterior de la carcasa del estator es donde se manifiestan principalmente los flujos externos. Tanto el campo magnético del estator como el del rotor no permanecen completamente dentro de sus respectivos circuitos magnéticos; una parte de ellos se extiende al área exterior de estos circuitos, interactuando entre sí y creando esos flujos externos [27].

4. Caja de Conexiones

Generalmente la mayor parte de los motores eléctricos están equipados con una caja de conexiones. Este componente protege los conductores que proveen el motor, protegiéndolos del manejo mecánica del mismo y de cualquier factor que pudiera afectarlos [28].

Análisis de Motores

El motor de inducción, particularmente el motor de inducción trifásico desempeña un papel crucial en la industria debido a sus ventajas sobre otros motores eléctricos. Por lo tanto, existe una fuerte demanda para que estos motores operen en condiciones óptimas y confiables. Es importante tener en cuenta que, cuando un motor ha sufrido reparaciones o mantenimientos significativos, es probable que su rendimiento se reduzca. Esta disminución puede variar entre un 2% y un 20%, dependerá de cómo ha sido reparada. Considerando que, a lo largo de su vida útil, el costo operativo del motor (es decir, el costo de la energía eléctrica que consume) puede ser hasta 50 veces mayor que el costo inicial del motor, se sugiere siempre considerar la opción de emplear motores de alta eficiencia en nuevas instalaciones y también al considerar la reparación de motores existentes [29].

Diagnóstico energético

Identificar los elementos que contribuyen a un incremento en el uso de energía durante el riego es fundamental para elaborar estrategias que promuevan el ahorro energético en este proceso. El diagnóstico de nivel uno o básico se realiza a través de una inspección visual del proceso industrial o instalación en cuestión. Consiste en examinar y revisar el

diseño original de los equipos que consumen energía, con el fin de señalar las oportunidades de ahorro energético que podrían lograrse mediante la modificación de los patrones de operación, la corrección de desperdicios o adhiriendo tecnologías más eficientes [30].

Protocolo de toma de mediciones.

Se realizó un inventario de los motores eléctricos, durante el cual se midieron los parámetros eléctricos de aquellos motores con eficiencias inferiores al 85%. Se evaluó si aún es viable su utilización mediante la reparación de sus bobinados o, en su defecto, si es necesario reemplazarlos [31]. Para llevar a cabo los protocolos de mediciones son:

- a) Limpieza externa del motor eléctrico para remover acumulaciones de polvo y otras sustancias.
- b) Calcular la continuidad de los bobinados del inducido y del inductor del motor eléctrico para comprobar si hay circuitos abiertos.
- c) Iniciar el motor eléctrico trifásico y aumentar la carga gradualmente.
- d) Calcular el voltaje eléctrico entre las fases y el voltaje en las líneas del motor eléctrico, empleando un voltímetro digital.
- e) Usar la pinza amperimétrica para anotar el valor de la corriente en amperios en cada línea que suministra el motor eléctrico.
- f) Conectar el cosfímetro para medir el factor de potencia de cualquier motor.
- g) Realizar la medición cuando el motor alcance su carga máxima [32].

Potencia adecuada del motor

Dado que la mayoría de los motores eléctricos alcanzan su mayor eficiencia al operar al 75 por ciento de su carga (cuando la energía consumida es aproximadamente igual a la energía entregada, en el caso de motores estándar, entre el 65% y el 85%), es recomendable seleccionar la potencia del motor para que funcione al 75 por ciento de

carga, como se indica en la ecuación (2). De esta manera, el motor operará en el rango de alta eficiencia y tendrá un 25 por ciento de capacidad adicional para manejar cargas superiores, disminuyendo el sobrecalentamiento del motor [21]. (4)

$$Potencia\ del\ motor = \frac{Potencia\ de\ flecha(BHP)}{0.75}$$

Eficiencia en motores eléctricos de inducción.

Un dispositivo eléctrico de inducción puede verse principalmente como un convertidor rotativo, en el que la entrada es trifásica en términos de voltaje y corriente. A diferencia de un transformador convencional, que entrega potencia eléctrica desde sus devanados secundarios, en un motor de inducción los devanados secundarios, es decir, el rotor, están cortocircuitados. Por lo tanto, en vez de generar una salida eléctrica como los transformadores, los motores de inducción proporcionan una salida mecánica [21].

Comparación de tipos de motores por eficiencia.

Se define la eficiencia de un motor como la relación entre la potencia eléctrica que entra y la potencia eléctrica que sale. Este concepto es crucial tanto para el consumo de energía como para los costos operativos de un motor eléctrico. Se representa a través de la siguiente ecuación (5)

$$Eficiencia = \frac{Potencia\ eléctrica\ de\ salida}{Potencia\ eléctrica\ de\ entrada}$$

En un escenario ideal, el valor máximo de eficiencia es 1 (o el 100%), si las pérdidas fueran inexistentes. Los fabricantes de motores implementan innovaciones tecnológicas para minimizar las pérdidas al máximo. La eficiencia de los motores eléctricos puede clasificarse en tres tipos principales:

5. Motores de eficiencia estándar

Los motores estándar no priorizan la eficiencia como su característica principal; en cambio, enfatizan más en la operatividad y el costeo. De hecho, los motores con más de 15 años suelen clasificarse como de eficiencia estándar. El concepto de alta eficiencia emergió en los años de los 90, en respuesta a los caros costos de la energía y con la finalidad de sugerir un uso más efectivo y consciente de la energía.

6. Motor eficiencia alta.

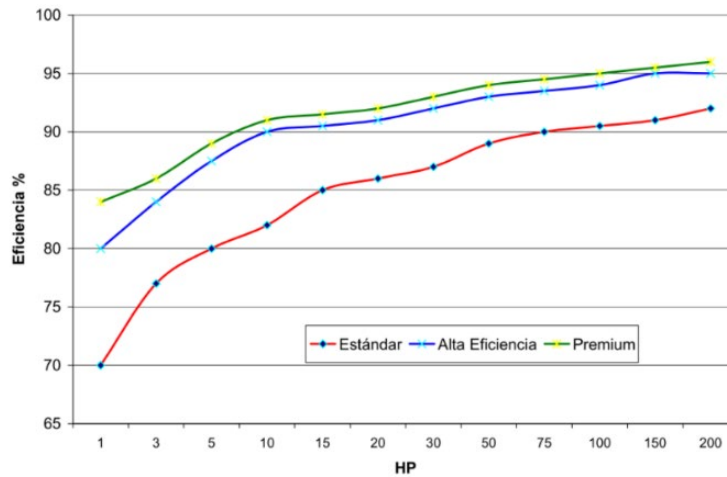
Existen diferencias significativas en la eficiencia de los motores, incluso para un tipo y tamaño específico. La eficiencia en carga parcial es crucial en aplicaciones que requieren funcionamiento prolongado a cargas reducidas. El tamaño también juega un papel importante en la eficiencia parcial; en general, los motores pequeños tienden a ser menos eficientes por razones prácticas y económicas. Los motores eléctricos de eficiencia estándar no priorizan la eficiencia como su principal característica, enfatizan más en la operatividad y el costeo. Los motores con más de 15 años suelen clasificarse como de eficiencia estándar.

d) Motor eficiencia Premium.

La innovación en los motores premium se centra en aumentar aún más la eficiencia de los motores eléctricos. Para lograr esto, se han mejorado los procesos de fabricación y se utilizan materiales de alta calidad, lo que resulta en un costo más elevado. Al igual que con la alta eficiencia de los motores, se presta una atención especial a la fabricación de los componentes esenciales, alcanzando así niveles de eficiencia aún mayores [33].

Figura 3

Eficiencia vs potencia (HP) en motores eléctricos



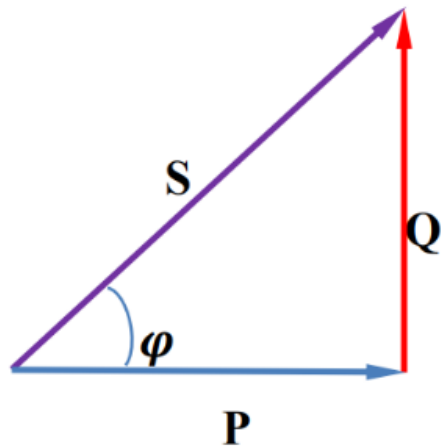
Fuente: E. Ciro y I. Mantilla, Motores eléctricos de alta eficiencia, Revista Energía y Computación, vol. 12, no. 1, pp. 1–9, 2004.

Triangulo de Potencias

Las potencias que alimentan una carga —activa, reactiva y aparente— están conectadas a través del triángulo de potencia. En este triángulo, el ángulo en la esquina inferior izquierda se denomina ángulo de impedancia λ . La potencia activa (P) se representa por el lado adyacente a este ángulo, mientras que la potencia reactiva (Q) está indicada por el lado opuesto. La hipotenusa del triángulo representa la potencia aparente (S) de la carga. El coseno de λ se relaciona con el factor de potencia, definido como la razón entre la potencia aparente y la potencia activa realmente utilizada por la carga [22].

Figura 4

Triangulo de potencias



Fuente: E. Ciro y I. Mantilla, Motores eléctricos de alta eficiencia, Revista Energía y Computación, vol. 12, no. 1, pp. 1–9, 2004.

Potencia Aparente (S)

Acorde al teorema de Pitágoras, la potencia aparente o total se obtiene al sumar la potencia activa y la potencia reactiva, como se indica en la ecuación (4). La potencia que se extrae de la red eléctrica se compone de estas dos partes, y su magnitud es equivalente a la potencia que los generadores entregan en las plantas de energía [22].(6)

$$S = V \cdot I$$

Dónde:

S= Potencia Aparente (VA).

V= Voltaje (V).

I= Intensidad de corriente (A)

Potencia Activa (P)

Se denomina a la potencia efectiva medida en vatios (W), es decir, la energía que se utiliza realmente cuando un dispositivo eléctrico está en funcionamiento y realiza una tarea y se puede calcular con la ecuación (5)

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Dónde:

P: Potencia (W).

V: Tensión (V).

$\cos \varphi$: Factor de potencia (fp).

Potencia Reactiva (Q)

Se refiere a la potencia utilizada por motores, transformadores y otros dispositivos eléctricos que incluyen bobinas generadoras de campos electromagnéticos. Estas bobinas son componentes del circuito eléctrico, el cual alimenta el sistema y emplea tanto potencia activa como potencia reactiva [22].(7)

$$Q^2 = S^2 - P^2$$

2.3. Marco conceptual

VARIABLE INDEPENDIENTE: **Sustitución de los motores eléctricos**

Según [34] debe ser respaldada por un análisis detallado de las condiciones reales de funcionamiento del motor, evaluando todos los parámetros eléctricos que lo alimentan, con especial atención a la medición del factor de potencia en cada fase.

Según [5] La sustitución de los motores eléctricos reduce el uso de energía reactiva, ya que el nuevo motor opera en un rango de consumo más cercano a su valor nominal, lo que a su vez mejora el factor de potencia en el equipamiento.

Según lo indicado por los autores, en este trabajo, la sustitución de los motores eléctricos requiere un análisis detallado de las circunstancias

reales de funcionamiento del motor con el fin de disminuir la utilización de energía.

DIMENSIONES

D1: Evaluación de los motores eléctricos

Según [35] La evaluación de los motores eléctricos requiere de los datos de la placa del motor y de las mediciones a plena carga

De lo manifestado, la evaluación de los motores eléctricos permite que se analicen los parámetros eléctricos que alimentan al motor.

I1: Voltaje nominal

I2: Corriente Nominal

I3: Potencia Nominal

I4: Factor de potencia

I5: Corriente real

I6: Voltaje real

VARIABLE DEPENDIENTE: Eficiencia energética

Según [36] La eficiencia energética engloba medidas implementadas tanto en el lado de la oferta como en el de la demanda. Esto permite obtener ahorros tanto en el consumo de energía como en los costos para la población en general.

Según [37] se puede definir como la disminución de la demanda de energía mientras se mantienen los mismos niveles de rendimiento, sin comprometer el confort y el estándar de vida.

De lo señalado, en el estudio de investigación la eficiencia energética se logra mediante acciones que permiten la disminución del consumo energético.

DIMENSIONES

D1: Demanda de energía eléctrica

Según [38] La demanda de energía eléctrica es el total de energía que un usuario emplea en cualquier momento dentro de un sistema eléctrico en los puntos de recepción (carga) que desarrollan un trabajo.

En referencia a lo antes mencionado, la demanda de energía eléctrica es la cantidad de energía que un consumidor utiliza mientras sus equipos realizan trabajo

I1: Consumo de energía

I2: Costo de facturación

D2: Pérdidas de energía en los motores

Según [39] estas pérdidas proporcionan el procedimiento de transformación de energía eléctrica en energía mecánica en la que una porción de energía de entrada se pierde.

De lo argumentado por el autor, las pérdidas de energía en los motores se dan durante la conversión de energía eléctrica.

I1: Pérdidas en los conductores

I2: Pérdidas en el núcleo magnético

I3: Pérdidas por fricción

2.4. Definición de Términos básicos

Potencia: definida como el incremento de trabajo por unidad de tiempo o la rapidez con la que se realiza un trabajo. Mayormente esta medido en juls por segundo (vatios), aunque se expresa también en libras-pie por segundo o en caballos de fuerza (hp).[22].

Montaje: Procedimiento para instalar el motor en su lugar operativo [24]. El montaje mecánico del MET es crucial para asegurar un funcionamiento adecuado que resulte en una vida útil más prolongada. Esto puede representarse en los siguientes casos de montaje: el MET y el equipo impulsado formando una sola unidad, ambos montados sobre un bastidor, o ambos suministrados de forma separada [40].

Alineación: Ajuste preciso del motor para asegurar que los ejes de rotación estén correctamente alineados [22]. La alineación adecuada del eje del motor es crucial, ya que representa el 32% de las fallas en la máquina, en comparación con el 31% de fallas en rodamientos, el 18% por desequilibrio, el 16% por sistemas sueltos y el 3% restante en otros problemas. Además, una alineación deficiente aumenta los gastos innecesarios debido al deslizamiento lateral en los ejes, lo que provoca desgaste en los rodamientos, doblado de ejes y daño o desgaste de los acoplamientos [41].

Acoplamiento: Mecanismo que conecta el motor con la máquina que accionará, permitiendo la transmisión de potencia [42].

En los acoplamientos entre ejes, Se deben tomar medidas, en la medida de lo posible, tanto axiales como radiales a ambos lados del acoplamiento. Si se detectan niveles elevados de vibraciones radiales (perpendiculares al eje) en un acoplamiento, esto puede indicar una desalineación paralela de los ejes [43].

Placa de Datos: Etiqueta en el motor que proporciona especificaciones técnicas, como voltaje, corriente, potencia y velocidad [35].

En la placa de especificaciones de los MET se detallan los parámetros electromecánicos constructivos esenciales y las condiciones de operación

nominales, de acuerdo con el diseño y conforme a una norma específica: IRAM, IEC o NEMA, según corresponda [44].

Motor de Reemplazo: Nuevo motor que se utiliza para sustituir al motor antiguo [40]. Cuando un motor presenta una falla, se pueden considerar tres opciones: arreglar el motor estropeado, comprar un motor nuevo de eficiencia estándar u optar por un motor nuevo de alta eficiencia [20].

Desmontaje: Proceso de retirar el motor antiguo de su lugar operativo [45]. El desmontaje automatizado de componentes va acompañado de muchos retos, uno de los principales retos está implícito en el diseño del producto; una evaluación de alto nivel revela dos categorías de productos, cuya diferencia radica en la facilidad de desmontaje del producto en la primera categoría contiene productos complejos con escasa capacidad de desmontaje y en la segunda está formada por productos estandarizados, puede desmontarse mediante líneas de transferencia automatizada [46].

Sistema de Control: Conjunto de dispositivos y cables que regulan el funcionamiento del motor [22].

Los objetivos pueden clasificarse como entradas, o señales actuantes (u), mientras que los resultados se denominan salidas o variables gestionadas (y). En términos generales, el objetivo de un sistema de control es ajustar las salidas de una manera específica utilizando las entradas a través de los elementos del sistema de control [47].

Arranque y Prueba: Procedimientos para iniciar el motor y verificar que funcione correctamente después de la instalación [22].

Al poner en marcha un motor eléctrico, es esencial controlar el voltaje y la corriente, ya que son variables físicas que afectan la dinámica del sistema y pueden causar oscilaciones si no se gestionan adecuadamente [48].

Placa Base: Estructura sobre la cual se monta el motor, proporcionando estabilidad y soporte [49]. Cuando la placa base tiene un espesor insuficiente la zona tendrá una alta tensión [50].

Caja de Terminales: Caja que contiene las conexiones eléctricas del motor, donde se conectan los cables de alimentación [51].

Es la caja donde van a parar los cables de entradas y salidas de fase del estator, que se conectan en lo que llamamos placa de bornes o bornero, La conexión varía en función del tipo de motor o generador [39].

Motor de Alta Eficiencia: Motores diseñados para consumir menos energía para la misma salida de potencia comparados con los motores estándar, generalmente clasificados por normas como NEMA Premium o IE3/IE4 [52].

Una de las medidas más importantes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es mejorar la eficiencia operativa de los motores eléctricos. A través de la gestión energética, ajustes tecnológicos en el diseño del motor y la implementación de estrategias de operación eficiente, se puede incrementar la eficiencia de los sistemas que utilizan motores eléctricos (EMDS) [53].

Pérdidas Eléctricas: Energía disipada en forma de calor debido a la resistencia en los devanados del motor, corriente de Foucault, y otras fuentes de ineficiencia [22].

Calificación IE: Clasificación internacional de la eficiencia energética para motores eléctricos: IE1 corresponde a eficiencia estándar, IE2 a alta eficiencia, IE3 a eficiencia premium y IE4 a superpremium [53].

Rebobinado: Proceso de reemplazo de los devanados del motor para restaurar o mejorar su eficiencia operativa [54].

El proceso de rebobinado de un motor resulta en una disminución del rendimiento, que en ciertos casos puede ser significativa, y además reduce la fiabilidad operativa, ya que se disipa más calor y el motor debe enfrentar mayores demandas [20].

Optimización de la Carga: Ajuste de la capacidad de carga del motor para que opere cerca de su capacidad máxima, donde es más eficiente [55].

Al buscar aumentar la eficiencia de un sistema impulsado por un motor, la primera cuestión a considerar debería ser si es posible disminuir la carga o incluso si el equipo es realmente necesario. Es importante recordar que

poco se puede lograr optimizando el motor y sus controles si el equipo impulsado y su proceso son ineficaces [56].

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis general

H.G. La sustitución de los motores eléctricos mejorará la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024

H.O. La sustitución de los motores eléctricos no mejorará la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024

Hipótesis específica

H.E.1 La identificación de los motores eléctricos ineficientes disminuirá la cantidad de energía eléctrica utilizada en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024

H.E.2 La selección de nuevos motores eléctricos disminuirá las Pérdidas de energía en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024

3.1.1. Operacionalización de variables

Definición conceptual de variables

Variable independiente: Sustitución de los motores eléctricos

Se refiere a la práctica de retirar un motor eléctrico existente y colocar uno nuevo en su lugar, con el objetivo de mejorar la operación general del sistema en el que se encuentra [57].

Variable dependiente: Eficiencia energética

Es el uso eficaz de la energía para realizar una tarea o producir un resultado deseado, minimizando el desperdicio y maximizando el aprovechamiento de la energía disponible [53].

Tabla 1.

Operacionalización de variable

Variable		Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índice	Unidad	Método	Técnica
Variable independiente	Sustitución de los motores eléctricos	Se refiere a la práctica de retirar un motor eléctrico existente y colocar uno nuevo en su lugar, con el objetivo de mejorar la operación general del sistema en el que se encuentra.	Son una serie de pasos medibles y verificables para reemplazar un motor eléctrico existente por uno nuevo, más eficiente a las necesidades operativas	Evaluación de los motores eléctricos	Corriente Nominal	Dato de la placa del motor	A	Cuasi-experimental	Recolección de datos
					Potencia Nominal	Dato de la placa del motor	W		Recolección de datos
					Voltaje nominal	Dato de la placa del motor	V		Recolección de datos
					Factor de potencia	Factor de potencia del motor	Adimensional		Analizador de redes
					Voltaje real	Voltaje del motor	V		Voltímetro
					Corriente real	Corriente del motor	A		Amperímetro
Variable dependiente	Eficiencia energética	Es el uso eficaz de la energía para realizar una tarea o producir un resultado deseado, minimizando el desperdicio y maximizando el aprovechamiento de la energía disponible	La eficiencia energética es la implementación de un conjunto de acciones y medidas concretas para reducir la pérdida de energía y optimizar su uso en procesos	Demanda de energía eléctrica Pérdidas de energía en los motores	Consumo de energía	Consumo del motor	kWh	Cuasi-experimental	Analizador de redes
					Costo de facturación	Monto total que se paga	S/		Cálculo matemático
					Pérdidas en los conductores	Potencia perdida en el conductor	kW		Vatímetro
					Pérdidas en el núcleo magnético	Potencia perdida en el núcleo magnético	kW		Vatímetro
					Pérdidas por fricción	Potencia perdida por fricción	kW		Vatímetro

Fuente: Elaboración propia.

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Investigación aplicada

[58] refiere que, al llevar a cabo una investigación aplicada, el resultado tiene como fin contribuir nuevos conocimientos y ser implementado en la práctica real para su aplicación efectiva.

En referencia a lo anterior, el estudio es del tipo aplicado, pues en este se aplica la sustitución de motores de acuerdo al estado del motor para mejorar la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la UNAC.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Cuasi-experimental

Al respecto [58] sostiene que este diseño es prácticamente un experimento, salvo por la ausencia de control en el inicio de formación de los grupos. Dado que los sujetos no se asignan al azar, no se puede garantizar la uniformidad o igualdad de los grupos, lo que compromete la certeza de que los resultados se deben a la VI o al tratamiento.

Este diseño es "casi" un experimento, salvo por la ausencia de control en la formación inicial de los grupos. Dado que no se realiza una asignación aleatoria de los sujetos, sino por conveniencia, según la accesibilidad y funcionalidad de los motores eléctricos por estar en la ICECS de la UNAC, influye en la capacidad de asegurar que los resultados son consecuencia de la variable independiente o intervención.

NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Explicativo

Según [58] La investigación explicativa se dedica a entender el fundamento de los acontecimientos mediante la determinación de las conexiones de causa y efecto. Así, las investigaciones pueden tratar tanto la identificación de las causas (investigación retrospectiva) como los efectos (investigación experimental), a través de la verificación de hipótesis.

El alcance de la investigación es explicativo, pues se identificaron algunos de los motivos que generaban la baja eficiencia en los motores durante su funcionamiento que tuvieron como consecuencia su sustitución por motores eléctricos de eficiencia superior, lo que tiene efectos positivos en la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS.

4.2. Método de Investigación

Método de investigación: Inductivo

Según [58] Este enfoque emplea el raciocinio para alcanzar determinaciones finales que se basan en hechos específicos reconocidos como legítimos, con el objetivo de derivar conclusiones de aplicación general.

En el presente estudio se utilizó el enfoque inductivo, ya que, basándose en los hallazgos obtenidos de las evaluaciones de los parámetros del funcionamiento del motor y la detección de fallas se identificaron los motores que serían cambiados por motores de alta eficiencia que mejoran la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS.

4.3. Población y muestra

Población

Según [59] Se denominará población a cualquier conjunto finito o infinito de individuos o elementos diversos, que sean claramente identificables sin ambigüedad.

Según [8] el conjunto poblacional es el grupo de todos los casos que cumplen con un conjunto de criterios determinados.

Se identificó como la población a los 16 motores pertenecientes a los equipos del instituto de investigación ICECS de la UNAC.

Muestra

[59] menciona que la muestra representa una parte de la población objetivo del cual se acumularán datos. Debe ser precisa y delimitada

previamente y, además, debe ser representativa del grupo poblacional total.

Según [8] la población consta de menos de cincuenta (50) individuos, la muestra será idéntica a la población.

De lo manifestado, se establece como muestra a los 16 motores pertenecientes a los equipos del instituto de investigación ICECS de la UNAC.

Muestreo

Según [8] el procedimiento de muestreo se emplea para estimar el tamaño de la muestra, y su elección esta condicionado a la naturaleza de la investigación a realizar, así como de las hipótesis y el diseño del estudio que se haya establecido.

Según [59] argumenta que la muestra es un subconjunto de una población seleccionado para participar en una investigación. También puede definirse como una selección representativa de una población, debido a la incapacidad de conocer los intereses y requerimientos de todos los sujetos. Así, se puede obtener una estimación proporcional de las respuestas a las preguntas planteadas.

Según lo manifestado, la técnica de muestreo es no probabilística y se utilizara un muestreo opinático, dado que la población es menor a 50 individuos. En consecuencia, la muestra será equivalente a la población.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

Bellavista, Callao.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la Información

4.5.1. Mediciones directas

Para las mediciones de las dimensiones de nuestra variable dependiente tales como expectativas del cliente y rendimiento percibido se utilizarán cuestionarios la cuáles van a ser respondidos por los clientes, como también las dimensiones de la variable independiente como calidad de

suministro y calidad del alumbrado público que van a ser medidos o contabilizados por el mismo prototipo.

4.5.1.1. Voltímetro

Según [60] Los voltímetros se pueden dividir en dos tipos: analógicos y digitales, al igual que la mayoría de los instrumentos electrónicos. La principal ventaja de los voltímetros digitales es que cuentan con una pantalla que presenta el valor numérico de la medición con una mayor precisión que los modelos analógicos.

4.5.1.2. Amperímetro

Según [60] Un amperímetro es un dispositivo de medición empleado para determinar la intensidad o corriente eléctrica que fluye a través de un circuito.

4.5.2. Técnicas

Según [58] son los enfoques, formas o procedimientos que emplea el investigador para recolectar o conseguir información y estadística.

4.5.2.1. Observación

Para [61] es un proceso mediante el cual el investigador capta, registra y analiza el comportamiento o fenómenos que se desarrollan en un entorno natural o controlado, sin intervenir directamente en el proceso. Se caracteriza por ser una técnica cualitativa que permite recopilar información sobre el contexto, las acciones y las interacciones de los sujetos, proporcionando datos directos y detallados. La observación puede ser estructurada o no estructurada, y también puede ser participativa (cuando el observador se involucra en el entorno) o no participativa (cuando se limita a observar sin interactuar).

4.5.3. Instrumentación

Según [62] un instrumento de recolección de datos es, en esencia, cualquier herramienta que el investigador emplea para acercarse a los fenómenos y obtener la información requerida de ellos.

En esta indagación, el instrumento que se empleó fue el cuestionario.

4.5.4. Ficha de observación

Según [58] es el instrumento utilizado para sistematizar y organizar los datos recopilados mediante de la observación. En este documento, el observador anota los comportamientos, eventos o detalles observados de manera ordenada y específica. Una ficha de observación generalmente contiene categorías, variables e indicadores que guían la observación, asegurando que se registre de manera objetiva y uniforme la información relevante para el estudio.

4.5.5. Validez

Según [63] La validez hace referencia a la competencia de un método de investigación para responder a las preguntas propuestas. Esta cualidad implica que el método debe dar resultados consistentes en diferentes contextos. La validez no está directamente relacionada con los datos en sí, sino con los instrumentos y técnicas usados para medir y observar, es decir, con el nivel en que los hallazgos obtenidos no dependen de las condiciones fortuitas de la investigación.

Según lo planteado, la validez de un instrumento en el estudio en cuestión debe reflejar efectivamente las variables descritas en la matriz de operacionalización y debe ser evaluada por un panel de especialistas.

Tabla 2

Validación del instrumento de recolección de datos por juicio de expertos

Experto	Apellidos y nombres	Grado académico	Resultado
	Cuzcano Rivas, Abilio		
Experto 1	Bernardo	Doctor	Aplicable
Experto 2	Salazar Llerena, Silvia	Metodóloga	Aplicable
Experto 3	Liliana	Metodólogo	Aplicable
	Tejada Cabanillas, Adán		
	Almircar		

Fuente: Elaboración propia.

4.5.6. Confiabilidad

Para [63] Un instrumento de medición es completamente fiable si produce resultados idénticos cada vez que se repite la medición bajo condiciones similares. Cuanto más grande sea la variabilidad en los hallazgos, menor será la confiabilidad del instrumento de evaluación.

De acuerdo con lo indicado, la fiabilidad de los instrumentos que se utilizó en la presente indagación denominada: “SUSTITUCIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN ICECS DE LA UNAC, CALLAO 2024” deben ser elaborados usando la r de Pearson como señal de aprobación conforme a los datos obtenidos.

Tabla 3

Confiabilidad de instrumentos

Variable	Prueba de Pearson
Eficiencia energética entre el Pre Test y Post Test	0,698
Demanda de energía entre el Pre Test y Post Test	0,641
Perdida de energía el Pre Test y Post Test	0,744

Fuente: Elaboración propia.

Los coeficientes de Pearson obtenidos para las tres variables muestran que la ficha de observación tiene una confiabilidad moderada a alta en cuanto a la estabilidad de las mediciones entre los momentos pre-test y post-test. En ello se muestra a “la pérdida de energía” con la mayor consistencia en las mediciones (0.744), lo que sugiere que es la variable mejor capturada por la ficha. Por otro lado, las correlaciones moderadas en la “eficiencia energética” (0.698) y la “demanda de energía” (0.641) presentan datos consistentes y factibles.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

4.6.1. Método de análisis de datos

[64] Refiere que el análisis de datos consiste en realizar las operaciones necesarias para procesar la información con el objetivo de llegar a los fines del estudio. Estas acciones no pueden ser completamente predeterminadas de manera rígida. Durante el acopio de datos y ciertos análisis iniciales, pueden surgir complicaciones y desafíos que exijan adecuaciones en la planificación inicial del análisis. A pesar de ello, es vital estructurar los elementos primordiales del plan de análisis con base en la comprobación de las hipótesis formuladas, dado que estas interpretaciones impactarán la etapa de recopilación de datos.

Según [62], En esta fase, se especifican las diversas operaciones y procedimientos a los que se someterán los datos recolectados. Esto incluye la forma en que los datos serán procesados, analizados e interpretados para alcanzar los objetivos del estudio. Se especificarán las técnicas estadísticas y metodológicas que se aplicarán, así como los estándares que se usarán para valorar la calidad y validez de los resultados obtenidos. Además, se abordarán los posibles métodos para ajustar y refinar el análisis si se presentan problemas durante el proceso de recolección de datos. El objetivo es garantizar que el análisis de los datos sea riguroso y que proporcione resultados precisos y útiles para las conclusiones del estudio.

Inferencial: Se realizan pruebas de hipótesis y estimaciones de parámetros para generalizar los resultados a toda la población. Este enfoque incluye análisis como la regresión lineal, la prueba T, y el coeficiente de correlación de Pearson, así como contrastes de diferencias de proporciones, análisis de varianza y análisis de covarianza. Asimismo, se utilizan métodos no paramétricos, que abarcan el coeficiente de correlación de Spearman y Kendall, el coeficiente de tabulación cuadrada, además de coeficientes de correlación no lineales para variables con distintos niveles de medición. Finalmente, se incorpora también el análisis multivariado.

Descriptiva: tablas o representaciones gráficas como gráficos de barras, gráficos circulares, histogramas, diagramas de caja, diagramas de Pareto y tablas de frecuencia. Adicionalmente, se pueden contemplar medidas resumidas que abarcan la tendencia central, la dispersión, las medidas de posición no central, la media armónica, la varianza, la desviación estándar, la asimetría, la curtosis y las frecuencias, entre otras.

Conforme a lo indicado por el autor, en el presente estudio se utilizó fundamentalmente la herramienta Microsoft Excel y el software estadístico SPSS.

4.7. Aspectos Éticos en investigación

La indagación denominada: “SUSTITUCIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN ICECS DE LA UNAC, CALLAO 2024” expone las siguientes consideraciones.

Académico: La información que contiene es exclusivamente para fines académicos.

Objetivo: Los datos de esta indagación son evaluados con parámetros técnicos y objetivos.

Confiable: La documentación proporcionada sobre el instituto de especialización ICECS se reserva el derecho sobre la propiedad intelectual.

Veracidad: Los hallazgos obtenidos se mantienen sin modificaciones ni alteraciones.

Originalidad: En concordancia con las directrices de la UNAC, se realiza la citación de las fuentes bibliográficas con el fin de evitar el plagio.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados Descriptivos

Tabla 4

Descriptivos de la variable eficiencia energética (%) - Pre Test vs Post Test.

Eficiencia energética	Rango			Media	Desv.	
	Mínimo	Máximo	Media		Desviación	Varianza
Pre test	5,42	63,79	69,21	66,0150	1,65164	2,728
Post test	2,90	85,16	88,06	86,4550	,96083	,923

Fuente: Elaboración propia.

En el pre test, los valores de eficiencia variaron entre 63,79% y 69,21% con una media de 66,0150%. La desviación estándar de 1,65164% indica una variabilidad moderada, mientras que la varianza de 2,728% refleja una dispersión amplia de los datos.

En el post test, los valores se concentraron entre 85,16% y 88,06%, con una media de 86,4550%, mostrando una mejora sustancial. La desviación estándar fue de 0,96083% y la varianza bajó a 0,923%, lo que señala mayor consistencia en el rendimiento.

El análisis descriptivo muestra que la implementación del reemplazo de los motores eléctricos resultó en una mejora significativa en la eficiencia energética. La media aumentó considerablemente, mientras que la desviación estándar y la varianza disminuyeron, afirmando que los motores nuevos son más consistentes en su rendimiento.

Tabla 5

Descriptivos de la dimensión demanda de energía (Kwh) - Pre Test vs Post Test

Demanda de energía	Rango			Media	Desv.	
	Mínimo	Máximo	Media		Desviación	Varianza
Pre test	,55	1,28	1,83	1,6150	,19964	,040
Post test	,15	1,27	1,42	1,3450	,06211	,004

Fuente: Elaboración propia.

En el pre test, la demanda energética variaba entre 1,28 kWh y 1,83 kWh, con una media de 1,6150 kWh. Esta dispersión es reflejada en un intervalo de 0,55 kWh y una desviación estándar de 0,19964 kWh, lo que indica que los motores ineficientes presentaban fluctuaciones notables en su consumo de energía, lo cual impactaba en la estabilidad del sistema eléctrico.

En el post test, tras la implementación de los nuevos motores, la demanda energética se redujo y estabilizó, con valores entre 1,27 kWh y 1,42 kWh y una media de 1,3450 kWh. El rango disminuyó a 0,15 kWh, acompañado de una menor desviación estándar 0,06211 kWh y varianza 0,004 kWh, lo que evidencia una mayor uniformidad en la demanda de energía.

De tal modo, que la sustitución de los motores eléctricos ineficientes logró reducir la demanda energética promedio en aproximadamente 0,27 kWh, y mejoró la estabilidad y consistencia del consumo, disminuyendo notablemente la variabilidad en la demanda eléctrica.

Tabla 6*Descriptivos de la dimensión perdida de energía (Wh) - Pre Test vs Post Test*

Perdida de energía	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv.	
					Desviación	Varianza
Pre test	111	493	604	546,75	39,557	1564,786
Post test	93	64	157	109,38	28,010	784,554

Fuente: Elaboración propia.

La tabla describe un progreso relevante en la reducción de la pérdida de energía eléctrica, medida en Wh, tras la implementación de motores más eficientes.

Antes de la intervención (pre test), las pérdidas de energía variaban entre 493 Wh y 604 Wh, con una media de 546,75 Wh. El rango de 111 Wh, junto con una desviación estándar de 39,557 Wh y una varianza de 1564,786, evidencia una gran dispersión en las pérdidas energéticas, lo que sugiere que los motores ineficientes generaban un desperdicio energético considerable y errático.

Tras la implementación de los nuevos motores (post test), se observa una disminución significativa en las pérdidas de energía, con un rango de 93 Wh, valores que oscilan entre 64 Wh y 157 Wh, y una media de 109,38 Wh. Además, la desviación estándar de 28,010 Wh y una varianza de 784,554 indican una reducción tanto en la magnitud de las pérdidas como en la variabilidad del sistema.

Al implementar motores más eficientes, se logró disminuir la cantidad de energía perdida y estabilizar el sistema eléctrico. Destacando que los motores modernos emplean tecnologías avanzadas de control y materiales más eficientes, lo que minimiza las pérdidas en los sistemas electromecánicos.

5.2. Resultados inferenciales

Tabla 7

Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia energética - Diferencia entre el Pre Test y Post Test	,844	8	,083
Demanda de energía - Diferencia entre el Pre Test y Post Test	,896	8	,264
Perdida de energía - Diferencia entre el Pre Test y Post Test	,903	8	,307

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Shapiro-Wilk indica que las variaciones entre el pre test y post test para las variables de eficiencia energética, demanda de energía y pérdida de energía siguen una distribución normal, ya que los valores de significancia (0,083, 0,264 y 0,307) son mayores a 0,05. Esto sugiere que las diferencias pueden ser analizadas utilizando técnicas estadísticas que asumen normalidad.

Ante las variables analizadas, la prueba de Shapiro-Wilk muestra que las variaciones entre el pre test y el post test se distribuyen normalmente, lo que permitió su análisis con técnicas estadísticas que asumen normalidad, seleccionando a la prueba T de student como factible.

Esta prueba comparó las medias de dos grupos vinculados (en este caso, antes y después de la implementación) para determinar si las diferencias observadas son estadísticamente significativas.

Tabla 8 Prueba de homogeneidad de Barlett

Variable	Estadístico	Sig.
Eficiencia energética - Pre Test vs Post Test	0.82	0.37
Demanda de energía - Pre-Test vs Post Test	0.62	0.43
Perdida de energía - Pre-Test vs Post Test	5.84	0.21

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de homogeneidad de Bartlett indica que las varianzas entre el pre test y el post test son homogéneas para las tres variables analizadas. En el caso de la eficiencia energética, el estadístico de 0.82 y la significancia de 0.37 muestran que hay diferencias entre las varianzas antes y después de la intervención.

Referente a la demanda de energía, con un estadístico de 0.62 y una significancia de 0.43, se identifica a las varianzas entre el pre y post test son homogéneas, sugiriendo así una consistencia en la dispersión de los datos tras el reemplazo de los motores eléctricos.

Finalmente, en la pérdida de energía, el estadístico de 5.84 y la significancia de 0.21 indican que, aunque el valor del estadístico es mayor, las varianzas siguen siendo similares entre las dos etapas. En conjunto, la homogeneidad de las varianzas sugiere que es adecuado aplicar la prueba t de Student para corroborar las hipótesis.

Hipótesis General

H₁: La sustitución de los motores eléctricos mejorará la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024.

H₀: La sustitución de los motores eléctricos no mejorará la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024.

Tabla 9 Prueba T de Student. Eficiencia energética - Pre vs Post

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig.
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Pre test								
Post test	-20,44000	1,27241	,44987	-21,50376	-19,37624	-45,436	7	,000

Fuente: Elaboración propia.

Entorno a la hipótesis general, a partir de la prueba t de Student realizada para comparar la eficiencia energética antes y después de la sustitución de motores eléctricos, se muestra una diferencia significativa, con una mejora promedio de 20,44 unidades en la eficiencia energética tras la intervención. El valor t de -45,436 y una significancia de 0,000 indican que esta diferencia es altamente significativa ($p < 0,05$), lo que permite rechazar la hipótesis nula y confirmar la alterna.

Este hallazgo es consistente con la teoría que respalda la importancia de la modernización de equipos eléctricos para reducir pérdidas energéticas y mejorar la eficiencia operativa en instalaciones industriales y académicas. La consistencia en las diferencias, con una desviación

estándar de 1,27, refuerza la validez de los resultados, demostrando que la intervención ha generado un impacto positivo claro en el rendimiento energético del instituto.

Por ende, se valida que sustituir los motores eléctricos mejorará la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024.

Hipótesis Especifica 1

H₁: La sustitución de los motores eléctricos ineficientes disminuirá la demanda de energía eléctrica utilizada en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024.

H₀: La sustitución de los motores eléctricos ineficientes no disminuirá la demanda de energía eléctrica utilizada en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024.

Tabla 10 Prueba T de Student. Cantidad de energía - Pre vs Post

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig.
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Pre test									
Post test		,27000	,22722	,08033	,08004	,45996	3,361	7	,012

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la hipótesis especifica 1, la prueba t de Student aplicada para evaluar si la sustitución de motores eléctricos ineficientes reduciría la demanda de energía, revela un valor t de 3,361 y una significancia de 0,012, demostrando que esta reducción es notable desde la perspectiva estadística ($p < 0,05$), lo que confirma que la intervención efectivamente logró reducir la demanda de energía. Ante ello, se adhiere la relevancia de preservar la actualización de motores y otros equipos eléctricos, desarrollándose como una estrategia efectiva para optimizar el

consumo de energía, con una variación relativamente baja (desviación estándar de 0,227), lo que subraya el éxito de la medida implementada.

Por ende, se considera la hipótesis alterna, sustituir los motores eléctricos ineficientes disminuirá la demanda de energía eléctrica utilizada en el instituto de investigación ICECS de la UNAC, Callao 2024.

Hipótesis Específica 2

H₁: La selección de nuevos motores eléctricos disminuirá las pérdidas de energía en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024.

H₀: La selección de nuevos motores eléctricos no disminuirá las pérdidas de energía en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024.

Tabla 11 Prueba T de Student. Cantidad de energía - Pre vs Post

Diferencias emparejadas							
				95% de intervalo de confianza de la diferencia			
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior	t	gl Sig.
Pre test							
Post test	437,375	45,607	16,124	399,247	475,503	27,125	7 ,000

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la hipótesis específica 2, la prueba t de Student sugiere que la sustitución de los motores eléctricos resulta ser una alternativa efectiva para disminuir las pérdidas de energía. La diferencia media de 437,375 Wh entre el test previo y posterior refleja una mejora sustancial en la eficiencia del sistema tras la implementación de los nuevos motores. El valor t de 27,125 y la significancia de 0,000 ($p < 0,05$) son indicadores sólidos de que esta mejora se debe directamente a la intervención oportuna. El intervalo de confianza, que va desde 399,247 Wh hasta 475,503 Wh, respalda la consistencia de los resultados, lo que demuestra

que la reducción de las pérdidas de energía es considerable en todas las muestras analizadas.

Ante ello, se valida la hipótesis alterna, la selección de nuevos motores eléctricos disminuirá las pérdidas de energía en el instituto de investigación ICECS de la UNAC, Callao 2024.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Contrastación de la hipótesis general

La aceptación de la hipótesis general "La sustitución de los motores eléctricos mejorará la eficiencia energética en el Instituto de Investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024" se basa en los hallazgos de la prueba t de Student, que mostró una mejora significativa de 20,44 unidades en la eficiencia energética tras la sustitución. El valor t de -45,436 y una significancia de 0,000 ($p < 0,05$) confirman que la diferencia es estadísticamente significativa, lo que posibilita rechazar la hipótesis nula y validar que la intervención ha tenido un impacto positivo y real en el rendimiento energético del instituto.

Contrastación de la hipótesis específica 1

La confirmación de la hipótesis específica 1, "La sustitución de los motores eléctricos ineficientes disminuirá la demanda de energía eléctrica utilizada en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024", está respaldada por los resultados de la prueba t de Student. Los datos muestran una disminución considerable en la demanda de energía eléctrica tras la sustitución, con una media de 0,27 unidades de diferencia entre el pre y el post test. El valor t de 3,361 y una significancia de 0,012 ($p < 0,05$) indican que la reducción observada es estadísticamente significativa, lo que posibilita rechazar la hipótesis nula y confirmar que la intervención efectivamente disminuyó la demanda de energía. La baja desviación estándar de 0,22722 refuerza la consistencia de los resultados, demostrando que la variabilidad entre los datos es baja y la medida implementada fue efectiva.

Contrastación de la hipótesis específica 2

La corroboración de la hipótesis específica 2, "La selección de nuevos motores eléctricos disminuirá las pérdidas de energía en el Instituto de Investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024", se sustenta en los hallazgos de la prueba t de Student. La prueba muestra

una diferencia significativa en las pérdidas de energía, con una media de 437,375 kWh entre el pre y post test, lo que refleja un avance considerable en la eficiencia del sistema. El valor t de 27,125 y una significancia de 0,000 ($p < 0,05$) indican que la disminución de las pérdidas de energía es altamente significativa y atribuible directamente a la intervención. Además, el intervalo de confianza, que varía entre 399,247 Wh y 475,503 Wh, refuerza la fiabilidad de los resultados y muestra una reducción consistente en todas las muestras analizadas.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

En primera instancia, la hipótesis general de la presente investigación detalla que el valor t obtenido de -45,436, junto con una significancia de 0,000 ($p < 0,05$), indica que las diferencias observadas no son producto del azar, sino que reflejan una mejora significativa en la eficiencia energética.

Acorde a los resultados del presente estudio, así como el [10] y [18] en que el reemplazo de motores eléctricos con eficiencia mínima por motores de eficiencia superior es una estrategia eficaz para mejorar el rendimiento energético. En esta investigación se confirma una mejora significativa en la eficiencia energética del Instituto de Investigación ICECS tras la sustitución de motores, mientras [10] se crea un simulador que proyecta ahorros energéticos mediante un análisis cuantitativo de motores en una máquina industrial. De manera similar, [18] presenta resultados empíricos que exhiben una reducción relevante en la demanda energética y en las pérdidas de potencia después del reemplazo de los motores en una mina.

Un contraste importante entre los textos radica en los contextos de aplicación. El presente estudio se centra en una institución académica, mientras que el [10] aborda una máquina industrial, y el [18] analiza la sustitución de motores en una minera. Estas diferencias de contexto pueden afectar los resultados alcanzados, en vista que las demandas energéticas y las condiciones operativas varían significativamente entre entornos académicos, industriales y mineros. Por ejemplo, en el [18], se menciona específicamente la reducción en el consumo energético y las

pérdidas de potencia, lo que sugiere que los motores de eficiencia superior poseen un impacto económico notable en entornos industriales.

Respecto a la hipótesis específica 1, el valor t de 3,361 y una significancia de 0,012 ($p < 0,05$) indican que la disminución observada en la demanda de energía eléctrica es estadísticamente sustancial. Mientras que en el [16], la auditoría energética de la estación de bombeo también demuestra una notable reducción en la demanda anual de energía al sustituir los motores estándar. De manera similar, el [19] confirma la mejora en la eficiencia energética de la red eléctrica de BT en un complejo comercial mediante una auditoría que incluye ajustes en el factor de potencia y la capacidad del tablero eléctrico.

Un contraste notable está en la estrategia utilizada para mejorar la eficiencia. En el presente estudio se emplea una prueba t de Student para demostrar la significancia estadística de la disminución en las pérdidas energéticas. [16] utiliza una auditoría energética como herramienta para identificar oportunidades de ahorro, específicamente a través del reemplazo de motores rebobinados. Por su parte, [19] adopta una auditoría eléctrica que sugiere ajustes en el factor de potencia para mejorar la eficiencia.

En el presente estudio se enfoca en la reducción de pérdidas energéticas en una institución académica mediante pruebas estadísticas, mientras que el [16] y [19] destacan a las auditorías energéticas como métodos factibles para la reducción de pérdidas en sectores industriales y comerciales, cada uno con enfoques y resultados ajustados a sus particularidades.

Por último, en la hipótesis específica 2, el valor t de 27,125 y una significancia de 0,000 ($p < 0,05$) indican que la disminución de las pérdidas de energía es altamente significativa y atribuible directamente a la intervención.

El presente estudio reporta una mejora media de 437,375 kWh en la eficiencia tras la sustitución de motores, mientras que el [15] menciona mejoras en los indicadores eléctricos y una reducción en las emisiones de

facturas en una fábrica, y el [17] propone el desarrollo de estrategias para mejorar el consumo energético, implicando beneficios para la eficiencia general.

Además, el presente estudio utiliza una prueba t de Student para evaluar cambios cuantitativos en pérdidas de energía, proporcionando datos estadísticos precisos. El [15] se basa en un estudio tecnológico y aplicado para analizar la eficiencia y la reducción de costos sin especificar métodos estadísticos detallados. El [17] adopta un enfoque no experimental y teórico, enfocándose en la recomendación de implementar normas como la ISO 50001. Estas diferencias reflejan la variedad en los métodos de investigación y la manera en que se gestionan los problemas de eficiencia energética.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

La investigación titulada “SUSTITUCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN ICECS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, CALLAO 2024” se distingue por el alto nivel de rigor y compromiso profesional demostrado por los investigadores, quienes actuaron con apego a los reglamentos vigentes y principios éticos establecidos tanto en el Código de Ética de Investigación de la UNAC como en la Directiva N° 004-2022-R. Cada etapa del estudio, desde el planteamiento del problema de indagación hasta la obtención, análisis y presentación de los resultados, fue llevada a cabo con integridad y transparencia, asegurando la excelencia académica.

Uno de los aspectos esenciales en la investigación fue el respeto por los derechos y la confidencialidad de los involucrados, lo cual garantizó que la participación se realizara sin vulnerar su privacidad o bienestar. Además, se optó por medidas estrictas para evitar cualquier forma de plagio, falsificación o manipulación de datos, manteniendo en todo momento una conducta ética basada en la honestidad, imparcialidad y rigor en la gestión de la información.

En paralelo, se cumplió con todos los marcos normativos tanto a nivel institucional como nacional, de manera que las acciones emprendidas no contravinieran leyes ni pusieran en riesgo la seguridad, salud o bienestar de las personas o del entorno. Realizando un enfoque principal, siendo el contribuir a la sostenibilidad mediante la mejora en la eficiencia energética, una prioridad que impacta directamente en el rendimiento operativo del instituto, así como el alineamiento de los esfuerzos globales hacia la disminución del uso de energía y la protección ambiental. Esta sustitución de motores ineficientes, además de optimizar el uso de energía, busca generar una cultura de responsabilidad ecológica y eficiencia tecnológica en el ámbito académico y de investigación.

VII. CONCLUSIONES

Primera: Referente al objetivo general, en cuanto a sustituir los motores eléctricos para mejorar la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la UNAC, se logró un resultado positivo a partir de la prueba t de Student, donde existió una mejora promedio de 20,44 unidades en la eficiencia energética tras la sustitución de los motores eléctricos. Con un valor t de -45,436 y una significancia de 0,000 ($p < 0,05$). Esto respalda el principio de que la modernización tecnológica, como la implementación de motores más eficientes, reduce el consumo energético y las pérdidas asociadas, optimizando el rendimiento de los sistemas eléctricos. Además, esto promueve la sostenibilidad energética, un objetivo clave en la transición hacia tecnologías más limpias y eficaces.

Segunda: Acorde al objetivo específico 1, por medio de la aplicación de la prueba t de Student, se identificó que la sustitución de motores eléctricos ineficientes disminuye la demanda de energía arrojó un valor t de 3,361 y una significancia de 0,012. Este resultado indica que la reducción es estadísticamente significativa ($p < 0,05$), confirmando que la intervención ha sido eficaz en la disminución de la demanda de energía. Resaltando que las estrategias de mantenimiento ayudan a prevenir el deterioro del rendimiento de los equipos y asegurar que operen dentro de sus especificaciones óptimas. El mantenimiento regular y la actualización tecnológica contribuyen a la mejora en la eficiencia del uso de energía, apoyando la teoría de que la gestión adecuada de los equipos es esencial para mantener y mejorar la eficiencia energética.

Tercera: El objetivo 2 se demostró a partir de la prueba t de Student, indicando que la sustitución de motores eléctricos es una estrategia efectiva para reducir las pérdidas de energía. El valor t de 27,125 y una significancia de 0,000 ($p < 0,05$) sugieren que esta mejora es estadísticamente significativa y directamente atribuible a la intervención. Demostrando que las pérdidas ocurren principalmente debido a la ineficiencia de los equipos, como motores eléctricos obsoletos o

defectuosos. La sustitución de estos equipos por modelos más eficientes puede reducir significativamente las pérdidas energéticas.

VIII. RECOMENDACIONES

Primera: Se sugiere Implementar un modelo predictivo basado en automatizaciones y análisis de datos para anticipar el rendimiento de los nuevos motores en función de diversos factores operativos. Este modelo es capaz de examinar tanto información pasada como actual en tiempo real para predecir posibles desviaciones en la eficiencia energética y sugerir ajustes proactivos. La integración de sensores IoT en los motores podría proporcionar datos en tiempo real para alimentar este modelo.

Segunda: Se sugiere implementar tecnologías de gestión de energía, como sistemas de control automatizado y sensores de consumo, permitirá gestionar la demanda de energía de manera más eficiente y adaptativa, ajustando el uso de energía a las necesidades reales del instituto. Del mismo modo, aprovechar la disminución de la demanda de energía para adherir medidas adicionales de optimización, como la mejora en la iluminación o la actualización de otros equipos a tecnologías más eficientes, puede maximizar los beneficios energéticos generales.

Tercera: Se recomienda realizar evaluaciones de desempeño para asegurarse de que los nuevos motores cumplan con las especificaciones de bajo nivel de pérdidas de energía prometidas. Este proceso debería incluir pruebas en condiciones operativas reales y ajustes si es necesario. Aquello debe ser reforzado mediante la integración de políticas de adquisición que prioricen la eficiencia energética y la reducción de pérdidas para futuras compras de motores. Esto incluiría la selección de motores con certificados de eficiencia reconocidos y especificaciones técnicas adecuadas

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Á. Iturralde, J. Monteagudo and N. Catro, "La eficiencia energética y la competitividad empresarial en América del norte," *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 13, no. 5, pp. 479-489, 2021.
- [2] J. Cuisano, L. Chirinos and E. Barrantes, "Eficiencia energética en sistemas eléctricos de micro, pequeñas y medianas empresas del sector de alimentos. Simulación para optimizar costos de consumo de energía eléctrica," *Información tecnológica*, vol. 31, no. 2, pp. 267-276, 2020.
- [3] A. Chica, C. Álava, P. Ortiz and A. Gonzales, "Eficiencia de motores eléctricos en maquinaria industrial," *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, vol. 10, no. 2, pp. 113-131, 2024.
- [4] J. Chacon, P. Huaranca, P. Cardenas, W. Rios and A. Magallanes, "Ahorro energético en motores eléctricos y dióxido de carbono utilizando variadores de frecuencia sector agroindustrial Ica-Peru," *La Investigación Científica y Académica Transdisciplinaria*, pp. 1-20, 2022.
- [5] C. Raúl, B. Vladimir, O. Gonzales, J. Jackson and R. Escalante, "Sustitución de motores eléctricos subcargados en UEB Gráfica Juan Marinello," *Hombre, Ciencia y Tecnología*, vol. 25, no. 4, pp. 122-130, 2021.
- [6] G. Leon, J. Gomez and P. Viego, "AHORRO DE ENERGÍA POR SUSTITUCIÓN DE MOTORES SUBCARGADOS QUE ACCIONAN CARGAS DE ALTA INERCIA," *Revista Centro Azucar*, vol. 46, no. 1, pp. 40-50, 2019.
- [7] D. Alcas, "Sistema de gestión de calidad y productividad de la empresa San Gabriel, Piura – 2021," *Revista de Administración y Educación*, vol. 1, no. 2, pp. 10-17, 2021.
- [8] C. Bernal, *Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales*, tercera ed., Colombia: PEARSON EDUCACIÓN, 2010.
- [9] W. Artigas y M. Robles, «Metodología de la Investigación: Una discusión necesaria en universidades zulianas,» *Revista Digital Universitaria*, vol. 11, nº 11, pp. 1-17, 2010.
- [10] H. Herrera, "Desarrollo de un simulador de eficiencia energética para la evaluación de proyectos de sustitución de motores de inducción de eficiencia estándar por motores de inducción de alta eficiencia," Tesis de Maestría, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS, México, 2020.

- [11] V. Taipe, E. Llanes, C. Morales and A. Checa, "Evaluación experimental de un motor de encendido provocado bajo diferentes gasolinas," *INGENIUS*, no. 26, pp. 17-29, 2021.
- [12] A. Guaman, "Diseño del Sistema de Gestión Energética según la Norma ISO 50001:2018 de eficiencia energética en Productos Minerva Cía. Ltda," Tesis de Magister, Universidad Internacional SEK, Ecuador, 2022.
- [13] A. Alvarez, "PROYECTO DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA EXPLOTACIÓN PORCINA DE CRÍA PARA LA MEJORA DE SU RENTABILIDAD UBICADA EN LOS VILLARES DE SORIA (SORIA)," Tesis de Bachiller, Universidad de Valladolid, España, 2023.
- [14] N. Jansa, "Estudio de la eficiencia energética de motores eléctricos a bordo de un buque tipo y de su certificación de Sociedad de Clasificación," Tesis de Bachiller, Universidad Politecnica de Catalunya , España, 2022.
- [15] F. Yuniór, "Estudio de la eficiencia energética para mejorar los indicadores eléctricos y reducir facturación en la fábrica de ladrillos GREG-Jaén," Tesis de Bachiller, Universidad Cesar Vallejo, Perú, 2020.
- [16] L. Antony, "Auditoría energética para reducir el consumo eléctrico de la estación de bombeo N°1 de la empresa Epsel S.A.," Título de Bachiller, Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo, Perú, 2019.
- [17] J. Quispe, "Análisis de los índices energéticos para optimizar el consumo energético en una empresa procesadora de lácteos en la ciudad de Cajamarca," Título de Bachiller, Universidad Cesar Vallejo, Perú, 2021.
- [18] W. Coronel, "Mejoramiento del índice de consumo energético mediante sustitución de los motores eléctricos en minera Cerro Corona - 2019," Título de Bachiller, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú, 2019.
- [19] E. Rodríguez and J. Vasquez, "Auditoría del sistema eléctrico de baja tensión del Centro Comercial El Dorado para mejorar la eficiencia energética, Florencia de Mora, Trujillo, Perú," Tesis de Bachiller, Universidad Cesar Vallejo, Perú, 2021.
- [20] E. Ciro and L. Mantilla, "Motores eléctricos de alta eficiencia," *Revista Energía y computación*, vol. 12, no. 1, pp. 1-9, 2004.
- [21] S. Chapman, *Maquinas eléctricas*, tercera ed., Venezuela: McGrawHill, 2000.
- [22] S. Chapman, *Maquinas eléctricas*, quinta ed., Mexico: McGRAW-HILL, 2012.

- [23] CNE, "PLAN INDICATIVO DE LA GENERACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO DOMINICANO," Comisión Nacional de Energía de la Republica Dominicana, Republica Dominicana , 2005.
- [24] A. Nuevo, Montaje y mantenimiento electrico-electronico, España: Paraninfo, 2020.
- [25] M. Carbonieri, N. Bianchi and L. Alberti, "Análisis directo de un motor de inducción trifásico considerando la variación de los parámetros del rotor y el efecto de los armónicos de la correa del estator," vol. 56, no. 4, pp. 3559-3570, 2020.
- [26] P. Donolo, C. Angelo and G. Bossio, "DEMÉRITO EN MOTORES DE INDUCCIÓN POR ARMÓNICOS Y DESEQUILIBRIO DE TENSIÓN," *XIV ERIAC*, 2011.
- [27] A. Anteliz, "El flujo de dispersión magnético como herramienta de analisis para deteccion de fallas en motores de induccion mediante tecnicas de analisis espectral," *Revistas GTI*, vol. 8, no. 20, pp. 47-54, 2009.
- [28] J. Vargas and C. Moreno, "Resultados de la implementación de módulo embebido de conversión de tensiones en motores trifásicos," *Revista Cintex*, vol. 26, no. 2, pp. 22-30, 2021.
- [29] E. Ramirez, F. Villalobos, J. Reyes y C. Saucedo, «DETECCIÓN DE FALLAS DE CORTOCIRCUITO EN MOTORES DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS,» *Pistas Educativas*, vol. 44, nº 143, pp. 776-793, 2022.
- [30] L. Duarte, E. Pla and P. Leonel, "CONSUMO ENERGÉTICO EN MÁQUINAS DE RIEGO DE PIVOTE CENTRALELÉCTRICAS URAPIVOT Y RKD," *Universidad y Ciencia*, vol. 11, no. 1, pp. 104-115, 2022.
- [31] V. Muñoz, E. San Juan, P. Adasme, A. Viveros and F. Dehghan, "Detección de Falla en Máquina de Inducción Mediante Análisis Multiresolución," *IEEE CHILEAN*, pp. 1-6, 2023.
- [32] V. Valdez, S. Baez, B. Aviles, P. Calderon and E. Cabal, "Detección de barras rotas en motores de inducción utilizando analisis de entropia de información en señales de corriente," *Verano de la Ciencia*, vol. 10, 2021.
- [33] J. Rodriguez, P. Huaranca, P. Cardenas, W. Rios and A. Magallanes, "AHORRO ENERGÉTICO EN MOTORES ELÉCTRICOS Y DIÓXIDO DE CARBONO UTILIZANDO VARIADORES DE FRECUENCIA SECTOR AGROINDUSTRIAL ICA-PERÚ," *La Investigación Científica y Academica Transdisciplinaria*, pp. 48-67.
- [34] S. Jose, Manual tecnico: Motores electricos, primera ed., Costa Rica: Diseño Editorial S. A, 2011.

- [35] D. Segura, H. Molina, E. Espino and V. Ponce, "Sistema de navegación y evasión de obstáculos aplicando un sistema de control difuso en una placa arduino UNO," *Research in Computing Science*, vol. 148, no. 10, pp. 291-303, 2019.
- [36] V. Gomez and R. Chou, "Ecuador de cara a la sustentabilidad en el siglo XXI: Ley de eficiencia energetica," *Identidad bolivariana*, vol. 3, no. 1, pp. 1-8, 2019.
- [37] L. Flores, L. Freire, M. Leon, M. Leon and F. Vasquez, "Eficiencia en el uso de energia electrica generada por motores de combustión interna durante el procesode perforación de pozos petroleros," *Revista Infociencia*, vol. 11, no. 1, pp. 13-19, 2017.
- [38] D. Trujillo and E. Garcia, "Respuesta de demanda de energía por introducción de vehículos eléctricos: estado del arte," *Revista de I+D Tecnológico*, vol. 16, no. 1, pp. 5-11, 2020.
- [39] I. Gomez, *Mantenimiento electromecanico de motores electricos*, Paraninfo, 2020.
- [40] A. Farina, "Motores electricos trifasicos," *Ingenieria electrica*, vol. 347, no. 5, pp. 2-6, 2019.
- [41] J. Cajamarca, P. Montalvo, V. Valverde and E. Naranjo, "Desarrollo de un metodo para la alineacion de ejes de maquinaria industrial y artesanal mediante fotogrametria," *Polo del conocimiento*, vol. 7, no. 3, p. 59, 2022.
- [42] E. Sanmarco, "Herramientas triobologicas aplicadas en la prevención del desgaste en equipos industriales," *Revista de ingenieria*, vol. 67, no. 153, pp. 8-13, 2020.
- [43] G. Lopez, "Analisis de vibraciones para el mantenimiento predictivo," *Tecnica Industrial*, vol. 255, pp. 25-26, 2004.
- [44] L. Farina, "Motores electricos trifasicos: características constructivas y tipos de arranque," *Suplemento instaladores*, pp. 82-86, 2018.
- [45] D. Gonzales, *Motores*, España: Paraninfo, 2018.
- [46] J. Fleischer, E. Gerlitz, S. Rie, S. Coutandin and J. Hofmann, "Concepts and Requirements for Flexible Disassembly Systems for Drive Train Components of Electric Vehicles," *ELSEVIER*, vol. 98, pp. 577-582, 2021.
- [47] B. Kuo, *Sistemas de control automatico*, Mexico : PEARSON , 1996.
- [48] J. Carrillo and J. Rojas, "El variador de velocidad como metodo de arranque ideal para motores electricos de inducción," *Ingenieria Investigación y Desarrollo*, vol. 13, no. 1, pp. 34-39, 2013.

- [49] C. Gomez, J. Dios, A. Castro, F. Martín, M. Malfaz, M. Maroto and M. Salichs, "DESARROLLO DE UNA VERSION DE BAJO COSTE DEL ROBOT SOCIAL MINI," *Jornadas de Automatica* , pp. 718-725, 2019.
- [50] G. Franck, S. Gennaro, B. Lonardi, J. Eichhorn and A. Bruno, "Análisis dinámico de un chasis de semirremolque de servicio pesado," *Mecanica Computacional*, vol. 28, no. 7, pp. 503-517, 2009.
- [51] K. Perez, "El VANA como plataforma para la planeación financiera estratégica en las empresas cubanas," *Cofin Habana*, vol. 12, no. 1, pp. 284-303, 2018.
- [52] V. Aguilar, R. Pontes and F. Ferreira, "Evaluación técnico-económica de la modernización de motores de inducción de funcionamiento en red con un rebobinado optimizado en condiciones de carga parcial," *IEEE Transactions on Industry Applications*, pp. 1-10, 2024.
- [53] J. Rosero, E. Quispe and R. Catrillon, "Tendencias en la normatividad, el desarrollo tecnológico y la aplicación de motores eléctricos de alta eficiencia," *Prospectiva*, vol. 16, no. 1, pp. 83-90, 2018.
- [54] F. Raskop, *Bobinado de maquinas electricas*, Walter de Guyter GmbH & Co KG, 2020.
- [55] G. Asqui, E. Pilamunga, C. Mejia and E. Villalba, "Optimización del rendimiento del motor a diesel Mercedes Benz sprinter mediante la mejora de inyectores electromagnéticos," *Polo del Conocimiento*, vol. 6, no. 11, pp. 1386-1401, 2021.
- [56] E. Quispe, "Una visión integral para el uso racional de la energía en la aplicación de motores eléctricos de inducción," *EL HOMBRE Y LA MAQUINA*, no. 20, pp. 52-59, 2003.
- [57] G. Leon, J. Gomez y P. Viego, «Ahorro de energía por sustitución de motores subcargados que accionan cargas de alta inercia,» *Revista Centro Azúcar*, vol. 46, nº 1, pp. 40-50, 2019.
- [58] R. Hernandez, *Metodología de la investigación*, Mexico: McGraw-Hill, 2014.
- [59] P. Lopez, "POBLACION MUESTRA Y MUESTREO," *PUNTO CERO*, vol. 9, no. 8, pp. 69-74, 2004.
- [60] A. Hanif, S. Prasetyo and B. Kusharjanta, "Penggunaan Amperemeter Dan Voltmeter Dalam Pengukuran Listrik DC".
- [61] M. Medina, R. Rojas, W. Bustamante, R. Loaiza, C. Martel and R. Castillo, *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación*,

Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.,
2023.

- [62] J. Arias, Diseño y Metodología de la Investigación, Arequipa-Perú:
ENFOQUES CONSULTING EIRL, 2021.
- [63] H. Tarazona, "Observaciones para la construcción y validación
de instrumentos de investigación," *Desafíos*, vol. 11, no. 2, pp. 177-182,
2020.
- [64] T. Kinner and J. Taylor, Investigación de mercados: un enfoque aplicado,
5th ed., Santafé de Bogotá.
- [65] J. Quinte, "Rediseño de un sistema de cargas a través de motores
electricos para un barco pequero," Tesis de Bachiller; Universidad
Politecnica Salesiana, Ecuador, 2024.

X. ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de Consistencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	TECNICAS E INSTRUMENTACION	METODOLOGIA
<p>Problema General: P.G.1 ¿La sustitución de los motores eléctricos mejorará la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024?</p> <p>En su mayoría la maquinaria utilizada en los procesos productivos industriales utiliza motores de eficiencia estándar; estos generan una mayor demanda de energía eléctrica durante su arranque y operación. El uso inadecuado de los insumos aumenta los costos de producción y el valor de los productos y servicios. El uso de maquinaria accionada por motores con tecnología de bajo rendimiento propicia un consumo considerable de energía eléctrica en los procesos de producción [4]. La industria nacional viene usando motores que por sus características generales son diseñados para actuar en muy variadas situaciones, y no siempre es la mejor opción disponible en el mercado para desempeñar las tareas que le han sido asignadas [7]. En el caso del instituto de especialización en ingeniería,</p>	<p>Objetivo general: O.G. Sustituir los motores eléctricos para mejorar la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024</p> <p>Objetivos Específicos: O.E.1 Sustituir los motores eléctricos ineficientes para disminuir la demanda de energía eléctrica utilizada en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024 O.E.2 Seleccionar nuevos motores eléctricos para disminuir las Pérdidas de energía en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024.</p>	<p>Hipótesis General: H.G. La sustitución de los motores eléctricos mejorará la eficiencia energética en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024</p> <p>Hipótesis Específicas: H.E.1 La sustitución de los motores eléctricos ineficientes disminuirá la demanda de energía eléctrica utilizada en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024. H.E.2 La selección de nuevos motores eléctricos disminuirá las Pérdidas de energía en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024.</p>	<p>Variable independiente Sustitución de los motores eléctricos</p> <p>Dimensiones e Indicadores: D1: Evaluación de los motores eléctricos I1: Voltaje nominal I2: Corriente Nominal I3: Potencia Nominal I4: Factor de potencia I5: Corriente real I6: Voltaje real</p>	<p>Técnicas: Mediciones directas Para las mediciones de los indicadores de nuestra variable dependiente utilizaremos el voltímetro, el amperímetro y el analizador de redes</p> <p>Encuesta Según lo expuesto por el autor, la encuesta para el presente trabajo de investigación es una técnica que consiste en obtener información de las personas encuestadas mediante el uso de cuestionarios diseñados en forma previa para la obtención de información específica.</p> <p>Instrumento: Cuestionario El cuestionario para el presente trabajo de investigación servirá de herramienta de investigación que consiste en una serie de preguntas y otras indicaciones con el propósito de obtener</p>	<p>Tipo y Diseño de la Investigación: Para el presente trabajo de investigación:</p> <p>Tipo de Investigación: Aplicada</p> <p>Diseño de la Investigación: Cuasiexperimental</p> <p>Nivel de la Investigación: Explicativo</p> <p>Población Y Muestra: Población: De lo expuesto por los autores, mi población es de tipo finita para el presente trabajo de investigación se identifica como población a los 16 motores pertenecientes a los equipos del instituto de investigación ICECS de la UNAC. Muestra:</p>

<p>ciencias empresariales y ciencias de la salud (ICECS) se evidencia que hay motores que se encuentran ubicados en la planta de producción que son antiguos y en algunos casos tienen elevado consumo de energía.</p>				<p>información de los consultados.</p>	<p>Se considera como muestra a los 16 motores pertenecientes a los equipos del instituto de investigación ICECS de la UNAC, ya que la población es inferior de 50. Por lo tanto, la muestra es igual a la población.</p>
<p>Problemas Específicos P.E.1. ¿La sustitución de los motores eléctricos ineficientes disminuirá la demanda de energía eléctrica en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024?</p> <p>P.E.2. ¿La selección de nuevos motores eléctricos disminuirá las Pérdidas de energía en el instituto de investigación ICECS de la Universidad Nacional del Callao, Callao 2024?</p>			<p>Variable dependiente: Eficiencia energética</p> <p>Dimensiones e</p> <p>Indicadores:</p> <p>D1: Demanda de energía eléctrica</p> <p>I1: Consumo de energía I2: Costo de facturación</p> <p>D2: Pérdidas de energía en los motores</p> <p>I1: Pérdidas en los conductores I2: Pérdidas en el núcleo magnético I3: Pérdidas por fricción</p>		

Anexo N°2: Instrumento de recolección de datos

Ficha de observación

EFICIENCIA ENERGÉTICA			
Periodo de evaluación: 2024			
Equipo/Sistema evaluado: 16 motores pertenecientes a los equipos del instituto de investigación ICECS de la UNAC.			
Instrucciones de uso: <ul style="list-style-type: none">• Completa cada sección con la información correspondiente para cada mes.• Registra el coeficiente de la eficiencia energética, la cantidad de energía eléctrica y pérdidas de energía.• Añade cualquier observación o comentario relevante.			
Dia-Mes	Eficiencia Energética	Demanda de energía eléctrica	Pérdidas de energía
PRE-TEST: Registre los 8 datos solicitados antes de la sustitución de los motores			
21-Nov			
21-Dic			
22-Ene			
22-Feb			
22-Mar			
22-Abr			
22-May			
22-Jun			
POST TEST: Registre los 8 datos solicitados después de la sustitución de los motores			
22-Nov			
22-Dic			
23-Ene			
23-Feb			
23-Mar			
23-Abr			
23-May			
23-Jun			
Observaciones y comentarios:			

Anexo N°3: Validación de instrumentos

Experto 1

1. IDENTIFICACION DEL EXPERTO

NOMBRE DEL EXPERTO: Dr. Abilio Bernardo Cuzcano Rivas

NIVEL DE GRADO: Doctor

DNI: 40947218

PROFESIÓN: Ingeniero Electrónico

FECHA DE EVALUACIÓN: 21 de Julio del 2024

FIRMA DEL EXPERTO



2. PLANILLA DE VALIDACION DEL INSTRUMENTO

CRITERIOS	APRECIACIÓN CUANTITATIVA			
	EXCELENTE (4)	BUENO (3)	REGULAR (2)	DEFICIENTE (1)
Presentación del instrumento	✓			
Claridad en la redacción de los ítems	✓			
Pertinencia de las variables con los indicadores	✓			
Relevancia del contenido	✓			
Factibilidad de la aplicación	✓			

APRECIACIÓN CUANTITATIVA:

OBSERVACIONES:

Experto 2

1. IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO

NOMBRE DEL EXPERTO: Dra. Silvia Salazar Llerena

NIVEL DE GRADO: Doctora

DNI: 10139161

PROFESIÓN: Metodóloga

FECHA DE EVALUACIÓN: 21 de Julio del 2024

FIRMA DEL EXPERTO:



2. PLANILLA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

CRITERIOS	APRECIACIÓN CUANTITATIVA			
	EXCELENTE (4)	BUENO (3)	REGULAR (2)	DEFICIENTE (1)
Presentación del instrumento	✓			
Claridad en la redacción de los ítems	✓			
Pertinencia de las variables con los indicadores	✓			
Relevancia del contenido	✓			
Factibilidad de la aplicación	✓			

APRECIACIÓN CUANTITATIVA:

OBSERVACIONES:

Experto 3

1. IDENTIFICACIÓN DEL EXPERTO

NOMBRE DEL EXPERTO: Dr. Adán Almircar Tejada Cabanillas

NIVEL DE GRADO: Doctor

DNI: 06148210

PROFESIÓN: Metodólogo

FECHA DE EVALUACIÓN: 21 de Julio del 2024

FIRMA DEL EXPERTO:



2. PLANILLA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

CRITERIOS	APRECIACIÓN CUANTITATIVA			
	EXCELENTE (4)	BUENO (3)	REGULAR (2)	DEFICIENTE (1)
Presentación del instrumento	✓			
Claridad en la redacción de los ítems	✓			
Pertinencia de las variables con los indicadores	✓			
Relevancia del contenido	✓			
Factibilidad de la aplicación	✓			

APRECIACIÓN CUANTITATIVA:

OBSERVACIONES:

Anexo N°4: Base de datos

	Eficiencia Energética (%)	Demanda de energía eléctrica (kWh)	Pérdidas de energía (Wh)
Pre1	63.79918	1.75	521.55
Pre2	65.00324	1.46	604.07
Pre3	66.98677	1.83	544.63
Pre4	65.20681	1.83	549.41
Pre5	66.37407	1.28	505.97
Pre6	66.52876	1.64	591.00
Pre7	65.0264	1.68	493.33
Pre8	69.20585	1.45	567.23
Pos1	85.16708	1.30	92.72
Pos2	85.76625	1.41	110.27
Pos3	87.1602	1.27	120.20
Pos4	86.34852	1.42	64.46
Pos5	85.60404	1.33	126.95
Pos6	88.06643	1.32	157.94
Pos7	86.41205	1.29	117.79
Pos8	87.10549	1.42	89.19