



UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE NÚCLEOS DE MOTORES ELÉCTRICOS EN LA EMPRESA “RC INGELEC”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Henry Mauricio Guachán Piaún

Tutor

Ing. Juan Joel Segura D´ Rouville Msc.

QUITO– ECUADOR
2023

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Henry Mauricio Guachán Piaún, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE NÚCLEOS DE MOTORES ELÉCTRICOS EN LA EMPRESA RC INGELEC”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial. y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 9 días del mes de julio de 2023, firmo conforme:

Autor: Henry Mauricio Guachán Piaún.



Firma:

Número de Cédula: 1722970710

Dirección: Pichincha, Quito, Cotacollao, Cotacollao.

Correo Electrónico: henrydh_mury@hotmail.com

Teléfono: 0995701950

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE NÚCLEOS DE MOTORES ELÉCTRICOS EN LA EMPRESA RC INGELEC” presentado por Henry Mauricio Guachán Piaún, para optar por el Título Ingeniero Industrial,

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 05 de octubre del 2023

.....

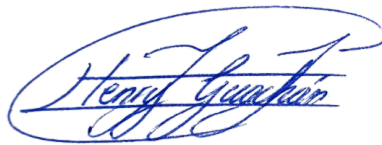
Ing. Juan Joel Segura D´ Rouville Msc

C.I: 1756974968

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 05 de octubre del 2023



Henry Mauricio Guachán Piaún
1722970710

APROBACIÓN DE LECTORES

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE NÚCLEOS DE MOTORES ELÉCTRICOS EN LA EMPRESA RC INGELEC”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 05 de octubre del 2023

.....

Hernán Fabricio Espejo Viñán
LECTOR

.....

Jacqueline Del Pilar Villacis Guerrero
LECTOR

DEDICATORIA

Dedicada a Henry Mauricio Guachán Piaún, esta tesis es un tributo a mi constante evolución, mi búsqueda incesante de conocimiento y el deseo de mejorar. Dedicado con cariño a mi viaje personal y académico.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fortaleza y la sabiduría para enfrentar los desafíos que surgieron a lo largo de esta travesía.

A mi amada madre Victoria Piaún y mi querido padre Carlos Guachán, les debo un agradecimiento infinito, su amor incondicional, apoyo constante y creencia en mí fueron el motor que me impulsó a llegar hasta aquí, su sacrificio y dedicación son invaluable, y esta tesis es un tributo a su amor y esfuerzo.

A mis estimados docentes, agradezco profundamente por su compromiso y enseñanzas. Cada uno de ustedes contribuyó significativamente a mi crecimiento académico y profesional, y les estoy agradecido por compartir su conocimiento conmigo.

Agradezco sinceramente a la persona que soy por no renunciar en los momentos desafiantes. Este proyecto es un testimonio de mi capacidad para establecer objetivos, trabajar en ellos incansablemente hasta conseguirlos por lo cual celebro este logro personal con satisfacción. Gracias Henry Mauricio Guachán Piaún.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DE LECTORES	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I	1
Introducción	1
Marco teórico.....	11
Estandarización de procesos	11
Motor eléctrico.....	12
Motor con rotor de devanados.....	13
Núcleo de hierro del estator	14
Importancia del núcleo en los motores	15
Fallas más comunes en los motores eléctricos.....	16
Fuentes de contaminación	16

Tipos de mantenimientos	17
Limpieza y re-barnizado de bobinados.....	18
Preparación del núcleo de los motores para el rebobinado.....	19
Reglamentos aplicables a motores eléctricos en Ecuador.....	20
Normativa aplicable a motores eléctricos en Ecuador.....	22
Antecedentes	23
Justificación	30
Objetivo.....	32
Objetivo general.....	32
Objetivos Específicos.....	32
CAPÍTULO II.....	33
INGENIERÍA DE PROYECTO.....	33
Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	33
Falta de control de registro de información.....	35
Ausencia de un sistema adecuado de registro de datos técnicos de motores rebobinados	36
Falta de un modelo estandarizado para limpieza de núcleos magnéticos.....	38
Falta de procedimientos para verificar el estado del núcleo magnético	38
Sistema de registro manual de ficha técnicas de motores ingresados sin respaldo digitales.	40
Uso de herramientas manuales y uso de suelda autógena	40
No disponen de un registro de clientes	42
Análisis de problemas en RC INGELEC según base de datos	42
Área de estudio	56
Modelo operativo	57
CAPÍTULO III.....	62
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS.....	62

Desarrollo de la propuesta	62
Criterio de selección de guía mexicana para la reparación de motores eléctricos trifásicos	62
PROCEDIMIENTO GENERAL DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE NÚCLEOS DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.	66
Resultados esperados	130
Cronograma de actividades para la socialización	135
CAPÍTULO IV	143
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143
Conclusiones	143
Recomendaciones	146
Bibliografía	146
ANEXOS	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tipos de mantenimientos.	17
Tabla 2	Reglamentos relacionados con la eficiencia de motores eléctricos en Ecuador.....	21
Tabla 3	Normativas relacionados con la eficiencia de motores eléctricos en Ecuador.....	23
Tabla 4	Detalle de fichas técnicas de reparación de motores.....	36
Tabla 5	Detalle de información llenada en las fichas de reparación de motores.	37
Tabla 6	Característica de motores rebobinados en los años 2021 y 2022.....	39
Tabla 7	Rebobinaje año 2021 y año 2022.....	43
Tabla 8	Problemas en motores con fallas regresados año 2021 y año 2022.	45
Tabla 9	Problemas de calentamiento año 2021 y año 2022 total reparado.	45
Tabla 10	Pérdidas económicas por devoluciones en motores eléctricos trifásicos año 2021 calentamiento.	46
Tabla 11	Pérdidas económicas por devoluciones en motores eléctricos trifásicos año 2022 calentamiento.	47
Tabla 12	Procedimientos para reparación de motores eléctricos.	50
Tabla 13	Herramientas necesarias para una reparación adecuada de motores eléctricos.	54
Tabla 14	Área de estudio.....	56
Tabla 15	Indicadores y metas planteadas para el presente procedimiento.....	135
Tabla 16	Presupuesto propuesto para implementación del procedimiento.	138
Tabla 17	Presupuesto referencial del cronograma de socialización para la propuesta.	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación de consumo energético de motores eléctricos a nivel mundial	1
Figura 2. Normativas expedidas a nivel mundial.....	3
Figura 3. Gasto en inversión y desarrollo para proyectos de investigación sostenible.....	4
Figura 4. Consumo de energía en Ecuador año 2022.	5
Figura 5. Consumo de energía sector Industrial en Ecuador año 2022.	6
Figura 6. Potencial competencia para RC INGELEC.....	10
Figura 7. Partes del motor eléctrico.	13
Figura 8. Tipos de núcleos de motores eléctricos.	15
Figura 9. Rebobinado de motor eléctrico trifásico.....	19
Figura 10. Cantidad de motores con fallas año 2021 y año 2022.	26
Figura 11. Causas de fallas de motores rebobinados en RC INGELEC año 2021.	28
Figura 12. Causas de fallas de motores rebobinados en RC INGELEC año 2022.	29
Figura 13. Estructura organizacional de RC INGELEC.....	34
Figura 14. Diferentes modelos de registro de datos de motores rebobinados.	37
Figura 15. Suelda autógena utilizada en la limpieza del núcleo del motor.....	41
Figura 16. Comparación de pérdidas económicas de los años 2021 y 2022.....	48
Figura 17. Diagrama Ishikawa de problemas en motores rebobinados RC INGELEC.....	52
Figura 18. Diagrama Ishikawa de herramientas y equipos en RC INGELEC.....	56
Figura 19. Modelo operativo del proyecto.....	58
Figura 20. Diagrama de Gantt de socialización.	137

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 GUÍA MEXICANA DE REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS	151
ANEXO 2 TABLAS DE DATOS DE MOTORES	152
ANEXO 3 PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA GERENTE GENERAL	153
ANEXO 4 PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA JEFE DE ÁREA DE MANTENIMIENTO.	154
ANEXO 5 HORNO DE QUEMADO.....	155
ANEXO 6 CORTADORA DE CABEZAS DE BOBINAS	156
ANEXO 7 CÁMARA TÉRMICA FLIR E8 PRO.....	157
ANEXO 8 PROFORMA DE PROYECTO REFERENCIAL	158
ANEXO 9 NORMA TÉCNICA ECUATORIANA	159
ANEXO 10 APROBACIÓN DE ABSTRACT DEPARTAMENTO DE IDIOMAS.....	160

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE NÚCLEOS DE MOTORES ELÉCTRICOS EN LA EMPRESA “RC INGELEC”

AUTOR: Henry Mauricio Guachán Piaún

TUTOR: Ing. Juan Joel Segura D´ Rouville Msc

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se enfoca en analizar el proceso de limpieza de los núcleos correspondientes a los motores eléctricos trifásicos asincrónicos de corriente alterna, pues la calidad de la misma en la empresa RC INGELEC, se ha ido deteriorando, al existir un incremento en el número de devoluciones de los mismos en un 2.37 % con respecto a igual periodo del año anterior 2021. Por lo antes expuesto se hace necesario estandarizar el proceso de limpieza del núcleo en motores eléctricos trifásicos de CA, mediante una revisión de normas destinadas al rebobinado de los mismos, para disminuir el índice de devoluciones en la organización. Para lo cual se lleva a cabo entrevistas al gerente general, al jefe del área de mantenimiento, un levantamiento de información de las fichas técnicas de los motores eléctricos reparados en los años 2021 y 2022, con la finalidad de construir una base de datos, que permita identificar la problemática del proceso. Además, se realiza una investigación bibliográfica del tema. Se obtuvo como resultado una deficiencia del 50% de las herramientas y equipos necesarios para una limpieza y reparación efectiva, fichas técnicas incompletas en un 50.57%, promediando 3 motores devueltos mensualmente en 2021 y 4 motores en 2022, con una reducción mínima del 2.37% por problemas de calentamiento del total de reparaciones de cada año. Al realizar la investigación bibliográfica se verifica que en el Ecuador no existe una regulación que controle dicha actividad. La misma se realiza en base a la NTE 2498:2009, centrada en la Eficiencia Energética en Motores Eléctricos Estacionarios basada en la norma mexicana. Se concluye con la elaboración de seis (6) procedimientos para cada etapa del proceso de reparación, priorizando la limpieza y el manejo adecuado del núcleo magnético. Se requiere de un costo de inversión para adquirir nuevas herramientas y equipos ascendentes a un valor de \$23,800.00 dólares, encaminada a eliminar por completo la totalidad de motores devueltos para el año 2028.

DESCRIPTORES: mantenimiento, motores eléctricos trifásicos, núcleo magnético.

UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE NÚCLEOS DE MOTORES ELÉCTRICOS EN LA EMPRESA “RC INGELEC”

AUTOR: Henry Mauricio Guachán Piaún

TUTOR: Ing. Juan Joel Segura D’ Rouville Msc

ABSTRACT

This research work is focused on analyzing the cleaning process of the cores corresponding to the three-phase asynchronous AC electric motors, as the quality of the same in the company RC INGELEC has been deteriorating, with an increase in the number of returns of the same in 2.37 % concerning the same period of the previous year 2021. Given the above, it is necessary to standardize the core cleaning process for three-phase AC electric motors by reviewing the standards for their rewinding to reduce the rate of returns in the organization. To this end, interviews were conducted with the general manager and the head of the maintenance area. Information was gathered from the technical data sheets of the electric motors repaired in the years 2021 and 2022 to build a database to identify the problems of the process. In addition, bibliographical research on the subject was carried out. The result was a deficiency of 50% of the tools and equipment necessary for effective cleaning and repair, 50.57% incomplete technical data sheets, an average of 3 motors returned monthly in 2021 and 4 engines in 2022, with a minimum reduction of 2.37% due to heating problems of the total number of repairs in each year. The bibliographic research shows that no regulation in Ecuador controls this activity. This is based on NTE 2498:2009, which focuses on Energy Efficiency in Stationary Electric Motors based on the Mexican standard. It concludes with developing six (6) procedures for each stage of the repair process, prioritizing the cleaning and proper handling of the magnetic core. An investment cost is required to acquire new tools and equipment amounting to 23,800.00 dollars to eliminate all returned motors by 2028.

Keywords: maintenance, three-phase electric motors, magnetic core.

(ANEXO 10 APROBACIÓN DE ABSTRACT DEPARTAMENTO DE IDIOMAS)

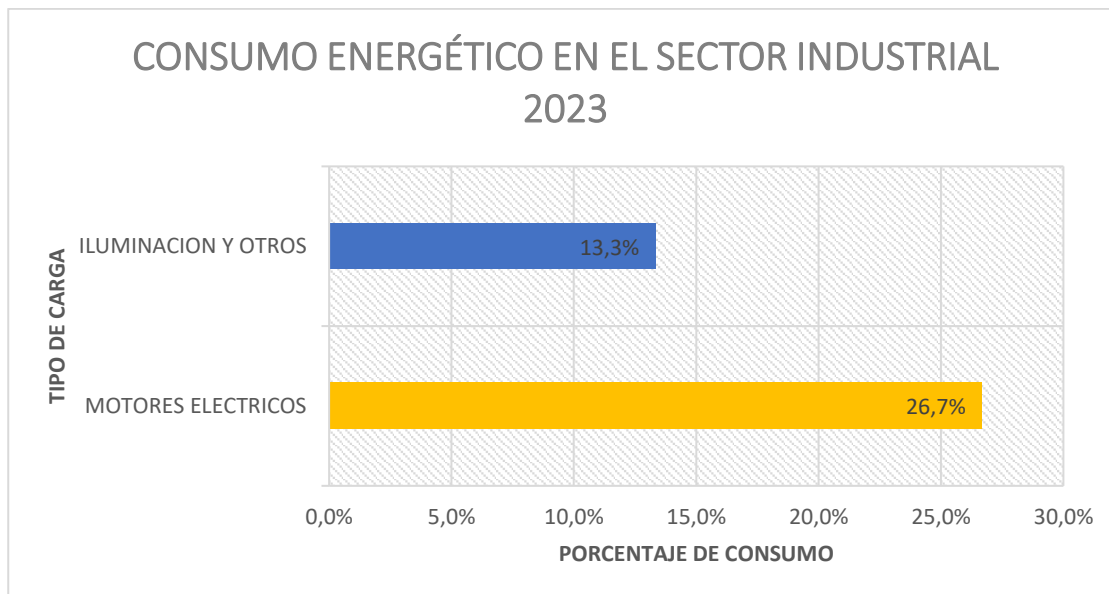
CAPÍTULO I

Introducción

A nivel mundial alrededor del 40% de la electricidad es utilizada por la industria, de este valor se destaca que dos terceras partes de este consumo está directamente relacionados con los motores eléctricos que equivale a directamente a 26,7% de la energía total consumida a nivel mundial mientras que, si se toma el consumo de iluminación, hornos, y otro tipo de carga esta representa únicamente un 13,3% del sector industrial y mundial como se puede apreciar en la **Figura 1**. Además, se debe mencionar que el consumo de electricidad del mundo casi se ha triplicado en los últimos 30 años, mientras que el consumo de electricidad de la industria ha crecido un 260% durante ese tiempo. (ABB, 2023)

Figura 1.

Relación de consumo energético de motores eléctricos a nivel mundial.



Nota: El gráfico representa el consumo energético de motores a nivel mundial. Fuente:

Adaptado (ABB, 2023).

Por lo tanto, es necesario promover la investigación de métodos estandarizados de limpieza para núcleos magnéticos de motores eléctricos que inevitablemente durante el transcurso de su vida útil necesitaran de varios trabajos de mantenimientos, ya que la correcta aplicación de un método de limpieza estandarizado para la limpieza de núcleos magnéticos ayuda a reducir de forma sustancial posibles daños en las ranuras del núcleo de hierro al silicio; otro de los aspectos a tomar en cuenta en el contexto mundial el servicio de mantenimiento de motores eléctricos ha tomado gran importancia desde el punto de vista técnico y económico; además si se toma como punto de partida que un adecuado trabajo de limpieza de las ranuras magnéticas del motor eléctrico durante el servicio mantenimiento correctivo o rebobinaje garantiza su rendimiento, eficiencia y vida útil. (SICMA21, 2023) Es decir, un adecuado rebobinaje de la máquina eléctrica rotativa persigue asegurar la operatividad del motor dentro de los procesos industriales tratando de mantener intactas las propiedades constructivas iniciales entre las conexiones interlaminares del núcleo magnético sin importar el grado y el número de intervenciones o reparaciones que la máquina eléctrica ha sufrido durante su vida operativa evitando además posibles sobrecalentamientos y daños en el motor. (Mollisaca Centellas, 2020) Además, se debe tomar en cuenta que a nivel mundial los diferentes tipos de fabricantes de motores eléctricos innovan con el propósito de entregar a los clientes máquinas más eficientes pues es de su conocimiento que estos motores eléctricos en la actualidad son imprescindibles, prácticamente son el corazón de procesos sumamente complejos. La eficiencia de los motores eléctricos está directamente relacionada con el rendimiento y las pérdidas que cada máquina eléctrica presentes en el cobre y el hierro respectivamente. (WEG, 2020)

Otro aspecto destacado a nivel mundial es la implementación de normativas aplicables a cambios relacionados con el consumo y la producción sostenible. Varias de estas normativas se

centran en la eficiencia de los motores eléctricos, con el propósito de reducir los niveles de contaminación ambiental y las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por el consumo energético de estas máquinas eléctricas rotativas en la industria. En otras palabras, estas normas promueven el uso de motores eléctricos eficientes y de alto rendimiento que contribuyan a mejorar la producción y reducir el consumo de energía eléctrica. En la **Figura 2.**, se muestra que a nivel mundial se han redactado 485 normativas que promueven la sostenibilidad, relacionadas directamente con cambios en el consumo y la producción sostenible. Esto incluye la eficiencia de los motores eléctricos en las industrias. (Naciones Unidas, 2023)

Figura 2.

Normativas expedidas a nivel mundial.



Nota: El gráfico representa las normativas para el cambio de consumo y producción sostenible en todo el mundo. Fuente: (Naciones Unidas, 2023).

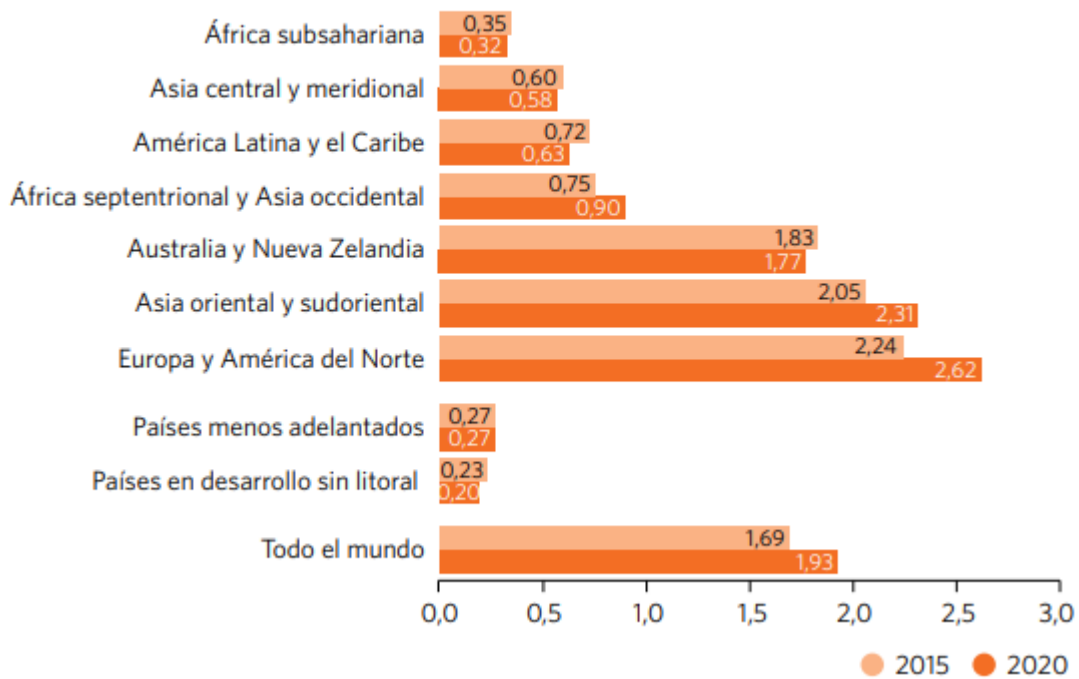
A nivel mundial, según la ONU, el monto asignado a proyectos de investigación de sostenibilidad es de 2 billones de dólares. Claramente se puede apreciar en la **Figura 3.**, que

América del Norte y Europa son las regiones que más dinero destinaron del PIB entre los años 2015 y 2020, con un valor del 2,62%. Por otro lado, los países en desarrollo sin litoral fueron los que menos recursos asignaron. (Naciones Unidas, 2023)

Figura 3.

Gasto en inversión y desarrollo para proyectos de investigación sostenible.

Gasto en investigación y desarrollo como proporción del PIB, 2015 y 2020 (porcentaje)



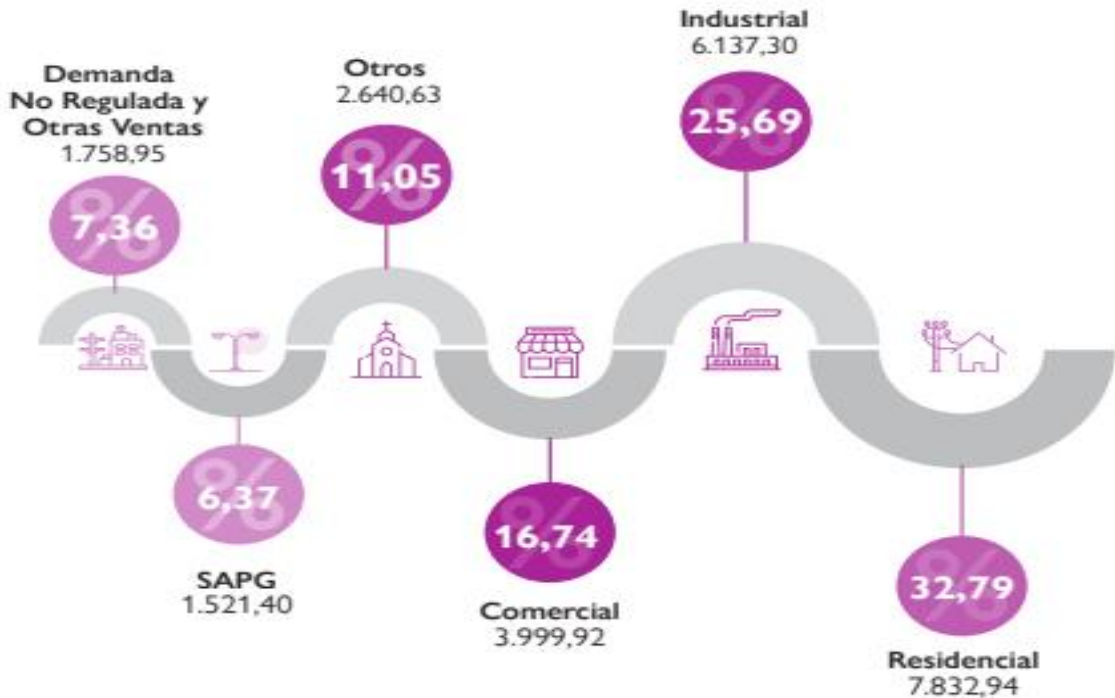
Nota: Gasto de inversión en porcentaje asignado del PIB para proyectos de investigación según región del mundo. Fuente: (Naciones Unidas, 2023).

En Ecuador se conoce según datos estadísticos del ministerio de electricidad que en el año 2022 el consumo de energía a nivel industrial se mantuvo dentro del valor promedio de 6.137,30 GWh, de cual se establece un consumo promedio de 278.968 kWh tomando en cuenta las 22 empresas eléctricas distribuidoras del Ecuador, en la **Figura 4.**, además se puede apreciar

cada uno de los valores en porcentajes de consumos en GWh donde el sector industrial abarca el segundo lugar con el 25,69% del consumo nacional.

Figura 4.

Consumo de energía en Ecuador año 2022.



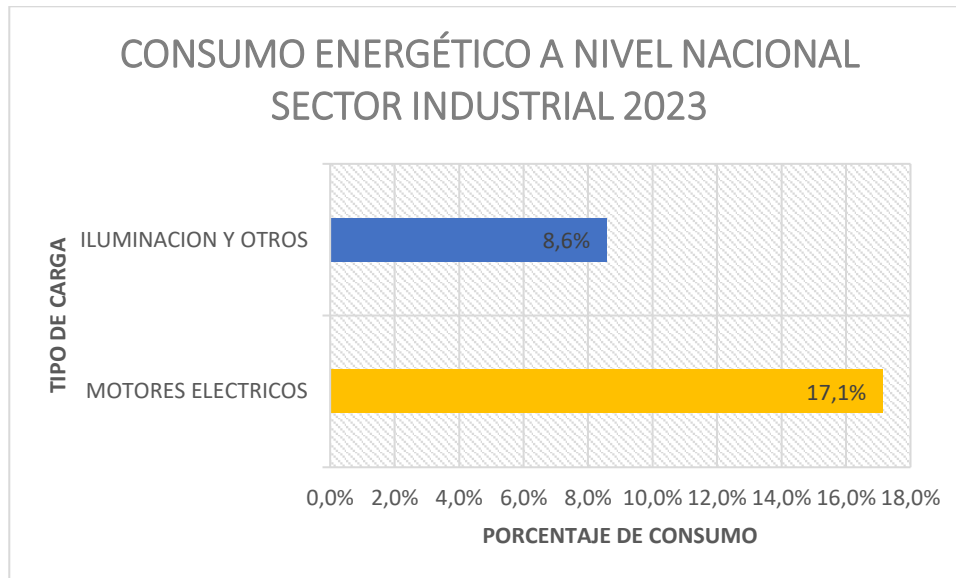
Nota: El gráfico muestra los consumos de energía eléctrica en el Ecuador en el año 2022.

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2023).

Por lo tanto, se puede interpretar tomando como punto de partida la relación a nivel mundial que dos terceras partes del consumo de energía a nivel industrial está directamente relacionado con el consumo de motores eléctricos, es decir, se tendría un valor aproximado de 17,1% de motores eléctricos tomando en cuenta el valor de consumo nacional de 25,69% como se muestra en la **Figura 5**.

Figura 5.

Consumo de energía sector Industrial en Ecuador año 2022.



Nota: El gráfico representa el consumo energético de motores *en el Ecuador*. Fuente:

(ABB, 2023).

A pesar del alto consumo de energía por parte del sector industrial en el contexto regional, la búsqueda de procesos estandarizados para la limpieza de núcleos de motores eléctricos no ha sido explorada en gran medida. Estas máquinas eléctricas rotativas están sometidas a constantes esfuerzos térmicos, mecánicos y eléctricos, lo que inevitablemente provoca un desgaste natural del motor, a veces de manera rápida. Por lo tanto, es fundamental contar con un método de limpieza estandarizado para limpiar el núcleo magnético de manera eficiente. Esto es esencial para mantener los motores en óptimas condiciones y evitar el aumento de puntos calientes en el estator, lo que garantiza un funcionamiento óptimo del motor. (García Orihuela, 2022)

El proyecto de Eficiencia Energética para la Industria (EEI) se llevó a cabo en Ecuador entre 2012 y 2015, con el apoyo del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables

(MEER) y la asistencia de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Este proyecto condujo a la adopción de Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn) en 39 empresas y a la capacitación de 2.000 técnicos a nivel nacional, quienes poseen la capacidad de identificar oportunidades de ahorro energético en sistemas de propulsión a vapor y eléctricos.

Como resultado del proyecto, se logró reducir el consumo de combustible en 57.272 barriles de petróleo equivalente por año (boe/año) y el consumo de energía eléctrica en 13.400 megavatio-hora por año (MWh/año). Entre los objetivos específicos planteados, se destacan el reemplazo de equipos ineficientes, la implementación de sistemas de cogeneración y la adopción de la norma ISO 50001 en las industrias intensivas en energía. En cuanto al reemplazo de equipos, esto implicó la sustitución de máquinas eléctricas de baja eficiencia, como motores eléctricos y bombas. Es importante destacar que estas máquinas eléctricas, en algún momento de su vida operativa, pueden requerir reparación. Sin embargo, es crucial que cualquier reparación se realice de manera adecuada, ya que un motor eléctrico mal reparado verá reducida su eficiencia, lo que a su vez resultará en un mayor consumo de energía. (Ministro de Electricidad y Energía Renovable, 2019)

En el marco del Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035, se ha propuesto un programa de reemplazo de motores, bombas, calderas y calentadores de agua en las industrias. Este programa implica la renovación de equipos ineficientes en el sector industrial, como bombas y motores. La iniciativa será promovida por el Estado ecuatoriano mediante incentivos y ejecutada por el sector privado. Este último se beneficiará del ahorro energético resultante de la sustitución de los equipos.

En este contexto, una organización como la empresa RC INGELEC, especializada en la reparación de motores eléctricos, debe ofrecer un servicio de alta calidad que permita mantener o

mejorar, en la medida de lo posible, el rendimiento original de los motores después de su reparación. (Ministro de Electricidad y Energía Renovable, 2019)

Otro aspecto importante a destacar es que desde el año 2009, el Instituto Nacional de Normalización (INEN) emitió el Reglamento NTE INEN 2 498:2009, centrado en la Eficiencia Energética en Motores Eléctricos Estacionarios. Este reglamento se basa en dos normas mexicanas: la Norma Oficial Mexicana NOM-014 y la Norma Oficial Mexicana NOM-016, que se enfocan en la eficiencia de motores eléctricos monofásicos y trifásicos, respectivamente, así como en la norma ecuatoriana Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2859-1. Actualmente, la RTE INEN 145 establece los requisitos de eficiencia energética nominal de los motores eléctricos en Ecuador.

En el contexto actual de globalización, las empresas ecuatorianas que ofrecen servicios de reparación de motores eléctricos se ven impulsadas a mejorar la calidad de sus servicios. Estas empresas no solo compiten entre sí, sino que también deben enfrentar la competencia de empresas internacionales que ofrecen el mismo servicio y cuentan con un mayor nivel de tecnificación. Por lo tanto, es crucial que cualquier empresa, antes de intentar rebobinar o reparar un motor, realice una minuciosa inspección del núcleo de hierro del estator para garantizar la eficiencia de estas máquinas eléctricas rotativas y, por ende, cumpla con las normativas que rigen en el territorio ecuatoriano.

Si se procede a reparar un núcleo dañado sin un diagnóstico adecuado utilizando los equipos apropiados, como una cámara térmica que ayude a identificar puntos calientes en el núcleo, esto podría resultar en una disminución del rendimiento del motor y un aumento en la temperatura, lo que inevitablemente produciría un mayor consumo de energía y reduciría su

eficiencia. Esto, a su vez, podría provocar otro fallo del motor y requerir una nueva reparación en un período anticipado.

Por lo tanto, es imprescindible llevar a cabo una evaluación exhaustiva del estado del núcleo para evitar posibles problemas y asegurar el correcto funcionamiento del motor a largo plazo. Además, esto contribuirá al plan de acciones establecido en el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035 propuesto por el Estado ecuatoriano. (SAAMISEG GROUP S.A.C., 2023)

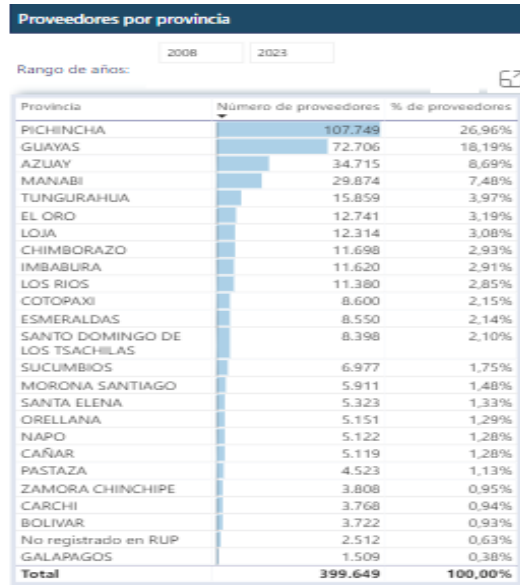
Si bien es cierto, en Ecuador se han realizado varios trabajos de investigación centrados en mejorar y estandarizar los procesos de limpieza de superficies metálicas, como el estudio llevado a cabo por (Guerrero Chimborazo, 2020). Este estudio resultó en la implementación de la técnica de limpieza mediante el Método Sandblasting, con la cual la empresa Industrias Vitales S.A.S. logró reducir significativamente los índices de desperdicio de materia prima. Además, a través de este método de limpieza Sandblasting, la empresa obtuvo un beneficio económico del 50% relacionado con el rendimiento. (Guerrero Chimborazo, 2020).

También se debe tomar en cuenta el trabajo realizado por (Loayza Reyes, 2019), la investigación se centró en el diseño y la evaluación de una metodología de estudio de trabajo para el departamento de rebobinado de la empresa Servicio Eléctrico Industrial EIRL. Para desarrollar la propuesta, se partió de la base de registrar las actividades y sus fechas de vencimiento, con el objetivo de mejorar la gestión de la eficiencia de los trabajadores. Además, se implementó un sistema de reporte de desenrollado de motores, montaje y desmontaje para cada control de eficiencia de producción, con el fin de influir en el área de productividad, tratamiento térmico y área de prueba eléctrica. Como resultado de estas medidas, se logró un aumento del rendimiento del 10%. (Loayza Reyes, 2019).

Sin embargo, es importante señalar que en Ecuador actualmente no existe una normativa que detalle los procedimientos a seguir durante el proceso de reparación de motores eléctricos, ni tampoco se dispone de una guía de procedimientos para llevar a cabo estas reparaciones. La primera normativa emitida en territorio ecuatoriano se basa en normas mexicanas, específicamente la Norma Oficial Mexicana NOM-014 y la Norma Oficial Mexicana NOM-016. Estas normativas, a su vez, están alineadas con estándares internacionales como IEEE, IEC, NEMA, EASA, entre otros. El objetivo principal de estas normas es garantizar una eficiencia adecuada en las máquinas eléctricas rotativas, incluyendo tanto motores eléctricos monofásicos como trifásicos, por lo tanto, se vuelve indispensable la implementación de guías para la reparación de motores eléctricos que contribuyan a mantener o mejorar el rendimiento original de dichos motores eléctricos

Figura 6.

Potencial competencia para RC INGELEC.



Nota: El gráfico representa la competencia de la empresa RC INGELEC. Fuente:

(SERCOP, 2023).

Para tomar una referencia de las empresas que pueden dedicarse al servicio de mantenimiento de motores eléctricos en la provincia de Cotopaxi se toma como punto de partida los datos de los proveedores registrados en la página oficial del SERCOP que asciende a 8.600 personas naturales y jurídicas que mantienen algún tipo de actividad económica en la provincia de Cotopaxi, sin embargo, de este valor que se puede apreciar en la **Figura 6.**, únicamente se toma en consideración un porcentaje de 1% de posibles competencias obteniendo 86 posibles empresas o personas naturales que puedan realizar el servicio de mantenimiento de motores.

Es importante mencionar que las pérdidas técnicas de energía producidas en los motores eléctricos localizadas en el núcleo de hierro al silicio tanto del rotor y estator aumenta cuando se daña el aislamiento existente entre cada una de las láminas de hierro al silicio que forma el núcleo, este daño es provocado cuando el núcleo es quemado a una temperatura sumamente alta, por lo tanto, la separación entre las placas de hierro aumenta ocasionando un aumento de la corriente de histéresis reduciendo el rendimiento de esta máquina eléctrica. Esto se entiende que en procesos de reparaciones de motores eléctricos no es recomendable la utilización de una temperatura fuerte para limpiar el núcleo pues esto origina una reducción del rendimiento de la máquina eléctrica (Guía para la reparación de motores eléctricos trifásicos, 2019).

Marco teórico

Estandarización de procesos

La estandarización es una secuencia sistematizada de un determinado proceso que consiste en seguir la ejecución lógica y precisa de un grupo de ordenes hasta llegar a la ejecución de tareas. (Güiza Sánchez, 2018)

Numerosas ventajas resultan de la estandarización de procesos, incluyendo:

- Proporciona una forma de medir el rendimiento.
- Establecimiento de las principales políticas de la empresa.
- Proporciona un plan para mantener y mejorar el desempeño operativo.
- Proporciona una base para el diagnóstico y la revisión.
- Reduce el margen de error.
- Garantiza la seguridad, ya que al eliminar elementos no requeridos en la estación de trabajo y establecer pautas de seguridad, se erradican las condiciones laborales inseguras.
- Reduce el tiempo de ciclo de cada operación y equilibra la carga de trabajo, lo que permite aumentar la velocidad de producción y ganar en productividad al liberar horas de trabajo.

Motor eléctrico.

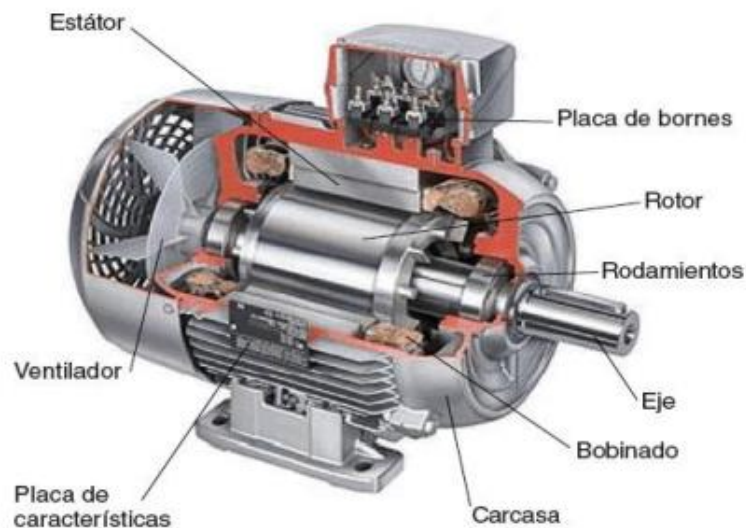
La existencia de varios modelos de motores eléctricos y la constante aparición de nuevas marcas y modelos cada vez más eficientes relacionados con el avance tecnológico, plantean la interrogante de clasificar, y establecer los componentes que conforman los motores. (Ponce Villavicencio & Campoverde Reasco, 2019)

1. La carcasa es el elemento que encierra las partes internas y externas del motor.
2. El inductor es aquella parte del motor que consta de un grupo apilado de chapas magnéticas conocido comúnmente como núcleo de hierro; sobre este núcleo de hierro se enrollan espiras de alambre conocido comúnmente como bobinados que depende del tipo de motor que bien puede ser monofásico o trifásico, este elemento siempre esta fija y unida a la carcasa.

3. El inducido o también conocido con el nombre de rotor, consta de una serie apilada de chapas magnéticas las cuales forman el núcleo del rotor; en ellas se albergan las espiras de alambre de Cu recubierto de estaño que forman el bobinado del rotor, la unión del grupo de chapas magnéticas y el enrollado de cable forman la parte móvil del motor, es decir, el rotor del motor. (Ponce Villavicencio & Campoverde Reasco, 2019) En la **Figura 7.**, se puede apreciar a cada uno de elementos eléctricos de un motor de corriente alterna tipo jaula de ardilla disponibles y utilizados con más frecuencia en las industrias.

Figura 7.

Partes del motor eléctrico.



Nota: la figura muestra las partes principales del motor eléctrico. Fuente: (ABB, 2023).

Motor con rotor de devanados

Un motor que posee un rotor devanado es aquel que contiene un núcleo de hierro similar al núcleo del estator, es decir, en rotor tiene ranuras similares a las ranuras del estator, sus ranuras

de hierro están distribuidas equitativamente en todo su diámetro exterior y generalmente están conectadas en estrella (Y) con 3 conductores; sus extremos están conectadas sus respectivos anillos colectores o también llamados anillos rasantes que para motores trifásicos son tres y para monofásicos dos y que además deben girar al simultaneo del rotor del motor. (Hernández Angeles, 2019) Por lo tanto, este tipo de motor posee dos núcleos a los cuales se les debe realizar el mantenimiento correctivo procurando proporcionar una limpieza total de los residuos de esmalte, oxido y material aislante del bobinado dañado; ya sea del núcleo del rotor y estator para garantizar el trabajo de mantenimiento correctivo de esta máquina eléctrica rotativa y evitar el envejecimiento prematuro de los nuevos bobinados.

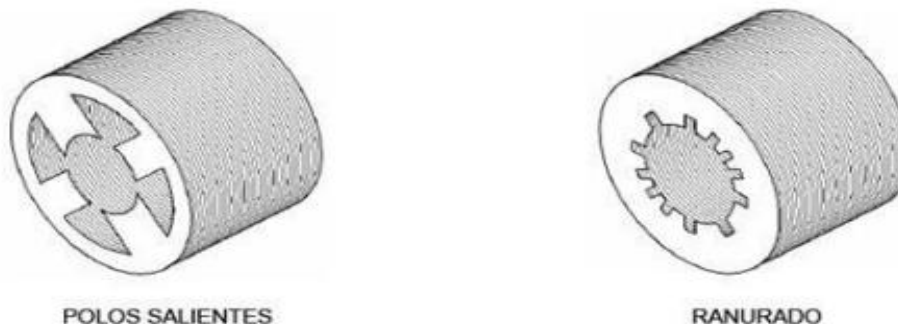
Núcleo de hierro del estator

El núcleo de hierro es la parte fija del motor y que además está unida a la carcasa del motor, por el núcleo de hierro circula un flujo magnético que varía de polaridad sucesivamente haciendo posible la rotación del eje del motor o también llamado rotor, el núcleo de hierro de los motores eléctricos están contruidos de una serie de láminas de acero al silicio que son colocados uno sobre otro, dentro de las ranuras del núcleo se ubican las espiras de cobre comúnmente denominadas bobinas, estas bobinas siempre son distribuidas en pares para formar los polos magnéticos norte y sur respectivamente, también se debe mencionar que dependiendo del número de pares de bobinas el motor reflejara su velocidad. (Gutiérrez Argueta & Morán Gil, 2018)

En la práctica existen dos tipos de núcleos que son conocidos como núcleo o estator tipo polos salientes y el núcleo o estator ranurado; como se muestra en la **Figura 8**.

Figura 8.

Tipos de núcleos de motores eléctricos.



Nota: La figura muestra los tipos de núcleos de motores eléctricos. Fuente: (Gutiérrez Argueta & Morán Gil, 2018)

Importancia del núcleo en los motores

Dentro de las causas para el incremento de pérdidas técnicas en el núcleo es la aplicación excesiva de presión al núcleo del estator, es decir, si el diámetro donde va instalado el núcleo es menor al diámetro exterior de este. Otra causa de incremento de pérdidas técnicas se produce cuando se debilita el aislamiento inter-laminar existente entre las láminas de hierro al silicio que forman el núcleo del rotor y estator respectivamente, generalmente provocado por un exceso de temperatura en el núcleo. (Guía para la reparación de motores eléctricos trifásicos, 2019)

La calidad de las láminas del núcleo se ve afectada por los siguientes elementos:

- Variar su forma física y disminuir la dureza del núcleo.
- Daños relacionados con fallas.
- Degrada el material aislante de las capas del núcleo.
- Proceso de mal secado del motor en el horno produce daños.
- Mala limpieza del núcleo durante la extracción de las espiras de las bobinas de cobre.

- Utilización de herramientas inadecuadas en el proceso de pulido y limado en cualquier zona.

Fallas más comunes en los motores eléctricos

Las fallas típicas que se puede describir dentro de la vida de funcionamiento de un motor eléctrico son fallas en los rodamientos, provocados por un eje del rotor dañado, otra falla que suele presentarse es el corto circuito entre las fases mismas que son originadas por el desgaste del aislante del conductor de alimentación, el deterioro térmico provoca también fallas en el estator como es el corto circuito de las bobinas de arranque y trabajo y finalmente se puede mencionar la falla en los circuitos de alimentación. (Gutiérrez Argueta & Morán Gil, 2018)

Las fallas anteriormente descritas forman parte de los motores en la industria ecuatoriana mismo que podrían reducirse con un plan adecuado de mantenimientos como son el mantenimiento preventivo y predictivo mejorando la confiabilidad del funcionamiento de la máquina eléctrica. (Gutiérrez Argueta & Morán Gil, 2018)

Fuentes de contaminación

Entre las principales fuentes de contaminación de los motores eléctricos, primero encontramos las grasas y aceites que provienen del sistema de producción, como fugas de engranajes y cañerías, así como fugas de los propios rodamientos. Estas sustancias reducen la resistencia de los materiales aislantes de la máquina eléctrica, especialmente en las bobinas de trabajo y arranque. Otro agente de contaminación que se encuentra comúnmente presente es el polvo y la suciedad, como restos de fibras, cemento, residuos de insectos, entre otros.

Además, es posible hallar residuos de agentes contaminantes relacionados con la fabricación y reparación o rebobinado del motor. Por último, un motor también puede contener trazas de humedad y líquidos que provienen de la atmósfera, ya sea debido a las condiciones de operación, como bombas de agua, o a fallos en la carcasa del motor. La combinación de estos factores afecta la resistencia dieléctrica de las espiras de las bobinas de trabajo y arranque. (Motores y Generadores, 2020)

Tipos de mantenimientos

Los diferentes tipos de mantenimientos están enfocados a realizar tareas de corrección, prevención de todo tipo de fallas, es decir, mediante los diferentes tipos de mantenimientos se busca actuar antes de la aparición de un daño que puede ser mínimo o la necesidad de cambiar en la totalidad el elemento dañado, por uno de similares características a las originales, para facilitar un trabajo de mantenimiento se realiza una planificación en el diseño tomando en cuenta la simplicidad y el análisis de mantenimiento que sea universal. (Enríquez Chicaiza, 2023)

Tabla 1

Tipos de mantenimientos.

Tipo de mantenimiento	Descripción
Correctivo	El conjunto de actividades consiste en reparar y reemplazar elementos que se han deteriorado debido al uso, el paso del tiempo o fallos de calidad.
Preventivo	El conjunto de actividades programadas, estas actividades forman parte del mantenimiento preventivo y están diseñadas para anticiparse a posibles

problemas y mantener el funcionamiento óptimo de los elementos o sistemas, minimizando así los fallos y sus consecuencias.

Predictivo Estas actividades implican la observación constante y el análisis de los elementos o sistemas para identificar posibles problemas o anomalías. Cuando se presenta un síntoma de fallo, se toman medidas correctivas en el menor tiempo posible para que se minimicen los impactos negativos.

Nota: En la tabla se puede apreciar los tipos de mantenimientos con su respectiva descripción. Fuente: (Enríquez Chicaiza, 2023).

En la **Tabla 1.**, se muestra los tipos de mantenimiento que se realizan a los diferentes tipos de máquinas eléctricas rotativas (motores), estos mantenimientos son el correctivo, preventivo y predictivo, siendo tema principal de este tema de investigación la aplicación del mantenimiento correctivo con enfoque de la limpieza del núcleo del motor eléctrico.

Limpieza y re-barnizado de bobinados

El bobinado es la parte central de las máquinas eléctricas rotativas como motores y generadores que están formados por alambres de cobre aislados que son los encargados de transportar la corriente eléctrica y producir flujos magnéticos encargados de la generación de campos magnéticos, indispensables para el funcionamiento del motor o generador mismo que puede funcionar mediante corriente alterna o directa.

Además, se puede mencionar que estos componentes están hechos de diferentes materiales y en conjunto forman un sistema con características propias, estos elementos son los conductores que forman las espiras de las bobinas, aislantes que impide el desplazamiento durante la fuerza del campo magnético además que aísla entre si a los grupos de bobinas de

trabajo y arranque y finalmente el núcleos magnéticos de hierro al silicio que es el encargado de albergar las bobinas de arranque y trabajo. (Motores y Generadores, 2020)

Preparación del núcleo de los motores para el rebobinado

Una vez que el equipo eléctrico, en este caso, el motor, ha sufrido un daño grave que requiere servicio de mantenimiento, es necesario eliminar todas las impurezas presentes en el núcleo de hierro al silicio que está unido a la carcasa del motor. Este núcleo debe pasar por una serie de procesos previos a su incorporación que ayudarán a eliminar la suciedad, los residuos de óxido y el material aislante de las bobinas anteriores.

Figura 9.

Rebobinado de motor eléctrico trifásico.



Nota: La figura muestra la reparación de un motor eléctrico trifásico y el ingreso de los bobinados nuevos en las ranuras del estator. (Electrical Apparatus Service Association, Inc., 2020)

Una vez liberados todos los residuos de material dañado o quemado, se reinstalan los pares de bobinas para que el motor eléctrico pueda cumplir con su objetivo principal. Sin embargo, si los nuevos materiales no se instalan apropiadamente, sufrirán daños en un tiempo mínimo, ya que los aislantes son los componentes que más sufren daño debido a la presencia de impurezas. Además, están constantemente sometidos a esfuerzos térmicos, mecánicos, químicos y eléctricos. En la **Figura 9.**, se puede apreciar la fase de rebobinado del estator de un motor eléctrico, donde se observa una limpieza deficiente del núcleo de hierro al silicio. (Motores y Generadores, 2020)

Reglamentos aplicables a motores eléctricos en Ecuador

Mediante la RESOLUCIÓN No. 17 524, el Ministerio de Industrias y Productividad, junto con la Subsecretaría de la Calidad, aprueban y oficializan el REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 145 con carácter obligatorio. Este reglamento técnico detalla las características y el funcionamiento de los motores eléctricos de inducción monofásicos y trifásicos, además de establecer los requisitos de eficiencia energética correspondientes. Su principal objetivo es garantizar la seguridad de las personas y evitar prácticas engañosas para los usuarios. (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2019)

En la **Tabla 2.**, se muestran los dos reglamentos aplicables a las máquinas eléctricas rotativas, como los motores. El primero es el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 145, que se centra en la eficiencia de los motores eléctricos. El segundo, el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 094, aborda la eficiencia en bombas y conjuntos de motor-bomba. Es importante destacar que estos reglamentos se han establecido con carácter obligatorio.

Tabla 2*Reglamentos relacionados con la eficiencia de motores eléctricos en Ecuador.*

Ítem	Reglamento	Descripción	¿Qué tiene?	Productos a los que aplica	Restricciones vigentes
1	RTE INEN 094	EFICIENCIA ENERGÉTICA DE BOMBAS Y CONJUNTO MOTOR-BOMBA, PARA BOMBEO DE AGUA LIMPIA, EN POTENCIAS DE 0,187 kW A 0,746 kW Y ETIQUETADO	Establece los niveles mínimos de eficiencia energética que deben cumplirse para las bombas y los valores máximos de consumo de energía.	Bombas y conjunto motor-bomba que utilizan motores monofásicos de inducción tipo jaula de ardilla, para manejo de agua.	Se permite únicamente la comercialización de bombas de agua para uso doméstico que cumplan con los rangos mínimos de eficiencia térmica.
2	RTE INEN 145	EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS	Establece los requisitos de eficiencia energética	Motores eléctricos de inducción: de corriente alterna,	Certificado de conformidad de origen, Sello de Calidad INEN o Certificado

nominal de los motores eléctricos.	monofásicos, tipo jaula de ardilla. De corriente alterna trifásicos, jaula de ardilla, de velocidad única.	de Conformidad INEN.
------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------

Nota: La tabla muestra los reglamentos relacionados con la eficiencia en motores y motor-bomba en Ecuador. Fuente: (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2019).

Normativa aplicable a motores eléctricos en Ecuador

En Ecuador, en el año 2009, el Instituto Ecuatoriano de Normalización emitió la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 498:2009, que es la única normativa relacionada con la eficiencia energética en motores eléctricos estacionarios. Esta normativa establece los valores nominales y mínimos de eficiencia energética asociados a motores eléctricos estacionarios, tanto monofásicos como trifásicos, así como las características de la etiqueta informativa. Es importante destacar que esta norma sigue en vigencia hasta la fecha.

En la **Tabla 3.**, muestra la normativa aplicable a máquinas eléctricas rotativas, como los motores, a través de la NTE INEN 2498:2009, que fue emitida en junio de 2009. Sin embargo, esta normativa se expidió con carácter voluntario.

Tabla 3

Normativas relacionados con la eficiencia de motores eléctricos en Ecuador.

Ítem	Normativa	Descripción	¿Qué tiene?	Control
1	NTE	EFICIENCIA	Establece los valores de	Motores
	INEN	ENERGÉTICA EN	eficiencia energética	eléctricos
	2498	MOTORES	nominal y mínima asociada,	estacionarios
		ELÉCTRICOS	y las características de la	monofásicos y
		ESTACIONARIOS.	etiqueta informativa en	trifásicos
		REQUISITOS	cuanto a la eficiencia	
			energética de los motores	
			eléctricos estacionarios	
			monofásicos y trifásicos	

Nota: La tabla muestra la norma en motores en Ecuador. Fuente: (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2019).

Antecedentes

La empresa RC INGELEC ubicada en el sector de LASSO, inicia sus actividades el 3 de febrero de 1998, y fue fundada por Manuel Guillermo Quinatoa Toapanta, dentro de las principales actividades económicas que ofrece la empresa se tiene: el diseño, construcción y planificación de redes eléctricas aéreas y soterradas. Además, se brinda el servicio de automatización y de control industrial a varias empresas locales y nacionales. Finalmente, la organización ofrece el mantenimiento preventivo y correctivo de transformadores, generadores y motores eléctricos. Tomando en cuenta el servicio de mantenimiento correctivo relacionado con el rebobinado de motores eléctricos en la empresa RC INGELEC, se debe mencionar el pobre e

ineficiente grado de limpieza aplicado en el proceso de extracción del bobinado dañado y la posterior preparación del núcleo magnético para volver a rebobinar o renovar las bobinas dañadas en el núcleo de hierro al silicio por el nuevo grupo de bobinas o espiras de cobre. La técnica empleada en el área de mantenimiento de la empresa RC INGELEC en la actualidad es verificar si la máquina eléctrica ha sido rebobinada anteriormente o no; posteriormente se procede a contabilizar el número de espiras de cada grupo de bobinas y también se registra el calibre de conductor utilizado. Sin embargo, para retirar el bobinado se utilizan herramientas manuales y también calor no controlado como la suelta autógena con la cual se consigue retirar el material aislante para facilitar el desprendimiento de los conductores de cobre aislado y liberar las espiras de cobre dañado, para el retiro del grupo de bobinas dañadas inicialmente se realizan cortes en las partes superiores de cada una de las bobinas con el propósito de abrir las espiras de cobre y facilitar su extracción con la ayuda de herramientas manuales, una vez retirado la totalidad de las espiras de cobre se procede con la preparación del núcleo hierro, es decir, la limpieza total del núcleo magnético al silicio con el objetivo de crear las condiciones favorables de limpieza para aislar y preparar las superficies de las ranuras del núcleo de hierro para ingresar los nuevos grupos de bobinas de trabajo y arranque.

Durante el proceso de rebobinaje de motores eléctricos es necesario realizar el diagnóstico respecto al estado del núcleo ubicado en el estator y rotor dependiendo del tipo de máquina eléctrica la prueba empleada para establecer el estado del núcleo magnético es la prueba loop test, o también las pruebas de imperfecciones electromagnéticas conocidas como mediciones de flujo de dispersión, ELCID. Un núcleo magnético es aceptable mientras se encuentre con un margen de 5% del nivel de flujo magnético comparado con el bobinado retirado cualquier valor superior muestra indicios de puntos calientes, es decir, el núcleo magnético

presenta daños, en la actualidad la empresa RC INGELEC no realiza ningún tipo de prueba al núcleo magnético existiendo una gran probabilidad de provocar daños al núcleo magnético por la limpieza de esta parte del motor eléctrico con la ayuda de la suelda autógena; ya que no se tiene ningún tipo de control durante la aplicación de este medio de limpieza. Las láminas que muestren signos de daño deben repararse o reemplazarse. (Electrical Apparatus Service Association, Inc., 2020)

Sin embargo, en la empresa RC INGELEC, actualmente, la limpieza del núcleo del bobinado dañado se realiza aplicando calor sobre las bobinas de cobre y el núcleo magnético con soldadura autógena, pero este proceso no se controla adecuadamente, lo que posiblemente provoca puntos calientes en las ranuras del núcleo magnético donde se alojan los bobinados. Esto incrementa las pérdidas técnicas en el hierro, reduciendo su eficiencia y aumentando la probabilidad de averías tempranas en algunos motores eléctricos rebobinados en RC INGELEC.

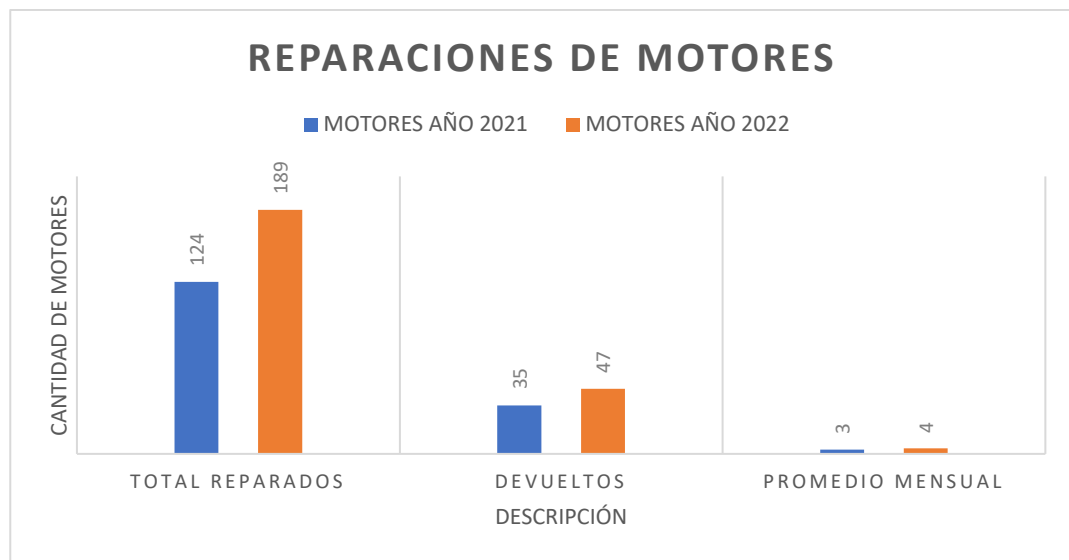
Otro aspecto importante a mencionar es que una mala reparación de motores eléctricos disminuye significativamente su rendimiento, lo que afecta directamente a las metas de las industrias. Un motor menos eficiente consume una mayor cantidad de energía eléctrica. Por lo tanto, según el reglamento RTE INEN 145, estos motores eléctricos no serían adecuados para su operación en las industrias, de acuerdo con el plan nacional de eficiencia energética propuesto por el estado ecuatoriano para el período comprendido entre 2016 y 2035.

Además, es relevante señalar las devoluciones de motores eléctricos reparados en RC INGELEC que han presentado fallas antes de lo previsto. Aunque las herramientas manuales y la soldadura autógena utilizadas en la empresa ayudan a eliminar residuos de aislante, óxido y otras impurezas antes del servicio de rebobinado, el cambio brusco de temperatura en el núcleo de hierro al silicio puede dañarlo y debilitar el material aislante, aunque esto sea imperceptible a

simple vista. Este es el único método utilizado en RC INGELEC para evaluar el estado del núcleo magnético de los motores reparados, ya que actualmente la empresa no cuenta con herramientas o equipos calificados para realizar reparaciones de manera tecnificada. Además, no se pueden detectar puntos calientes que reducen el rendimiento del motor eléctrico. La falta de control del estado de las chapas magnéticas que componen el núcleo magnético puede provocar un aumento en las pérdidas técnicas y, por ende, afectar el rendimiento del motor eléctrico si el núcleo magnético presenta puntos calientes

Figura 10.

Cantidad de motores con fallas año 2021 y año 2022.



Nota: La figura muestra los motores con fallas de los años 2021 y 2022. Fuente: RC INGELEC.

Otro aspecto a destacar en la empresa RC INGELEC es la inexistencia de un proceso estandarizado para ejecutar el rebobinado de Motores Eléctricos lo cual ha provocado devoluciones de motores eléctricos reparados y por ende pérdidas económicas, en la **Figura 10.**,

se puede apreciar la cantidad de motores que presentaron algún tipo de inconformidad después del proceso de reparación de la máquina eléctrica.

En el año 2021 se observa que existió 124 reparaciones de motores con un registro de 35 devoluciones por fallas tempranas lo cual representa un 28,22% del total reparado en ese año obteniendo un promedio mensual de 3 motores; mientras que en el año 2022 se realizó 189 reparaciones de motores eléctricos de los cuales se tiene un registro de devoluciones de 47 motores que representa un 24,87% del total de motores reparados con una media mensual de 4 motores; es decir, si se compara los años 2021 y 2022 se puede notar que en el año 2022 se realizó un incremento de reparaciones de 52,41% equivalente a 65 motores, mientras que si se compara las devoluciones en función al valor total reparado en los años 2021 y 2022 se tiene que existió una reducción 3,35% a pesar que las devoluciones se incrementaron en 12 motores en comparación al año 2021. Por lo antes expuesto, la empresa tuvo que responder con la garantía correspondiente ocasionando pérdidas económicas.

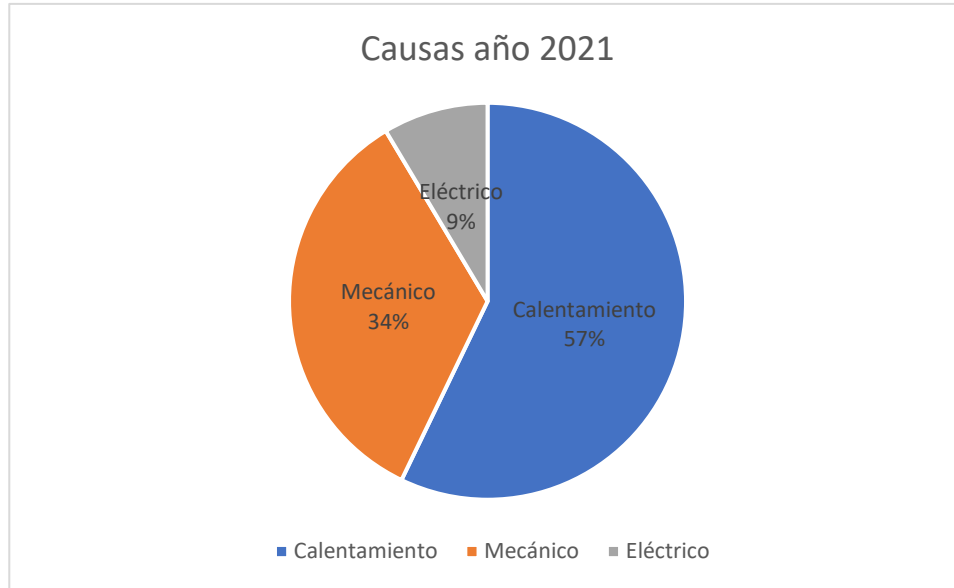
Con estos antecedentes, se puede afirmar que actualmente, algunos de los motores que han sido reparados y devueltos a la empresa RC INGELEC no cumplen con los reglamentos RTE INEN 094 y RTE INEN 145, que son de cumplimiento obligatorio, ni con la norma voluntaria vigente NTE INEN 2498. Estos reglamentos y normas se aplican a la eficiencia de motores eléctricos y bombas en las industrias, como se establece en el plan nacional de eficiencia energética propuesto por el estado ecuatoriano para el período comprendido entre 2016 y 2035.

Esta situación obliga a la empresa RC INGELEC a implementar alternativas que le permitan ofrecer un servicio de reparación de motores eléctricos de alta calidad. El objetivo es garantizar a los clientes que las máquinas eléctricas reparadas funcionen con la misma eficiencia

que tenían en su construcción inicial. Esto implica la necesidad de llevar a cabo un proceso de limpieza del núcleo magnético que cumpla con las normas estandarizadas

Figura 11.

Causas de fallas de motores rebobinados en RC INGELEC año 2021.



Nota: La figura muestra las causas presentadas en los motores con fallas en el año 2021.

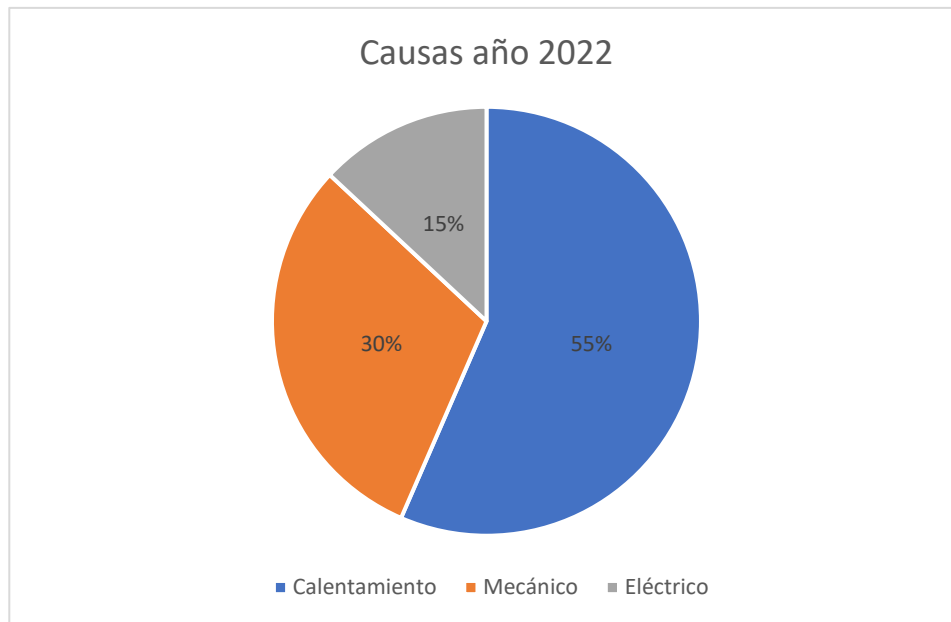
Fuente: RC INGELEC.

En la **Figura 11.**, se puede apreciar las principales causas que presentaron en los motores devueltos en el año 2021 donde el calentamiento excesivo de los motores en un periodo menor a 6 meses que está relacionado directamente con el bobinado y daños en el núcleo magnético del motor representó un porcentaje de 57% equivalente a 20 motores eléctricos del total de los motores que fueron 35 en el año 2021, posteriormente se puede apreciar el problema mecánico que representa un 34% que significa 12 motores esta causa está relacionada al mantenimiento de rodamientos los cuales no fueron cambiados por el cliente únicamente se colocó grasa en el interior de los rodamientos y en otros casos fue el incremento de polvo dentro del área de trabajo

del motor, y finalmente, un 9% equivalente a 3 motores que está relacionado con cambio de giro de motor que el cliente necesitaba modificar o pequeñas desajustes en los terminales.

Figura 12.

Causas de fallas de motores rebobinados en RC INGELEC año 2022.



Nota: La figura muestra las causas presentadas en los motores con fallas en el año 2022.

Fuente: RC INGELEC.

En la **Figura 12.**, se puede apreciar las principales causas que presentaron en los motores devueltos en el año 2022 donde el calentamiento excesivo en un periodo menor a 6 meses que está relacionado directamente con el bobinado y fallas en el núcleo del motor representaron un porcentaje de 55% equivalente a 26 motores eléctricos del total de los motores que fueron 47 en el año 2022, posteriormente se puede apreciar el problema mecánico que representa un 30% conformado por 14 motores, esta causa está relacionada al mantenimiento de rodamientos los cuales no fueron cambiados por el cliente únicamente se colocó grasa en el interior de los

rodamientos y en otros casos fue el incremento de polvo dentro del área de trabajo del motor, y finalmente, un 15% conformado por 7 motores que está relacionado con cambio de giro de motor que el cliente necesitaba modificar o pequeños desajustes en los terminales.

Justificación

Este estudio de investigación es de gran **importancia** para la organización, ya que, a través de la implementación de los hallazgos derivados de este trabajo, se podrá contar con un procedimiento para lograr un trabajo estandarizado referente a la limpieza del núcleo de hierro al silicio en motores eléctricos encaminado al perfeccionamiento del servicio de rebobinado y reparación que ofrece la empresa RC INGELEC, además que contribuye con la creación de la primera guía de procedimientos de reparación de motores eléctricos trifásicos que impulsara a la industria a cumplir con los reglamentos RTE INEN 1094 Y RTE INEN 145 obligatorios y la norma NTE INEN 2498:2009 voluntaria.

El **impacto** que presenta la investigación concerniente a la estandarización de la limpieza de los núcleos de motores eléctricos se verá reflejado directamente en la disminución del número de devoluciones de motores rebobinados que regresan a la organización con posterioridad a su entrega a los clientes, por no cumplir con todos los atributos que requiere el caso y, en una mayor satisfacción de los mismos, además que el poseer una guía de procedimientos para reparación de motores eléctricos trifásicos puede servir para otras organizaciones dedicadas a reparar motores eléctricos a tecnificar sus procesos con eficiencia y aportar con el plan nacional de eficiencia energética propuesto por el estado ecuatoriano para el periodo comprendido entre el 2016 y 2035.

La investigación se valora enormemente en términos de **utilidad** para la organización, ya que proporciona un procedimiento para estandarizar de manera efectiva el proceso de limpieza de núcleos de motores eléctricos, la misma podrá mejorar sus indicadores de producción, aspirar a una certificación nacional de calidad, lo cual redundaría en una mejor ubicación en el mercado y la competencia.

Los **beneficiarios** de la presente investigación serán: en primer lugar, la organización al poder contar con un procedimiento destinado a la estandarización del proceso de limpieza de núcleos de motores eléctricos y, en segundo lugar, las instituciones y personas que soliciten un servicio de rebobinado para motores eléctricos a la empresa RC INGELEC, se podrán garantizar los estándares de calidad requeridos en los reglamentos RTE INEN 1094 Y RTE INEN 145 obligatorios y la norma NTE INEN 2498:2009 voluntaria.

La investigación se considera **factible** para su realización, pues existe una total disposición de la alta dirección para iniciar, brindando todas las facilidades que requiere el caso. Además, se cuenta con la Guía mexicana de reparación de motores eléctricos trifásicos que está basado en normas internacionales como la IEEE, IEC, NEMA, EASA y cumple a satisfacción con todos los estándares exigidos a nivel mundial. Se opta por elegir la guía mexicana de reparación de motores trifásicos puesto que la norma ecuatoriana Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2859-1 está basada en dos normas mexicanas como es la Norma Oficial Mexicana NOM-014 y Norma Oficial Mexicana NOM-016 enfocados a la eficiencia de motores eléctricos monofásicos y trifásicos respectivamente ver **ANEXO 9**. Se debe destacar que en el Ecuador en la actualidad no existe una guía con procedimientos encaminados a una reparación de motores eléctricos trifásicos, además que norma antes mencionada en el Ecuador es voluntaria, sin embargo, según el plan nacional de eficiencia energética propuesto por el estado ecuatoriano

para el periodo comprendido entre el 2016 y 2035 hace necesario la implementación de procedimientos que promuevan una tecnificación de reparación de motores eléctricos.

Objetivo

Objetivo general

Estandarizar el proceso de limpieza del núcleo en motores eléctricos trifásicos, mediante una revisión de normas destinadas al rebobinado de los mismos, para disminuir el índice de devoluciones a la empresa.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del proceso de limpieza de núcleos de motores eléctricos trifásicos, mediante la aplicación de herramientas de Ingeniería Industrial para conocer las oportunidades de mejora dentro de la organización.
- Seleccionar la norma adecuada destinada a la limpieza de núcleos de motores eléctricos trifásicos, mediante una revisión bibliográfica, para la estandarización del proceso y la reducción de devoluciones.
- Elaborar una guía de procedimiento del proceso de limpieza de núcleos de motores eléctricos trifásicos, mediante la aplicación de la Guía Mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos para incrementar la calidad en el rebobinado de los motores eléctricos.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DE PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

La empresa RC INGELEC fue creada el 3 de febrero de 1998 por Manuel Guillermo Quinatoa Toapanta; actualmente cuenta con un recorrido en el mercado nacional de 25 años, son 9 personas que forman parte del personal administrativo y operativo, distribuidos de la siguiente manera: el gerente general, secretaria, encargada de ventas y recepción de productos, contadora, residente eléctrico, supervisor de área operativa y tres maestros técnicos eléctricos. La organización se encuentra situada en el sector de Lasso, cuenta con un edificio propio.

La empresa RC INGELEC en el año 2021 se fusiona con la empresa SEIEL que pertenecía al Ing. Paul Quinatoa hermano del gerente de RC INGELEC con el objetivo de potenciar el trabajo y consolidar de mejor forma el desarrollo de las empresas, de esta manera RC INGELEC sigue funcionando con la fusión de SEIEL.

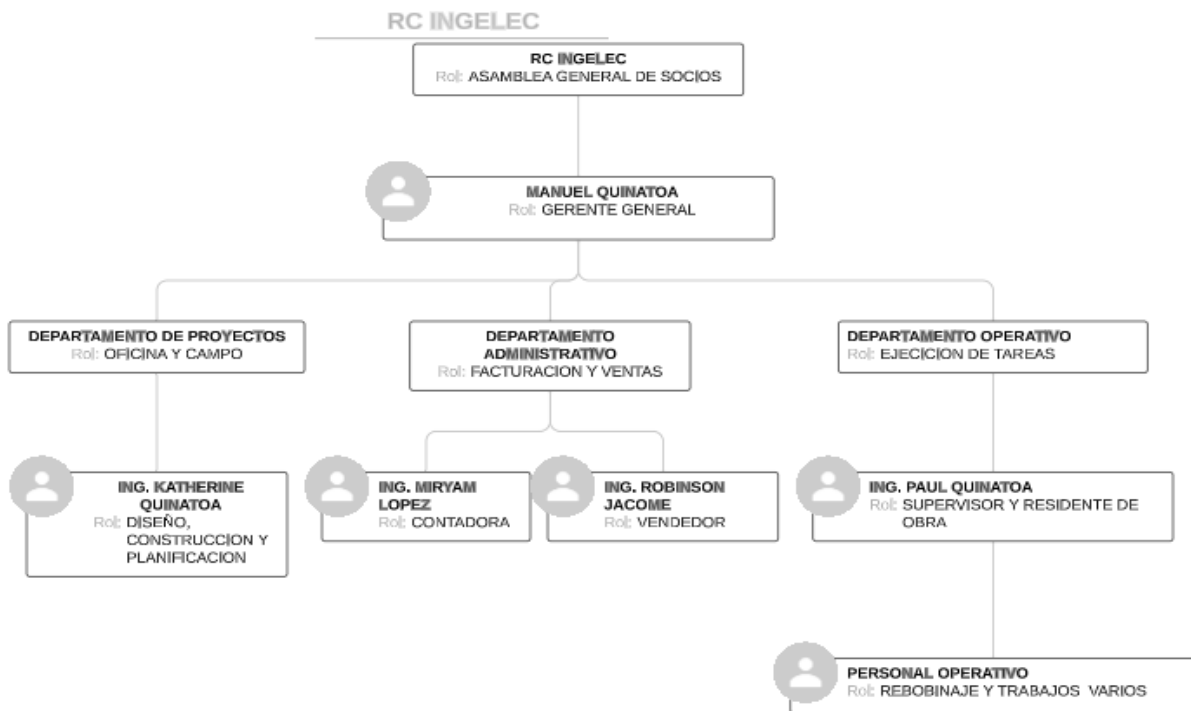
En la actualidad la empresa RC INGELEC está orientada a la prestación de servicios profesionales que forman parte del sector eléctrico y cubren con su trabajo a nivel nacional, los servicios que ofrecen es la venta de material eléctrico, material de riego y suministros varios relacionados a la automatización y control; también la empresa RC INGELEC ofrece los siguientes servicios en el área de ingeniería de proyectos como es el diseño, la construcción y la planificación de sistema eléctricos de potencia en los niveles de alto, medio y bajo voltaje; también ofrecen el servicio de automatización y control industrial a varias empresas de la provincia de la Cotopaxi. La empresa RC INGELEC también realiza trabajos de mantenimientos

preventivos y correctivos tanto en sector público y privado relacionados a la automatización y control, reparación de motores y generadores.

En la **Figura 13.**, se muestra el diagrama organizacional de la empresa RC INGELEC, donde el Gerente General el Ing. Eléctrico. Manuel Quinatoa.

Figura 13.

Estructura organizacional de RC INGELEC.



Nota: la figura muestra la estructura organizacional de RC INGELEC. Fuente: RC INGELEC.

Para identificar los principales problemas presentes en el proceso de rebobinado de motores eléctricos llevado a cabo dentro de la empresa RC INGELEC se procede con el respectivo levantamiento de información en las oficinas, también se efectuaron entrevistas al gerente general Ing. Manuel Quinatoa que consta en el **ANEXO 3** y al encargado del área de

mantenimiento y rebobinado Ing. Paul Quinatoa que consta en el **ANEXO 4** en los cuales se obtuvieron los siguientes puntos problemáticos que se detallan a continuación.

- Falta de control de registro de información.
- Ausencia de un sistema adecuado de registro de datos técnicos de motores rebobinados.
- Falta de un modelo estandarizado para limpieza de núcleos magnéticos.
- Falta de procedimientos para verificar el estado del núcleo magnético.
- Sistema de registro manual de ficha técnicas de motores ingresados sin respaldo digitales.
- Uso de herramientas manuales y uso de suelda autógena.
- No disponen de un registro de clientes.

Falta de control de registro de información

Mediante los datos recopilados en la empresa RC INGELEC y las encuestas realizadas en los **ANEXO 3** y **ANEXO 4** respectivamente, se pudo evidenciar la falta de control y un mal manejo de almacenamiento adecuado de las hojas de registro correspondientes al servicio de mantenimiento de rebobinado, ya que al ser una empresa familiar no se aplican las exigencias correspondientes para llevar un adecuado registro de los datos de los motores ingresados al área de rebobinado, a esto se debe sumar la ausencia de un plan de control que incluyan tareas y responsabilidades para cada uno de los integrantes de la organización. Además, se debe recalcar que del total de reparaciones realizadas en la empresa RC INGELEC en los años 2021 se perdieron los registros de las fichas técnicas de 35 del total de 124 reparaciones de ese año y que equivalente al 28,22% de información general, mientras que en el año 2022 las fichas técnicas

extraviadas fueron 13 de las 189 reparaciones realizadas y representan un 6,88% de la cantidad total.

Tabla 4

Detalle de fichas técnicas de reparación de motores.

Reparaciones	Fichas 2021		Fichas 2022	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Registros existentes	89	71,78%	176	93,12%
Registros extraviados	35	28,22%	13	6,88%
Total	124	100,00%	189	100,00%

Nota: La tabla muestra el total de fichas técnicas de reparaciones de motores eléctricos existentes de los años 2021 y 2022. Fuente: RC INGELEC.

Ausencia de un sistema adecuado de registro de datos técnicos de motores rebobinados

En la actualidad la empresa viene llevando a cabo un registro de los datos técnicos en hojas simples, que en la mayoría de los casos no se llena con precisión, conjuntamente se debe mencionar que en la fusión de la empresa del Ing. Manuel Quinatoa y Ing. Paul Quinatoa se presentaron problemas en el registro de información, pues ambas disponían de modelos diferentes de registros originando vacíos. Se pudo apreciar el desinterés de efectuar el registro de la información técnica de los motores reparados que a su vez también puede ser consecuencia de exceso de confianza y/o falta de capacitación a los trabajadores que tenían un sistema de trabajo diferente con respecto al nuevo establecido por la fusión.

De todos los registros existentes de información de los años 2021 y 2022, se puede apreciar en la **Tabla 5.**, que la gran mayoría de las fichas de reparación de motores eléctricos no tienen la información completa, únicamente se tiene un porcentaje estimativo de 43,82% con una

información mínima del año 2021 mientras que en el año 2022 se tuvo un valor de 50,57%, dejando un gran margen de vacíos en el momento de afrontar una queja de un cliente.

Tabla 5


Detalle de información llenada en las fichas de reparación de motores.

Información de fichas técnicas de reparación de motores	Fichas 2021		Fichas 2022	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Mínima	39	43,82%	89	50,57%
Sin información	50	56,18%	87	49,43%
Total	89	100,00%	176	100,00%


Nota: La tabla muestra la validación de la información de hojas llenadas de los motores reparados en RC INGELEC en los años 2021 y 2022. Fuente: RC INGELEC.

Figura 14.

Diferentes modelos de registro de datos de motores rebobinados.



INGENIERÍA ELÉCTRICA
Redes Eléctricas: Diseño, Construcción, Planificación
Máquinas Eléctricas: Reparación, Mantenimiento
Automatización y Control: Diseño, Construcción



SEIEL
HOJA DE DESMONTAJE

HOJA DE DESMONTAJE	
No: 41622	DATOS DE PLACA
CLIENTE: Fabian Viqueza	QPM/VA/C/VW S RPM 1795 1060
MARCA: Flyer 10	VOLT: 220 - 440 AMP: 22 - 11
Fecha de ingreso: 09-01-2021	SERIE MOD.
Recibido por: H.L.	TIPO: AIL FRAM SERV EXC
	CONEXIÓN DE INGRESO: 320 U
REVISION EXTERNA	
M El eje etc	M Carcasa
O Jarnes Completos	O Tapas
T Soporte Elevador	T Contratapa Delantera
O Contratapa Delantera	O Expansor delantero
R Tapas Posterior	R Tapas posterior ajuste
R Contratapa Poster	R Expansor Posterior
Poles	P Ajuste delantero
J Chaveta	J Ajuste Posterior
F Flecha	F Rodamiento Delant. No. 6205
E Tapas Ventilador	E Ratemador Delantero
N Seguro Ventilador	N Ratemador Posterior
F Chaveta Ventilador	F Pastillas
D/INT	D/INT
R Condensador Arranque	R Condensador trabajo
I Condensador	I Otros:
REPLUESTOS	
C Caja de Bornea	C Caja de Bornea
B Bornea	B Bornea
RESPONSABLES	
Desmontado por: S.V.	
Ensamblado por: X.V.	
Prohibido por:	

HOJA DE DESMONTAJE		DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	
CLIENTE: NUNTA GR	FABRICANTE: CIP	MOTOR	✓
FECHA: 15/03/2022	POTENCIA: 2 HP	ESTATOR PRINCIPAL	
RECIDIO POR: P.O.	VOLTAJE: 220-230-440	ROTOR PRINCIPAL	
TRABAJO SOLICITADO	CORRIENTE: 1.80 - 4.73 - 3.92	BOBINA	✓
REBOBINAJE	✓ VITA, SERVO, OTROS:	GENERADOR	
REPARACIÓN PARCIAL	FRAM:	TRANSFORMADOR	
BALANCEO	N° SERIE:	CAMPO EXCITATRIZ	
COBROS DESMONTAJES	MODELO:	ROTOR EXCITATRIZ	
TRABAJO EN SITIO	TIPO:	MAQUINA HERRAMIENTA	
MANTENIMIENTO	FRECUENCIA: 60	OTRO:	
OBSERVACIONES:			
Desmontado por: S.V.	Fecha:	Montado por:	Fecha:
Partes			
1 Estator	10 Graseo posterior	Partes	
2 Rotor	17 Chaveta delantera		
3 Tapas delantero	18 Chaveta posterior		
4 Tapas posterior	19 Polea		
5 Rodamiento delantero 6205	20 Anillos		
6 Rodamiento posterior 6205	21 Portacarbonos		
7 Contratapa delantera	22 Carbones		
8 Contratapa posterior	23 Pape cubierte		
9 Anillo presión delantero	24 Bornea		
10 Anillo presión posterior	25 Caja de bornes		
11 Ratemador delantero	26 Tapa caja de bornes		
12 Ratemador posterior	27 Frenos		
13 Ventilador	28 Tuercas		
14 Tapa de ventilador	29 Rondallas		
15 Graseo delantero	30 Tornillos		
Faltantes no considerados en la lista de inventario			
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
Desperfiles visibles / Control de reparaciones			
PARTES AFECTADAS			
1 Carcasa rota	12 Ajuste posterior flojo	21 Sello en mal estado	
2 Tapas delantera rota	13 Eje delantero flojo	24 Pernos rotos	
3 Tapas posterior rota	14 Eje posterior flojo	25 Anillo rota	
4 Ventilador rota	15 Eje soporte flojo	26 Barra rotor dañada	
5 Tapa de ventilador rota	16 Chaveta en mal estado	27 Anillos colectores malos	
6 Bornea dañada	17 Chaveta en mal estado	28 Colector dañada	
7 Tapa de bornes rota	18 Rosca en mal estado	29 Portacarbonos rotor	
8 Caja de bornes rota	19 Ventilador exartrico	30 Carbones dañados	
9 Contratapa delantera rota	20 Pape exartrico	31 Graseos rotos	
10 Contratapa posterior rota	21 Anillo de presión mal	32 Deflector rota	
11 Ajuste delantero flojo	22 Ratemador malo	33 Turbina dañada	
PARTES FABRICADAS			
1	3		
2	4		
3	5		
4	6		
5	7		
6	8		
7	9		
8	10		
9	11		
10	12		
11	13		
12	14		
13	15		
14	16		
15	17		
16	18		
17	19		
18	20		
19	21		
20	22		
21	23		
22	24		
23	25		
24	26		
25	27		
26	28		
27	29		
28	30		
29	31		
30	32		
31	33		
32	34		
33	35		
34	36		
35	37		
36	38		
37	39		
38	40		
39	41		
40	42		
41	43		
42	44		
43	45		
44	46		
45	47		
46	48		
47	49		
48	50		
49	51		
50	52		
51	53		
52	54		
53	55		
54	56		
55	57		
56	58		
57	59		
58	60		
59	61		
60	62		
61	63		
62	64		
63	65		
64	66		
65	67		
66	68		
67	69		
68	70		
69	71		
70	72		
71	73		
72	74		
73	75		
74	76		
75	77		
76	78		
77	79		
78	80		
79	81		
80	82		
81	83		
82	84		
83	85		
84	86		
85	87		
86	88		
87	89		
88	90		
89	91		
90	92		
91	93		
92	94		
93	95		
94	96		
95	97		
96	98		
97	99		
98	100		

Nota: La figura muestra los diferentes modelos de hojas de registro de datos de motores rebobinados utilizados en RC INGELEC. Fuente RC INGELEC.

En la **Figura 14.**, se muestra las matrices usadas en el registro de los datos técnicos de los motores rebobinados.

Falta de un modelo estandarizado para limpieza de núcleos magnéticos

En la actualidad la limpieza de los núcleos magnéticos dentro del proceso de rebobinaje de motores eléctricos se viene desarrollando de manera empírica, sin la ayuda de un método o sistema estandarizado de limpieza, es decir, se lleva a cabo el proceso integro de rebobinaje sin ningún tipo de protocolo, cabe mencionar que en el país no existe normativa alguna que controle la calidad de un proceso de reparación de motores eléctricos haciendo vital la implementación de procedimientos que ayuden a realizar un trabajo de calidad.

Falta de procedimientos para verificar el estado del núcleo magnético

En la actualidad, la empresa RC INGELEC no cuenta con ningún procedimiento que facilite la realización de un diagnóstico tecnificado para evaluar el estado y la calidad del núcleo magnético. La verificación del estado del núcleo magnético se lleva a cabo únicamente de manera visual una vez que se ha completado el proceso de extracción de los grupos de bobinas. En otras palabras, no se realiza un diagnóstico mediante pruebas térmicas para detectar la presencia de puntos calientes dentro del núcleo magnético. Esto es contrario a lo que establece la normativa internacional EASA_AR100-2020, que es una guía para la reparación de motores eléctricos y que se aplica en la mayoría de los países americanos

A esto se debe mencionar que varias personas llevan a solicitar el servicio de reparación a pequeños talleres que de cierta manera tienen un conocimiento casi nulo acerca del proceso de reparación de motores eléctricos tecnificados, en la **Tabla 6.**, se muestra la información del

estado de los núcleos magnéticos reparados en el año 2021 y 2022 donde se puede apreciar que en el año 2021 el 52,81% de los motores reparados en la empresa RC INGELEC equivalente a 47 motores de los 89 no tenían su bobinado, mientras que para el año 2022 equivale a 94 motores significando en un 53,41% de los motores eléctricos reparados en la empresa que tampoco contaban con su bobinado original, cabe resaltar que es más probable que un motor presente daños en su núcleo magnético si ya tiene una reparación anterior pero que en muchos de los casos el diagnóstico es imperceptible a la vista humana, esta base de datos fue realizada mediante el registro en una base de datos con las fichas técnicas físicas existentes en la empresa RC INGELEC.

De lo anterior expuesto, es más probable que un núcleo presente un mayor grado de daño si lleva algunos trabajos de rebobinado anteriores, haciendo necesario llevar un control estandarizado respecto al manejo de la limpieza del núcleo magnético, antes durante y después del proceso de rebobinado y además que es necesario el diagnóstico técnico del núcleo de hierro con equipos calificados y que garanticen el correcto funcionamiento del núcleo magnético.

Tabla 6

Característica de motores rebobinados en los años 2021 y 2022.

Tipo de bobinado (Original o con reparación previa)				
DESCRIPCIÓN	AÑO 2021		AÑO 2022	
BOBINADO ORIGINAL “SI”	42	47,19%	82	46,59%
BOBINADO ORIGINAL “NO”	47	52,81%	94	53,41%
Total	89	100%	176	100%

Nota: La tabla muestra las características de los bobinados de los motores antes del proceso de reparación en RC INGELEC correspondientes a los años 2021 y 2022. Fuente: RC INGELEC.

Sistema de registro manual de ficha técnicas de motores ingresados sin respaldo digitales

Mediante la transcripción y el escaneo de los datos existentes de los años 2021 y 2022 se pudo constatar otro de los problemas, que está relacionado con la carencia de un sistema de registros para los motores rebobinados, por lo tanto, si una ficha técnica de un motor no es completada o se llega a perder con el transcurso del tiempo un determinado cliente puede solicitar una garantía técnica acusando un mal trabajo de reparación lo cual atraerá contratiempos en la empresa RC INGELEC y por ende pérdidas económicas y la calidad de sus trabajos puede ser cuestionado incluso sin fundamentos.

Uso de herramientas manuales y uso de suelda autógena

Según las entrevistas realizadas al Ing. Manuel Quinatoa y el Ing. Paul Quinatoa en la actualidad para efectuar la limpieza de núcleo magnético se utilizan herramientas manuales como ligas que desgastan el núcleo magnético y al mismo tiempo puede provocar algún tipo de corte en el operador que está efectuando la limpieza; otro aspecto negativo es el uso de la suelda autógena con el cual se calienta en núcleo para liberar los residuos de impurezas, la aplicación de calor no controlado provoca daños en las ranuras del núcleo magnético, lo cual no se considera en la actualidad, al no existir un equipo térmico para verificar el estado inicial y el estado final de los puntos calientes dentro del núcleo magnético provocando de esta manera posible fallas tempranas en los motores rebobinados dentro de RC INGELEC, pues si bien es cierto, algunos motores llegan con procedencia de otros centros de rebobinaje de motores en donde ya el núcleo

magnético fue intervenido con anticipación y vienen con una falla imperceptible al ojo humano, provocando una falla temprana y por consiguiente un mal trabajo de rebobinado.

Otro aspecto negativo de la limpieza utilizando la soldadura autógena es el riesgo que representa para el operador. Este método implica cambios de temperatura para eliminar residuos de material aislante y óxido, lo que podría llevar a que el operador toque accidentalmente el material caliente del núcleo y sufra quemaduras en la piel. Además, el uso de la soldadura autógena para limpiar el núcleo del motor puede reducir su vida útil, ya que las variaciones bruscas de temperatura afectan las propiedades del hierro al silicio, el material del que está hecho el núcleo central del motor eléctrico. En **la Figura 15.**, se puede ver las herramientas empleadas en el proceso de reparación de motores eléctricos en la empresa RC INGELEC.

Figura 15.

Suelda autógena utilizada en la limpieza del núcleo del motor.



Nota: La figura muestra la suelda autógena utilizada en la limpieza del núcleo del motor en la actualidad en la empresa RC INGELEC mismas que aporta calor concentrado y daña los núcleos magnéticos. Fuente: RC INGELEC.

No disponen de un registro de clientes

La carencia de un modelo de registro de una base de datos de la cartera de clientes es otro punto negativo que se pudo evidenciar, si bien es cierto, esto no influye en el desarrollo del trabajo de rebobinado, el contar con una cartera de clientes permitiría realizar una encuesta de satisfacción de los trabajos de rebobinado que puedan ayudar a despejar dudas de un trabajo mal hecho, el cual puede ser provocado por un agente exterior por un mal manejo de la máquina, sobrecarga, corto circuito exterior, etc.

Todos estos antecedentes anteriormente mencionados han venido provocando algunos inconvenientes relacionados a devoluciones de motores y reclamos en varios motores ocurridos en los años 2021 y 2022 respectivamente.

Análisis de problemas en RC INGELEC según base de datos

Con el propósito de analizar los problemas encontrados en las fichas técnicas de reparaciones de motores eléctricos y el deficiente manejo en la limpieza del núcleo magnético, se elabora de una base de datos que permite identificar varios parámetros desconocidos y determinar con precisión la cantidad exacta de reparaciones, el tipo de motores rebobinados y sus respectivas potencias, entre otros aspectos. Actualmente, la empresa RC INGELEC cuenta únicamente con un registro parcial en hojas de registro físicos.

A fin de construir la base de datos, se procede a transcribir la información de las fichas técnicas en un archivo de Excel, además de escanear cada una de ellas, esto permitió establecer parámetros y similitudes en las posibles causas de devoluciones y fallas técnicas presentadas en los motores eléctricos durante los años 2021 y 2022, respectivamente

En el año 2021 se realizaron 124 reparaciones de las cuales se cuantificó 89 registros; la misma se inician en la numeración de la hoja de trabajo 4621 hasta el número 4710. Sin embargo, se debe mencionar que un gran número de archivos físicos con el registro de los motores se extraviaron durante la fusión entre RC INGELEC Y SEIEL ya que los registros de las hojas de trabajo que se debería tener son desde la hoja número 4621 hasta la hoja número 4745 existiendo 35 hojas de trabajo extraviadas. Con este antecedente se establece la necesidad de contar con un método de almacenamiento y gestión de datos técnicos de los diferentes trabajos de rebobinaje llevados a cabo dentro de la organización.

Según los datos registrados en el año 2022, se cuenta con una base de datos que contiene información de 189 motores a los que se les ha brindado servicio. Estos motores están numerados desde la hoja de trabajo 4786 hasta la hoja número 4975. Sin embargo, es importante mencionar que se extraviaron físicamente 13 hojas de registros, reduciendo el número de hojas registradas a 176.

En la **Tabla 7.**, muestra un resumen de las reparaciones llevadas a cabo en los años 2021 y 2022, basado únicamente en los datos disponibles. Se destaca que en el año 2022 se observó que la cantidad de reparaciones de motores trifásicos, representando el 53.98% del total. Esto claramente indica una tendencia al alza en las reparaciones de motores eléctricos durante ese año.

Tabla 7

Rebobinaje año 2021 y año 2022.

Registro existente de reparaciones				
Descripción	Año 2021		Año 2022	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje

Monofásico	47	52,81%	81	46,02%
Trifásico	40	44,94%	95	53,98%
N/A	2	2,25%	0	0%
Total	89	100%	176	100%

Nota: La tabla muestra la cantidad de motores reparados y con registro físico existentes en RC INGELEC en el año 2021 y 2022. Fuente: RC INGELEC.

Según la **Tabla 8.**, y **Tabla 9.**, se muestran los valores de motores totales devueltos en los años 2021 y 2022, cabe mencionar que en el año 2021 se devolvieron un total de 35 motores eléctricos distribuidos de la siguiente manera 20 motores por problemas de calentamiento mientras que en el año 2022 se devolvieron 6 motores más, es decir, 26 motores eléctricos, de este problema se puede asociar directamente a un motor que su eficiencia ha sido disminuida por un mal proceso de extracción y preparación de las superficies del núcleo magnético ya que la empresa RC INGELEC en la actualidad realiza una reparación empírica y no cuenta con equipos para realizar un trabajo tecnificado con este antecedente se puede identificar que si se compara las devoluciones del año 2022 los problemas de calentamiento se incrementaron en un 30% comparado al año 2021, sin embargo, si se compara con los valores totales de reparaciones hubo una pequeña reducción del 2,37%; es decir un valor mínimo. Los problemas mecánicos en los motores eléctricos devueltos radican en que no realizaron la sustitución de rodamientos o se dañaron por el ambiente dañino lleno de contaminantes como polvo que reducen la vida útil de los rodamientos donde se encontraba instalado el motor, se destaca que este problema se redujo de un 2,27% comprado entre los años 2021 y 2022 respectivamente, finalmente los problemas de devoluciones relacionados al aspecto eléctricos como cambio de giro, terminales sueltos o daños en borneras se incrementó en un 1,28% pero este problema esta mayormente identificado al

cambio de giro del motor en su gran mayoría y también con un terminal flojo o falta de ajuste adecuado.

Tabla 8

Problemas en motores con fallas regresados año 2021 y año 2022.

Causas	Año 2021		Año 2022	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje
Calentamiento	20	57,14%	26	55,32%
Mecánico	12	34,29%	14	29,79%
Eléctrico	3	8,57%	7	14,89%
Total	35	100%	47	100%

Nota: La tabla muestra los principales problemas encontrados en los motores con fallas después de la reparación en el año 2021. Fuente: RC INGELEC.

De los datos analizados entre los años 2021 y 2022, se puede establecer que en el año 2021 se realizaron 35 devoluciones de motores eléctricos trifásicos por problemas de calentamiento, mecánico y eléctrico, con una media mensual de 3 motores. Mientras que, en el año 2022, se devolvieron 47 motores basados en los mismos antecedentes descritos anteriormente, con una media mensual de 4 motores, lo cual representa un incremento de 12 motores adicionales con respecto al año 2021. Este aumento equivale a un incremento del 9,68% en las devoluciones de los mismos tomando en cuenta únicamente los valores de motores devueltos.

Tabla 9

Problemas de calentamiento año 2021 y año 2022 total reparado.

Descripción	Año 2021 [124 motores]		Año 2022 [189 motores]		Diferencia
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	
Registro	54	43,54%	129	68,25%	24,71%
Sin registro	35	28,23	13	6,88	21,35%
Calentamiento	20	16,13%	26	13,76%	2,37%
Mecánico	12	9,68%	14	7,41%	2,27%
Eléctrico	3	2,42%	7	3,7%	1,28%
Total	124	100%	189	100%	

Nota: La tabla muestra los principales problemas encontrados en los motores con fallas después de la reparación en el año 2021. Fuente: RC INGELEC.

Tabla 10

Pérdidas económicas por devoluciones en motores eléctricos trifásicos año 2021 calentamiento.

Motores con falla causa calentamiento año 2021						
Potencia	Cantidad	UNIDAD	V. UNI. REPARACIÓN	TOTAL. REPARACIÓN		
3/4 a 1 HP	2	C/U	\$ 80,00	\$	160,00	
1,01 a 3 HP	4	C/U	\$ 115,00	\$	460,00	
5,01 a 7,5 HP	3	C/U	\$ 162,50	\$	487,50	
7,51 a 10 HP	4	C/U	\$ 186,00	\$	744,00	
> 10 HP	7	C/U	\$ 220,50	\$	1.543,50	
TOTAL, PÉRDIDAS				\$	3.395,00	

Nota: La tabla muestra las pérdidas económicas del año 2021 provocado por las devoluciones de motores eléctricos con calentamiento prematuro. Fuente: RC INGELEC.

Cabe mencionar que las pérdidas económicas tomadas para el año 2021 alcanzaron un valor de \$ 3.395,00; estas pérdidas económicas corresponden directamente a los motores con problemas de calentamiento y que están directamente relacionados con anomalías en el núcleo magnético, las fallas en total fueron de 20 motores eléctricos trifásicos y que según los precios de rebobinado establecidos por la empresa RC INGELEC para el año 2021 se detalla en la **Tabla 10.**, mientras que para el año 2022 las pérdidas económicas fueron de \$ 4.559,00 dólares, estas pérdidas económicas corresponden directamente a los motores con problemas de calentamiento y que están directamente relacionados con anomalías en el núcleo magnético, las fallas en total fueron de 26 motores eléctricos trifásicos y que según los precios de rebobinado establecidos por la empresa RC INGELEC para el año 2021 se detalla en la **Tabla 11.**, en el año 2022 se devolvieron 6 motores adicionales al año anterior, lo cual represento también \$ 1.164,00 dólares de pérdidas económicas más que el año 2021, es decir, las pérdidas económicas tuvieron un incremento del 34,28%. Cabe mencionar que los precios de valores unitarios son los valores que se tienen en la empresa RC INGELEC.

Tabla 11

Pérdidas económicas por devoluciones en motores eléctricos trifásicos año 2022 calentamiento.

Motores con falla causa calentamiento año 2022					
Potencia	Cantidad	UNIDAD	V. UNI. REPARACIÓN	TOTAL. REPARACIÓN	
3/4 a 1 HP	4	C/U	\$ 84,00	\$ 336,00	
1,01 a 3 HP	5	C/U	\$ 119,00	\$ 595,00	
3,01 a 5 HP	1	C/U	\$ 149,00	\$ 149,00	
5,01 a 7,5 HP	2	C/U	\$ 169,00	\$ 338,00	
7,51 a 10 HP	1	C/U	\$ 190,00	\$ 190,00	

> 10 HP	13	C/U	\$	227,00	\$	2.951,00
TOTAL, PÉRDIDAS					\$	4.559,00

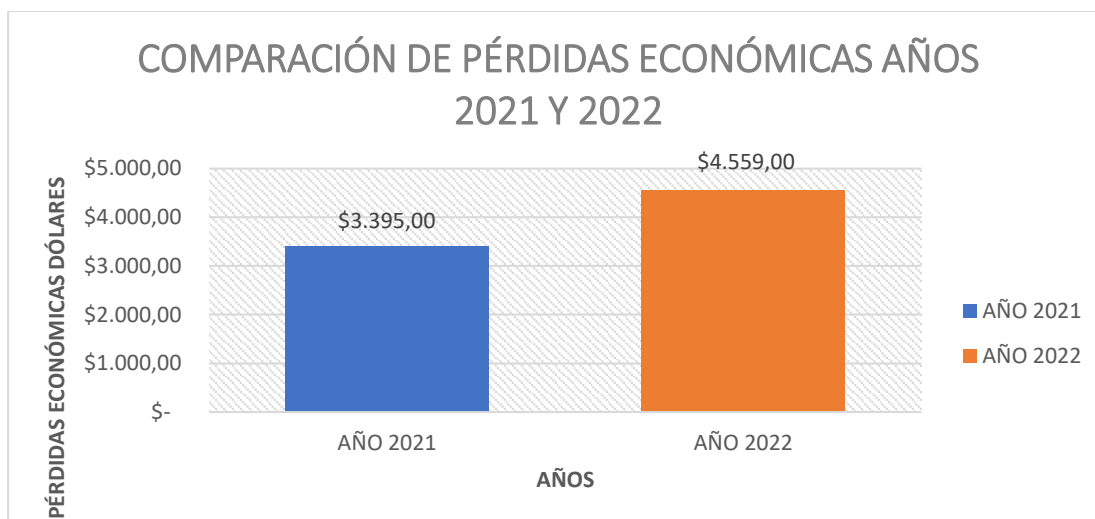
Nota: La tabla muestra las pérdidas económicas del año 2022 provocado por las devoluciones de motores eléctricos con calentamiento prematuro. Fuente: RC INGELEC.

Para eliminar o reducir este problema, se plantea realizar una inversión en la adquisición de equipos y herramientas que permitan llevar a cabo un diagnóstico adecuado del estado del núcleo magnético antes, durante y después del proceso de limpieza del mismo. El objetivo es minimizar al máximo las devoluciones causadas por problemas de calentamiento en los núcleos magnéticos.

Es importante destacar que estos problemas pueden evitarse mediante un manejo adecuado de la limpieza y el diagnóstico del núcleo magnético antes de la extracción de las bobinas dañadas, así como la preparación posterior de la superficie del núcleo magnético. Además, contar con equipos y herramientas que ayuden a determinar si el núcleo magnético está en buen estado garantiza el funcionamiento adecuado de los motores eléctricos reparados en la empresa RC INGELEC, consolidándola como líder en la provincia de Cotopaxi. Dicho de manera distinta, el análisis del núcleo magnético posibilitará la detección de áreas con temperaturas elevadas que tengan la potencialidad de influir en el desempeño de la máquina eléctrica y, en consecuencia, en su período de funcionamiento.

Figura 16.

Comparación de pérdidas económicas de los años 2021 y 2022.



Nota: La figura muestra las pérdidas económicas. Fuente: RC INGELEC.

La **Figura 16.**, muestra las pérdidas económicas relacionadas con problemas de calentamiento excesivo en motores eléctricos durante los años 2021 y 2022. Es importante destacar que la diferencia entre estos dos años asciende a \$1,164.00 dólares, lo que equivale al 34.28% de las pérdidas registradas en el año 2021.

La empresa RC INGELEC tuvo que realizar los respectivos trabajos de garantía sin tener en cuenta ningún costo adicional.

En la **Tabla 12.**, se muestra la falta de procedimientos para efectuar una reparación eficiente pues del 100% de las actividades que se deben llevar a cabo durante el rebobinado de motores en la empresa RC INGELEC el 68,73% de estas actividades son realizados de forma parcial o de forma empírica usando solo herramientas manuales que dañan el núcleo magnético, mientras que el 31,27% de las tareas no se cumple en ninguna medida.

Tabla 12

Procedimientos para reparación de motores eléctricos.

Check list "Procedimientos"									
Ítem	Actividad	Que hacer	Como hacer	Que se debe utilizar	Que utilizan	Cumple	[%]	Cumplimiento	Sumatoria
1	Inspección de inicial	Verificar la falla del motor y diagnóstico inicial	Inspección visual y uso de equipos básicos	Multímetro, pinza amperimétrica, voltímetro	Multímetro, pinza amperimétrica, voltímetro	Si	16,66%	16,66%	16,66%
2	Desensamble	Desarmar el motor eléctrico sin provocar daños en ningún elemento o parte del motor	Utilizar las herramientas apropiadas	Rachas justas, destornilladores apropiados, martillos necesarios	Rachas justas, destornilladores apropiados, martillos necesarios	Si	16,66%	16,66%	33,33%
3	Toma de datos, remoción del antiguo bobinado y limpieza del núcleo magnético	Registro de información del motor junto con remoción y limpieza eficiente del núcleo magnético	Utilizar los equipos adecuados	Ficha técnica, cortadora de cabezas de bobinas, horno con temperatura controlada, equipo térmico	Ficha técnica (casi no la llenan), suelda autógena, pinza o alicata cortadora, lijas	No	16,66%	2,08%	35,41%

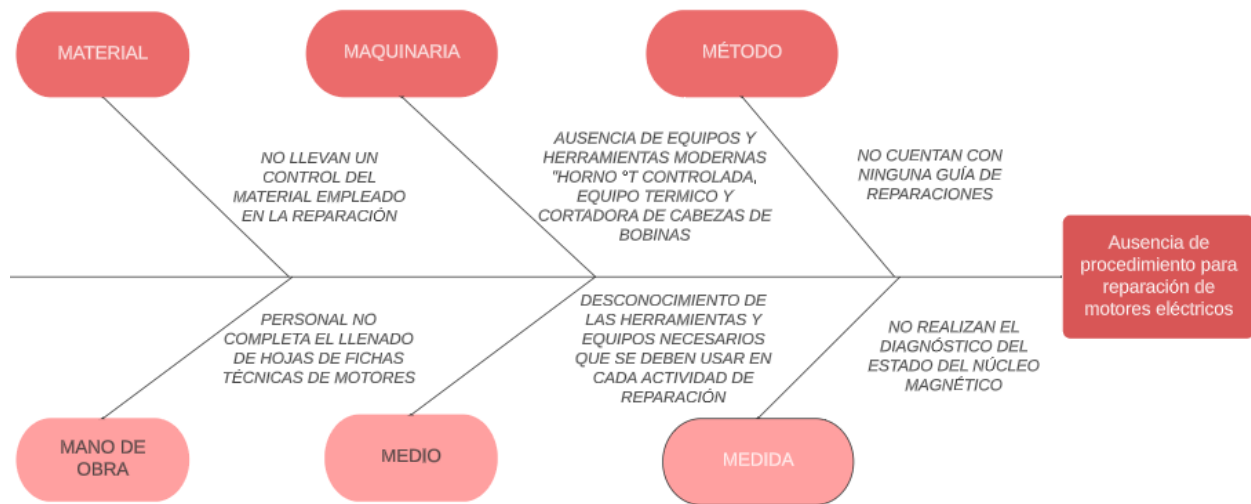
4	Rebobinado	Construir las bobinas nuevas sin afectar sus características técnicas iniciales	Mantener las mismas características de la bobina	Maquina bobinadora de espiras, equipo térmico	Maquina bobinadora de espiras	No	16,66%	8,33%	43,74%
5	Reparaciones mecánicas	Reparar el núcleo, eje, alojamientos de rodamientos, cambio de rodamientos, sellos, ventiladores y cubiertas de protección	Comprobar el estado de las partes mecánicas antes de armar el motor	Equipo térmico (núcleo), llaves de presión	Martillo y llaves de presión	No	16,66%	8,33%	52,07%
6	Ensamble	Armar el motor eléctrico sin provocar daños en ningún elemento o partes del motor	Utilizar las herramientas apropiadas	Rachas justas, destornilladores apropiados, martillos necesarios	Rachas justas, destornilladores apropiados, martillos necesarios	Si	16,66%	16,66%	68,73%
Porcentaje de trabajo de forma empírica dentro de la empresa RC INGELEC									68,73%

Nota: La tabla muestra las herramientas necesarias para realizar una reparación de calidad siguiendo los procedimientos según la guía mexicana de reparación de motores eléctricos trifásicos. Fuente: RC INGELEC.

En la **Figura 17.**, se presenta un resumen de las causas y efectos de los problemas asociados a la falta de procedimientos para la reparación de motores eléctricos trifásicos en la empresa RC INGELEC. Se evidencia como punto de partida la falta de control sobre la materia prima utilizada en la reparación de motores. Otro aspecto es la falta de supervisión del personal operativo, quienes no completan adecuadamente las fichas técnicas de los motores reparados. Esto se suma a la carencia de herramientas y equipos modernos necesarios para la extracción y limpieza del núcleo magnético, lo cual tiene un impacto directo en el rendimiento del motor, ya que un núcleo con puntos calientes provoca un aumento en el consumo y, por ende, un mayor calentamiento durante su funcionamiento.

Figura 17.

Diagrama Ishikawa de problemas en motores rebobinados en RC INGELEC.



Nota: La figura muestra el diagrama Ishikawa de los problemas en motores rebobinados en la empresa RC INGELEC. RC INGELEC.

El desconocimiento del uso adecuado de herramientas en cada una de las etapas de reparación es otro problema generado por la ausencia de procedimientos específicos para la

reparación de motores eléctricos. Es decir, el uso incorrecto de herramientas puede resultar en daños mecánicos y eléctricos, como tornillos aislados, rodamientos mal colocados o seguros mal ajustados, entre otros. Esto se agrava con la falta de una guía de reparación de motores eléctricos trifásicos y, finalmente, la ausencia de un diagnóstico adecuado del estado del núcleo magnético, lo que aumenta la probabilidad de fallos en el entrehierro del motor.

En la **Tabla 13.**, se observa la falta de algunas de las herramientas necesarias para llevar a cabo una reparación eficiente. De todas las herramientas y equipos necesarios, la empresa RC INGELEC solo dispone del 50%, que en su mayoría son herramientas manuales y básicas.

El otro 50% de herramientas de mayor importancia para realizar reparaciones de alta calidad ha sido sustituido por herramientas manuales como lijas, pinzas o alicates, así como el uso de la suelda autógena. Esto ha resultado en la omisión de equipos esenciales que son necesarios para garantizar la reparación adecuada de las máquinas rebobinadas.

En otras palabras, la carencia de los equipos necesarios ha dado lugar a devoluciones de motores eléctricos porque durante las reparaciones se han utilizado herramientas inadecuadas, como suelda autógena y pinzas, para la extracción y limpieza de los núcleos magnéticos de los motores eléctricos reparados en RC INGELEC.

Además, la falta de un equipo térmico para verificar el estado del núcleo magnético antes, durante y después de la extracción y limpieza impidió realizar pruebas térmicas para detectar la presencia de puntos calientes en el núcleo magnético.

Tabla 13

Herramientas necesarias para una reparación adecuada de motores eléctricos.

Check list "Herramientas y Equipos"							
Ítem	Descripción	Importancia	Cumple	Reemplazo	Existente	Faltante	Total
1	Herramientas manuales (llaves de copa y boca, destornilladores, rachas, martillos de goma y metálico, pinzas y alicates)	Permiten el ensamble y desensamble del motor	Si		100 %	0 %	16,66%
2	Equipo térmico (cámara térmica)	Permite conocer el estado real núcleo magnético	No	Ninguno	0 %	100 %	0,00%
3	Maquina cortadora de cabeza de bobinas	Evita dañar el núcleo magnético en el momento de la extracción de la bobina dañada	No	Uso de alicates y pinzas cortadoras	0 %	100 %	0,00%
4	Horno con temperatura controlada	La aplicación uniforme de temperatura facilita el desprendimiento de la bobina dañada adherida al núcleo magnético	No	Suelda autógena y lijas	0 %	100 %	0,00%
5	Equipos (multímetro, pinza amperimétrica, voltímetro)	Diagnóstico de estado del motor eléctrico	Si		100 %	0 %	16,66%

6	Bobinadora de espiras	Permite enrollar el nuevo grupo de bobinas nuevas para ingresar el núcleo magnético limpiado	Si	100 %	0 %	16,66%
Existencia total de herramientas						50,00%

Nota: La tabla muestra las herramientas necesarias para realizar una reparación de calidad siguiendo los procedimientos según la guía mexicana de reparación de motores eléctricos trifásicos. Fuente: RC INGELEC.

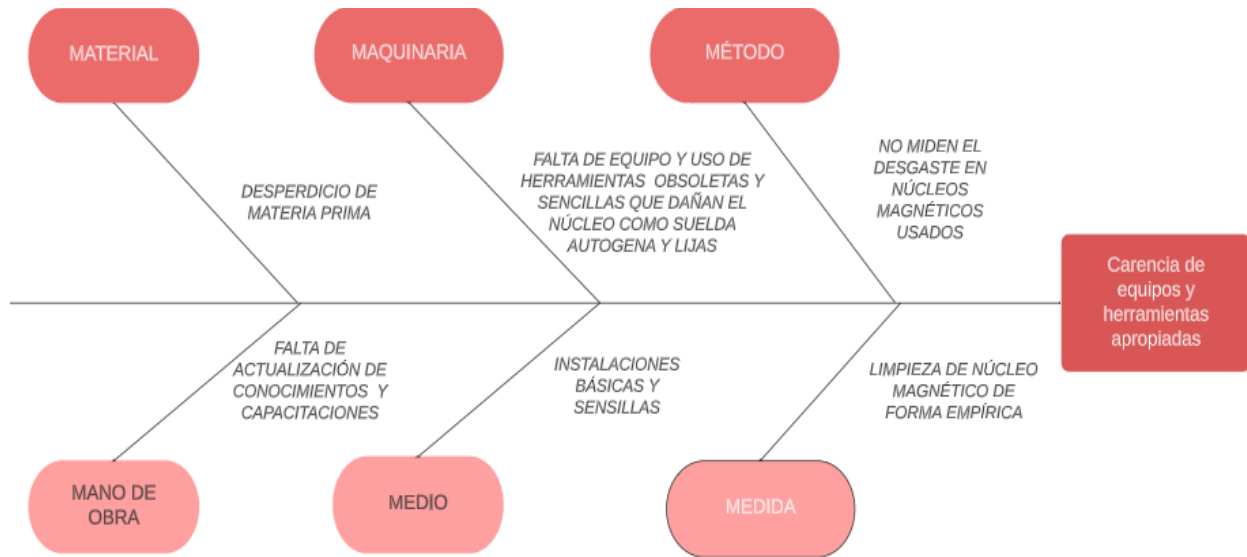
En la **Figura 18.**, se muestra un resumen de las causas y efectos de los problemas asociados a la falta de equipos y herramientas adecuadas para el proceso de reparación de motores eléctricos trifásicos presentados en la empresa RC INGELEC. Se puede evidenciar como punto de partida el desperdicio de materia prima que conlleva cumplir con la garantía a los motores devueltos en los años 2021 y 2022 respectivamente, otro de los aspectos es la falta de capacitación y modernización a los trabajadores al disponer únicamente de herramientas básicas y obsoletas que dañan posiblemente el núcleo magnético del motor reparado, además que si las herramientas son básicas sus instalaciones no son sofisticadas ni apropiadas para llevar a cabo una reparación tecnicada, llevando a realizar un trabajo de reparación sin medir el desgaste de los núcleos de motores eléctricos reparados con anterioridad en otros talleres o profesionales que realicen el servicio de reparación de motores eléctricos trifásicos con peores condiciones a la empresa RC INGELEC.

De esta manera se establece la necesidad de adquirir las herramientas calificadas para realizar un trabajo de rebobinado de excelencia, sin embargo, también se debe tomar en cuenta la actualización de conocimientos al personal operativo que debe ir de la mano con procedimientos

claros y precisos del proceso de limpieza de núcleos magnéticos de los motores eléctricos trifásicos.

Figura 18.

Diagrama Ishikawa de herramientas y equipos en RC INGELEC.



Nota: La figura muestra el diagrama Ishikawa de los problemas en motores rebobinados en la empresa RC INGELEC. RC INGELEC.

Área de estudio

Tabla 14

Área de estudio.

Dominio	Investigación de sistemas industriales y de mantenimiento.
Línea de investigación	de Sistemas industriales.
Sub-Línea de investigación	de Optimización de procesos industriales.

Campo	Ingeniería industrial
Área	Procesos
Aspecto	Evaluación y propuesta de mejora del método de limpieza de núcleos de motores eléctricos rebobinados dentro de la empresa “RC INGELEC”
Objeto de estudio	Estandarización del proceso de limpieza de núcleos de motores eléctricos en la empresa “RC INGELEC”
Periodo de análisis	2021-2022

Nota: La tabla muestra el área de estudio aplicado al trabajo de investigación. Fuente: RC INGELEC.

Modelo operativo

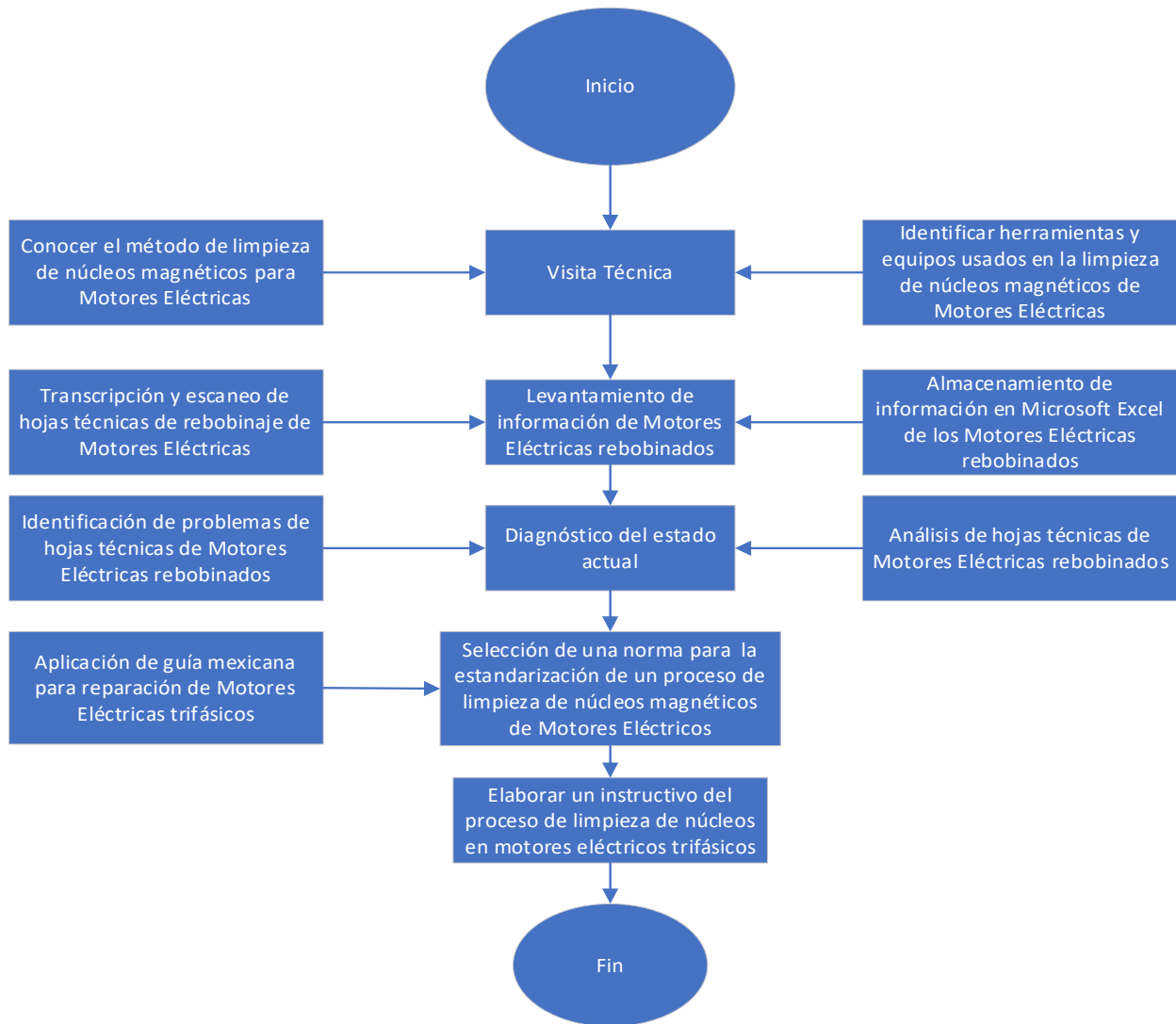
Este modelo operativo actual describe el proceso que debe seguirse para lograr y cumplir los objetivos de esta investigación.

En la **Figura 19.**, Se exhibe el esquema sugerido del modelo operativo creado con el fin de resolver y lograr los objetivos definidos en esta investigación. El modelo operativo consta de cinco actividades que deben llevarse a cabo en secuencia para garantizar un desarrollo adecuado. La primera actividad consiste en realizar una visita técnica a la empresa "RC INGELEC". Posteriormente, se llevará a cabo el levantamiento de información sobre los motores eléctricos rebobinados en los años 2021 y 2022, que constituye la segunda actividad. A continuación, utilizando los datos recopilados anteriormente, se procederá a realizar el diagnóstico del estado actual, que corresponde a la tercera actividad. Posteriormente, se llevará a cabo la cuarta actividad, que implica la selección de una norma para estandarizar el proceso de limpieza de núcleos magnéticos en Motores Eléctricos. Finalmente, la quinta y última actividad en este

modelo operativo será la elaboración del procedimiento del proceso para la limpieza de núcleos en motores eléctricos trifásicos.

Figura 19.

Modelo operativo del proyecto.



Nota: La figura muestra aplicado en el desarrollo de la investigación. Fuente: RC INGELEC.

A continuación, se detalla cada una de las actividades planteadas en el modelo operativo propuesto para el presente trabajo de investigación.

Visita técnica: se realiza a la empresa “RC INGELEC”, específicamente en el área de mantenimiento y rebobinaje de motores eléctricos. Primero, se inició la visita técnica y una entrevista al personal responsable del área de rebobinaje con el objetivo de conocer la metodología que llevan a cabo. Conjuntamente identificar las herramientas y equipos empleados específicamente para realizar el proceso de limpieza del núcleo magnético, y detectar posibles inconvenientes al momento de extraer las bobinas inservibles del núcleo magnético y llevar a cabo el proceso de rebobinaje dentro de la empresa “RC INGELEC”.

Tarea

- Entrevista a jefe de área de mantenimiento.

Alcance

- Identificar herramientas empleadas en la reparación de motores eléctricos.
- Conocer la forma de trabajo durante la remoción de bobinado dañado de los núcleos de motores eléctricos.

Levantamiento de información de motores eléctricos rebobinados: mediante la transcripción: se escaneó y almacenó las fichas técnicas de rebobinaje de los motores eléctricos monofásicos y trifásicos con la finalidad de establecer una base de datos de los años 2021 y 2022, y de esta manera conocer las causas y consecuencias negativas del mal proceso de limpieza del núcleo.

Tarea

- Entrevista a gerente general.

Alcance

- Solicitar el acceso a las fichas técnicas de motores eléctricos reparados en los años 2021 y 2022 para crear una base de datos.
- Conocer el número exacto de reparaciones de motores eléctricos trifásicos y monofásicos.

Diagnóstico del estado actual: permite analizar las posibles causas del mal trabajo de mantenimiento durante el proceso de rebobinado, específicamente en la limpieza de las ranuras y el núcleo de hierro al silicio de los motores eléctricos monofásicos y trifásicos. Además, este análisis permitirá identificar otros aspectos negativos que se ejecutan dentro de la organización. También, se podrá conocer el valor económico que ha implicado realizar la limpieza de los núcleos magnéticos de manera empírica y sin ningún tipo de método estandarizado de limpieza para el mismo en núcleos magnéticos de motores monofásicos y trifásicos.

Tarea

- Tabular la información de los años 2021 y 2022 respectivamente.

Alcance

- Conocer las cantidades de motores eléctricos trifásicos reparados con anterioridad fuera de RC INGELEC y cuantos motores llegaron a su primera reparación.

Selección de una norma para la estandarización de un proceso de limpieza de núcleos magnéticos de Motores Eléctricos: con el objetivo de que la empresa “RC INGELEC” se transforme en una entidad que ofrezca el servicio de rebobinado de manera estandarizada y

cumpliendo con las normas nacionales e internacionales, así con la guía mexicana para la reparación de motores eléctricos trifásicos.

Tarea

- Selección de norma de reparación de motores eléctricos trifásicos.

Alcance

- Analizar e interpretar la norma de mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos.

Finalmente, se elaborará un procedimiento de proceso para la limpieza de núcleos de motores eléctricos trifásicos: para facilitar el proceso de rebobinado de motores eléctricos y que todo el personal operativo del área de mantenimiento pueda utilizar. De esta manera, se ofrecerá un trabajo de calidad y respaldo en todas las reparaciones, evitando que la empresa siga teniendo los inconvenientes encontrados hasta la presente fecha.

Tarea

- Elaboración de procedimiento base para reparación de motores eléctricos trifásicos.

Alcance

- Crear un procedimiento que detalle de forma clara las herramientas, equipos e insumos necesarios para realizar la reparación de motores eléctricos trifásicos con énfasis en la limpieza y cuidado del núcleo magnético.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Desarrollo de la propuesta

El propósito de este proyecto de investigación es desarrollar un procedimiento para el proceso de limpieza de núcleos de motores eléctricos trifásicos. Para lograr este objetivo, se empleará la Guía Mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos, con el fin de elevar la calidad del rebobinado de los mismos en la empresa RC INGELEC. La misma proporciona procedimientos para el desmontaje, limpieza y montaje de cada parte perteneciente al motor eléctrico trifásico, lo que permitirá estructurar los procedimientos en cada uno de los trabajos a realizar.

El procedimiento contendrá condiciones y requisitos de manera clara y detallada en cada etapa del rebobinado, con un enfoque especial en la limpieza y manejo del núcleo magnético de los motores eléctricos trifásicos. El diseño del procedimiento seguirá el formato actual utilizado en la empresa RC INGELEC, asegurándose así de cumplir de manera efectiva con los protocolos, ensayos, pruebas y el uso adecuado de herramientas y equipos para alcanzar los objetivos planteados.

Durante la elaboración del presente procedimiento, se emplearán herramientas como Diagramas de Flujos y Hojas de Registro, con el fin de simplificar la gestión de la información de manera directa y comprensible.

Criterio de selección de guía mexicana para la reparación de motores eléctricos trifásicos

En la actualidad, en Ecuador no existe ninguna normativa legal específica relacionada con la reparación de motores eléctricos trifásicos. La única regulación existente relacionada con la eficiencia energética en motores eléctricos es el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 145, que se encuentra en vigencia y de cumplimiento obligatorio. Este reglamento es parte integral del plan nacional de eficiencia energética establecido para el período 2016-2035. En este plan, se prioriza que todas las industrias operen con motores de alta eficiencia, con el objetivo de reducir el consumo de energía y, como resultado, disminuir la contaminación ambiental provocada por la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles.


Es importante destacar que, según una investigación realizada por el Banco de Desarrollo de América Latina CAF, el uso de motores eléctricos eficientes puede reducir el consumo de energía en hasta un 10,6%. El período de recuperación de la inversión en estos motores es inferior a 6 años. Por lo tanto, es esencial establecer procedimientos que contribuyan a mantener la eficiencia inicial de los motores eléctricos para cumplir con el reglamento RTE INEN 145.

La primera normativa expedida en Ecuador relacionada con la eficiencia en motores eléctricos es la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2498:2009. Esta norma se basa en las normas mexicanas, la Norma Oficial Mexicana NOM-014 y la Norma Oficial Mexicana NOM-016, que establecen parámetros de eficiencia para motores eléctricos monofásicos y trifásicos, respectivamente. Además, la norma ecuatoriana se fundamenta en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2859-1, que establece procedimientos de muestreo para inspección por atributos.

La guía mexicana para la reparación de motores eléctricos trifásicos sigue los lineamientos de las normas internacionales, como IEEE, IEC, NEMA y EASA, entre otras. Esto facilita la implementación de los procedimientos propuestos en este trabajo de investigación. Es

importante destacar que la regulación actual vigente en Ecuador se deriva de una norma mexicana, y la guía para la reparación de motores eléctricos trifásicos sigue los estándares de la Asociación de servicios de aparatos eléctricos con sus siglas en inglés (EASA), una norma de estandarización estadounidense cuyo objetivo es mantener la eficiencia adecuada de las máquinas eléctricas rotativas, ya sean motores eléctricos monofásicos o trifásicos, después del proceso de reparación o construcción.


PROCEDIMIENTO GENERAL DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE NÚCLEOS DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	1/6




PROCEDIMIENTO GENERAL DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE NÚCLEOS DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
Investigador Henry Guachán	Tutor Proyecto Práctico Ing. Juan Joel Segura D' Rouville Msc	Gerente General Ing. Manuel Quinatoa

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	2/6

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	68
2. ALCANCE	68
3. RESPONSABLES	68
4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS	69
5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	70
6. DESARROLLO	70
7. DIAGRAMA DE FLUJO	71

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	3/6

1. OBJETIVO

Definir los requisitos necesarios para realizar el mantenimiento correctivo en motores eléctricos trifásicos. Se procurará utilizar el enfoque recomendado por la guía mexicana para la reparación de motores eléctricos trifásicos, con la finalidad de elevar la calidad en el procedimiento de rebobinado.

2. ALCANCE


Este proceso se aplica a motores eléctricos trifásicos, siguiendo las pautas establecidas en la guía mexicana para la reparación de estos motores eléctricos trifásicos.

3. RESPONSABLES

Las personas responsables para el cumplimiento del presente procedimiento de reparación de motores eléctricos trifásicos son:

Jefe de área de mantenimiento de la empresa RC INGELEC: será la persona directamente de controlar y supervisar cada uno de los procedimientos que se detallan en el presente procedimiento de reparaciones de motores eléctricos trifásicos bajo la guía mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos para incrementar la calidad en el rebobinado de los motores eléctricos en RC INGELEC.


Residente de obra eléctrico: en ausencia del jefe del área de mantenimiento será la persona que tome las atribuciones de controlar y supervisar cada uno de los procedimientos que se detallan en el presente procedimiento de reparaciones de motores eléctricos trifásicos bajo la guía

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	4/6

Mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos para incrementar la calidad en el rebobinado de los motores eléctricos en RC INGELEC.

4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS

%	Por ciento
°C	Grados Celsius
Amp	Amperes
A/mm ²	Densidad de corriente eléctrica en amperes por milímetro cuadrado
C.A.	Corrientes alterna
CSA	Canadian Standards Association
EASA	Electrical Apparatus Service Association
EFF1	Clase de eficiencia del motor
FEM	Fuerza electromotriz
FMM	Fuerza magneto-motriz
HP	Caballo Fuerza
HP/KW	Caballo Fuerza/Kilowatt
Hz/Hertz	Hertz
kW	Kilowatts
Lb	Libras
Max	Máximo
Min	Mínimo
LME	Longitud Media de Espira
MTBF	Tiempo Medio entre Fallas
Pérdidas I ² R del estator	Pérdidas por efecto Joule del estator
Pérdidas I ² R del rotor	Pérdidas por efecto Joule del rotor
RPM	Revoluciones por minuto
TE	Características del tipo de torque del motor
ODP	Open Drip Proof
PGA	Prueba de goteo abierto
V	Tensión Eléctrica (Volts)
IPXX	International Proteccion

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	5/6

5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

La selección de las herramientas y equipos necesarios para el proceso de reparación de motores eléctricos trifásicos depende del estado específico de cada motor, siguiendo las pautas proporcionadas por la guía mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos.

A continuación, se enumeran los elementos indispensables que se utilizan en este proceso:


- Máquina cortadora de cabezas de bobinas
- Horno de quemado con temperatura controlada
- Herramientas menores

Los equipos utilizados para realizar diversas pruebas después de completar el trabajo de reparación o rebobinado de motores no se detallan completamente en este procedimiento, ya que el enfoque principal está dirigido hacia la efectiva limpieza del núcleo magnético de los motores eléctricos trifásicos. No obstante, a continuación, se proporcionan los detalles pertinentes:

- Pinza amperimétrica
- Voltímetro
- Multímetro
- Fuente de poder
- Tacómetro, etc.

6. DESARROLLO

Proceso de reparación de motores eléctricos

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	6/6

El proceso de reparación o rebobinado de motores eléctricos trifásicos debe seguir la siguiente secuencia lógica que se detalla a continuación:

- Inspección inicial
- Desensamble
- Toma de datos, remoción del antiguo bobinado limpieza del núcleo
- Rebobinado
- Reparaciones mecánicas
- Ensamble

7. DIAGRAMA DE FLUJO

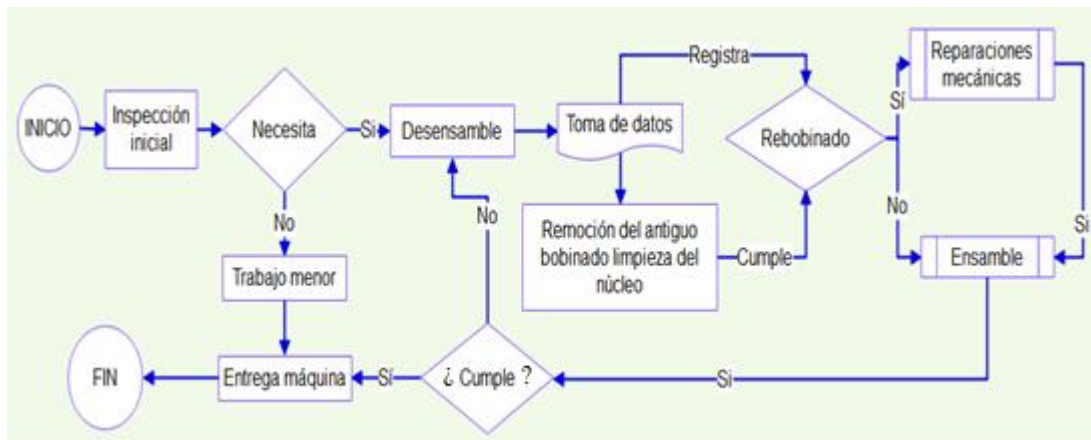



Ilustración 1. Flujo de proceso general de reparación de motores eléctricos trifásicos.


PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “INSPECCION GENERAL”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	1/9




PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
Investigador Henry Guachán	Tutor Proyecto Práctico Ing. Juan Joel Segura D' Rouville Msc	Gerente General Ing. Manuel Quinatoa

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “INSPECCION GENERAL”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	2/9

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	68
2. ALCANCE	68
3. RESPONSABLES	68
4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS	69
5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	70
6. DESARROLLO	70
7. DIAGRAMA DE FLUJO	71

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “INSPECCION GENERAL”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	3/9

1. OBJETIVO

Establecer los parámetros a tener en cuenta antes de realizar la reparación del motor eléctrico trifásico, siguiendo el enfoque presentado en la guía mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos. Esto permitirá identificar aspectos fundamentales, como los datos de placa y del cliente, y asegurar que el profesional a cargo emita el informe de manera clara y precisa.

2. ALCANCE

El presente procedimiento tiene como propósito ser aplicado en la inspección del estado de los motores eléctricos trifásicos antes de llevar a cabo el proceso de reparación de la máquina eléctrica.

3. RESPONSABLES

Las personas encargadas del cumplimiento de este procedimiento de reparación de motores eléctricos trifásicos son las siguientes:

Jefe de área de mantenimiento de la empresa RC INGELEC: Esta persona será responsable de realizar directamente el proceso de inspección y verificación del estado de ingreso del motor antes del trabajo de reparación.

Residente de obra eléctrico: En ausencia del jefe del área de mantenimiento, será el responsable de llevar a cabo el proceso de inspección y verificación del estado de ingreso del motor antes del trabajo de reparación.

4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS

% Porciento

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “INSPECCION GENERAL”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	4/9

°C	Grados Celsius
Amp	Amperes
A/mm ²	Densidad de corriente eléctrica en amperes por milímetro cuadrado
C.A.	Corriente alterna
CMA	Circular mil por amperios
EFF1	Clase de eficiencia del motor
HP	Caballo Fuerza
HP/KW	Caballo Fuerza/Kilowatt
Hz/Hertz	Hertz
Kg	Kilogramo
kW	Kilowatts
Lb	Libras
Pérdidas I ² R del estator	Pérdidas por efecto Joule del estator
Pérdidas I ² R del rotor	Pérdidas por efecto Joule del rotor
RPM	Revoluciones por minuto
TE	Características del tipo de torque del motor
ODP	Open Drip Proof
V	Tensión Eléctrica (Volts)

5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

En esta etapa del proceso de reparación del motor eléctrico trifásico, se sugiere seguir los elementos necesarios según la guía mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos. Estos elementos incluyen:

- Herramientas menores, que implican el uso de hojas de fichas técnicas para el registro de motores.

Además de las herramientas menores, se deben utilizar los siguientes equipos con el propósito de llevar a cabo un diagnóstico efectivo del estado de ingreso del motor:

- Pinza amperimétrica
- Voltímetro
- Multímetro
- Insumos de oficina (esferos, lápiz, etc.)

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “INSPECCION GENERAL”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	5/9

Nota: Es importante tener en cuenta que los conocimientos y la experiencia del jefe del área de mantenimiento son fundamentales, ya que también influyen en un análisis crítico acertado para realizar el diagnóstico del motor eléctrico trifásico antes de la intervención del personal operativo.

6. DESARROLLO


Proceso de inspección de ingreso de motores eléctricos

El proceso de inspección de motores eléctricos trifásicos debe seguir la siguiente secuencia lógica, que se detalla a continuación:

- Datos de placa(s) del motor
- Resultados de la inspección externa
- Información del cliente

Durante el proceso de reparación de los motores eléctricos trifásicos, se seguirá utilizando la ficha técnica actual, la cual se muestra en la Tabla A. En esta tabla, se recopilarán los datos durante la inspección inicial, que serán de vital importancia para obtener información sobre la causa de la falla. Es obligatorio llenar la mayoría de los espacios en la hoja de registro, independientemente de lo simples que puedan parecer.



	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “INSPECCION GENERAL”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	6/9

RC INGELEC		HOJA DE DESMONTAJE				R-TD-20 REV-00 NUMERO DE TRABAJO 4786	
DATOS DEL REQUIRENTE		PLACA DE DATOS		DESCRIPCION DE EQUIPO			
CLIENTE:	JOSE MALAN	FABRICANTE:	WEG	MOTOR	TRIFASICO		
FECHA:	31-ene-22	POTENCIA:	5 HP	ESTATOR PRINCIPAL			
RECIBIDO POR:	M.L.	VOLTAJE:	220 V	ROTOR PRINCIPAL			
TRABAJO SOLICITADO	REBOBINAJE	CORRIENTE:	14- A	BOMBA			
REBOBINAJE		RMP:	1700 OTROS: N/A	GENERADOR			
REPARACION PARCIAL		FRAME:	N/A	TRANSFORMADOR			
BALANCEO		N° SERIE:	N/A	CAMPO EXITATRIZ			
CAMBIO DE RODAMIENTOS		MODELO:	N/A	ROTOR EXITATRIZ			
TRABAJOS EN SITIO		TIPO:	TRIFASICO 3F	MAQUINA HERRAMIENTA			
MANTENIMIENTO	VENTILADOR, TAPA VENTIL	FRECUENCIA:	60 Hz	OTRO			
OBSERVACIONES: RODAMIENTOS MALOS							
DESMTADO POR:		FECHA:	MONTADO POR:	FECHA:			
S.I.		31-ene-22	X.V.	1-feb-22			
PARTES				PARTES			
1 ESTATOR	E	S		16 GRASERO POSTERIOR	E	S	
2 ROTOR			X	17 CHAVETA DELANTERA			
3 TAPA DELANTERA			X	18 CHAVETA POSTERIOR			X
4 TAPA POSTERIOR			X	19 POLEA			
5 RODAMIENTO DELANTERO	X			20 ANILLOS			
6 RODAMIENTO POSTERIOR	X			21 PORTACARBONES			
7 CONTRATAPA DELANTERA				22 CARBONES			
8 CONTRATAPA POSTERIOR				23 TAPA CUBIERTA			X
9 ANILLO PRESION DELANTERO				24 BORNERA			X
10 ANILLO PRESION POSTERIOR				25 CAJA DE BORNES			X
11 RETENEDOR DELANTERO				26 TAPA DE CAJA DE BORNES			X
12 RETENEDOR POSTERIOR				27 PERNOS			
13 VENTILADOR				28 TUERCAS			
14 TAPA DE VENTILADOR				29 ARANDELAS			
15 GRASERO DELANTERO				30 TORNILLOS			
FALTANTES NO CONSIDERADO EN EL INVENTARIO							
1				6			
2				7			
3				8			
4				9			
5				10			
DES PERFECTOS VISIBLES / CONTROL DE REPARACION							
PARTES AFECTADAS							
1 CARCAZA ROTA	C	R		12 AJUSTE POSTERIOR FLOJO	C	R	
2 TAPA DELANTERA ROTA				13 EJE DELANTERO FLOJO			
3 TAPA POSTERIOR ROTA				14 EJE POSTERIOR FLOJO			
4 VENTILADOR ROTO				15 EJE ACOPLE FLOJO			
5 TAPA DE VENTILADOR ROTA				16 CHAVETA EN MAL ESTADO			
6 BORNERA DAÑADA				17 CHAVETERO EN MAL ESTADO			
7 TAPA DE BORNERA ROTA				18 ROZAMIENTO ROTOR / ESTATOR			
8 CAJA DE BORNES ROTA				19 VENTILADOR EXENTRICO			
9 CONTRATAPA DELANTERA ROT				20 POLEA EXENTRICA			
10 CONTRATAPA POSTERIOR ROT				21 ANILLO DE PRESION MAL			
11 AJUSTE DELANTERO FLOJO				22 RETENEDOR MALO			
23 SELLOS EN MAL ESTADO				24 PERNOS ROTOS			
25 JAULA ROTA				26 BARRA ROTOR DAÑADA			
26 BARRA ROTOR DAÑADA				27 ANILLOS COLECTORES MALOS			
27 ANILLOS COLECTORES MALOS				28 COLECTOR DAÑADO			
28 COLECTOR DAÑADO				29 PORTACARBONES ROTOR			
29 PORTACARBONES ROTOR				30 CARBONES DAÑADOS			
30 CARBONES DAÑADOS				31 GRASEROS ROTOS			
31 GRASEROS ROTOS				32 DEFLECTOR ROTO			
32 DEFLECTOR ROTO				33 TURBINA DAÑADA			
33 TURBINA DAÑADA							
PARTES FABRICADAS							
1				3			
2				4			
E=ENTRA		S=SALE		C=CHEQUEO		R=REPARADO	

Ilustración 2. Hoja de registro de desmontaje parte A. El autor

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “INSPECCION GENERAL”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	7/9



 RC INGELEC		HOJA DE DESMONTAJE			R-TD-20 REV-00 NUMERO DE TRABAJO 4786	
BALANCE DINAMICO						
RODAMIENTOS N°	BUENO	MALO	VALORES	DERECHA	IZQUIERDA	TIEMPO
DELANTERO	6206	X	INICIALES			
POSTERIOR	6205	X	FINALES			
ENBOCINADO/RELLENO DE EJE						
PARTE	C	INICIAL	FINAL	TIEMPO	RECOMENDADO	MATERIAL USADO
TAPA DELANTERA						
TAPA POSTERIOR						
EJE DELANTERO						
EJE POSTERIOR						
NOTAS Y RECOMENDACIONES ESPECIALES						
ESPACIO PARA GRAFICOS						
DIAGNOSTICO Y TRABAJO REALIZAR						
NOTAS Y OBSERVACIONES						
NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE:						

Ilustración 3. Hoja de registro de desmontaje parte B. El autor

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “INSPECCION GENERAL”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	8/9


Datos de placa(s) del motor

Durante esta etapa, se procederá a registrar y almacenar de manera clara y detallada en la hoja de desmontaje. En aquellos casos en los que no se cuente con una placa que contenga los datos técnicos del motor, el operador y el responsable del área de mantenimiento completarán la mayor cantidad de secciones en la hoja de ficha técnica basándose en modelos previamente reparados.

Resultados de la inspección externa

El responsable del área de reparaciones deberá proporcionar de manera clara y concisa los siguientes datos esenciales.

- Verificar el estado general del motor y comunicar al personal técnico si el equipo es nuevo o viejo, así como si se encuentra sucio o limpio.
- Inspeccionar el estado de los ductos de enfriamiento para identificar posibles obstrucciones que puedan causar calentamiento.
- Confirmar la integridad del eje del rotor observando su coloración (marrón o azul).
- Comprobar si hay rodamientos dañados que puedan provocar calentamiento y alteraciones físicas en el motor.
- Señalar y listar las partes faltantes, dañadas o que hayan sido reemplazadas o reparadas anteriormente, como sellos, tapas de protección del ventilador, cajas de conexiones, entre otros.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “INSPECCION GENERAL”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	9/9

Información del cliente

Durante la etapa de inspección, el responsable a cargo deberá realizar preguntas relacionadas con el motor eléctrico, con el propósito de completar los datos de la ficha técnica del motor eléctrico trifásico antes de proceder con el proceso de desmontaje. Esto se llevará a cabo aplicando de forma precisa la guía mexicana de reparación de motores eléctricos trifásicos.

7. DIAGRAMA DE FLUJO

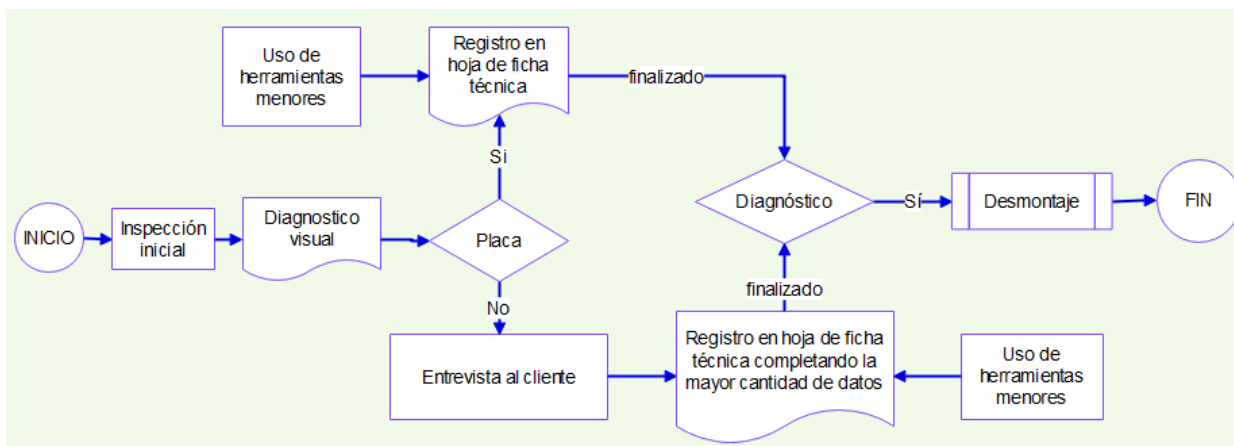



Ilustración 4. Flujo de proceso inspección inicial de motores eléctricos trifásicos.


**PROCEDIMIENTO PARA EL DESENSAMBLE DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO,
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE
MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.**

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “DESENSAMBLE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	1/10




PROCEDIMIENTO PARA EL DESENSAMBLE DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
Investigador Henry Guachán	Tutor Proyecto Práctico Ing. Juan Joel Segura D' Rouville Msc	Gerente General Ing. Manuel Quinatoa

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “DESENSAMBLE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	2/10

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	68
2. ALCANCE	68
3. RESPONSABLES	68
4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS	69
5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	70
6. DESARROLLO	70
7. DIAGRAMA DE FLUJO	71

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “DESENSAMBLE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	3/10

1. OBJETIVO

Establecer los parámetros y elementos a seguir para llevar a cabo el proceso de desarmado o eléctrico trifásico, siguiendo el modelo de la guía mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos. Esto garantizará una extracción y separación efectiva de los elementos dañados dentro del motor, es decir, la separación entre la parte fija, como el estator, y la parte móvil, que es el rotor, antes de iniciar el proceso de desmontaje de las bobinas de las ranuras del núcleo magnético.


2. ALCANCE

Proporcionar a los operadores de la empresa la metodología para el desensamble de cada uno de los elementos que conforman la parte física del motor eléctrico trifásico, como el rotor y el estator, así como las partes complementarias, como la bornera, los condensadores, los ventiladores, entre otros.

3. RESPONSABLES

Las personas responsables de cumplir con este procedimiento de reparación de motores eléctricos trifásicos son las siguientes:

Operador designado por el jefe del área de mantenimiento: El jefe del área de mantenimiento seleccionará al profesional encargado de llevar a cabo el proceso de desensamble del motor eléctrico, tomando en cuenta la presente norma y basándose en la guía mexicana de reparaciones de motores eléctricos trifásicos.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “DESENSAMBLE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	4/10

4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS

%	Por ciento
°C	Grados Celsius
Amp	Amperes
C.A.	Corriente alterna
CMA	Circular mil por amperios
EFF1	Clase de eficiencia del motor
HP	Caballo Fuerza
HP/KW	Caballo Fuerza/Kilowatt
Hz/Hertz	Hertz
Kg	Kilogramo
kW	Kilowatts
Lb	Libras
V	Tensión Eléctrica (Volts)


5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

En esta etapa del proceso de reparación del motor eléctrico trifásico, se sugiere utilizar los elementos necesarios según la guía mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos, tales como:

- Herramientas menores, que incluyen el uso de llaves de mixtas, dados, rachas, destornilladores, martillos, y que dependerán directamente de la potencia y características de la máquina eléctrica.

Además de las herramientas menores, se deben utilizar los siguientes suministros para registrar posibles alteraciones que se descubran durante el desensamble del equipo:

- Insumos de oficina, como esferos, lápices, etc.:

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “DESENSAMBLE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	5/10


Nota: Durante el proceso, el operador encargado registrará las ubicaciones iniciales de las partes del motor eléctrico trifásico, como el punto común que une la parte de la tapa delantera y posterior, así como la ubicación correcta de la bornera y los condensadores de trabajo y arranque.

6. DESARROLLO

Proceso de desensamble de motores eléctricos

El proceso de desensamble de los motores eléctricos trifásicos se llevará a cabo de la siguiente manera:

- Señalar el lugar de la caja de conexiones con la finalidad de evitar problemas de conexión posterior al proceso de rebobinado y armado del motor eléctrico.
- Registrar en la hoja de desmontaje el respectivo diagrama de conexión.
- Señalar las posiciones iniciales de las tapas o escudos y tapas cubre-grasa con la finalidad de evitar complicaciones una vez concluido con la etapa de bobinado y su posterior etapa de ensamblaje.
- Análisis y revisión del estado de los rodamientos, tipos tolerancias.
- Marcar las posiciones iniciales del axial del rotor en relación con el estator, es decir, señalar el lado de ingreso y salida del rotor dentro del estator.
- Retirar el rotor lentamente para evitar dañar los devanados o las superficies del entrehierro.
- Inspección interna de las ranuras del estator y rotor de ser procedente.
- Examinar posibles perjuicios mecánicos en los componentes o indicios de uso incorrecto. Motores que presentan contaminación (por ejemplo, grasa, aceite, polvo o residuos químicos).

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “DESENSAMBLE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	6/10


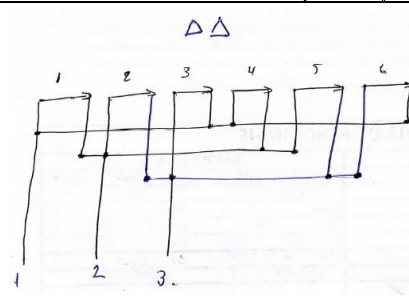

	RC INGELEC	HOJA DE REBOBINAJE		R-TD-20 REV-00 NUMERO DE TRABAJO 4786	
DATOS DEL REQUERENTE		PLACA DE DATOS		DESCRIPCION DEL EQUIPO	
CLIENTE:	JOSE MALAN	FABRICANTE:	WEG	MOTOR	TRIFASICO
FECHA:	31-ene-22	POTENCIA:	5	ESTATOR PRINCIPAL	-
RECIBIDO POR:	M.L.	VOLTAJE:	220	ROTOR PRINCIPAL	-
TRABAJO SOLICITADO	REBOBINAJE	CORRIENTE:	14	BOMBA	-
REBOBINAJE	0	RPM:	1700 OTROS: N/A	GENERADOR	-
REPARACION PARCIAL	0	FRAME:	N/A	TRANSFORMADOR	-
BALANCEO	0	N° SERIE:	N/A	CAMPO EXITATRIZ	-
CAMBIO DE RODAMIENTOS	0	MODELO:	N/A	ROTOR EXITATRIZ	-
TRABAJOS EN SITIO	0	TIPO:	TRIFASICO	MAQUINA HERRAMIENTA	-
MANTENIMIENTO	BLADOR, TAPA VENTIL	FRECUENCIA:	60	OTRO	-
OBSERVACIONES:					
DATOS DEL NUCLEO		TIPO DE FALLA		DATOS ENCONTRADOS	
N° RANURAS	36	FASE-TIERRA		REBOBINADO ORIGINAL	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
DIAMETRO	99 MM	CORT. FASE - FASE		RANURA (LLENA - MEDIA - MIXTA)	LLENA
LONGITUD	130 MM	CORT. ESP - ESP		CONEXIÓN	N° SALIDAS 3
ANCHO DIENTE		SOBRECARGA		LONG. DE SALIDAS	15 CM AWG SALIDAS
BACK IRON		PERDIDA DE FASE		ALTURA DEL BOBINADO	
PROFUNDIDAD DE RANURA		FRICCION		LADO DE CONEXIÓN	3,6 LADO OPUESTO 3,5
TIPO DE CARCAZA		CONTAMINACION		OBS.	
TIPO DE RANURA	REDONDA	REDISEÑO			
DATOS PARA EL REBOBINAJE DE MOTORES TRIFASICOS					
PARAMETROS	DATOS ENCONTRADOS	REDISEÑO 1	REDISEÑO 2	REFERENCIAS	
N° DE CIRCUITOS Y CONEXIÓN	D-D				
PASO DE CONEXIÓN	CORTA				
N° POLOS	4				
N° GRUPOS	6				
N° BOBINAS GRUPO	3				
PASO DE BOBINA	8 10 12				
N° ESPIRAS BOBINA	50-50-50				
N° ALAMBRE	1#22+1#23				
GAUSS					
MATERIAL UTILIZADO		CANTIDAD	RESPONSABLE		
LIBRAS DE COBRE		6	DATOS TOMADOS POR: X.V.		
			REDISEÑADO POR:		
			REBOBINADO POR: X.V.		
			REVISADO POR:		
			FECHA INICIO:		
			FECHA FINALIZACION: 1-feb-22		
			APROBADO POR:		
			FIRMA:		
					

Ilustración 5. Hoja de registro de rebobinaje parte A. El autor

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “DESENSAMBLE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	7/10



 RC INGELEC		HOJA DE REBOBINAJE		R-TD-20 REV-00 NUMERO DE TRABAJO 4786		
DATOS PARA EL REBOBINAJE DE MOTORES MONOFASICOS						
DATOS ENCONTRADOS						
BOB	N° GRUPOS	BOB/GRUPO	PASO	N° ESPIRAS	N° ALAMBRE	CONEXIÓN
T 1						
T 2						
A 1						
A 2						
REDISEÑO						
T 1						
T 2						
A 1						
A 2						
DIAGRAMA DE CONEXIÓN LINEAL						
DIAGRAMA PANORAMICO						

Ilustración 6. Hoja de registro de rebobinaje parte B. El autor

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “DESENSAMBLE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	8/10

Caja de conexiones


El operador designado se encargará de marcar los cables de salida y las terminales, así como de asegurarse de que no haya puentes entre los diferentes terminales y registrará el diagrama correspondiente en la hoja correspondiente. Además, verificará que el material aislante de los cables de salida esté en buen estado para continuar trabajando. En caso de encontrar alguna anomalía, se procederá a reemplazar el elemento dañado. También se verificará el calibre y tipo de cable de salida, así como el tipo y modelo de terminales utilizados en la actualidad, y se observará si los contactos presentan signos de mal contacto.

Tapas o escudos

Se señalarán las posiciones iniciales de las tapas o escudos y las tapas cubre-grasa para evitar complicaciones una vez finalizada la etapa de bobinado y durante la posterior etapa de ensamblaje.

Análisis y revisión del estado de los rodamientos, tipos tolerancias.

El operador asignado tiene la responsabilidad de anotar la siguiente información relativa a los rodamientos: ajuste y margen de tolerancia, categoría de precisión, tolerancia interna, capacidad de carga y el tipo de lubricación. Esto permitirá realizar una sustitución ideal sin afectar el funcionamiento mecánico.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “DESENSAMBLE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	9/10

Posición axial del rotor

Asegurarse de que el rotor esté correctamente centrado con respecto al estator, es decir, indicar la posición de entrada y salida del rotor dentro del estator sin que haya topes o roces entre el rotor y el estator.

Retiro del rotor


Se debe tener especial cuidado al extraer los bobinados quemados o inservibles de las ranuras del núcleo magnético, garantizando un alto nivel de seguridad y tranquilidad durante el proceso.

Daños mecánicos

Es necesario revisar posibles daños mecánicos internos de los componentes, como rodamientos, que puedan haber sido provocados por la presencia de humedad, polvo, recalentamiento del núcleo magnético, o por la entrada de agua y suciedad.

Motores contaminados

El operador encargado debe verificar la presencia de grasa, aceite, polvo, residuos químicos, u otros elementos que puedan dañar el nuevo conjunto de bobinas. Es fundamental asegurar que el motor esté limpio y libre de cualquier contaminante antes de proceder con el rebobinado.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “DESENSAMBLE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	10/10

7. DIAGRAMA DE FLUJO

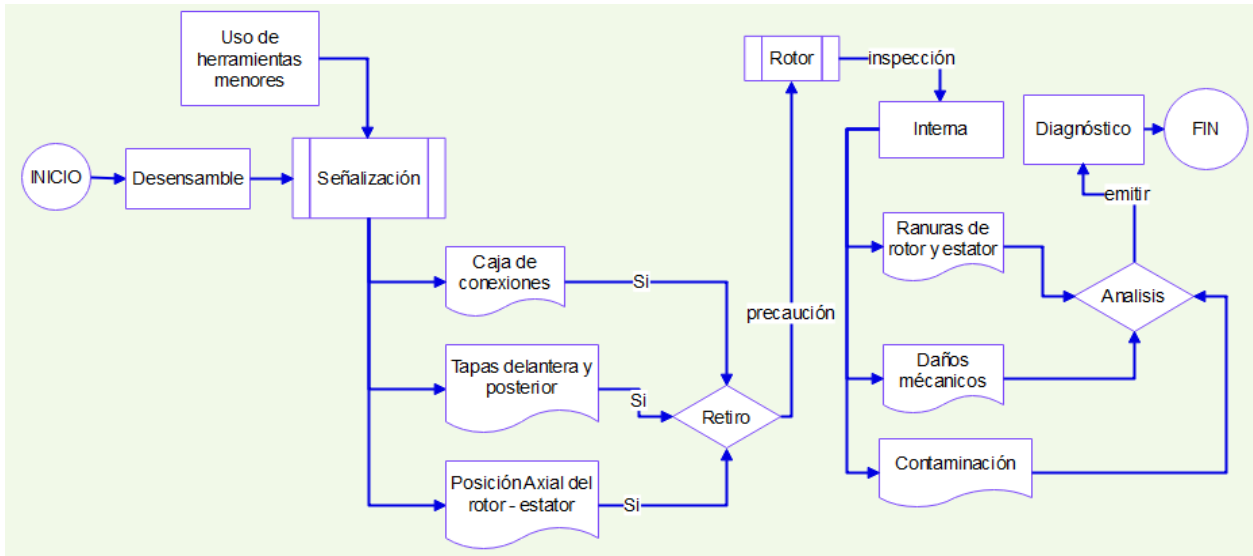



Ilustración 7. Flujo de proceso desensamble de motores eléctricos trifásicos.


PROCEDIMIENTO PARA LA REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	1/11




PROCEDIMIENTO PARA LA REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
Investigador Henry Guachán	Tutor Proyecto Práctico Ing. Juan Joel Segura D' Rouville Msc	Gerente General Ing. Manuel Quinatoa

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	2/11

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	68
2. ALCANCE	68
3. RESPONSABLES	68
4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS	69
5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	70
6. DESARROLLO	70
7. DIAGRAMA DE FLUJO	71

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	3/11

1. OBJETIVO

Definir los criterios y componentes requeridos para ejecutar de manera correcta la eliminación del matriculado antiguo y la limpieza del núcleo magnético de un motor eléctrico trifásico. Esto se llevará a cabo conforme a las instrucciones indicadas en la guía mexicana para la reparación, con el fin de mantener los parámetros técnicos del núcleo magnético.

2. ALCANCE


Brindar a los operadores de la empresa una guía detallada para realizar la remoción y extracción de los bobinados antiguos, así como para llevar a cabo la limpieza de las ranuras del núcleo magnético de los motores eléctricos trifásicos.

3. RESPONSABLES

Las personas responsables de garantizar el cumplimiento de este procedimiento de remoción y extracción de bobinas antiguas, así como de realizar la posterior limpieza del núcleo magnético de los motores eléctricos trifásicos, serán los operadores designados por el jefe del área de mantenimiento. Estos operadores seguirán las directrices establecidas en la guía mexicana de reparaciones de motores eléctricos trifásicos para llevar a cabo el proceso de manera adecuada y eficiente.

4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS

°C	Grados Celsius
Amp	Amperes
C.A.	Corriente alterna
CMA	Circular mil por amperios
EFF1	Clase de eficiencia del motor

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	4/11

HP	Caballo Fuerza
HP/KW	Caballo Fuerza/Kilowatt
Hz/Hertz	Hertz
Kg	Kilogramo
kW	Kilowatts
Lb	Libras
V	Tensión Eléctrica (Volts)

5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

En esta fase del proceso de reparación del motor eléctrico trifásico, se plantea seguir los elementos necesarios según la guía mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos. Estos elementos incluyen:

- Máquina cortadora de cabezas de bobinas
- Horno de quemado con temperatura controlada
- Herramientas menores (cuchillo afilado)


Además de las herramientas y equipos mencionados, se requerirán insumos de oficina para registrar en la hoja de reparaciones los datos técnicos de las bobinas, que serán utilizados en su posterior construcción, como son:

- Insumos de oficina (esferos, lápiz, etc., hoja técnica de registro)

6. DESARROLLO

Proceso de remoción y extracción de bobinas antiguas y limpieza de núcleo magnético de motores eléctricos

El proceso de remoción, extracción de las antiguas bobinas y la limpieza del núcleo magnético de los motores eléctricos se llevará a cabo siguiendo los aspectos fundamentales establecidos en la guía mexicana de reparaciones de motores eléctricos trifásicos:

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	5/11

- La toma de datos del bobinado en las hojas de datos.
- Realizar las pruebas de pérdidas en el núcleo.
- Realizar la remoción del antiguo bobinado.
- Limpiar el núcleo del estator como preparación para el nuevo bobinado.


La toma de datos del bobinado en las hojas de datos

Se inicia el proceso de toma de datos de las bobinas antiguas antes y durante el retiro y extracción de las bobinas dañadas. El operador designado será responsable de registrar de forma precisa y clara la siguiente información:

- Tipo de bobinado (imbricado o excéntrico, concéntrico, capa sencilla, doble capa, triple capa, etc.)
- Número de ranuras
- Número de polos
- Número de fases
- Cantidad, tamaño e identificación de los cables de salida
- Espiras/bobina
- Número de grupos
- Paso
- Conexiones
- Longitud de la cabeza de bobina en lado conexiones
- Longitud de la cabeza de bobina en lado opuesto conexiones
- Cantidad y sección/calibre de los alambres de cada bobina

Durante esta etapa, se recomienda utilizar una herramienta cortadora de cabezas de bobinas que facilite el corte sin dañar las chapas magnéticas del núcleo de hierro.

Nota: No es aconsejable utilizar amoladoras eléctricas, ya que podrían dañar las ranuras del núcleo magnético y representar un peligro para el operador durante la extracción y remoción de las bobinas de cobre dañadas.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	6/11

Realizar las pruebas de pérdidas en el núcleo


Se recomienda durante el proceso de extracción de las bobinas de cobre dañadas, se recomienda llevar a cabo ensayos de pérdida en el núcleo con el propósito de detectar posibles cambios que puedan tener un impacto en su eficiencia. Al realizar estas pruebas, es importante considerar lo siguiente:

Uso del mismo probador. – Durante las pruebas de pérdidas en el núcleo magnético, es fundamental utilizar el mismo probador para asegurar que los resultados mantengan consistentes rangos y márgenes de error en todas las etapas de la prueba.

Seleccionar el rango adecuado de prueba. - Es esencial tener en cuenta los rangos establecidos por el fabricante al efectuar la prueba para evitar daños en el equipo y en la máquina eléctrica.

Tiempos de pruebas. – Se sugiere realizar las pruebas en el núcleo magnético antes del quemado del bobinado dañado, otra prueba una vez que se haya realizado la limpieza del núcleo, pero sin incluir el nuevo bobinado, y finalmente, una prueba con la incorporación del nuevo grupo de bobinas.

Nota: Es relevante mencionar que, si durante las pruebas se observa un incremento superior al 20%, se deben repetir las pruebas y verificar los resultados. Si persisten dichos valores, es necesario reparar el núcleo o, según su estado, sustituirlo por otro.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	7/11

Realizar la remoción del antiguo bobinado.


Para realizar la remoción del antiguo bobinado, se siguen dos procesos de acuerdo con la guía mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos:

1.- Corte del extremo superior del bobinado: Se procede a cortar el extremo superior del bobinado, justo en el lado de los terminales de conexión. Esta acción facilita la extracción de todos los grupos de bobinas.

2.- Calentamiento de las bobinas en un horno de secado: Las bobinas se calientan en un horno de secado hasta que el barniz y el aislamiento de los grupos de bobinas se destruyan, permitiendo así una extracción más sencilla. Es importante tener en cuenta que el calor aplicado no debe concentrarse en un solo punto; la temperatura debe distribuirse de manera uniforme en todas las secciones y rincones de los bobinados a retirar. Además, el control de temperatura es esencial para evitar un sobrecalentamiento interlaminar que dañe el núcleo de hierro.

Consideraciones a tener en cuenta del calentamiento de las bobinas antiguas

El proceso de quemado de las bobinas tiene como objetivo desprender los aislantes para que las bobinas se puedan extraer sin ejercer una fuerza excesiva que dañe el núcleo magnético. Si al intentar retirar las bobinas se requiere de una fuerza considerable, se debe volver a introducir en el horno hasta lograr que se desprendan de forma más sencilla, aunque se debe evitar un uso excesivo y exagerado de temperatura. La guía mexicana, tomando datos de la EASA, recomienda no exceder los 370°C para facilitar el desprendimiento de las bobinas


	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	8/11

dañadas. Asimismo, se aconseja utilizar un horno con control de temperatura para proteger las ranuras del núcleo magnético.

Limpiar el núcleo del estator como preparación para el nuevo bobinado.

La limpieza del núcleo del estator es una etapa importante en la preparación para el nuevo bobinado después de remover los bobinados dañados. Es común que queden residuos alojados en las ranuras del núcleo magnético, por lo que la guía mexicana destaca la importancia de realizar una limpieza adecuada, considerando los siguientes parámetros:

1. Raspado cuidadoso. - Si no se dispone de un método de limpieza específico para núcleos magnéticos, se puede utilizar un cuchillo afilado. Sin embargo, se debe tener cuidado, ya que esta técnica requiere de precisión para evitar dañar alguna de las chapas magnéticas que componen el núcleo. Aunque es una opción económica, se debe manejar con cuidado.
2. Lavado con alta presión. – Este método de limpieza implica una mayor inversión, ya que se requiere una máquina lavadora a alta presión, como, por ejemplo, la maquina industrial Hidro lavadora a Gasolina Industrial 7HP - 3000PSI LT8210B MAVIJU, cuyo precio ronda los 1.800 dólares.
3. Limpieza con un material medianamente abrasivo. – Este enfoque ha sido desarrollado en las últimas décadas y se utiliza para preparar superficies metálicas en la construcción de infraestructuras como edificios y puentes para combatir la corrosión. También puede aplicarse en la limpieza del núcleo magnético de motores eléctricos trifásicos mediante la técnica de limpieza Sandblasting. Sin embargo, se

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	9/11


debe elegir un abrasivo que no sea demasiado fuerte para limpiar las ranuras del núcleo magnético sin dañar las capas interlaminares. En la actualidad, este sistema de limpieza puede ser relativamente costoso, como es el caso del Arena Blasting Tank y Bulk, una máquina de chorro de arena con un valor que oscila entre 800 y 900 dólares.

4. Cepillado con un cepillo de alambre medio/suave. - Esta técnica es relativamente económica, pero no proporciona una limpieza completamente efectiva al cien por ciento. Durante el proceso de limpieza, pueden quedar residuos de material no deseado que podrían afectar el proceso de rebobinado. Es importante considerar esta limitación al optar por este método.

Después de limpiar las ranuras:

Después de llevar a cabo la limpieza de las ranuras del núcleo magnético, es posible que se hayan provocado daños en el propio núcleo. Sin embargo, estos problemas pueden abordarse de las siguientes maneras.

1. Reposicionar los dientes dañados: Si se ha producido algún daño en los dientes del núcleo, se pueden reajustar o reposicionar de manera adecuada.
2. Reparar daños menores en las superficies de los entrehierros: En caso de que se presenten daños menores en las superficies de los entrehierros, es posible enderezarlos para corregirlos.
3. Reemplazar o re aislar/re apilar los núcleos en caso de daños severos: Si los daños en el núcleo son significativos, se recomienda proceder al reemplazo completo de los

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	10/11

núcleos o realizar una re-aislación o repilado adecuado para restaurar su funcionamiento óptimo.

Nota: Es importante tener en cuenta que antes de introducir el nuevo grupo de bobinas, se debe realizar una prueba térmica del estado del núcleo magnético para asegurarse de que esté en condiciones adecuadas para el próximo proceso. Esto garantizará el correcto funcionamiento del motor eléctrico trifásico después de completar todas las reparaciones y el rebobinado.

7. DIAGRAMA DE FLUJO

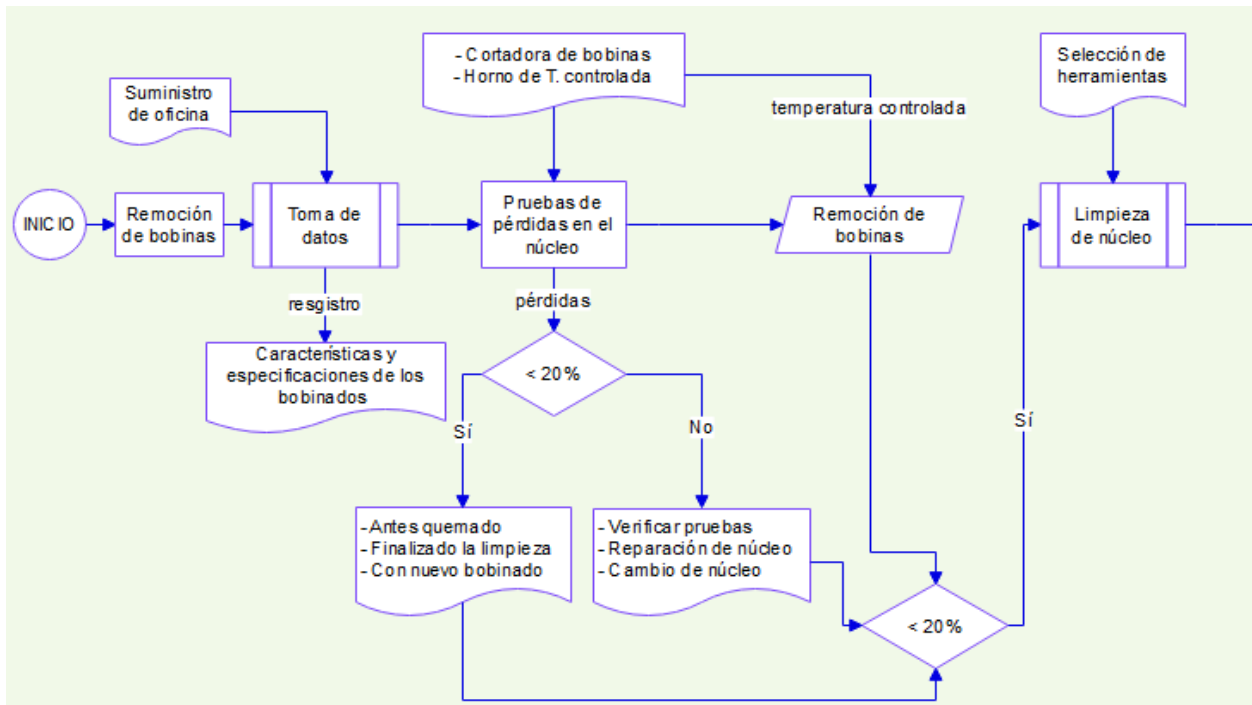



Ilustración 8. Flujo de proceso remoción y limpieza de bobinas antiguas en motores eléctricos trifásicos a.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REMOCIÓN DEL ANTIGUO BOBINADO Y LIMPIEZA DEL NÚCLEO MAGNÉTICO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	11/11

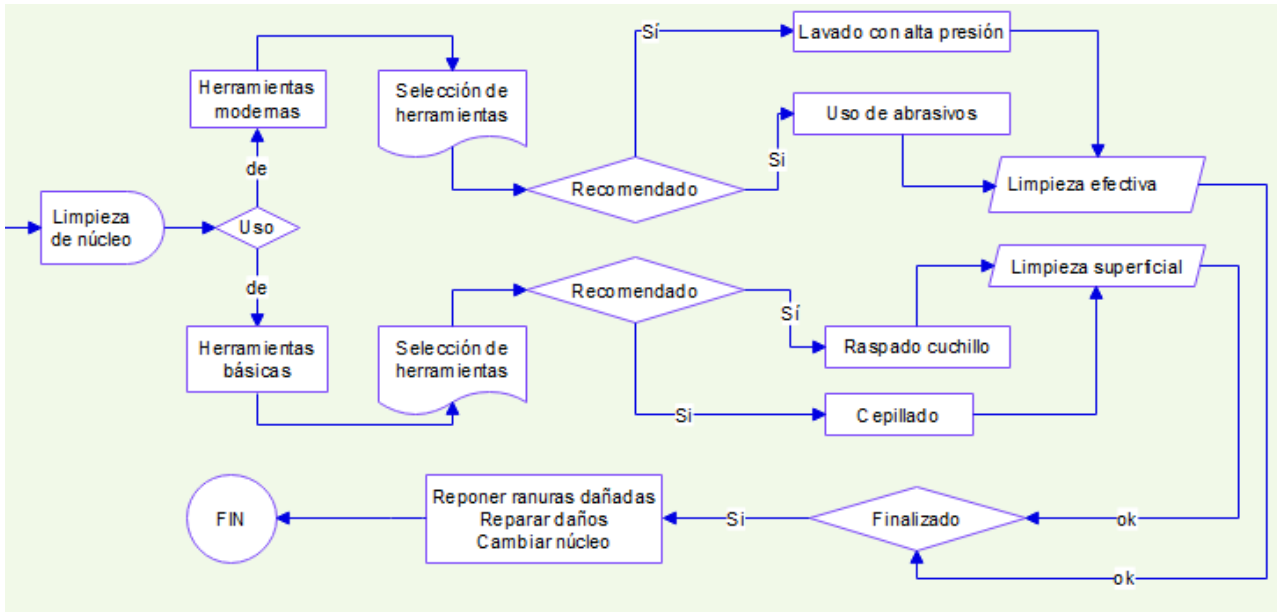



Ilustración 9. Flujo de proceso remoción y limpieza de bobinas antiguas en motores eléctricos trifásicos b.


**PROCEDIMIENTO PARA REBOBINADOS DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS,
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE
MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.**

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REBOBINADO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	1/9




PROCEDIMIENTO PARA REBOBINADOS DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
Investigador Henry Guachán	Tutor Proyecto Práctico Ing. Juan Joel Segura D' Rouville Msc	Gerente General Ing. Manuel Quinatoa

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REBOBINADO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	2/9

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	68
2. ALCANCE.....	68
3. RESPONSABLES	68
4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS.....	69
5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	70
6. DESARROLLO.....	70
7. DIAGRAMA DE FLUJO	71

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REBOBINADO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	3/9

1. OBJETIVO

Establecer los parámetros y procedimientos necesarios para llevar a cabo el rebobinado del nuevo grupo de bobinas que se instalará en el núcleo previamente preparado, siguiendo las directrices proporcionadas en la guía mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos.

2. ALCANCE


Este procedimiento tiene como propósito ofrecer a los operadores de la empresa una guía efectiva para llevar a cabo el bobinado del nuevo grupo de bobinas que se colocará en el núcleo magnético previamente preparado.

3. RESPONSABLES

El cumplimiento de este procedimiento de rebobinado del nuevo grupo de bobinas y su posterior instalación en el núcleo preparado será responsabilidad del operador designado por el jefe del área de mantenimiento. Dicho operador será el encargado de seguir los procedimientos requeridos por la maquinaria eléctrica y de asegurarse de cumplir con las directrices establecidas en la guía mexicana de reparaciones de motores eléctricos trifásicos.

4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS


%	Por ciento
°C	Grados Celsius
Amp	Amperes
A/mm ²	Densidad de corriente eléctrica en amperes por milímetro cuadrado
AEMT	The Association of Electrical and Mechanical Trades
C.A.	Corriente alterna

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REBOBINADO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	4/9

CMA	Circular mil por amperios
EFF1	Clase de eficiencia del motor
FEM	Fuerza electromotriz
FMM	Fuerza magneto-motriz
HP	Caballo Fuerza
HP/KW	Caballo Fuerza/Kilowatt
Hz/Hertz	Hertz
Kg	Kilogramo
kW	Kilowatts
Lb	Libras
mm	Milímetros
mm ²	Milímetros cuadrados
Max	Máximo
Min	Mínimo
LME	Longitud Media de Espira
MTBF	Tiempo Medio entre Fallas
Pérdidas I ² R del estator	Pérdidas por efecto Joule del estator
Pérdidas I ² R del rotor	Pérdidas por efecto Joule del rotor
RPM	Revoluciones por minuto
V	Tensión Eléctrica (Volts)

5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

En esta etapa del proceso de reparación del motor eléctrico trifásico, se propone un procedimiento para el proceso de bobinado de nuevas espiras, siguiendo las directrices establecidas en la guía mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos. Los elementos básicos necesarios para la elaboración del nuevo grupo de bobinas son:

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REBOBINADO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	5/9

- Máquina bobinadora de espiras

Además de la máquina, se utilizarán los insumos de oficina, como la ficha técnica, mediante la cual se llevará a cabo la construcción de los nuevos bobinados.

- Hoja técnica de registro

6. DESARROLLO

Proceso de bobinado para motores eléctricos trifásicos


En el proceso de elaboración del nuevo grupo de bobinas de trabajo y arranque, es importante considerar las opciones del nuevo bobinado, es decir, si se mantendrá igual al original o si se rediseñará para mejorar la eficiencia del motor trifásico. Por lo tanto, se deben tener en cuenta los siguientes tipos de bobinas a realizar:

- Copia del bobinado original.
- Rediseño.

Copia del bobinado original

Para realizar la copia del bobinado original, es importante seguir las siguientes recomendaciones según la guía mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos:

- Confirmar que el devanado antiguo es el original.
- Emplear la misma disposición de bobinado.
- Mantenga las cabezas de las bobinas lo más compactas que pueda.
- Use bobinas con cabezas del mismo tamaño (de ser posible reducirlas a un tamaño más corto).
- Emplear un paso (o pasos) similar.
- Hacer uso de la misma bobina/espiras.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REBOBINADO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	6/9

- Use cables con la misma sección transversal (idealmente aumentando la sección transversal total de la bobina).
- Use bobinas que sean del mismo LME o menos.
- Revise para ver si la resistencia del devanado nuevo (temperatura corregida) es mayor o menor que la del devanado viejo.

Durante el proceso de copiado de los bobinados, es importante considerar la posibilidad de recortar las cabezas de las bobinas y aumentar la sección del conductor. De esta manera, se logrará conservar o mejorar la eficiencia del motor.


Rediseño del bobinado original

Para llevar a cabo el rediseño de un grupo de bobinas, se deben tener en cuenta las pautas establecidas por el Programa de Verificación y Rediseño de Motores de Corriente Alterna de EASA, según lo detalla la guía mexicana destinada a la reparación de motores eléctricos trifásicos.

Finalizado el proceso de bobinado

Una vez completado el proceso de bobinado, se deben realizar las pruebas respectivas que se detallan a continuación, según las directrices de la guía mexicana:

1. **Prueba de resistencia.** – Esta prueba permite conocer las pérdidas en el grupo de bobinas instalado dentro del núcleo magnético. Se necesita aplicar normas de seguridad, como equipos de protección personal, fuente de alimentación y un termómetro para medir y ajustar la temperatura ambiente. La temperatura promedio ambiente considerada es de 25°C.


	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REBOBINADO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	7/9

2. **Prueba de equilibrio de fases.** - Esta prueba garantiza que las bobinas estén conectadas y fabricadas de manera igual en cada una de las tres fases. Se inyectan impulsos de corriente en dos de las tres fases del motor para detectar anomalías, y la visualización se realiza mediante el uso de un osciloscopio. Estas pruebas deben realizarse antes del proceso de barnizado.
3. **Prueba a tierra.** – Esta prueba somete a un esfuerzo el nuevo grupo de bobinas, aplicando un voltaje recomendado hasta el doble de la tensión nominal, aunque lo más recomendable es 1/7 parte del voltaje de prueba.
4. **Impregnación.** – Este procedimiento establece la calidad de adherencia mecánica de las bobinas al núcleo magnético del motor eléctrico. Además, sirve como aislante y protección contra la humedad y contaminación, llenando los espacios entre las bobinas. Los principales barnices utilizados en motores eléctricos trifásicos son:

Clase de aislamiento	Temperatura máxima soportada (IEC 60034-1; 1998)		Temperatura máxima soportada (NEMA MG1-12.43)	
A	105°C	221°F	105°C	221°F
E	120°C	248°F		
B	130°C	266°F	130°C	266°F
F	155°C	311°F	155°C	311°F
H	180°C	356°F	180°C	356°F
C	>180°C	356°F		

Tabla © EASA

El propósito consiste en rellenar los amplios espacios de aire entre los alambres del bobinado de manera lo más completa posible, dependiendo del tipo de impregnación utilizado. No obstante, previo a colocar el estator en el horno de secado, es necesario eliminar el exceso de barniz del núcleo.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REBOBINADO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	8/9

7. DIAGRAMA DE FLUJO

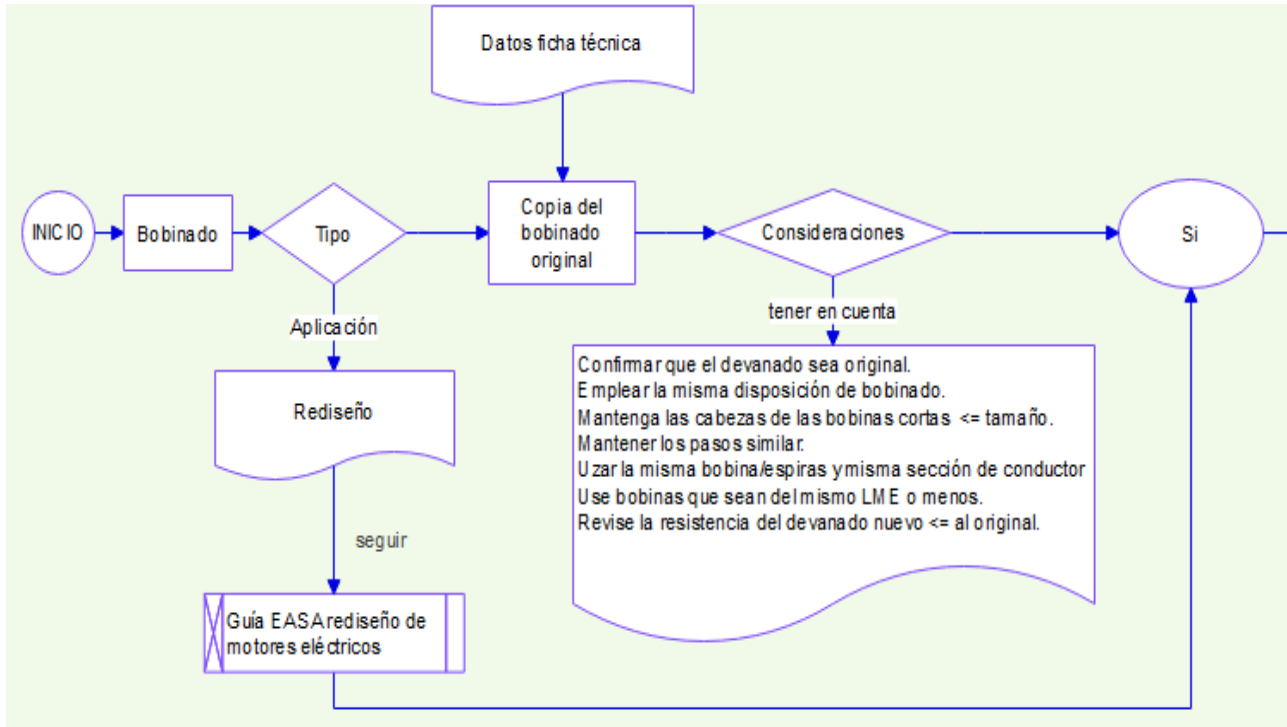



Ilustración 10. Flujo de proceso bobinado en motores eléctricos trifásicos a.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REBOBINADO”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	9/9

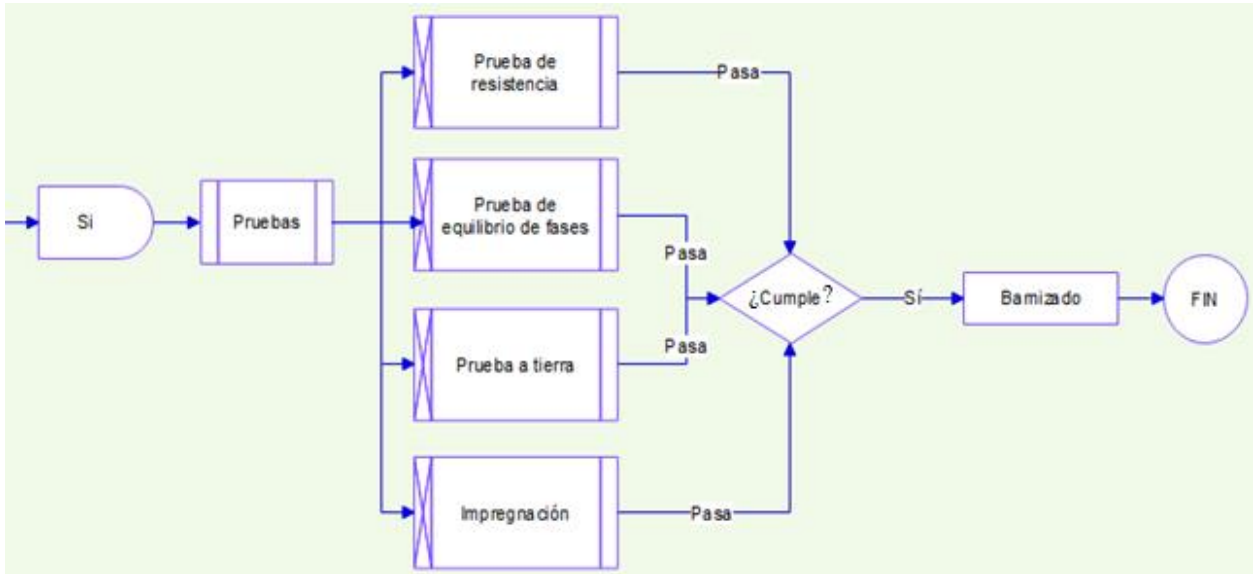



Ilustración 11. Flujo de proceso bobinado en motores eléctricos trifásicos b.


PROCEDIMIENTO PARA REPARACIONES MECÁNICAS EN MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REPARACIONES MECÁNICAS”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	1/7




PROCEDIMIENTO PARA REPARACIONES MECÁNICAS EN MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
Investigador Henry Guachán	Tutor Proyecto Práctico Ing. Juan Joel Segura D' Rouville Msc	Gerente General Ing. Manuel Quinatoa

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REPARACIONES MECÁNICAS”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	2/7

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	68
2. ALCANCE	68
3. RESPONSABLES	68
4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS	69
5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	70
6. DESARROLLO	70
7. DIAGRAMA DE FLUJO	71

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REPARACIONES MECÁNICAS”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	3/7

1. OBJETIVO

Identificar las partes que podrían sufrir daños durante el proceso de reparación del motor eléctrico trifásico, así como aquellos daños que pueden surgir debido al uso y desgaste natural de cada máquina eléctrica.

2. ALCANCE


Listar cada una de las partes que pueden requerir corrección durante el proceso de reparación, así como los posibles daños que pueden ocurrir durante la movilización y/o operación de la máquina eléctrica.

3. RESPONSABLES

El operador designado por el jefe del área de mantenimiento será el encargado de llevar a cabo el proceso de reparación de cada uno de los elementos dañados para asegurar un rendimiento adecuado del motor eléctrico trifásico, siguiendo las pautas establecidas por la guía mexicana de reparaciones de motores eléctricos trifásicos.

4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS

%	Por ciento
°C	Grados Celsius
Amp	Amperes
C.A.	Corriente alterna
EASA	Electrical Apparatus Service Association
HP	Caballo Fuerza
HP/KW	Caballo Fuerza/Kilowatt
Hz/Hertz	Hertz
Kg	Kilogramo
kW	Kilowatts

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REPARACIONES MECÁNICAS”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	4/7

Lb Libras

V Tensión Eléctrica (Volts)

5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

La utilización apropiada de herramientas y maquinarias durante el proceso de reparación está determinada por el tipo de instrumento empleado. Un uso inapropiado de estas herramientas puede ocasionar los siguientes daños en el motor eléctrico:

- Reparaciones de los núcleos
- Reparaciones del eje
- Reparaciones de los alojamientos
- Rodamientos y sellos
- Ventiladores y cubiertas de protección


6. DESARROLLO

Proceso de verificación de partes mecánicas para motores eléctricos trifásicos

Reparaciones de los núcleos

a) El estator.

- Mal uso del proceso de esmerilado que daña las superficies del núcleo.
- Esmerilado prolongado del núcleo.
- Aplicar fuerza excesiva para arreglar los dientes torcidos.
- Una disminución en la cantidad de hojas de núcleo, menos chapas magnéticas.
- Re apilado inadecuado de las chapas magnéticas después de haber realizado algún cambio.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REPARACIONES MECÁNICAS”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	5/7

b) El rotor.


- La superficie estaba se encontraba dañada y con exceso de aplicación de esmeril o pulidora.
- Usar una herramienta desafilada “cuchillo” que incrementa el roce entre la herramienta y la superficie de las chapas magnéticas.
- Entrehierro excesivo.
- Diagnóstico erróneo de fallas o reparación de barras o anillos de jaula.

Reparaciones del eje

- Cambiar las propiedades magnéticas del eje.
- Mala colocación de los rodamientos en el eje.

Reparaciones de los alojamientos

- Reparaciones de las superficies con diferente tamaño al original.
- Errores en la reconstrucción de los alojamientos de los rodamientos.
- Instalación de una nueva carcasa con una cantidad excesiva de interferencia en el núcleo (aumenta las pérdidas rotacionales en el núcleo). El par de apriete debe estar entre mm (0,004 y 0,006 pulgadas), según la regla general.
- Errores cometidos al limpiar conductos de aire o rejillas de ventilación obstruidos.
- Errores cometidos al reparar o reemplazar las aletas de enfriamiento que faltan o están rotas.


	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REPARACIONES MECÁNICAS”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	6/7

Rodamientos y sellos

- Se eligieron los rodamientos equivocados.
- Mal montaje de los rodamientos.
- Problemas con la lubricación de los rodamientos causado por el uso de la grasa incorrecta, una mezcla de grasas o demasiada grasa.
- Se instaló un tipo de sello incorrecto.
- Ajuste defectuoso del sello.

Ventiladores y cubiertas de protección

- Instalación incorrecta del ventilador.
- No hay reemplazo de ventilador por uno roto.
- Instalación incorrecta de la tapa de la cubierta del ventilador.
- No verificar que la abertura del ventilador esté libre de residuos u objetos que puedan interferir con la circulación del aire.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “REPARACIONES MECÁNICAS”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	7/7

7. DIAGRAMA DE FLUJO

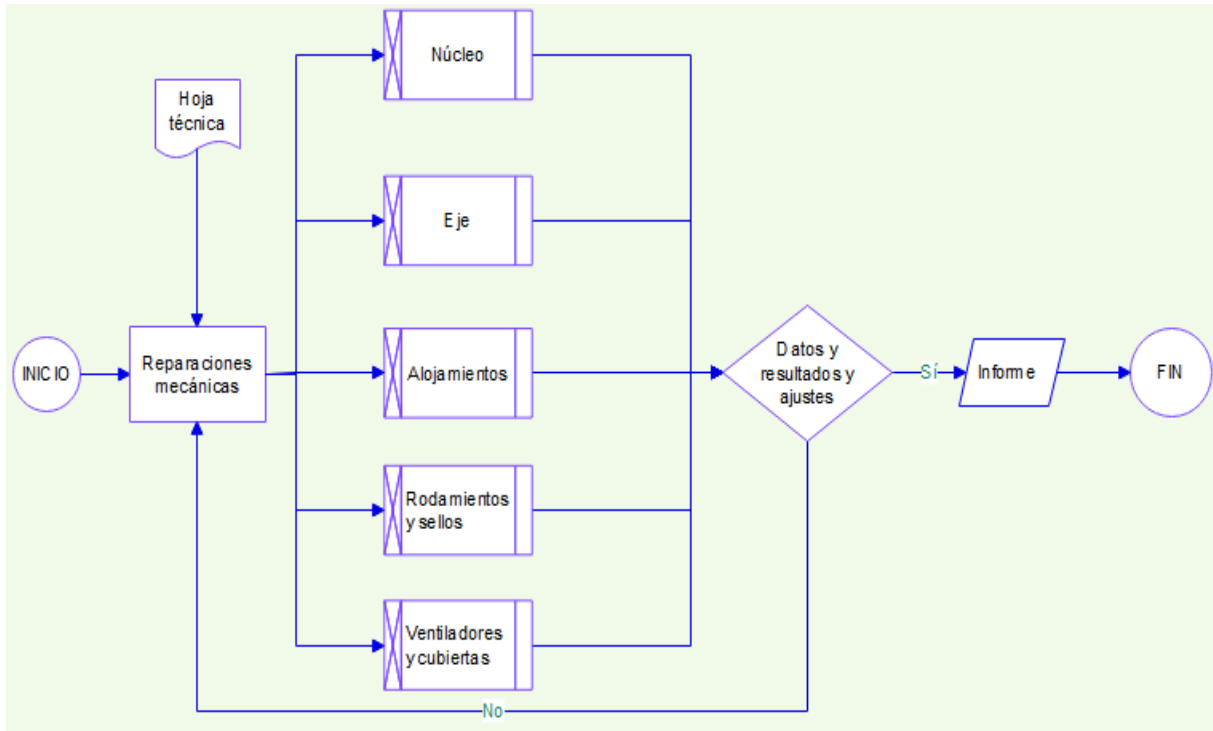



Ilustración 12. Flujo de proceso reparaciones mecánicas en motores eléctricos trifásicos. El autor.


**PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLAJE EN MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS,
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE
MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.**

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “ENSAMBLAJE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	1/6




PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAMBLAJE EN MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA MEXICANA DESTINADA A LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS.

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
Investigador Henry Guachán	Tutor Proyecto Práctico Ing. Juan Joel Segura D' Rouville Msc	Gerente General Ing. Manuel Quinatoa

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “ENSAMBLAJE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	2/6

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO	68
2. ALCANCE	68
3. RESPONSABLES	68
4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS	69
5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	70
6. DESARROLLO	70
7. DIAGRAMA DE FLUJO	71

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “ENSAMBLAJE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	3/6

1. OBJETIVO

El objetivo de este procedimiento es establecer el procedimiento para realizar el proceso de ensamblaje de todas las partes del motor eléctrico trifásico una vez que se hayan completado los trabajos de reparación correspondientes.

2. ALCANCE


Identificar la secuencia, recomendaciones y procesos a seguir durante el ensamblaje y montaje de cada una de las partes del motor eléctrico trifásico.

3. RESPONSABLES

El operador designado por el jefe de área de mantenimiento será el encargado de cumplir con el presente procedimiento de ensamblaje de todas las partes del motor eléctrico. Su responsabilidad será finalizar el proceso de reparación y ensamblaje de cada uno de los elementos reparados, asegurándose de entregar un trabajo garantizado, siguiendo las pautas establecidas en la guía mexicana de reparaciones de motores eléctricos trifásicos.

4. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS

%	Por ciento
°C	Grados Celsius
Amp	Amperes
C.A.	Corriente alterna
EASA	Electrical Apparatus Service Association
HP	Caballo Fuerza
HP/KW	Caballo Fuerza/Kilowatt
Hz/Hertz	Hertz
Kg	Kilogramo
kW	Kilowatts

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “ENSAMBLAJE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	4/6

Lb Libras

V Tensión Eléctrica (Volts)

5. MÁQUINAS, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

El uso de maquinaria y herramientas depende del tipo de instrumento utilizado durante el proceso de reparación. Es importante evitar el uso inapropiado de herramientas, ya que puede provocar daños en el motor eléctrico. Algunas de las herramientas menores utilizadas son llaves mixtas, rachas aumentos, destornilladores, entre otros.

Además, se hará énfasis en registrar los detalles de entrega para evitar problemas de devoluciones a corto y mediano plazo. Se utilizará una hoja de datos técnicos en donde se firmarán todos los responsables durante el proceso de reparación.

6. DESARROLLO


Proceso de ensamblaje de motores eléctricos trifásicos

Lubricación de rodamientos

Se determinará la cantidad justa de grasa que se colocará en el interior de los rodamientos para asegurar que no haya un exceso de pérdidas, según un estudio realizado por la EASA que forma parte de la guía mexicana de motores eléctricos trifásicos.

Arandelas de presión y onduladas

Se asegurará la correcta colocación de las arandelas de presión y onduladas que sujetan los rodamientos, evitando un desgaste anticipado y daños en este elemento. Además,

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “ENSAMBLAJE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	5/6

esto prolongará la vida útil del eje y evitará un incremento de pérdidas durante la operación.

Ventiladores y reflectores


Una mala instalación afecta el proceso de enfriamiento del motor y puede acelerar su envejecimiento. También puede incrementar las pérdidas por efecto JOULE, ya que el motor eléctrico trifásico, al no tener ningún medio de refrigeración más que el natural, se calentará más rápido. Es importante considerar el flujo de aire y el sentido de las aspas del ventilador durante la instalación.

Manipulación

Es crucial mantener una correcta manipulación de las ranuras del núcleo de hierro y realizar el proceso de introducción del rotor al estator de manera que no se maltraten entre sí ninguna de sus partes. Evitar caídas de cualquier elemento durante el proceso de instalación asegura la óptima sujeción de cada uno de los elementos que forman parte del motor.

Pintura

En motores pequeños, es necesario asegurarse de que después del proceso de pintado, los sistemas de refrigeración queden completamente libres de cualquier obstrucción que impida la circulación de aire.

	REBOBINAJE DE MOTORES TRIFÁSICOS	CÓDIGO	REB-MOT-3F
	PROCEDIMIENTO DE REBOBINAJE “ENSAMBLAJE”	VERSIÓN	1.0
		PÁGINA	6/6

7. DIAGRAMA DE FLUJO

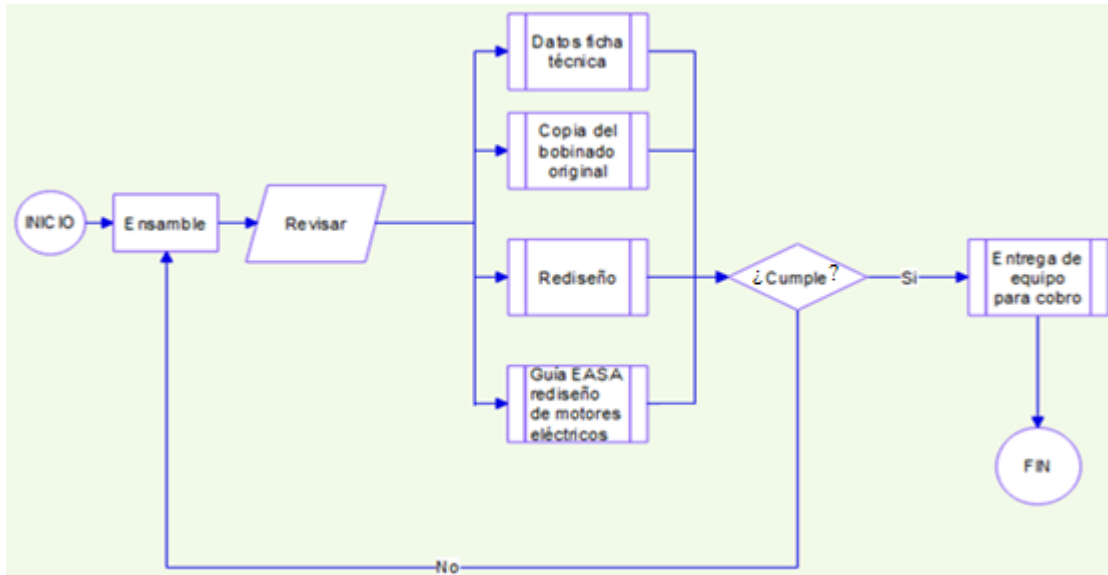


Ilustración 13. Flujo de proceso ensamble de motores eléctricos trifásicos. El autor.

Resultados esperados

El objetivo de este proyecto de investigación consiste en ofrecer una metodología para la limpieza de núcleos de motores eléctricos trifásicos, conforme a las directrices de la Guía Mexicana para la reparación de estos motores. Esto se realiza con el propósito de elevar la calidad en el proceso de rebobinado de los motores eléctricos dentro de la empresa. RC INGELEC. Esta iniciativa busca posicionar a la Empresa como una de las pioneras en el mercado provincial, ofreciendo un servicio de calidad.

El procedimiento tiene la ventaja de facilitar el entendimiento del proceso de limpieza entre los trabajadores del área de mantenimiento, quienes hasta la fecha han llevado a cabo esta tarea de manera empírica. Además, el mismo detalla los procesos que se deben realizar antes, durante y después de la limpieza del núcleo magnético. Para facilitar la comprensión, se han desarrollado flujos de procesos que incluyen las actividades y herramientas necesarias para cada etapa del rebobinado de los motores trifásicos.

Una vez que la gerencia de la empresa conozca la presente información y se adopten las recomendaciones pertinentes, se procederá a impartir el procedimiento de limpieza al personal operativo del área de mantenimiento. De esta manera, se busca que los trabajadores también sigan las recomendaciones descritas en el procedimiento.

Finalmente, este trabajo de investigación tiene como objetivo reducir o eliminar los indicadores negativos de motores devueltos en el año 2022, donde la causa principal identificada fue el calentamiento excesivo de los motores en un período inferior a 6 meses, lo cual está directamente relacionado con el bobinado y el núcleo del motor. Este problema representó un 57% de los casos, equivalente a 26 motores eléctricos de un total de 47 devueltos. Además, a

través de este procedimiento y sus recomendaciones correspondientes, se llevará a cabo el diagnóstico del estado del núcleo magnético antes, durante y después del proceso de limpieza. Esto es especialmente relevante ya que, en el año 2022, el 53,41% de los motores eléctricos trifásicos que llegaron para reparación ya habían sido rebobinados previamente. Esto, sin duda, incrementa la probabilidad de fallas en el núcleo magnético, considerando que la empresa actualmente no cuenta con equipos para diagnosticar el estado del núcleo magnético.

Para cumplir con las directrices de este procedimiento y cumplir con las metas planteadas para este proyecto de investigación, el gerente general deberá implementar las siguientes propuestas planteadas para mitigar los problemas encontrados según el diagrama de Ishikawa:

Material

- Obligar a los operadores del área de mantenimiento de reparación de motores eléctricos de la empresa RC INGELEC a llenar de forma completa la información de cada uno de los motores reparados.
- Evitar el desperdicio de materia prima mediante el registro detallado de cada material utilizado en la reparación del motor eléctrico trifásico, es decir, se marcará en las hojas de reparación de cada motor el inicio y final de cada carrito de cable esmaltado de cobre por ejemplo al inicio el operador toma el peso de la bobina de cable esmaltado de cobre calibre # 20 con peso inicial de 45kg y finalizado en 40kg, por lo tanto, se utilizó 5kg de cobre esmaltado calibre # 20.

Maquinaria

- Comprar un equipo térmico, como la cámara térmica FLIR E8 Pro, que se convierte en una herramienta esencial para detectar y diagnosticar problemas

eléctricos de calentamiento. Esta se utilizará para evaluar el estado del núcleo magnético y determinar si presenta puntos calientes.

- Adquirir una cortadora de cabezas de bobinados “Máquinas cortadoras de estator modelo SC3 (80x120x200) cm”; que facilite la extracción de las bobinas de cobre dañadas sin ejercer fuerza que pueda afectar al núcleo magnético de los motores eléctricos trifásicos.
- Obtener un horno con control de temperatura “Horno de quemado modelo RB200 (200x200x200) cm”; que permita desprender y liberar las bobinas dañadas antes de llevar a cabo el proceso de limpieza y preparación del núcleo magnético para alojar las nuevas bobinas.

Mano de obra

- Es crucial proporcionar capacitación continua al personal operativo del área de mantenimiento, con el objetivo de promover la implementación efectiva de las directrices establecidas en este procedimiento.
- Actualización de conocimientos permanentes.

Medio

- Dejar de usar las herramientas manuales y básicas que dañan el núcleo magnético como suelda autógena, lijas, tijeras y pinzas.
- Ubicar las máquinas y herramientas nuevas en espacios que faciliten el acceso su manipulación y acceso, de ser necesario adecuar el espacio físico y aumentar el área de trabajo.

Método

- Seguir el presente manual de procedimientos de limpieza de motores eléctricos trifásicos.
- Control permanente al personal técnico del área de mantenimiento.

Medida

- Realizar el diagnóstico de estado de ingreso de cada uno de los núcleos magnéticos mediante la cámara térmica FLIR E8 Pro, para identificar puntos calientes, es decir, verificar el desgaste del núcleo magnético de cada motor reparado en la empresa RC INGELEC.

Propuesta de reducción

La propuesta consiste en reducir gradualmente, hasta llegar a cero, las devoluciones de motores eléctricos trifásicos causadas por el calentamiento prematuro, que está directamente relacionado con una deficiente limpieza de los núcleos magnéticos. Para lograrlo, se establece una ecuación que relaciona las devoluciones del último año registrado, que corresponde al año 2022, y se proyecta utilizando el porcentaje calculado del 30%, que representa el incremento observado de 2021 a 2022. Además, se mantiene constante el valor del porcentaje de reducción propuesto, que es del 70% por año, a partir de 2024.

De acuerdo con estos cálculos, se estima que en los próximos 5 años se eliminará por completo la incidencia de motores devueltos debido a problemas relacionados con el calentamiento prematuro, específicamente vinculados a la insuficiente limpieza de los núcleos magnéticos. Esto, a su vez, evitará la formación de puntos calientes en las láminas de hierro al silicio y mejorará la eficiencia de las máquinas eléctricas.

$$\text{Reducción paulatina propuesta} = 70\% = \% \text{ RED}_{\text{PLANn}}$$

Motores devueltos año 2022 = 26

Taza de incremento de los años 2021 – 2022 = 30% = %T_{INCR DEV} + base

Motores devueltos año 2023 = 34 = M_{dev2023}

Por lo tanto, se plantea la siguiente ecuación

$$M_{develtos\ 2024} = (M_{dev2023} - M_{dev2023} * \%Red_{plan\ 2024}) * \%T_{incr\ dev}$$

$$M_{develtos\ 2024} = (34 - 34 * 0,7) * 1,3$$

$$M_{develtos\ 2024} = 13\ \text{motores devueltos}$$

$$M_{develtos\ 2025} = (M_{dev\ 2024} - M_{dev\ 2024} * \%Red_{plan\ 2025}) * \%T_{incr\ dev}$$

$$M_{develtos\ 2025} = (13 - 13 * 0,7) * 1,3$$

$$M_{develtos\ 2025} = 5\ \text{motores devueltos}$$

$$M_{develtos\ 2026} = (M_{dev\ 2025} - M_{dev\ 2025} * \%Red_{plan\ 2026}) * \%T_{incr\ dev}$$

$$M_{develtos\ 2026} = (5 - 5 * 0,7) * 1,3$$

$$M_{develtos\ 2026} = 2\ \text{motores devueltos}$$

$$M_{develtos\ 2027} = (M_{dev\ 2026} - M_{dev\ 2026} * \%Red_{plan\ 2027}) * \%T_{incr\ dev}$$

$$M_{develtos\ 2027} = (2 - 2 * 0,7) * 1,3$$

$$M_{develtos\ 2027} = 1\ \text{motores devueltos}$$

$$M_{develtos\ 2028} = (M_{dev\ 2027} - M_{dev\ 2027} * \%Red_{plan\ 2029}) * \%T_{incr\ dev}$$

$$M_{develtos\ 2028} = (1 - 1 * 0,7) * 1,3$$

$$M_{\text{develtos } 2028} = 0 \text{ motores devueltos}$$

Tabla 15

Indicadores y metas planteadas para el presente procedimiento.

Tiempo	Con procedimientos	Sin procedimientos
Año 2024	13	44
Año 2025	5	57
Año 2026	2	74
Año 2027	1	96
Año 2028	0	125

Nota: En la tabla muestra las metas planteadas Motores devueltos con implementación de procedimiento y adquisición de herramientas y equipos de limpieza de. Fuente: RC INGELEC.

En **Tabla 15.**, se presenta una proyección del número de devoluciones basada en la implementación de los procedimientos de limpieza y la adquisición de nuevos equipos y herramientas destinados a la limpieza de núcleos magnéticos, en contraste con la forma empírica actual que utiliza herramientas manuales dañinas. En otras palabras, la adquisición y aplicación de estos procedimientos pueden ayudar a evitar devoluciones y modernizar el proceso de limpieza de núcleos magnéticos en motores eléctricos trifásicos. Si no se toman medidas para reducir las tasas de devoluciones, la empresa continuará experimentando un aumento en las devoluciones de motores reparados debido a problemas de calentamiento, lo que podría llevar al cierre de la empresa.

Cronograma de actividades para la implementación

Para difundir el presente procedimiento sobre la limpieza de núcleos magnéticos en motores trifásicos, se propone llevar a cabo una fase de socialización. Inicialmente, esta fase comenzará con una presentación al gerente general, en la cual se resaltarán los beneficios

derivados de la aplicación de este procedimiento. El objetivo primordial es reducir las devoluciones de motores eléctricos. Luego, se procederá a revisar la documentación y, una vez aprobado, se enviará al jefe del área de mantenimiento.

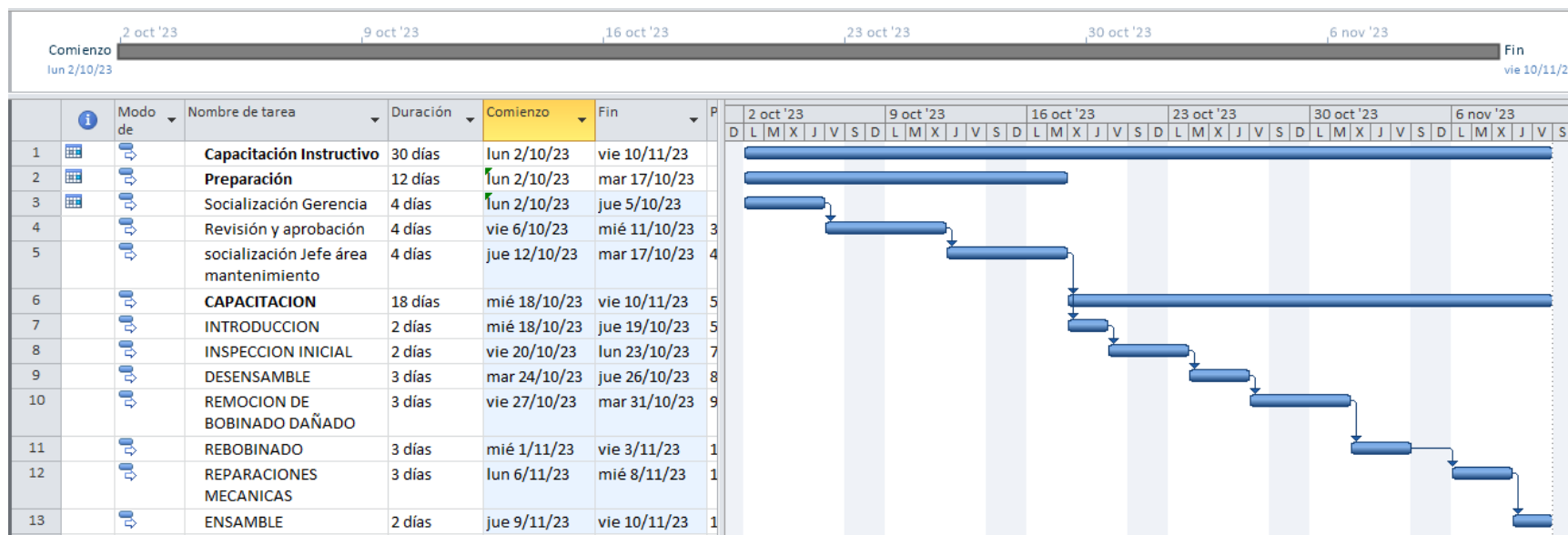
Después de completar el proceso de preparación y socialización, se avanzará con la capacitación del personal operativo. Esta capacitación se llevará a cabo mediante la implementación de módulos o talleres más pequeños, donde se explicarán detalladamente cada uno de los procesos que deben seguirse en la reparación de motores eléctricos trifásicos.

La **Figura 20.**, muestra la distribución de actividades para cada uno de los módulos que serán impartidos dentro de RC INGELEC y sus respectivos departamentos. La capacitación se llevará a cabo en un período estimado de 30 días y se ha dividido en dos tareas fundamentales: preparación y capacitación. Estas a su vez se han subdividido en 10 sub tareas que se detallan en el diagrama de Gantt.

La etapa de preparación incluye las siguientes subtareas: sociabilización con la gerencia, con una duración estimada de 4 días; revisión y aprobación, con una duración de 4 días; y, finalmente, la socialización con el jefe del área de mantenimiento.

Figura 20.

Diagrama de Gantt de socialización.



Nota: La figura muestra el cronograma propuesto para la socialización e implementación de la propuesta en la empresa RC INGELEC. El autor.

Consecutivamente, se ejecutará la etapa de capacitación dirigida al personal operativo del área de mantenimiento de RC INGELEC. Esta capacitación se divide en 7 sub etapas, cada una correspondiente a los procesos a seguir durante la reparación de un motor eléctrico trifásico. Se ha asignado un total de 2 días para los módulos de Introducción, Inspección Inicial y Ensamble, mientras que para los módulos restantes se ha previsto una duración de 3 días de capacitación.

Estas subtareas son: Desensamble, Remoción de Bobinado Antiguo, Rebobinado y Reparaciones Mecánicas. Durante este periodo, el personal recibirá una formación detallada para desarrollar adecuadamente cada una de las fases del proceso de reparación de los motores eléctricos trifásicos.

Análisis de costos

La **Tabla 16.**, presenta un presupuesto estimado destinado a la adquisición de herramientas con el objetivo de mejorar el proceso de limpieza de núcleos magnéticos en motores eléctricos trifásicos. Esta mejora tiene como propósito abordar las quejas y devoluciones de motores eléctricos en la empresa RC INGELEC. El presupuesto abarca los costos relacionados con la instalación y la adecuación de los equipos, así como la difusión del procedimiento propuesto. La inversión inicial requerida asciende a \$23,800.00 dólares. Con esta inversión, se espera lograr una optimización del procedimiento de limpieza de núcleos magnéticos en los motores rebobinados de RC INGELEC, permitiendo su ejecución de manera tecnificada y eficiente.

Tabla 16

Presupuesto propuesto para implementación del procedimiento.

Descripción	Cantidad	Precio	Precio
		unitario	total
Horno de quemado modelo RB200 (200x200x200) cm	1	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00
Máquinas cortadoras de estator modelo SC3 (80x120x200) cm	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00

Cámara de infrarrojos serie Pro con Ignite™ Cloud FLIR E8 PRO	1	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00
Red de medio voltaje, transformador trifásico convencional de 125 kVA.	1	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00
Instalación, adecuación y capacitación de equipos	1	\$ 5.350,00	\$ 5.350,00
Capacitación de propuesta en la empresa RC INGELEC	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
		Subtotal	\$ 21.250,00
		Iva	\$ 2.550,00
		Total	\$ 23.800,00

Nota: En la tabla se muestra el presupuesto referencial para la adquisición de las máquinas eléctricas para realizar el proceso de limpieza de núcleos magnéticos. Fuente: El autor.

Detalles de equipos recomendados:

- Horno de quemado. **ANEXO 5**
- Cortadora de cabezas de bobinas. **ANEXO 6**
- Cámara térmica flir E8 Pro. **ANEXO 7**
- Proforma del proyecto referencial. **ANEXO 8**

Es importante destacar que el equipo que requiere la inversión más significativa es el horno de quemado debido a su alta potencia. Desde un punto de vista económico, la viabilidad de la implementación resulta rentable debido a la aceptable inversión inicial de \$23,800.00 dólares,

considerando una vida útil de 15 años. Sin embargo, el proyecto podría volverse aún más rentable con el respaldo del estado, que podría ofrecer un interés reducido, permitiendo así recuperar la inversión inicial en un período más corto.

Además, de la inversión propuesta para la adquisición de las nuevas herramientas y equipos que servirán para la limpieza y verificación de los núcleos magnéticos de motores trifásicos se detalla el presupuesto referencial de la propuesta de implementación en la empresa RC INGELEC, ya que es potestad de la empresa en invertir en la adquisición de los equipos detallados anteriormente, cabe resaltar que dentro de la proforma incluye la capacitación relacionado a cada uno de los elementos a adquirir y la designación del lugar óptimo de instalación, donde posiblemente se lleve a cabo pequeñas adecuaciones físicas y la reubicación de las herramientas existentes.

Descripción de personal

Para la socialización de la propuesta se plantea llevarlo a cabo mediante la colaboración del siguiente personal técnico que serán los responsables directos de motivar al personal directivo de la empresa RC INGELEC para que se lleve a cabo y se apliquen los procedimientos detallados en el presente documento.

- Ingeniero Eléctrico. - Sera el responsable de impartir y brindar asesoría con términos técnicos relacionados con la limpieza de los núcleos magnéticos orientando al gerente a que se apruebe y se aplique el presente manual de procedimientos y que además se realice la inversión en la adquisición de las nuevas herramientas y equipos que ayudaran a tecnificar la reparación de motores eléctricos trifásicos.

- Ingeniero industrial (investigador). – Será el responsable de impartir asesoría acerca de los beneficios que trae la implementación de la estandarización del proceso de limpieza de núcleos de motores eléctricos dentro de la empresa RC INGELEC.

La fijación de sueldo mensual propuesto para la capacitación corresponde al sueldo mínimo según el portal del IESS para el año 2023 cuyo valor es de 494,67 dólares según se puede apreciar en la **Tabla 17.**, cabe mencionar que el costo diario se obtiene de la división del sueldo mínimo entre el total de horas trabajadas en un mes que es de 160 horas, posteriormente se multiplica por las 8 horas de trabajo diario.

Insumos y otros

- Insumos de oficina (impresiones y trípticos)
- Alquiler de proyector
- Movilización

Finalmente se detalla en la **Tabla 17.**, los insumos necesarios para la capacitación propuesta para una posible implementación.

Tabla 17

Presupuesto referencial del cronograma de socialización para la propuesta.

Mano de obra	Número de días	Costo C/día	Costo socialización
Sueldo mínimo Ingeniero Eléctrico	12	\$ 24,74	\$ 296,88
Sueldo mínimo Ingeniero Industrial	30	\$ 24,74	\$ 742,20

			Inversión mano de obra para la socialización	\$ 1.039,08
Insumos de oficina (impresiones y trípticos)	18	\$ 2,50		\$ 45,00
Alquiler de proyector	12	\$ 5,00		\$ 60,00
Movilización	42	\$ 1,33		\$ 55,92
			Inversión mano de obra para la socialización	\$ 160,92
			Subtotal socialización de la propuesta	\$ 1.200,00
			Iva	\$ 144,00
			Total	\$ 1.344,00

Nota: En la tabla se muestra el presupuesto referencial para la capacitación de la propuesta en la empresa RC INGELEC. Fuente: El autor.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El diagnóstico de la situación actual de la empresa se llevó a cabo mediante el empleo de entrevistas para comprender a detalle el funcionamiento de la organización, la primera se realizó con el gerente general, y la segunda con el jefe del área de mantenimiento. Además, se realiza un análisis de las fichas técnicas de los motores eléctricos reparados en los años 2021 y 2022 con el propósito de construir una base de datos, esto permitió identificar las causas detrás de las devoluciones de los motores eléctricos como se identifica en la **Tabla 4**

Detalle de fichas técnicas de reparación de motores. aplicando una metodología de investigación que combinó enfoques cualitativos y cuantitativos. Para el almacenamiento de los datos recopilados en las fichas técnicas. Al aplicar un diagrama Ishikawa, fue posible relacionar las causas con los efectos de los problemas detectados en la empresa. Estos problemas incluyeron la falta de equipos y herramientas especializadas para llevar a cabo trabajos de rebobinado como consta en la **Tabla 133** y **Figura 18**. La empresa cuenta únicamente con el 50% de las herramientas y equipos necesarios para realizar reparaciones y limpieza del núcleo magnético de manera estandarizada. El análisis y recopilación de datos revelan la necesidad de implementar un proceso estandarizado para la limpieza de núcleos de motores eléctricos que actualmente, el proceso llevado a cabo por RC INGELEC de manera empírica posee una efectividad del 68.73% como lo muestra en la **Tabla 12**

Procedimientos para reparación de motores eléctricos. Además, se registraron pérdidas debido a devoluciones de motores. En el año 2021, se produjeron devoluciones de 20 motores, mientras que, en el año 2022, la cifra aumentó a 26. Aunque este incremento sugiere un aumento del 30% en devoluciones de motores por problemas de calentamiento, representados en la **Tabla 8**

Problemas en motores con fallas regresados año 2021 y año 2022., lo que resultó en una reducción mínima del 2.37% **Tabla 9**, si se compara con el número total de reparaciones. Estas devoluciones representaron pérdidas económicas de \$3,395.00 dólares en 2021 y \$4,559.00 dólares en 2022. Por lo que es necesario una implementación de una guía de procedimientos del proceso de limpieza de núcleos de motores eléctricos.

Mediante la investigación bibliográfica, se pudo constatar que en la actualidad en Ecuador no existe ninguna normativa o reglamento destinado al control de empresas o personas naturales que se dediquen a realizar reparaciones de motores eléctricos, además, no existe una guía de reparaciones para motores eléctricos, ya sean monofásicos o trifásicos; es importante destacar que desde el año 2009, el Instituto Nacional de Normalización (INEN) emitió la norma NTE INEN 2 498:2009, enfocada en la Eficiencia Energética en Motores Eléctricos Estacionarios, este reglamento se basa en dos normas mexicanas: la Norma Oficial Mexicana NOM-014 y la Norma Oficial Mexicana NOM-016, como se detalla en el **Anexo 9**, estas normas se centran en la eficiencia de motores eléctricos monofásicos y trifásicos, respectivamente, y se rigen por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2859-1; en la actualidad, el reglamento RTE INEN 145 establece los requisitos de eficiencia energética nominal de los motores eléctricos en Ecuador. Estas normativas están alineadas con estándares internacionales como la IEEE,

IEC, NEMA, EASA, entre otros, por este motivo, se ha optado por adoptar la guía mexicana de reparaciones de motores eléctricos trifásicos, que contiene información detallada sobre el proceso de reparación de estos motores y recomienda procedimientos estandarizados de limpieza y manejo del núcleo magnético. Además, esta guía proporciona una serie de pasos a seguir en cada etapa del rebobinado de estas máquinas eléctricas.

Basado en la guía mexicana de reparación de motores eléctricos trifásicos se desarrolla en el **CAPÍTULO III**, una guía de procedimientos que explican de forma detallada que incluye diagramas de flujo, responsabilidades asignadas para cada tarea, metas y objetivos específicos, descripciones de procesos, y requisitos de herramientas y equipos para cada subetapa en el proceso de reparación de motores eléctricos trifásicos, estas subetapas comprenden la inspección inicial, desmontaje, recopilación de datos, extracción del bobinado antiguo, limpieza del núcleo magnético, rebobinado, reparaciones mecánicas y ensamblaje. El objetivo fundamental de esta guía es asegurar que los operadores de la empresa RC INGELEC realicen trabajos de mantenimiento correctivo de manera estandarizada en cada una de las tareas mencionadas. Se debe destacar que se prioriza la limpieza y el manejo adecuado del núcleo magnético de la máquina eléctrica reparada. Esto garantiza que el núcleo magnético no sufra daños durante la extracción del bobinado dañado y la preparación para alojar el nuevo conjunto de bobinas, lo que a su vez preserva el rendimiento del motor reparado. Esta guía proporciona instrucciones claras y detalladas para seguir durante todo el proceso de rebobinado, con un enfoque especial en la limpieza y el manejo del núcleo magnético de los motores eléctricos trifásicos.

Recomendaciones

Se recomienda a la empresa mantener un control mensual para verificar el adecuado cumplimiento de la información registrada en las fichas de reparaciones por parte de los operadores, así como la adquisición del equipamiento necesario para la realización de forma satisfactoria del proceso objeto de estudio.

Se sugiere capacitar periódicamente a los trabajadores del área de mantenimiento, lo cual incrementará las oportunidades de mejora y facilitará la limpieza de los núcleos magnéticos de los motores eléctricos trifásicos.

La empresa debe implementar un monitoreo permanente de las normas y reglamentos vigentes relacionados con la eficiencia y reparación de motores eléctricos, de modo que pueda ofrecer a sus clientes un servicio de calidad, contribuyendo al cumplimiento del plan nacional de Eficiencia Energética propuesto por el Ministerio de Electricidad de Ecuador para el año 2035.

La administración de RC INGELEC debe seguir las pautas establecidas en los procedimientos elaborados para garantizar la estandarización del proceso de limpieza del núcleo magnético y, como resultado, permitirá ofrecer servicios de rebobinado de alta calidad, para lograr este objetivo, es esencial mantener un control y monitoreo constante del número de motores devueltos, con el fin de alcanzar un índice de devoluciones del 0% para el año 2028.

Bibliografía

- ABB. (2 de Enero de 2023). *ABB*. Obtenido de ABB: <https://new.abb.com/drives/es/eficiencia-energetica/gasto-energetico-industria>
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2 de Enero de 2023). *Estadística Anual y Multianual DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO 2022. Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables*, págs. 1-157.
- Amaya Rodriguez, A. D., & Mar Gonzalez, C. D. (2019). *Análisis Y Mejoramiento De La Calidad Y Confiabilidad Del Actual Proceso De Sandblasting En ASTIVIK S.A.* Cartagena: Universidad Tecnológica De Bolívar. Recuperado el 25 de Abril de 2023, de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062831.pdf>
- Electrical Apparatus Service Association, Inc. (2020). *Norma EASA AR100-2020*. USA: Electrical Apparatus Service Association, Inc. Recuperado el 27 de Mayo de 2023
- Enríquez Chicaiza, A. R. (2023). *Elaboración del protocolo de pruebas de laboratorio para motores eléctricos de corriente alterna asincrónicos en la empresa AIS, ubicado en la ciudad de Quito*. Quito: Universidad Indoamérica.
- García Orihuela, S. I. (2022). *Análisis Teórico-Práctico de Pruebas Eléctricas a Máquinas Estáticas y Dinámicas*. Facultad de Ciencias Químicas E Ingeniería. Morelos: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Recuperado el 27 de Mayo de 2023, de <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2967/GAOSRL03.pdf?sequence=1>
- Guerrero Chimborazo, A. J. (2020). *Optimización del proceso de limpieza de superficies metálicas mediante la técnica de Sandblasting en la empresa Alvarado Lascano José Hernesto (Jeal Construcciones) ubicada en el Cantón Ambato*. Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica. doi:<http://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/2142>
- Guía para la reparación de motores eléctricos trifásicos*. (2019). Mexico: Procobre Centro Mexicano de Promoción del Cobre, A.C.
- Güiza Sánchez, D. N. (2018). *Propuesta de estandarización y documentación de procesos de calidad en la línea de producción, para la restauración de contenedores marítimos en la empresa Econtainers S.A.S*. Bogotá: Politécnico Grancolombiano. Recuperado el 17 de Mayo de 2023, de <https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/1608/PROYECTO%20FINAL%20ODE%20PRACTICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez Argueta, S. F., & Morán Gil, K. G. (2018). *Propuesta De Una Metodología Para El Desarrollo E Implementación De Un Plan De Mantenimiento Predictivo Y Preventivo Para Motores Eléctricos En La Industria Salvadoreña*. El Salvador: Universidad De El salvador.

Recuperado el 8 de Junio de 2023, de
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16509/1/Propuesta%20de%20una%20metodolog%C3%ADa%20para%20el%20desarrollo%20e%20implementaci%C3%B3n%20de%20un%20plan%20de%20mantenimiento%20predictivo%20y%20preventivo%20para%20motores%20el%C3%A9ctricos%20en%20la%20industria>

Hernández Angeles, L. M. (2019). *Optimización Del Mantenimiento Preventivo a Motores De Rotor Devanado De 3600kW, Con 6600 Volts, Que Mueven Molinos De Cemento Con Capacidad De 120 Tonelas Por Hora*. México: Instituto Politécnico Nacional. Recuperado el 27 de Abril de 2023, de
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5081/OPTIMIZACIONMANTEN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Loayza Reyes, R. D. (2019). *“Mejora de la productividad en el procedimiento del rebobinado de motores eléctricos, en base a la metodología Estudio del trabajo, en la empresa Servicio Eléctrico Industrial EIRL-Talara, 2018*. Piura: Universidad César Vallejo. Recuperado el 27 de Mayo de 2023

Marín Alcívar, J. A. (2019). *Diseño, Construcción E Implementación De Una Cabina De Sandblating Para La Restauración Y Mantenimiento De Partes De Motores Y Sistemas Del Vehículo*. Ingeniería Automotriz. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial. Recuperado el 25 de Abril de 2023, de
https://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/14194/67017_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2019). *Plan Nacional de Eficacia Energética 2016 2035*. Quito: Manthra Comunicación.

Mollisaca Centellas, J. C. (2020). *Mantenimiento y reparación de motores eléctricos síncronos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 25 de Mayo de 2023, de
<https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/153318/Mollisaca%20-%20MANTENIMIENTO%20Y%20REPARACI%C3%93N%20DE%20MOTORES%20EL%C3%89CTRICOS%20S%C3%8DNCRONOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mollisaca Centellas, J. C. (2020). *Mantenimiento y Reparación de Motores Síncronos*. Valencia: Universidad de Valencia. Recuperado el 27 de Abril de 2023, de
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/153318/Mollisaca%20-%20MANTENIMIENTO%20Y%20REPARACI%C3%93N%20DE%20MOTORES%20EL%C3%89CTRICOS%20S%C3%8DNCRONOS.pdf?sequence=1>

Motores y Generadores. (2 de Enero de 2020). *MOTORES Y GENERADORES*. Recuperado el 10 de Mayo de 2023, de MOTORES Y GENERADORES:
<https://motoresygeneradores.com/limpieza-y-rebarnizado-de-bobinados/>

Naciones Unidas. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Estados Unidos de América: Mackenzie Crone y Dewi Glanville .

- Ponce Villavicencio, Í. W., & Campoverde Reasco, J. D. (2019). *Estudio Para Un Programa De Mantenimiento Preventivo Para Reducir El Elevado Nivel De Paras Imprevistas En Los Motores Eléctricos Del Departamento De Tostión En La Empresa GUSNOBE S.A.* Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería. Milagro: Universidad Estatal de Milagro. Recuperado el 27 de Abril de 2023, de <https://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/472/3/Estudio%20para%20un%20programa%20de%20mantenimiento%20preventivo%20para%20reducir%20el%20elevado%20nivel%20de%20paras%20imprevistas%20en%20los%20motores%20el%C3%A9ctricos%20del%20departamento%20de>
- Rodríguez Chicaiza, J. S. (2022). *Diseño De Una Cámara De Sandblasting Para El Tratamiento Y Mantenimiento De Tanques Bajo Normativa ASME En La Empresa INDUACERO CIA. LTDA.* Universidad Técnica De Ambato, Ingeniería Civil Y Mecánica. Ambato: Universidad Técnica De Ambato. Recuperado el 27 de Abril de 2023, de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36309/1/Tesis%20I.M.%20709%20-%20Rodríguez%20Chicaiza%20John%20Sebastian.pdf>
- SAAMISEG GROUP S.A.C. (2 de Febrero de 2023). *SAAMISEG GROUP S.A.C.* Recuperado el 27 de Mayo de 2023, de SAAMISEG GROUP S.A.C.: <https://saamiseg.com/electrobombas/rebobinado-de-motores-electricos>
- Sarabia Lugo, E. (2019). *Estudio De La Influencia De Los Parámetros Del Proceso De Sandblast Sobre Acabado Superficial De Placas Metálicas De Acero ANSI 1018. Caso De Estudio: Cosnrucciones Industriales Tapia.* Querétaro: CIATEQ. Recuperado el 27 de Abril de 2023, de <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/103/1/SarabiaLugoEdgar%20MMANAV%202017.pdf>
- SERCOP. (15 de Mayo de 2023). *SERCOP.* Obtenido de SERCOP: <https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/proveedores-del-estado/>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2019). Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 145 "EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS". *Ministerio de Industria y Productividad del Ecuador*, 1-9.
- SICMA21. (30 de Marzo de 2023). *SICMA21.* Recuperado el 27 de Mayo de 2023, de SICMA21: <https://www.sicma21.com/mantenimiento-de-un-motor-electrico/>
- Torres Jaramillo, S. R. (2019). *Diseño Y Construcción De Un Prototipo De Una Estación De Limpieza Mecánica Mediante El Proceso De Sandblasting Utilizando Granalla Mineral En Ciclo Continuo Para Una Unidad De Mantenimiento Y Transporte.* Ingeniería Mecánica. Sangolquí: Unidad De La s Fuerzas Armandas ESPE. Recuperado el 24 de Abril de 2023, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7440/1/T-ESPE-047513.pdf>
- WEG. (2020). Guía de especificación motores eléctricos. En WEG, *Guía de especificación motores eléctricos* (pág. 68). Brasil: WEG.

ANEXOS

ANEXO 1 GUÍA MEXICANA DE REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS



GUÍA PARA LA REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS



ANEXO 2 TABLAS DE DATOS DE MOTORES

ITE	# MOT	CLIENTE	POTENC	TIPO	FECHA IN	# RANUR	TIPO RANUR	PROBLEMA
1	4786	JOSE MALAN	1 5	TRIFASICO	31-ene-22	36	LLENA	ELECTRICO
3	4788	SAGA	1 7,5	TRIFASICO	1-feb-22	36	LLENA	MECANICO
5	4790	POSTECOM - DERMIGON	1 N/A	TRIFASICO	3-feb-22	24	LLENA	CALENTAMIENTO
10	4795	E.Q.R.	1 1	TRIFASICO	10-feb-22	24	LLENA	ELECTRICO
13	4798	NINTANGA	1 N/A	TRIFASICO	14-feb-22	24	LLENA	CALENTAMIENTO
20	4805	AGROGANA	1 12 1/2	TRIFASICO	24-feb-22	36	MIXTA	MECANICO
21	4806	MARCELO MORENO	1 10	TRIFASICO	2-mar-22	36	MIXTA	CALENTAMIENTO
23	4808	JORGE LLANO	1 N/A	TRIFASICO	4-mar-22	24	LLENA	CALENTAMIENTO
26	4811	INSOMET	1 7 1/2	TRIFASICO	8-mar-22	36	MEDIA	MECANICO
28	4813	SANIMA	1 15	TRIFASICO	11-mar-22	36	LLENA	ELECTRICO
31	4816	PROTON FOREVER FOR	1 10	TRIFASICO	14-mar-22	36	LLENA	MECANICO
35	4820	ROSESUSES	1 7 1/2	TRIFASICO	18-mar-22	36	MIXTA	MECANICO
37	4823	LICOREC	1 3	TRIFASICO	18-mar-22	24	LLENA	CALENTAMIENTO
39	4825	GERMAN TAPIA	1 3	TRIFASICO	18-mar-22	NA	LLENA	CALENTAMIENTO
40	4826	PARMALAT	1 5	TRIFASICO	28-mar-22	36	LLENA	CALENTAMIENTO
47	4834	NINTANGA	1 3	TRIFASICO	12-abr-22	36	LLENA	MECANICO
48	4835	CAMPANARIO	1 4	TRIFASICO	12-abr-22	36	LLENA	MECANICO
62	4850	OK ROSES	1 N/A	TRIFASICO	6-may-22	24	LLENA	CALENTAMIENTO
65	4853	LACTACIS	1 3	TRIFASICO	26-may-22	24	LLENA	CALENTAMIENTO
66	4854	ALPES SWISS SA	1 40	TRIFASICO	26-may-22	36	NA	MECANICO
68	4856	MANUEL GARCIA	1 1/2	TRIFASICO	26-may-22	24	NA	CALENTAMIENTO
71	4860	ROSE SUSSES	1 7 1/2	TRIFASICO	1-jun-22	36	LLENA	CALENTAMIENTO
72	4861	CARLOS CALDERON	1 1	TRIFASICO	3-jun-22	4	NA	MECANICO
78	4868	EL CAMPANARIO	1 N/A	TRIFASICO	14-jul-22	NA	NA	CALENTAMIENTO
81	4871	ALPEN SWISS S.A.	1 1	TRIFASICO	NA	24	NA	CALENTAMIENTO
83	4873	CARLOS NOVASCO	1 N/A	TRIFASICO	12-jul-23	36	LLENA	CALENTAMIENTO
84	4874	CARLOS NOVASCO	1 4	TRIFASICO	12-jul-23	24	LLENA	MECANICO
85	4874	PARMALAT	1 4	TRIFASICO	12-jul-23	24	LLENA	ELECTRICO
87	4877	NINTANGA	1 3	TRIFASICO	15-jul-23	24	LLENA	CALENTAMIENTO
91	4881	LACTALIS	1 N/A	TRIFASICO	NA	36	MEDIA	CALENTAMIENTO
97	4887	NA	1 3	TRIFASICO	5-ago-22	24	LLENA	ELECTRICO
98	4888	ALPEN SWISS S.A	1 N/A	TRIFASICO	5-ago-22	24	NA	CALENTAMIENTO
102	4893	HDA MONJAS	1 N/A	TRIFASICO	15-ago-22	36	LLENA	CALENTAMIENTO
105	4897	LACTALIS	1 N/A	TRIFASICO	20-ago-22	24	LLENA	CALENTAMIENTO
110	4902	NINTANGA	1 N/A	TRIFASICO	26-ago-22	NA	LLENA	CALENTAMIENTO
113	4906	INCUBANDINA	1 N/A	TRIFASICO	29-ago-22	24	LLENA	CALENTAMIENTO
115	4908	ROLDAN GUARACA JULIAN	1 N/A	TRIFASICO	2-sep-22	36	LLENA	CALENTAMIENTO
116	4909	PIAVERI	1 N/A	TRIFASICO	2-sep-22	36	LLENA	CALENTAMIENTO
123	4916	ING. CARLOS FALCONI	1 3	TRIFASICO	12-sep-22	36	LLENA	CALENTAMIENTO
129	4923	E.Q.R.	1 3	TRIFASICO	20-sep-22	36	LLENA	MECANICO
134	4928	DAVID YANEZ	1 30	TRIFASICO	20-sep-22	36	LLENA	ELECTRICO
145	4941	E.Q.R.	1 1	TRIFASICO	13-oct-22	NA	LLENA	MECANICO
148	4944	NEGRETE FARMS	1 7 1/2	TRIFASICO	20-oct-22	30	NA	CALENTAMIENTO
154	4950	LACTALIS	1 N/A	TRIFASICO	2-nov-22	24	NA	MECANICO
165	4962	ECOFROZ	1 1	TRIFASICO	1-dic-22	36	LLENA	CALENTAMIENTO
166	4963	ECOFROZ	1 1	TRIFASICO	9-dic-22	36	LLENA	MECANICO
169	4966	FOREVER	1 10	TRIFASICO	8-dic-22	36	LLENA	ELECTRICO
175	4974	LACTALIS	1 1	TRIFASICO	15-dic-22	24	LLENA	CALENTAMIENTO

ANEXO 3 PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA GERENTE GENERAL

Nombre del entrevistado: Ing. Manuel Quinatoa

Fecha: 28/06/2023

1. ¿La empresa mantiene un control de los motores que llegan para realizar un mantenimiento correctivo (reparación)?

En la actualidad únicamente se lleva a cabo un registro simple sin mucha exigencia pero que se encuentra en proceso de buscar alternativas que permitan llevar un control adecuado.

2. ¿La empresa cuenta con algún tipo de registro de información relacionado a las reparaciones de motores eléctricos?

El método que se usa para llevar de alguna manera el control de registro es manual mediante hojas impresas y que además desde la unión con la empresa del Ing. Paul Quinatoa se ha utilizado hojas con el modelo y formato de esa empresa que además ha causado de cierta manera problemas en cuanto al registro y manejo de la información en general.

3. ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de limpieza del núcleo magnético de los motores reparados en la empresa?

En la actualidad se emplean herramientas manuales y básicas para realizar todo el proceso de reparación de los motores eléctricos, pero estamos en proceso de adquirir nuevas herramientas y equipos que permitan desarrollar la reparación de forma calificada y de calidad.

4. ¿La empresa cuenta con los equipos y herramientas para realizar el desmontaje y limpieza de los núcleos magnéticos de los motores rebobinados, es decir, la empresa maneja algún modelo de limpieza para limpiar el núcleo magnético?

Únicamente se dispone de instrumentos, herramientas y equipos básicos para realizar el desmontaje y reparación de los motores y la limpieza del núcleo se realiza de forma manual con lijas y cepillos y la ayuda de una suelda autógena.

5. ¿Se realiza algún tipo de prueba para verificar el estado del núcleo magnético de los motores reparados, es decir, se realiza algún tipo de procedimiento para verificar el estado del núcleo magnético?

No, en la actualidad el único medio para revisar el estado del núcleo es el medio visual, pero se encuentra en planes de adquirir los equipos necesarios para el trabajo de verificar el estado de los núcleos magnéticos en motores procedentes de otros talleres de la provincia.

6. ¿La empresa lleva un adecuado manejo de lista de clientes, es decir, se tiene un listado de clientes?

No, disponemos de ningún registro de clientes en la actualidad.

ANEXO 4 PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA JEFE DE ÁREA DE MANTENIMIENTO

Nombre del entrevistado: Ing. Paul Quinatoa

Fecha: 28/06/2023

1. ¿La empresa mantiene un control de los motores que llegan para realizar un mantenimiento correctivo (reparación)?

Llevamos un control mínimo mediante hojas impresas, pero en ocasiones los operadores no llenan el registro.

2. ¿La empresa cuenta con algún tipo de registro de información relacionado a las reparaciones de motores eléctricos?

Las hojas manuales, son el único medio de registro pero se tuvo varios inconvenientes en llenar las hojas causados por los formatos y modelos que se manejaba antes de la unión de la empresa de mi hermano y la mía, los trabajadores tuvieron varios inconvenientes al momento de llenar estas hojas, pero en la actualidad hemos llegado a un consenso y manejamos un solo modelo pero que en varios casos los trabajadores no llenan los registros por varias causas como exceso de confianza, falta de tiempo entre otros.

3. ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de limpieza del núcleo magnético de los motores reparados en la empresa?

De la forma tradicional y convencional con herramientas manuales básicas procurando mantener el mayor cuidado de no maltratar el núcleo magnético.

4. ¿La empresa cuenta con los equipos y herramientas para realizar el desmontaje y limpieza de los núcleos magnéticos de los motores rebobinados, es decir, la empresa maneja algún modelo de limpieza para limpiar el núcleo magnético?

Únicamente, disponemos de herramientas y equipos básicos con los cuales realizamos el trabajo. Se usa llaves de copa, destornilladores, martillos, suelda autógena para calentar y liberar el bobinado quemado, lijas, cepillos, etc.

5. ¿Se realiza algún tipo de prueba para verificar el estado del núcleo magnético de los motores reparados, es decir, se realiza algún tipo de procedimiento para verificar el estado del núcleo magnético?

Únicamente, se realiza una inspección visual y de contacto, pero se ha pedido a la administración que se adquiriera equipos que ayuden a perfeccionar el servicio de reparación de motores en general y principalmente a realizar el diagnóstico de motores reparados con anticipación en otros talleres.

6. ¿La empresa lleva un adecuado manejo de lista de clientes, es decir, se tiene un listado de clientes?

Únicamente se lleva el registro en las hojas físicas, pero no se tiene una base de datos actualizado que permita establecer una lista de clientes hasta el momento.

ANEXO 5 HORNO DE QUEMADO

These ovens operate at up to 225 °C and are used to cure the varnish on new windings, after being immersed in either a varnish tank (see our VT range) or after Vacuum Pressure Impregnation.

They may also be used to dry out windings where it is suspected dampness may be causing low earth leakage insulation resistance.

CURING OVEN SPECIFICATIONS	R9100	R9125	R9150	R9200
Internal Dimensions:				
Height	100cm	125cm	150cm	200cm
Width	100cm	125cm	150cm	200cm
Depth	100cm	125cm	150cm	200cm
External Dimensions:				
Height	160cm	205cm	267cm	307cm
Width	220cm	257cm	345cm	395cm
Depth	154cm	179cm	227cm	277cm
Minimum footprint	2.5m x 2.5m	2.75m x 2.75m	3m x 3.5m	3.5m x 6m
Temperature range	Ambient to 225°C			
Insulation	100mm mineral wool with stud lined interior			
Controls	Side mounted, PID Digital temperature and process time. Optional PLC Control and Data Output			
Safety Features	Pressure relief panels, over-temperature protection, internal handle, emergency shut down			
Doors	Double	Double	Double	Double
Fans	2 x 0.47m ³ /sec	2 x 0.47m ³ /sec	2 x 0.47m ³ /sec	2 x 0.94m ³ /sec
Circulation	12.5 air changes / minute	12.5 air changes / minute	12.5 air changes / minute	12.5 air changes / minute
Ventilation	1 fan at 0.47m ³ /sec	1 fan at 0.47m ³ /sec	1 fan at 0.47m ³ /sec	1 fan at 0.47m ³ /sec
Trolley	Removable Rack	Removable Rack	2 Tonnes	2 Tonnes
Trolley rate	Use Forklift Truck	Use Forklift Truck	Supplied	Supplied
Electrical characteristics:				
Control Panel Supply	240 VAC – 415V 3 phase, 50-hz neutral & earth. Rated for non-hazardous areas.			
Current	45 amps per phase	55 amps per phase	61 amps per phase	97 amps per phase
Heat source	Electric (enquire for gas option)	Electric (enquire for gas option)	Electric (enquire for gas option)	Electric (enquire for gas option)
Installation:				
Connections	Exhausted out of the building via customer ducting. Electrical connection to isolator at oven control panel			
Construction	Mild steel frame, galvalume exterior with blue door set			
Plan	Layout drawing available on request			



ANEXO 6 CORTADORA DE CABEZAS DE BOBINAS

ROTARY

ENGINEERING

Stator Cut Off Machines



Used in the dismantling of electric motors, the Rotary Stator Cut off machines offer an efficient means to cut off the end windings prior to the burning off the insulations. In preference to using a chisel and hammer method, this machine makes the process much faster, safer and prevents damage in the laminations.

The stator is secured firmly on the table and the durable, grit edged tungsten carbide blade is guided to cut through the end windings leaving a clean, smooth finish.

Two models are available, a bench mounted model for smaller stators and a larger floor standing model for large stators. Replacement and additional blades are supplied in a variety of sizes.

 **MADE IN SHEFFIELD** | **EASA** | **AEMT**

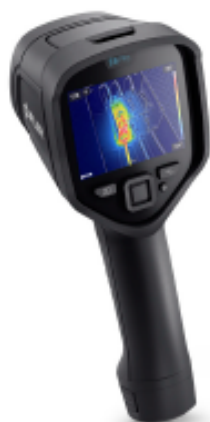
Rotary Engineering Ltd. Ltd. | Old Lane | Heeley | Sheffield | S10 3SD | United Kingdom | www.rotary-uk.co.uk

T: +44 (0)114 291 3130
E: sales@rotary-uk.co.uk

ANEXO 7 CÁMARA TÉRMICA FLIR E8 PRO



FLIR E8 PRO™ Cámara de infrarrojos serie Pro con Ignite™ Cloud



ESPECIFICACIONES

Eficiencia de inspección	
MSX (Imagen dinámica multispectral)	Imagen de IR mejorada con detalle de cámara visible
FLIR Ignite	Carga instantánea al almacenamiento en la nube a través de Wi-Fi
Paquete FLIR Thermal Studio	Compatible con toda la gama de software de análisis e informes
Pantalla táctil capacitiva	Acceso a menús, funciones y teclados en pantalla
Texto	Anotación de texto en la imagen mediante el teclado en pantalla
Galería	Miniaturas y estructura personalizada de carpetas
Información gráfica y óptica	
Resolución de IR	320 x 240 (76 800 píxeles)
Sensibilidad térmica/NETD	<0,05 °C (0,09 °F)/<50 mK
Enfoque	Enfoque fijo
Frecuencia de imagen	9 Hz
Paletas de colores	Ártico, Gris, Hierro, Lava, Arco Iris y Arco Iris HC
Cámara digital	5 MP
Imagen en imagen	Área de IR en imagen visual
Tipo de detector	Microbolómetro no refrigerado
Campo de visión (FOV)	35°
Número F	1,4
Modos de imagen	MSX térmica, Térmica, Imagen en imagen, Combinación térmica, Cámara digital
Distancia focal mínima	0,3 m
Resolución espacial (FOV)	1,8 mrad
Rango espectral	De 7,5 a 13 µm

Características principales:

- Vea los fallos inminentes más rápidamente con FLIR MSX® (Imagen dinámica multispectral), que proporciona un extraordinario detalle termográfico
- Mejore la eficiencia de la inspección con la pantalla táctil de 640 x 480: añada notas detalladas a las imágenes y reproduzca videos
- Almacene y comparta imágenes con el servicio en la nube FLIR Ignite™ y cree informes con Ignite o FLIR Thermal Studio

Aplicaciones principales:


- Inspecciones industriales de equipos eléctricos y mecánicos
- Supervisión del estado de los equipos en degradación antes de que fallen
- Inspecciones de edificios para garantizar la eficiencia energética

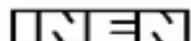
www.flir.com/E8-Pro

Medición y análisis	
Precisión	±2 °C (±3,6 °F) o ±2 % de lectura, para temperatura ambiente de 10 a 35 °C (de 50 a 95 °F) y temperatura del objeto superior a 0 °C (32 °F)
Rango de temperatura del objeto	De -20 °C a 550 °C (de -4 °F a 1022 °F) en dos rangos
Conexión de las mediciones	Emisividad; modo/semi modo/semibrillante + valor personalizado, temperatura aparente reflejada, compensación atmosférica
Comandos de configuración	Adaptación local de las unidades, idioma, formatos de fecha y hora
Fotómetro	Punto central; cuadro con mín./máx.
Interfaz de usuario	
Pantalla	LCD en color de 3,5" y 640 x 480
Linterna	Brillo LED
Alimentación	
Tiempo de funcionamiento de la batería	4 horas
Tipo de batería	Batería de iones de litio recargable
Sistema de carga	La batería se carga dentro de la cámara o en un cargador específico
Tiempo de carga	2 h
Gestión energética	Apagado automático

Especificaciones sujetas a cambios. Vea flir.com para conocer las especificaciones más actualizadas.

ANEXO 8 PROFORMA DE PROYECTO REFERENCIAL

<h1>INELEC CONSTRUCTORES</h1>					
ALTA INGENIERIA JUNTO A TI					
AV. SIMÓN RODRÍGUEZ Y EL SALVADOR SAN FELIPE-LATACUNGA SECTOR IUTC		ING. FRANKLIN CANDO RUC: 0503591976001 L.P. 1020-2018-1953370		Cel: 0994534462 fernando.cando@hotmail.es inelec.proyectos19@gmail.com	
 EQUIPOS DE REBOBINAJE	DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE MEDIO Y BAJO VOLTAJE				
	Facturar a: TORRECOM-GROUP ECUADOR S.A.S.		Teléfono:	Cotización #:	52FC2023
	Dirección: LATACUNGA		RUC:	Fecha de la cotización:	9/8/2023
			Correo electrónico:	Ubicación: LATACUNGA	
LISTA DE EQUIPOS					
PARTIDA A: EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
ITEM No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
A. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
1.1	Máquinas cortadoras de estator modelo SC3 (80x120x200)cm	UNI	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
1.2	Horno de quemado modelo RB200 (200x200x200)cm	UNI	1	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00
1.3	Cámara de infrarrojos serie Pro con Ignite™ Cloud FLIR E8 PRO	UNI	1	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00
1.4	Red de medio voltaje, transformador trifasico convencional de 125 kVA	UNI	1	\$ 4.500,00	\$ 4.500,00
SUBTOTAL PARTIDA A					\$ 14.700,00
Notas: El precio es de veinte y dos mil cuatrocientos cincuenta y seis con 00/100 con IVA.				Subtotal Equipos	\$ 14.700,00
1.- Forma de pago: 70% anticipo; 20% al terminar la obra fisica y 10% con la entrega del acta de energizacion.				Mano de obra	\$ 2.650,00
				Transporte y grua	\$ 500,00
2.- El precio incluye Liquidacion ELEPCO.S.A.				Diseño	\$ 500,00
				Dirección Técnica	\$ 500,00
3.- VIGENCIA DE LA OFERTA: 5 dias laborables. Tiempo de entrega 60 días				Capacitación de equipos	\$ 1.200,00
				Aprobación ELEPCO	
INELEC AUTORIZADO POR				Subtotal	\$ 20.050,00
				IVA 12%	\$ 2.406,00
				TOTAL PROYECTO	\$ 22.456,00



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 498:2009

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS. REQUISITOS.

Primera Edición

NTE INEN 2 498

2009-06

APENDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2859-1	<i>Procedimiento de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote</i>
Norma Oficial Mexicana NOM-014	<i>Eficiencia energética de motores eléctricos de corriente alterna, monofásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal de 0,180 a 1,500 kW. Límites, método de prueba y marcado.</i>
Norma Oficial Mexicana NOM-016.	<i>Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado.</i>

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

Faculty of Engineering, Industry and Production

Industrial Engineering

AUTHOR: GUACHAN PIAUN HENRY MAURICIO

TUTOR: MSc. SEGURA D ROUVILLE JUAN JOEL

ABSTRACT

STANDARDISATION OF THE CLEANING PROCESS OF ELECTRIC MOTOR CORES

This research work is focused on analyzing the cleaning process of the cores corresponding to the three-phase asynchronous AC electric motors, as the quality of the same in the company RC INGELEC has been deteriorating, with an increase in the number of returns of the same in 2.37 % concerning the same period of the previous year 2021. Given the above, it is necessary to standardize the core cleaning process for three-phase AC electric motors by reviewing the standards for their rewinding to reduce the rate of returns in the organization. To this end, interviews were conducted with the general manager and the head of the maintenance area. Information was gathered from the technical data sheets of the electric motors repaired in the years 2021 and 2022 to build a database to identify the problems of the process. In addition, bibliographical research on the subject was carried out. The result was a deficiency of 50% of the tools and equipment necessary for effective cleaning and repair, 50.57% incomplete technical data sheets, an average of 3 motors returned monthly in 2021 and 4 engines in 2022, with a minimum reduction of 2.37% due to heating problems of the total number of repairs in each year. The bibliographic research shows that no regulation in Ecuador controls this activity. This is based on NTE 2498:2009, which focuses on Energy Efficiency in Stationary Electric Motors based on the Mexican standard. It concludes with developing six (6) procedures for each stage of the repair process, prioritizing the cleaning and proper handling of the magnetic core. An investment cost is required to acquire new tools and equipment amounting to 23,800.00 dollars to eliminate all returned motors by 2028.

KEYWORDS: Maintenance, Three-Phase Electric Motors, Magnetic Core,

