



Escuela Politécnica Superior de Ingeniería Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica
Naval.

Universidad de La Laguna

TRABAJO DE FIN DE GRADO

DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS

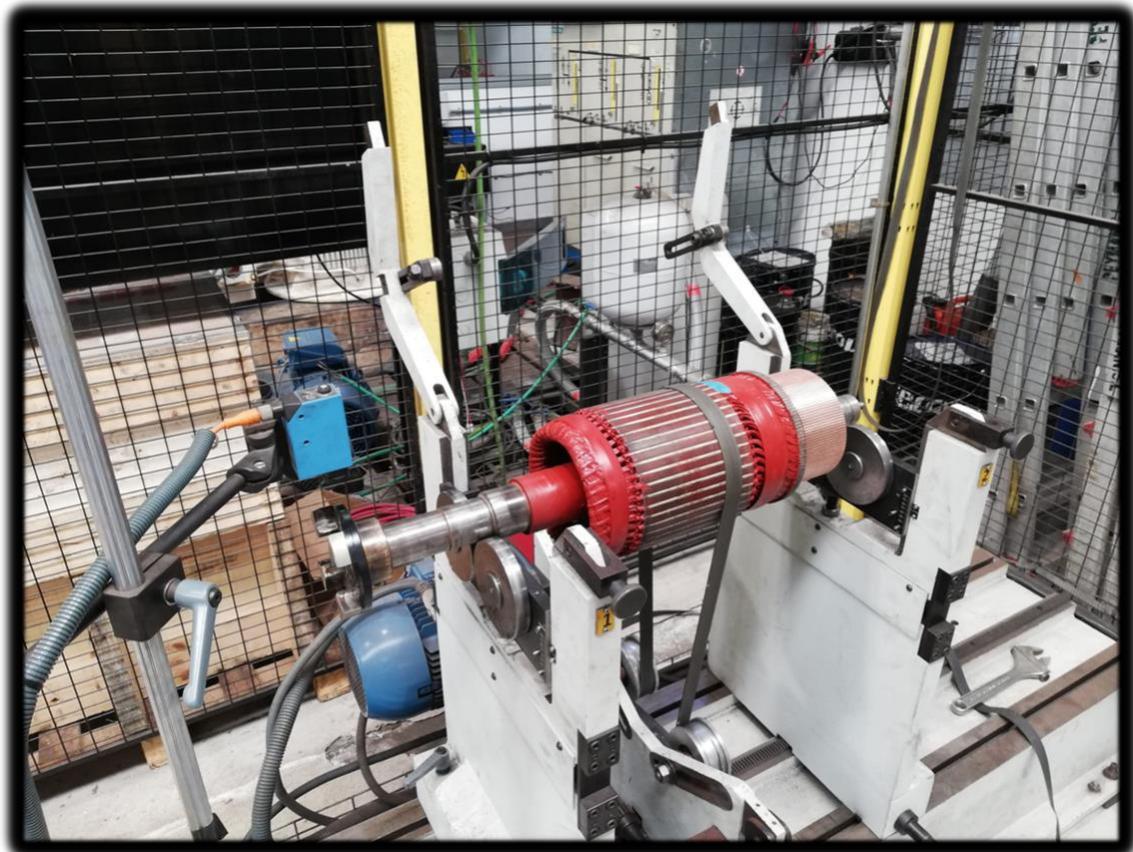
Lilia Rosa Montero Portal

Septiembre 2021

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”



Directores:

Dr. D. Federico Padrón Martín

D. Servando Luis León

Nombre: Lilia Rosa Montero Portal

Grado: Tecnologías Marinas

Septiembre 2021

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

Dr. Don Federico Padrón Martín Profesor Contratado Doctor Tipo I del área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna hago constar que:

Doña Lilia Rosa Montero Portal, ha realizado el trabajo fin de grado bajo mi dirección con el título:

“Desmontaje, montaje, verificación de un rotor de un motor eléctrico y accesorios”

Revisado dicho trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a Junio 2021

Fdo. Federico Padrón Martín

Director del Trabajo de Fin de Grado

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

Don Servando Raimundo Luis León Profesor Asociado del área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna hago constar que:

Doña Lilia Rosa Montero Portal, ha realizado el trabajo fin de grado bajo mi dirección con el título:

“Desmontaje, montaje, verificación de un rotor de un motor eléctrico y accesorios”

Revisado dicho trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife a Junio 2021

Fdo. Servando Raimundo Luis León

Director del Trabajo de Fin de Grado

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi profesor, tutor y guía Dr. D Federico Padrón Martín por su paciencia, constancia, dedicación y apoyo incondicional reflejado hacia mi persona a lo largo de la elaboración de este TFG y durante toda esta carrera. Agradezco también su forma de transmitirme todos sus conocimientos, especialmente en este trabajo.

Agradecer a D. Servando R. Luis León por su apoyo, ayuda y entrega en todo este proceso y por aportar sus conocimientos en las clases de taller.

Agradecer también a todos los profesores y personal de la Facultad de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval por su gran trabajo para impulsarnos a llegar hasta el final de nuestra carrera.

Por último pero no menos importante quiero agradecer a mi familia por su apoyo y esfuerzo incondicional, por siempre darme ánimos para salir adelante y por estar siempre a mi lado.

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

ÍNDICE

I.	Introducción.....	14
II.	Objetivos.....	21
III.	Revisión y Antecedentes.....	25
	3.1 Evolución histórica de los motores eléctricos.....	27
	3.2 Descripción de las partes elementales de un motor eléctrico.....	31
	3.3 Operaciones básicas de mantenimiento a un motor eléctrico.....	38
	3.4 Ejemplos de reparación de un motor eléctrico: equilibrado.....	41
	3.4.1 Qué es el desequilibrio y cómo se corrige.....	41
	3.4.2 Tipos de desequilibrios.....	42
	3.4.2.1 Desequilibrio estático.....	42
	3.4.2.2 Desequilibrio dinámico.....	42
	3.4.3 Equilibrado.....	43
	3.4.4 Máquinas equilibradoras.....	43
	3.4.4.1 Historia de máquinas equilibradoras.....	43
	3.4.4.2 Tipos de máquinas equilibradoras.....	44
	3.4.4.2.1 Equilibradoras verticales.....	44
	3.4.4.2.2 Equilibradoras horizontales.....	44
IV.	Metodología.....	46
V.	Resultados.....	50
	5.1 Descripción de la empresa.....	52
	5.2 Tipología de motores que trabajan.....	53
	5.2.1 Motor monofásico.....	54
	5.2.2 Motor trifásico.....	54
	5.2.3 Motor de corriente continua.....	55
	5.3 Descripción de talleres y espacios de trabajo.....	55
	5.4 Averías más comunes y operaciones de mantenimiento.....	56
	5.5 Motor ejemplo para el estudio.....	57
	5.5.1 Operación desmontaje.....	58
	5.5.2 Reparación.....	61
	5.5.3 Operación montaje.....	63
	5.6 Proceso de equilibrado.....	65
	5.6.1 Equilibrado de rotores.....	66
	5.7 Montaje del rotor en un motor eléctrico.....	79

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

	5.8 Pruebas.....	80
	5.9 Remisión al cliente.....	81
VI.	Conclusiones.....	83
VII.	Bibliografía.....	87

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

I. INTRODUCCIÓN

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

I. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo Fin de Grado (**TFG**) nace de mi experiencia en los talleres “**PEYMAN**”. De dicha experiencia surge mi interés en un proceso específico realizado en el mismo cuál es el equilibrado de rotores de motores eléctricos. Del Grado en Tecnologías Marinas y más concretamente dentro de la asignatura “*Tecnologías Mecánica y Procesos de Fabricación*” en el temario correspondiente a la misma. Y dentro de la parte de Máquinas Herramientas se ha realizado una descriptiva de diversos útiles mecánicos de verificación y además de la utilización de instrumentos metrotécnicos.

Con lo mencionado anteriormente como base y con la experiencia mencionada anteriormente tuve la ocasión de poder observar, entender, comprender el equilibrado de un rotor.

En el segundo capítulo de este TFG “**Objetivos**” voy a plasmar los cinco objetivos específicos que me voy a plantear en el desarrollo de este trabajo. Entre los objetivos quiero resaltar el objetivo número tres, que como explicaré en el capítulo posterior trata del funcionamiento y puesta a punto de la máquina de equilibrado de rotores.

En el tercer capítulo de este TFG “**Revisión y Antecedentes**” voy a realizar una búsqueda tal y como comenté en el capítulo anterior de obras de referencias y estudios realizados en relación a la temática de este TFG. Que sirvan al lector del mismo a una mejor comprensión de los fundamentos básicos del equilibrado de rotores. Como podrá observar el lector en este cuarto capítulo mi propuesta es dividirlo en apartados. Comenzando con una búsqueda histórica de los principios del equilibrado hasta los avances tecnológicos existentes en la actualidad en relación al tema de este TFG.

En el cuarto capítulo de este TFG “**Metodología**” mi propuesta es dividirlo en dos apartados. En el primer apartado Material desarrollaré todo lo recopilado en la empresa “**PEYMAN**” en referencia a ilustraciones y esquemas propios de la máquina mencionada. Estos esquemas a los que me refiero son de elaboración propia como ayuda al lector de este TFG para la mejor comprensión del mismo. En cuanto al segundo apartado de este tercer capítulo “**Metodología**” comento aspectos varios en referencia a la búsqueda de bibliografía, manuales y webgrafía. Este apartado me ha servido de ayuda para el desarrollo del siguiente capítulo de este TFG.

En el quinto capítulo de “**Resultados**” aporto a este TFG toda mi experiencia en relación a lo aprendido respecto al equilibrado de rotores de motores eléctricos como trabajo de campo. Donde aporto fotografías propias y otros elementos que ayudarán al lector a comprender la idiosincrasia del equilibrado de rotores.

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

En el sexto capítulo “**Conclusiones**” como es obvio plasmaré las conclusiones que he obtenido después del desarrollo de este trabajo y que cumplan con los objetivos anteriormente planteados en el capítulo dos de este trabajo.

En séptimo y último capítulo “**Bibliografía**” he referenciado de manera esquemática y ordenada las referencias que en su mayoría vienen reflejadas en el tercer capítulo de “**Revisión y Antecedentes**”.

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

ABSTRACT

This final degree project is presented as a study and a proposal for the development of balanced rotors. Its goal, with its development, is the knowledge and visualisation by the process of balancing a rotor pictures in such a way that offers a different perspective from a tecnic book or a manual.

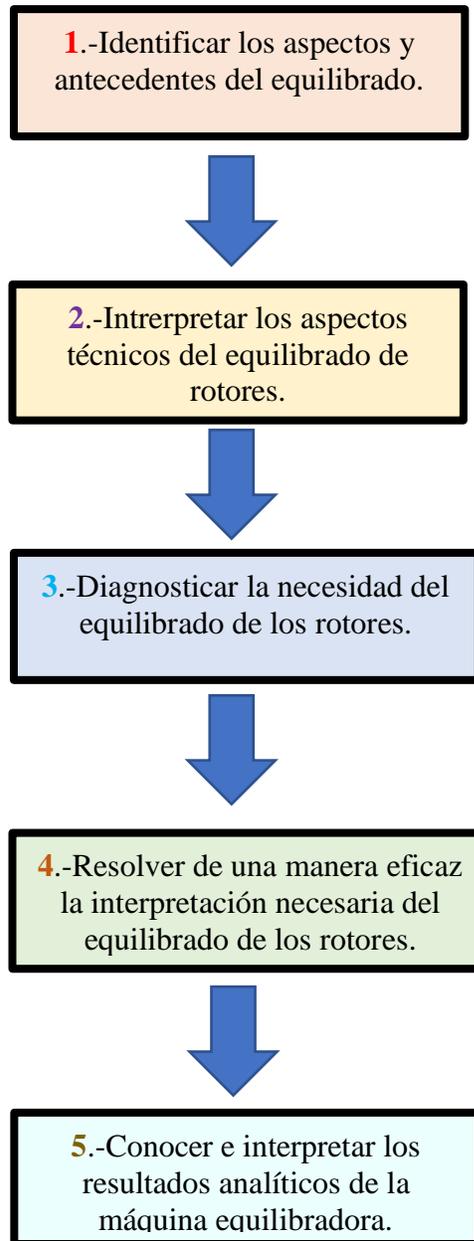
*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

II. OBJETIVOS

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

II. OBJETIVOS

Los objetivos que me planteo en este TFG los desarrollos de forma esquemática a continuación.



*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

Con el desarrollo de este tercer capítulo denominado “*Revisión y Antecedentes*” desarrollare una revisión tanto bibliográfica como webgrafía con relación a la evolución histórica de los motores eléctricos. En el siguiente apartado de este capítulo aportare una breve descripción de las partes elementales de un motor eléctrico como ayuda al lector de este **TFG** para su comprensión que se desarrollará en el capítulo de resultados además de aportar operaciones básicas de mantenimiento de este tipo de motores finalizando en una explicación teórico-práctica de lo que es un equilibrado, objeto fundamental de este **TFG**.

3.1 Evolución histórica de los motores eléctricos.

En este primer apartado del capítulo “*Revisión y Antecedentes*” hablaremos sobre la evolución histórica de los motores eléctricos, pero primero debemos dar una pequeña definición sobre qué es un motor eléctrico.

Un motor eléctrico es una máquina donde se transforma la energía eléctrica en energía mecánica, a través de campos magnéticos variables, los mismos están formados por dos partes, una fija denominada estator y una móvil denominada rotor. [1]

En la década de 1740 los primeros motores eléctricos fueron descritos por **Andrew Gordon** y el inventor **Benjamin Franklin**, los cuales los definen como simples dispositivos electrostáticos. [2]

La pila voltaica es uno de los grandes descubrimientos y aportaciones a la ciencia llevado a cabo por Alessandro Volta en el siglo XVIII donde la electricidad era prácticamente desconocida, centrándose únicamente en la electricidad estática.

Luigi Galvani en 1780 durante un experimento observó como en los músculos de una rana se originaba corriente eléctrica al entrar en contacto con dos metales distintos, dicho descubrimiento captó la atención de Volta, el cual comenzó a experimentar solo con metales debido a que el tejido muscular animal no era necesario para producir corriente eléctrica. Gracias a esto se descubrió la primera pila eléctrica en el año 1800.

La pila fue elaborada con disco de zinc y de plata colocados de forma alterna y separados por discos de cartones sumergidos en salmuera. Al unir mediante un cable el extremo superior con el inferior se producía un flujo de corriente eléctrica de forma constante. [3]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

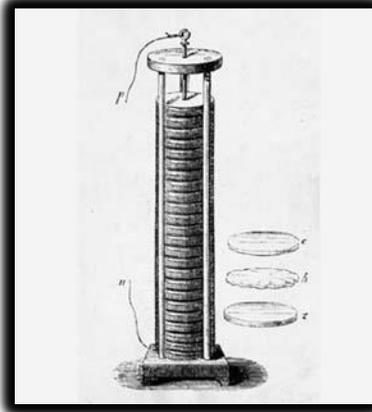


Ilustración 1: Batería Eléctrica

Fuente: [4]

El primer motor homopolar fue construido en el siglo XIX por Michael Faraday, esto dio lugar al comienzo de los generadores eléctricos que funcionan por campo magnético o también conocido como dinamos, los cuales no eran muy eficientes pero gracias a estos experimentos el generar electricidad usando magnetismo ayudó a la llegada de los conmutadores, dinamos de corriente continua y alternadores de corriente. [5]

Dicho motor constaba de una pila unida a dos electrodos y un alambre libre en uno de ellos, todo esto se sumergía en mercurio y al colocar un imán cerca provocaba la rotación del alambre a su alrededor mientras se mantuviera la corriente encendida. Este fue el principio donde se convirtió por primera vez energía eléctrica en energía cinética, lo que dio lugar al primer motor que funcionaba a través de medios electromagnéticos. [6]

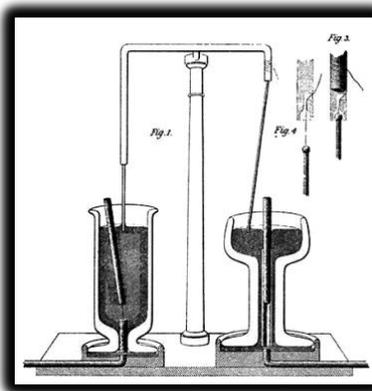


Ilustración 2: Motor Homopolar

Fuente: [7]

En el camino hacia la fabricación de motor eléctrico uno de los inventos más importantes fue la Rueda de Barlow, construida por Peter Barlow.

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

La rueda de Barlow es un disco de cobre que está situada entre los polos de un imán y cuyo borde está en contacto con un pequeño depósito de mercurio. Se conecta una batería entre el eje de la rueda y el depósito de mercurio y se observa que la rueda empieza a girar alcanzando una velocidad angular límite constante por la acción del campo magnético. [8]

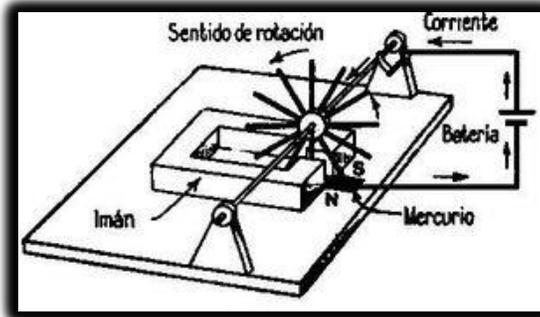
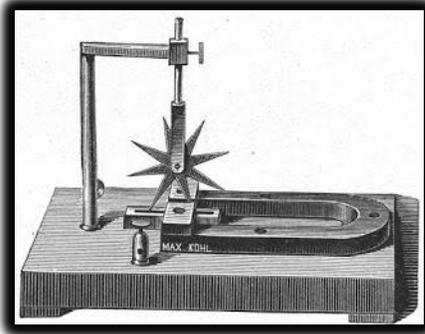


Ilustración 3: Rueda de Barlow

Fuentes: [9] [10]

Aunque el ingeniero Moritz von Jacobi había presentado su propio diseño en 1834, fue el americano Thomas Davenport que después de haber hecho experimentos con electroimanes construyó y patentó el primer motor eléctrico de corriente continua en 1837.

Dicho motor consta de dos electroimanes fijos y dos móviles, estos electroimanes móviles estaban situados en los radios de una rueda y unidos mediante un conmutador; y una batería de Volta era la que mantenía el motor alimentado. [11]

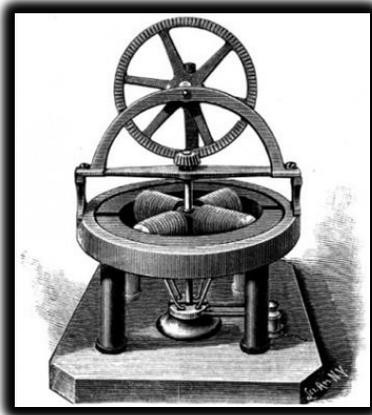


Ilustración 4: Motor de corriente continua patentado

Fuente: [12]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

El primer motor de corriente alterna fue inventado por Nikola Tesla en 1888, con ello también inventó el sistema polifásico de energía. Respecto al motor de corriente continua debemos decir que es más eficiente que el de corriente alterna. [13]

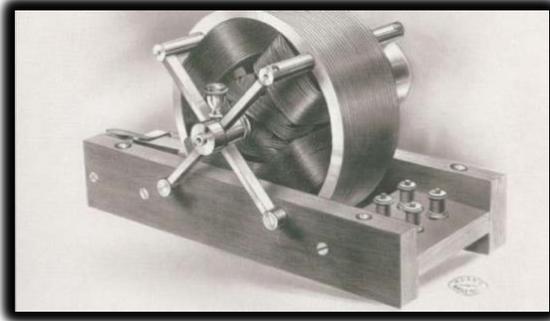


Ilustración 5: Motor de corriente alterna

Fuente: [14]

En la actualidad los motores eléctricos disponen de ciertas características: tienen un tamaño y peso menor que otro tipo de motores pudiendo tener la misma potencia, pueden tener varios tipos de formas dependiendo de la máquina a la que deban adaptarse, cuentan con un rendimiento elevado, no emite contaminantes, y la ventilación y refrigeración externa no son necesarias gracias a su posibilidad de ser autoventilados. [15]



Ilustración 6: Motor eléctrico

Fuente: [16]

3.2 Descripción de las partes elementales de un motor eléctrico.

En este segundo apartado del capítulo “*Revisión y Antecedentes*” hablaremos sobre las partes elementales que contiene un motor eléctrico.



Ilustración 7: Partes de un motor eléctrico

Fuente: [17]

Estator:

El estator es la parte fija del motor siendo así el elemento que se ocupa de la rigidez mecánica del mismo siendo también el apoyo para que el rotor o parte móvil haga su función. En él se producen las líneas de fuerzas magnéticas encargadas de ejecutar la rotación en el rotor. Existen dos tipos de estatores:

- Estator de polos salientes
- Estator ranurado

Esta parte está construida fundamentalmente por láminas de acero al silicio, en forma de paquete, que tienen la función de permitir el paso del flujo magnético con mayor facilidad que si fuera un conjunto metálico. Aquí es donde se implementan los polos magnéticos, que siempre son pares, siendo en este caso el mínimo de polos dos. [18]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

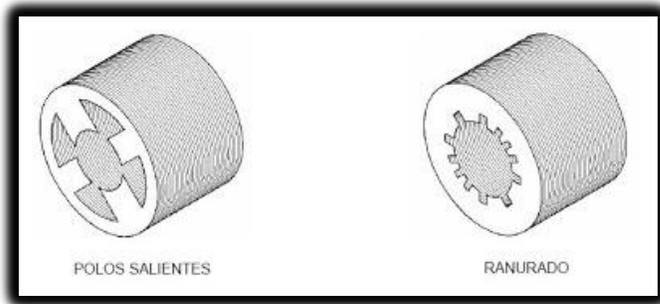


Ilustración 8: Tipos de estator

Fuente: [18]



Ilustración 9: Estator de polos salientes

Fuente: [19]



Ilustración 10: Estator de polos ranurados

Fuente: [20]

Rotor:

El rotor es la parte móvil del motor, es el elemento encargado de convertir la energía eléctrica en energía mecánica. También son un conjunto de láminas de acero al silicio en forma de paquete y pueden ser de estos tres tipos:

- Rotor ranurado.
- Rotor de polos salientes.
- Rotor jaula de ardilla.

En el caso del rotor ranurado tenemos que hacer referencia al colector que es elemento de contacto eléctrico de esta parte móvil del motor con el estator, en conjunto con las escobillas que se encargan de hacer el contacto con dicho colector. [18]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

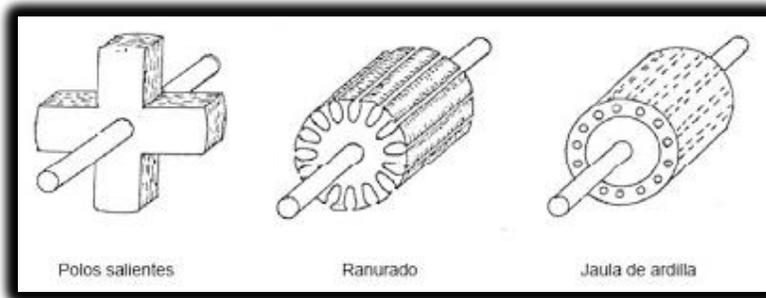


Ilustración 11: Tipos de rotor
Fuente: [18]

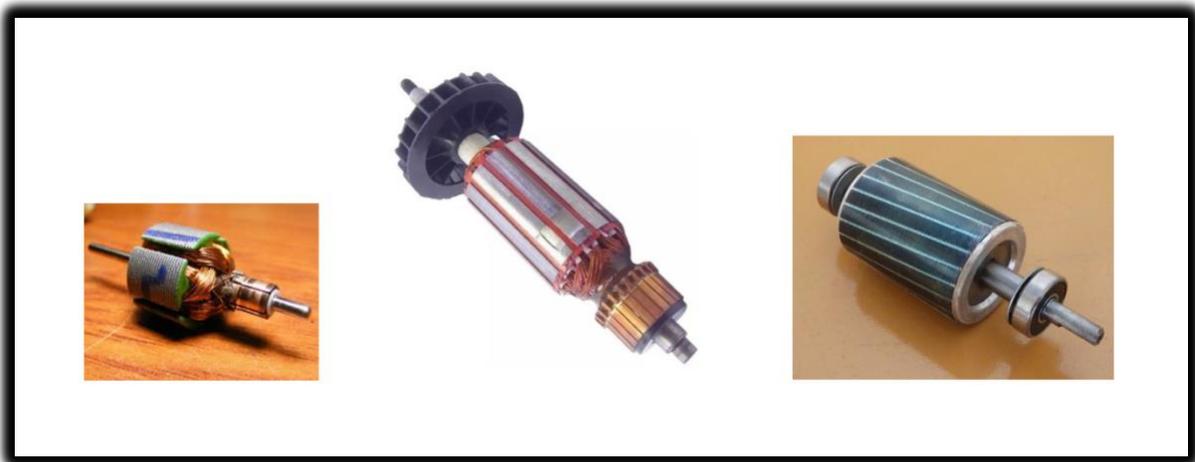


Ilustración 12: Rotor polos salientes
Fuente: [21]

Ilustración 13: Rotor ranurado
Fuente: [22]

Ilustración 14: Rotor jaula de ardilla
Fuente: [23]

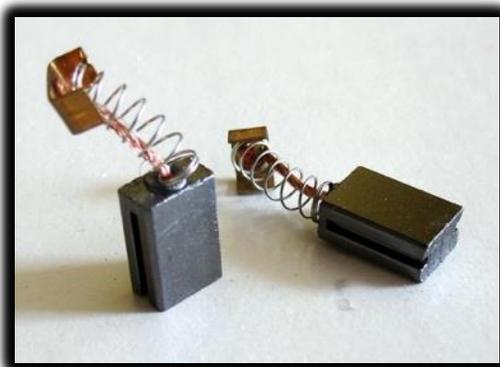


Ilustración 15: Escobillas
Fuente: [24]

Bobinado:

El bobinado es el arrollamiento interno de un motor eléctrico, por medio del cual se crean los campos magnéticos encargados de proporcionar al rotor la velocidad. Existen estatores bobinados y rotores bobinados.
[25]



Ilustración 16: Bobinado estator
Fuente: [25]



Ilustración 17: Bobinado rotor
Fuente: [25]

Bobinado Manual:

El bobinado manual es el mas tradicional de los mismos realizándose con una maquina operada de forma manual, de tal forma que el operador controla la posición, tensión, numero de vueltas de cada bobina.



Ilustración 18: Bobinadora manual
Fuente: [26]

Bobinado automático:

El bobinado automático es un método mucho más moderno y sofisticado que se realiza con una máquina automática, en la cual se introducen los datos necesarios para controlar las dimensiones de la bobina, la tensión del alambre y número de vueltas. En este caso el operador lo único que debe hacer es seleccionar el diámetro del alambre a utilizar y las cabezas de bobina requeridas. [25]



Ilustración 19: Bobinadora automática

Fuente: [27]

Carcasa:

La carcasa es la parte que protege y cubre al estator y al rotor, el material empleado para su fabricación depende del tipo de motor, de su diseño y su aplicación. La misma tiene en varios tipos aletas que ayudan a la disipación del calor, también tenemos la fijación mecánica del motor y el alojamiento de los cojinetes y rodamientos. [28]



Ilustración 20: Carcasa de un motor eléctrico

Fuente: [29]

Caja de conexiones:

Todos los motores eléctricos tienen una caja de conexiones la cual es la encargada de proteger a los conductores que alimentan al motor ante cualquier elemento que pueda dañarlos. En su interior existe una regleta de conexiones diseñada para cada tipo de motor donde se conectan los alambres terminales del bobinado y con unas láminas se realiza la conexión deseada para el correcto funcionamiento del motor. [30]



Ilustración 21: Caja de conexiones de un motor eléctrico

Fuente: [31]

Cojinetes y rodamientos:

Los rodamientos y cojinetes son los elementos que fijan y sujetan el rotor, deben contar con una pequeña y constante holgura. Estos deben permitir el funcionamiento del motor a baja y a muy alta velocidad, minimizando la fricción y por tanto el ahorro de energía dándole el toque de eficiencia al motor eléctrico. [32]



Ilustración 22: Cojinetes y Rodamientos

Fuente: [33]

Ventilador:

En el rotor se suele implementar un ventilador que tiene por función refrigerar el motor de forma que al girar extraiga el calor del motor, este ventilador es capaz de hacer pasar aire por las aletas de aluminio de la carcasa refrigerando exteriormente el motor. [34]



Ilustración 23: Ventilador de un motor eléctrico

Fuente: [35]

Eje:

El eje es el elemento de salida del motor el cual es acoplado mecánicamente al elemento a mover. [36]

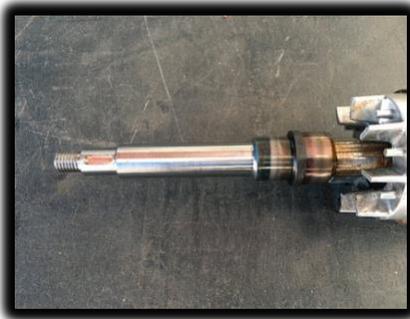
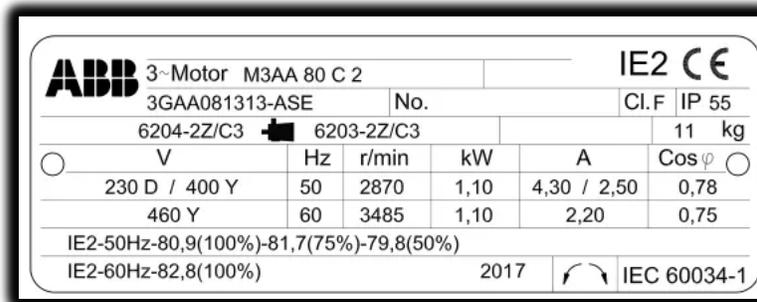


Ilustración 24: Eje de un motor eléctrico

Fuente: [37]

Placa de características:

Es la placa identificativa del motor donde se aportan todos los datos del mismo tales como: potencia, frecuencia de trabajo, revoluciones por minuto, voltaje, amperaje, factor de potencia, formas de conexionado entre otros. [38]



Placa característica de un motor eléctrico ABB. La placa muestra el logo ABB, el modelo 3-Motor M3AA 80 C 2, y el número de identificación 3GAA081313-ASE. Incluye especificaciones técnicas como la clase de eficiencia IE2, el grado de protección IP 55, y el peso de 11 kg. Se detallan los datos de operación para dos velocidades: 2870 r/min y 3485 r/min, con sus respectivos voltajes, potencias y corrientes. También se indican los niveles de eficiencia en diferentes rangos de velocidad y el año de fabricación 2017.

ABB		3-Motor M3AA 80 C 2			IE2		CE	
3GAA081313-ASE		No.		Cl.F		IP 55		
6204-2Z/C3		6203-2Z/C3				11 kg		
V	Hz	r/min	kW	A		Cos φ		
230 D / 400 Y	50	2870	1,10	4,30 / 2,50		0,78		
460 Y	60	3485	1,10	2,20		0,75		
IE2-50Hz-80,9(100%)-81,7(75%)-79,8(50%)								
IE2-60Hz-82,8(100%)			2017		IEC 60034-1			

Ilustración 25: Placa característica de un motor eléctrico

Fuente: [39]

3.3 Operaciones básicas de mantenimiento a un motor eléctrico.

A la hora de realizar el mantenimiento de un motor eléctrico existen dos formas, la forma preventiva y la correctiva. Ambas garantizan un correcto funcionamiento reparando las averías o evitándolas, y alargando así la vida útil del motor. Existiendo diferencias entre ambas que explicaremos a continuación.

La forma de mantenimiento preventiva la realizamos de manera periódica y programada, teniendo como objetivo prevenir las averías que puedan ocasionar la parada del motor. Ésta se debe llevar a cabo verificando el funcionamiento, lubricación, ajustes, reposición de piezas, y muy importante seguir las recomendaciones del fabricante en cada caso.

La otra forma de mantenimiento es la correctiva, la misma opera cuando aparece un fallo en el motor interrumpiendo su funcionamiento el cual provocará daños en la instalación. Estas averías suelen aparecer de forma imprevisible por lo que es necesario minimizar su consecuencia, para ello es muy importante tener repuestos disponibles para la reparación, así como un equipo técnico cualificado y capacitado para resolver el fallo en el menor tiempo posible.

En el caso de motores eléctricos es muy importante realizar siempre los mantenimientos preventivos antes que los correctivos, ya que con los preventivos ya que haciendo estas revisiones nos anticiparíamos a las posibles averías reduciendo la frecuencia de éstas. [40]

▪ Ventajas y Desventajas del Mantenimiento preventivo de los motores eléctricos:

Ventajas:

- Disminuye considerablemente el fallo según sea el caso.
- El mantenimiento puede ser ajustable y flexible, facilitando una mejor planificación y control.

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

- Su coste es inferior al del mantenimiento correctivo.
- Incrementa el ciclo de vida de los componentes.
- Se reduce los posibles fallos imprevistos.

Desventajas:

- Es muy probable que aparezcan fallos considerables.
- Se incrementa el trabajo de mano de obra y la cantidad de repuestos necesarios, teniendo en cuenta las normas del fabricante.
- El desgaste de las piezas de los equipos no se puede determinar con precisión. [41] [42] [43]

▪ **Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo de los motores eléctricos:**

Ventajas:

- Mayor durabilidad y confiabilidad de los equipos (nuevo o reparado).
- Se reduce el coste de reparaciones.

Desventajas

- Debido al tiempo de inactividad no planificado del equipo aumenta su coste.
- Incremento del costo de la mano de obra, específicamente en horas extras.
- Elevado coste de la sustitución del equipo o su reparación.
- Inseguridad a la hora de llevar a cabo el trabajo tanto para el medio ambiente como para el personal trabajador. [41] [42]

MANTENIMIENTO

En este apartado de este tercer capítulo de “Revisión y Antecedentes” se van a describir las etapas básicas para el mantenimiento de un motor eléctrico de manera genérica.

⇒ **Visualización de cada componente:**

De una formas rápidas y sencillas solo con una visual, acústica y ayuda del olfato podemos identificar algunos fallos importantes tales como sobrecalentamiento, ruidos excesivos, vibraciones, entre otros que requieren del mantenimiento.

⇒ **Vibraciones en el motor:**

Al tener un motor eléctrico en funcionamiento pueden producirse ruidos y vibraciones fuera de lo normal que afectan su eficacia.

Cuando un motor eléctrico se encuentra trabajando fuera de los parámetros normales se pueden detectar vibraciones que pueden depender de varios motivos. Una de las formas de detectar las mismas es desconectando mecánicamente el motor de la instalación movida por él y con la ayuda de instrumentos podemos determinar si las vibraciones son provocadas por la fuerza motriz o por resto de la instalación. Si determinamos que es el motor el que provoca las vibraciones procederíamos a su mantenimiento.

⇒ **Cambio de rodamientos:**

Los cojinetes y rodamientos en los motores eléctricos son los puntos de apoyo de la parte móvil del motor (rotor), si estos presentan desgaste, acumulación de polvo o una mala lubricación pueden provocar vibraciones y ruidos anormales y sobrecalentamiento de los mismos indicando problemas.

En varios de los casos una limpieza, lubricación o engrase pueden solucionar esta avería pero gran parte de las veces hará falta la sustitución de los rodamientos o cojinetes para realizar el mantenimiento, teniendo en cuenta las características de estos repuestos y las normativas del fabricante.

⇒ **Lubricación y limpieza:**

La falta de lubricación y el polvo son enemigos número uno del buen funcionamiento de un motor eléctrico provocando el aumento de la temperatura en los rodamientos y sobrecalentamiento en el bobinado, esto es una causa de gran riesgo de fallo.

En motores de rotor bobinado la suciedad en el colector por el desprendimiento de partículas de las escobillas puede actuar como elemento aislante provocando un fallo en el contacto de las escobillas con el colector, a esta parte nos referimos cuando en los mantenimientos se debe hacer una correcta limpieza de dicho colector y si es necesario cambiar las escobillas debido a su desgaste.

En sentido general la corrosión también es un factor de riesgo, el cual debemos evitar lubricando cada componente que lo necesite para ser protegido.

⇒ **Comprobación del bobinado del motor**

Una de las averías más frecuentes de un motor eléctrico recae en el bobinado, elemento más vulnerable del motor. Por lo que se debe comprobar con un equipo especializado para la medición del valor de la resistencia de los mismos. Cuando ésta está fuera de los parámetros preventivamente debemos bobinar este motor.

Aquí también podemos observar visualmente el color del alarma, el trincado, los cables de conexiones y si alguno de estos elementos no cumple con las exigencias se deben reparar sustituyendo cables de terminales, terminales, volviendo a trincar el motor, barnizarlo nuevamente y posteriormente volver a comprobar el bobinado. [44]

3.4 Ejemplos de reparación a un motor eléctrico: equilibrado.

En este apartado 3.4 de este tercer capítulo de “Revisión y Antecedentes” vamos a desarrollar de una manera concreta algunos aspectos relacionados con la reparación de un motor eléctrico, y haciendo más énfasis en el aspecto relacionado con el equilibrado. No dejando de lado otros aspectos relacionados con la reparación como pueden ser los bobinados, etc.

Respecto al equilibrado se va a desarrollar de una manera más práctica y visual en el quinto capítulo de “Resultados” de este TFG. También se indica que el objetivo último de este trabajo es hacer un recorrido sinóptico por las etapas que nos va a llevar desde una avería a bordo de un buque genérico en un motor eléctrico, cómo se identifica la misma, cómo se traslada a un taller especializado (siempre que no se pueda reparar a bordo), cómo se repara en dicho taller y cómo se vuelve a instalar a bordo después de su reparación y las comprobaciones según la normativa que hay que aplicarle a dicho dispositivo.

Haciendo un estudio más detallado en la cuestión del equilibrado del rotor, que son los aspectos que vamos a desarrollar de una manera teórica en los siguientes subapartados de este apartado 3.4 de este capítulo “Revisión y Antecedentes”

3.4.1 Qué es el desequilibrado y cómo se corrige

El desequilibrado es una posición de la pieza giratoria cuando el centro de la masa no se encuentra en el eje de rotación, en otras palabras, cuando el rotor gira no lo hace concéntricamente. Este desequilibrio no puede ser corregido en su totalidad pero gracias a las máquinas equilibradoras y al desarrollo tecnológico se puede minimizar en gran medida.

Dicho desequilibrado se produce debido a varias causas, entre las cuales se pueden destacar:

- Ausencia de contrapesos
- Acumulación de materias extrañas
- Defectos de fabricación
- Peso desigual en las bobinas del rotor.

Las consecuencias que acarrea el desequilibrado suelen ser vibraciones, un deterioro anticipado de los rodamientos y otros componentes provocando averías antes de su tiempo programado. [45]

3.4.2 Tipos de desequilibrio

A continuación vamos a desarrollar los distintos tipos de desequilibrio existentes en un eje en rotación de una manera generalizada para una mejor comprensión del lector, que se verá mejor desarrollado en el capítulo V de “Resultados”.

3.4.2.1 Desequilibrio estático:

En este caso la descompensación del rotor se encuentra en un solo plano. Si hacemos girar este rotor en dos puntos todas las veces va a quedar en la misma posición de desequilibrio, perpendicular al eje. Para equilibrar este caso solo tenemos que retirar material en el lado que pesa más o agregar material en el plano contrario 180° al desequilibrio.

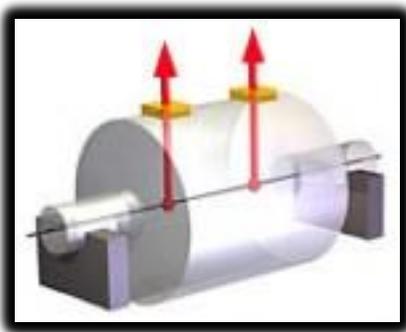


Ilustración 26: Desequilibrio estático

Fuente: [46]

3.4.2.2 Desequilibrio dinámico:

Un rotor no solo tiene desequilibrios en un solo plano, sino que puede tener varios desequilibrios, encontrándose estos en el eje del rotor sin ningún orden programado. Esta variedad de desequilibrios puede ser

reemplazados por dos desequilibrios (como se puede ver en la figura en forma de flechas), existiendo ambos con diferencia de valor y ángulo. Por esta razón este desequilibrio se manifiesta cuando el rotor gira, por ello se habla de un desequilibrio dinámico, necesitando dos planos para poder corregir este desequilibrio. [46] [47]

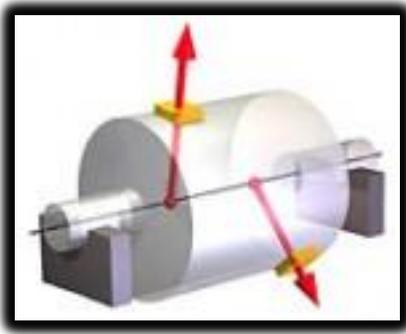


Ilustración 27: Desequilibrio dinámico

Fuente: [47]

3.4.3 Equilibrado

El equilibrado es la acción de eliminar o corregir fuerzas indeseadas en mecanismos que giran para conseguir un buen funcionamiento del motor con su mayor eficacia.

Para poder corregir el desequilibrio se lleva a cabo el equilibrado, eliminando material por fresado o perforación de la parte más pesada o añadiendo material a la parte más ligera. También se puede atornillar o soldar piezas de equilibrio para la compensación. [48]

3.4.4 Máquinas equilibradoras

Para identificar la posición y la cantidad de desequilibrio se utilizan las máquinas equilibradoras. Las mismas pueden ser: horizontales y verticales. [49]

3.4.4.1 Historia de las máquinas equilibradoras (Balanceadoras):

En el año 1870 Henry Martinson, ciudadano canadiense, patentó la primera máquina balanceadora, la cual consistía en un cilindro acoplado a un eje cardán, este cilindro giraba sobre dos puntos de apoyo (rodamientos) suspendidos con resortes. El equilibrado consistía en ir colocando contrapesos en un solo plano

hasta que la amplitud de la oscilación de los resortes se reducía de forma importante. Esta máquina se creó con el objetivo de eliminar las vibraciones de los cuerpos y partes giratorias.

Con la necesidad de equilibrar cuerpos rotatorios se siguieron desarrollando diversas técnicas hasta principios de siglo, concreto en el año 1907, cuando aparece la primera patente de una máquina balanceadora en dos planos, siendo su autor Lawaczek, ampliando su aplicación a la industria.

En la actualidad el equilibrado está basado en técnicas electrónicas con mediciones de alta precisión que posibilitan una gran sensibilidad y captación de vibraciones y su localización en los planos para su compensación. [50]

3.4.4.2 Tipos de máquinas equilibradoras:

Las maquinas equilibradoras se dividen en dos grupos:

3.4.4.2.1 Equilibradoras verticales:

Estas equilibradoras se utilizan para el equilibrado de rotores en un plano, tales como: embragues, rotores en forma de discos, tambores de freno – muelas, poleas, rotores de bombas, volantes, etc.

3.4.4.2.2 Equilibradoras horizontales:

Estas otras equilibradoras son utilizadas para el equilibrado dinámico de rotores en dos o más planos de compensación, tales como: inducidos de motores eléctricos, cigüeñales, ejes cardan, árbol de levas, cilindros de maquinas, ventiladores, turbinas, alternadores, etc. [51]

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

IV. METODOLOGÍA

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

IV. METODOLOGÍA

En este Trabajo Fin de Grado hemos agrupado la metodología a desarrollar en diferentes apartados, para garantizar su correcto entendimiento.

4.1 Documentación bibliográfica.

La documentación bibliográfica utilizada en el TFG es a partir de; Páginas web, manuales, informes, vídeos y libros. Además de los conocimientos adquiridos en mi periodo de prácticas en la empresa PEYMAN S.L.U.

4.2 Metodología del trabajo de campo.

Para realizar este TFG me basé en mi experiencia en el campo, apoyándome en diferentes máquinas y herramientas de taller, fundamental en este trabajo La Equilibradora. Se incorporaron fotos hechas por la autora para explicar de forma más clara el proceso.

4.3 Marco referencial

Nuestro marco referencial es la empresa PEYMAN S.L.U, donde se obtuvo la experiencia necesaria para la elaboración de dicho TFG.

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

V. RESULTADOS

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

V. RESULTADOS

En este quinto capítulo “Resultados” de este Trabajo Fin de Grado voy a desarrollar una descripción detallada de la empresa PEYMAN S.L.U. y de algunos de los trabajos realizados, basados en mi experiencia tras mi paso por la misma.

- 5.1 Descripción de la empresa.
- 5.2 Tipología de motores que trabajan.
 - 5.2.1 Motor monofásico.
 - 5.2.2 Motor trifásico.
 - 5.2.3. Motor de corriente continua.
- 5.3 Descripción talleres y espacios de trabajo.
- 5.4 Averías más comunes y operaciones de mantenimiento.
- 5.5 Motor ejemplo.
 - 5.5.1 Operación desmontaje.
 - 5.5.2 Reparación.
 - 5.5.3 Operación montaje.
- 5.6 Proceso de equilibrado.
 - 5.6.1 Equilibrado de rotores.
- 5.7 Montaje del rotor en un motor.
- 5.8 Pruebas.
- 5.9 Remisión al cliente.

5.1 Descripción de la empresa.

PEYMAN S.L.U está localizada en el Polígono Industrial del Mayorazgo en Santa Cruz de Tenerife, es una empresa que se dedica a reparaciones y mantenimientos de equipos eléctricos.

A continuación se describen de forma detallada los servicios que ofrecen:

Bobinado de motores de corriente continua y corriente alterna de media y baja tensión.

Alternadores, bombas, transformadores y maquinaria general.

Cuadros eléctricos y montaje de instalaciones eléctricas.

Inspecciones de centros de transformación y líneas de alta tensión.

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

Equilibrados estáticos y dinámicos.

Mantenimiento integral de baja y media tensión.

Impregnación al vacío de resina para bobinados.

Estufas eléctricas para curado de resina.

Análisis de vibraciones de maquinaria.

Análisis termográficos de instalaciones.

Venta de motores eléctricos.

Ensayos eléctricos predictivos a máquinas eléctricas.



Ilustración 28: Ubicación PEYMAN S.L.U

Fuente: [52]

5.2 Tipología de motores que trabajan

Esta empresa posee un gran abanico de maquinaria con la que labora, dentro de las cuales se encuentran de forma general los motores monofásicos y trifásicos de corriente alterna de media y baja tensión, motores de corriente continua, generadores, alternadores y transformadores.

5.2.1 Motor monofásico:

Es una máquina capaz de convertir la energía eléctrica en energía mecánica por la rotación de su eje. Estos motores son alimentados por una red monofásica y son utilizados en lugares donde solo exista este tipo de alimentación, o aunque haya alimentación trifásica, el uso del motor sea específica.

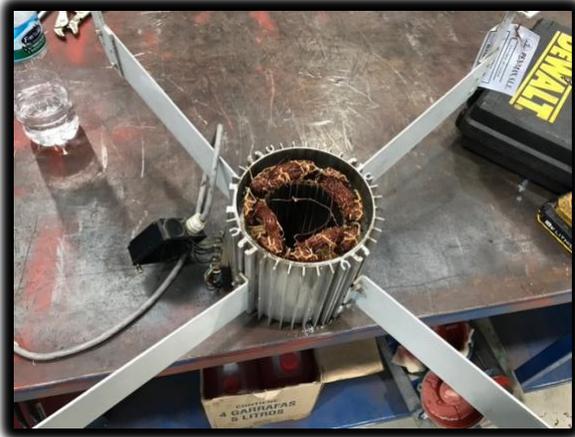


Ilustración 29: Motor monofásico

Fuente: [Propia]

5.2.2 Motor trifásico:

Es una máquina con el mismo funcionamiento que un motor monofásico, pero el sistema de alimentación es a través de una red trifásica.



Ilustración 30, 31: Motor trifásico

Fuente: [Propia]

5.2.3 Motor de corriente continua:

Es una máquina que también convierte la energía eléctrica en mecánica pero a través de corriente continua, y son muy demandados en industrias donde se necesite una regulación de velocidad muy suave.

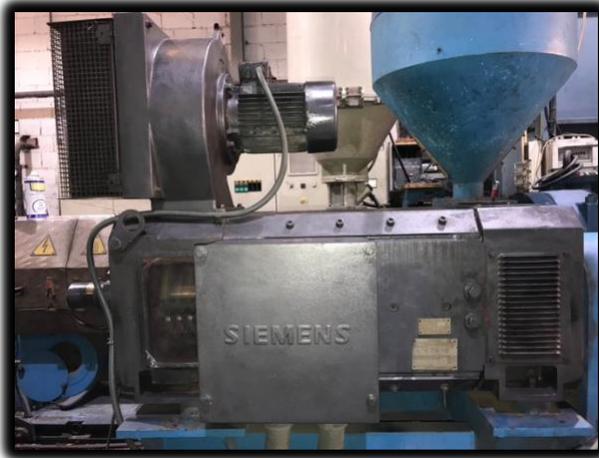


Ilustración 32: Motor de corriente continua

Fuente: [Propia]

5.3 Descripción talleres y espacios de trabajo.

PEYMAN S.L.U se encuentra en una nave de 1000 m² capacitada con las últimas tecnologías para la realización de los mantenimientos de diferentes equipos, contando con hornos industriales, bobinadoras automáticas, equipos para calentar rodamientos y máquinas equilibradoras.

Dentro de esta nave están bien definidos los puestos de trabajo contando los mismos con una mesa, herramientas y otros útiles. Proporcionando este aspecto una cadena a la hora de dar mantenimiento, reparar, bobinar, etc.

Además cuenta con una sección de oficinas, almacenes, aseos, lugar para desayunos.

Con esta distribución de espacios se logra la no interferencia en ninguna de las actividades a realizar por el taller, incluyendo la parte administrativa.



Ilustración 33: Nave de PEYMAN S.L.U en el interior

Fuente: [Propia]



Ilustración 34: Nave de PEYMAN S.L.U en el interior

Fuente: [Propia]

5.4 Averías más comunes y operaciones de mantenimiento

Cambio de rodamientos: los rodamientos son elementos mecánicos que sirven de apoyo a un eje en rotación. La evidencia mecánica de que un rodamiento hay que cambiarlo puede ser por dos motivos:

1. Por número de horas de trabajo, especificado por el fabricante.
2. Por el ruido: el ruido es un indicador mecánico de que los cuerpos rodantes están en mal estado.

A continuación muestro un conjunto de ilustraciones para ver la operación de desmontaje y montaje de un rodamiento con útiles específicos denominado extractores.

Bobinado: para detectar un fallo en un. Bobinado de un rotor de un motor eléctrico se lleva a cabo la prueba de megado. Megar es comprobar el aislamiento del bobinado del motor, es decir si ha perdido el barniz. En el caso de que sucediera existiría un corto en el motor, dicho corto puede ser entre espiras o un cortocircuito que es cuando el bobinado toca la carcasa del motor.

Barnizado: La operación de barnizado se realiza después del bobinado del motor y consiste en aplicar barniz eléctrico a las bobinas del estator del motor.

Limpieza: Un motor eléctrico en funcionamiento es recomendable realizarle operaciones básicas de limpieza, por ejemplo la limpieza de las aletas de refrigeración del estator.

Cambio de terminales: Los terminales son los dispositivos mecánicos que unen los cables finales de la bobina a la caja de conexiones del motor, pudiendo estar conectado generalmente en estrella o triángulo. Debido a la vibración del motor y a las horas de usos, sería recomendable quitar la tapa de la caja de conexiones y revisar los terminales.

Comprobación de la velocidad del rotor: para comprobar la velocidad del rotor dentro de un mantenimiento preventivo se podría utilizar un tacómetro óptico. El tacómetro óptico apunta a la punta del eje del rotor y da las revoluciones por minuto del eje.

Equilibrado del rotor: El equilibrado de un rotor se hace para equilibrar las masas del mismo, para ello se utilizan las máquinas equilibradoras, para lograr equilibrar un rotor se quita material del lado que más pesa a través de perforaciones, lijado, etc o se añade material en el lado que menos pesa. El equilibrado sirve para evitar vibraciones, ruidos en el motor y que gire de forma concéntrica para que no sufran los rodamientos y que el rotor no roce con las bobinas del estator.

5.5 Motor ejemplo para estudio:

En este apartado 5.5 del capítulo V “Resultados”, vamos a describir los pasos a seguir para el desmontaje, reparación y montaje de un motor eléctrico. Para ello utilizaremos una bomba sumergible como ejemplo. [53]

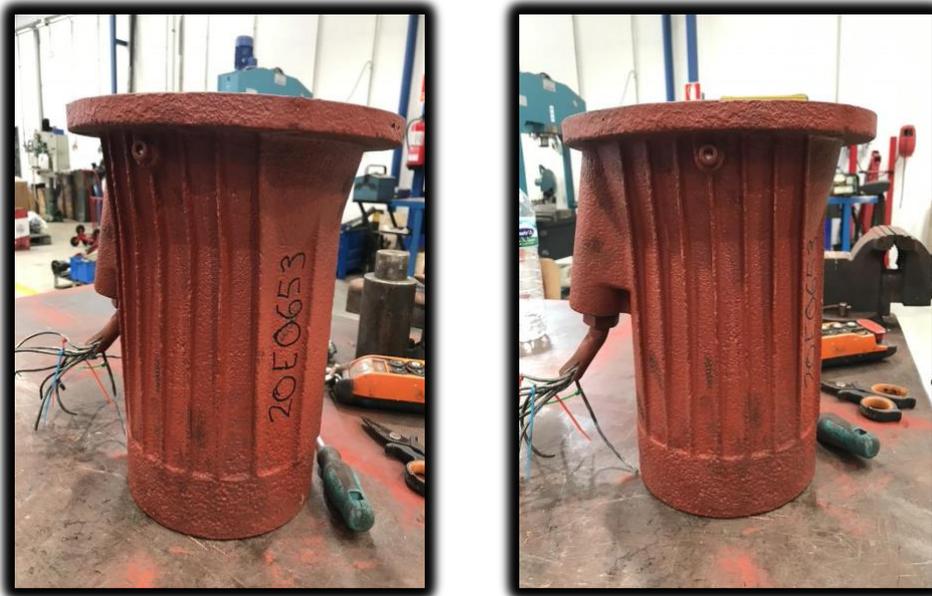


Ilustración 35, 36: Carcasa bomba sumergible

Fuente: [Propia]

En la ilustración anterior vemos una vista de una bomba sumergible, que va inmersa en un fluido. La característica esencial de una bomba sumergible es que no se puede visualizar ya que está dentro del fluido. Tanto la aspiración como la descarga de la misma están sujetas a las condiciones del fluido y su operativa se hará a distancia, fuera del depósito del mismo.

5.5.1 Operación desmontaje

Lo primero que se hace cuando vamos a trabajar con una bomba sumergible es extraer el estator bobinado de la carcasa. Para ello se utiliza una prensa para hacer presión y poder sacar el estator hacia abajo como podemos apreciar en las siguientes fotos.

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”



Ilustración 37,38: Estator y carcasa de una bomba sumergible

Fuente: [Propia]



Ilustración 39,40: Estator bomba sumergible

Fuente: [Propia]

Después, se observa el conexionado del bobinado, que puede estar conectado en serie o en paralelo. Y luego se toma la medida del alambre que se ha usado para el bobinado antiguo. Para ello es necesario quemar un poco el alambre para se debe tomar sin barniz, dicha medida se toma con un micrómetro.

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”



Ilustración 41: Bobinado antiguo bomba sumergible

Fuente: [Propia]

Luego se toman todos los datos necesarios para poder hacer el bobinado nuevo y se anotan en una ficha.

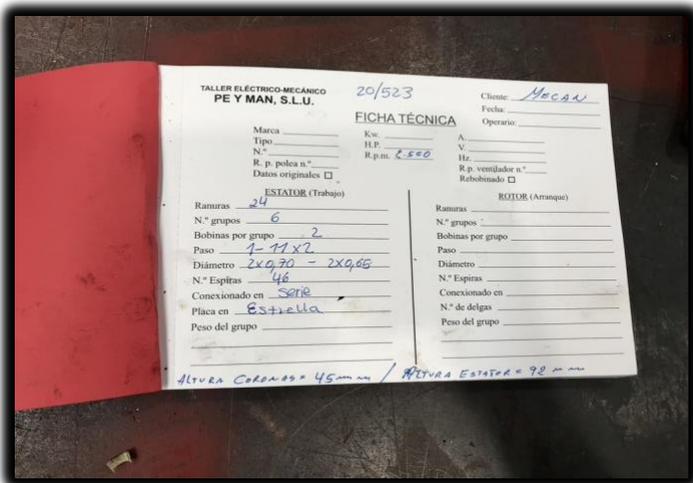


Ilustración 42: Ficha técnica bomba sumergible

Fuente: [Propia]

5.5.2 Reparación

Una vez tomados todos los datos necesarios para poder llevar a cabo el nuevo bobinado, se corta el bobinado antiguo. Para ello se utiliza un cincel con el que se corta una de las coronas del bobinado. Luego se quema el resto del bobinado y se extrae.

Luego se pone el estator en gasolina para eliminar cualquier resto de aceite, ya que los sellos de esta bomba de aceite estaban rotos y el mismo penetró en el estator.

También se limpian las ranuras para que no quede ningún resto del bobinado anterior y, si es necesario, se prensa el estator por si alguna placa se hubiese levantado, poderla colocar en su lugar.



Ilustración 43: Corona cortada de uno de los lados del bobinado de la bomba sumergible

Fuente: [Propia]



Ilustración 44: Estator de la bomba sumergible limpio

Fuente: [Propia]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

Después de tener el estator completamente limpio y preparado para bobinar, se hace una bobina modelo, se mira la distancia que debe haber entre los moldes de la bobinadora, se eligen los moldes más apropiados, se colocan los carretes de alambre de la medida que hayamos obtenido anteriormente al medirlos con el micrómetro y se colocan todos los datos en la bobinadora para que comience a hacer las bobinas que necesitamos.

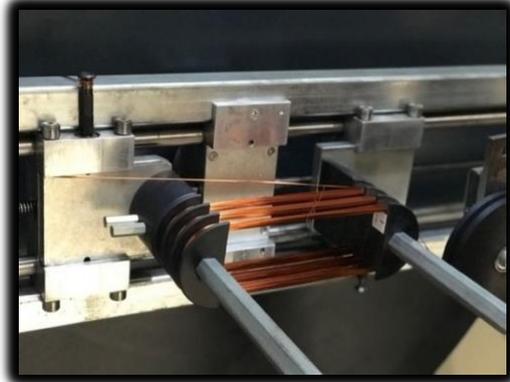
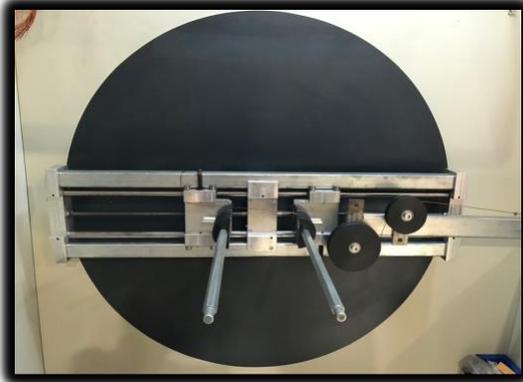


Ilustración 45: Bobinadora y bobinas

Fuente: [Propia]

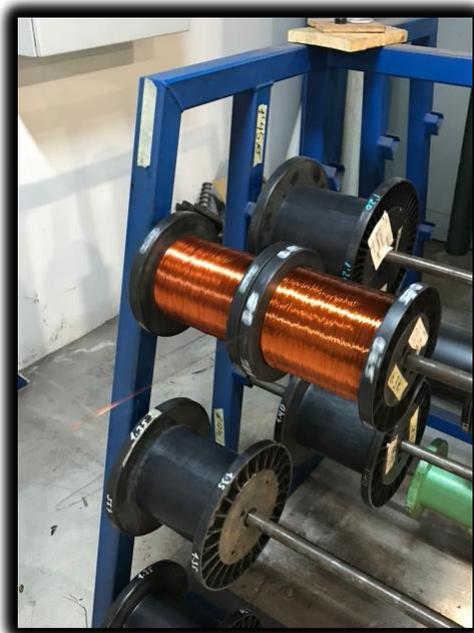


Ilustración 46: Carretes de hilo de cobre para la bobinadora

Fuente: [Propia]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

Mientras se hacen las bobinas, se van preparando los cartones que se colocan en las ranuras para crear un aislamiento.

Una vez estén puestos los cartones en cada una de las ranuras del estator, se comienzan a poner las bobinas teniendo en cuenta el paso del bobinado y se asegura el alambre en la ranura con una cuña, también utilizada para aislamiento.



Ilustración 47: Colocación de las nuevas bobinas en el estator

Fuente: [Propia]

Una vez estén colocadas todas las bobinas, se hace un trincado por ambas coronas del bobinado para que quede todo bien sujeto y se hace el conexionado del bobinado.

Posteriormente se cubre con cinta de papel las partes que no se deben barnizar y luego se barniza.

Después se limpia la carcasa (o campana) por fuera y se lija por dentro, en la parte donde se coloca el estator bobinado para quitar todo resto de suciedad.

5.5.3 Operación montaje

En este caso el montaje se hace colocando nuevamente el estator en la carcasa con ayuda de la prensa como se muestra en las siguientes fotos.

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”



Ilustración 48: Barnizado del bobinado

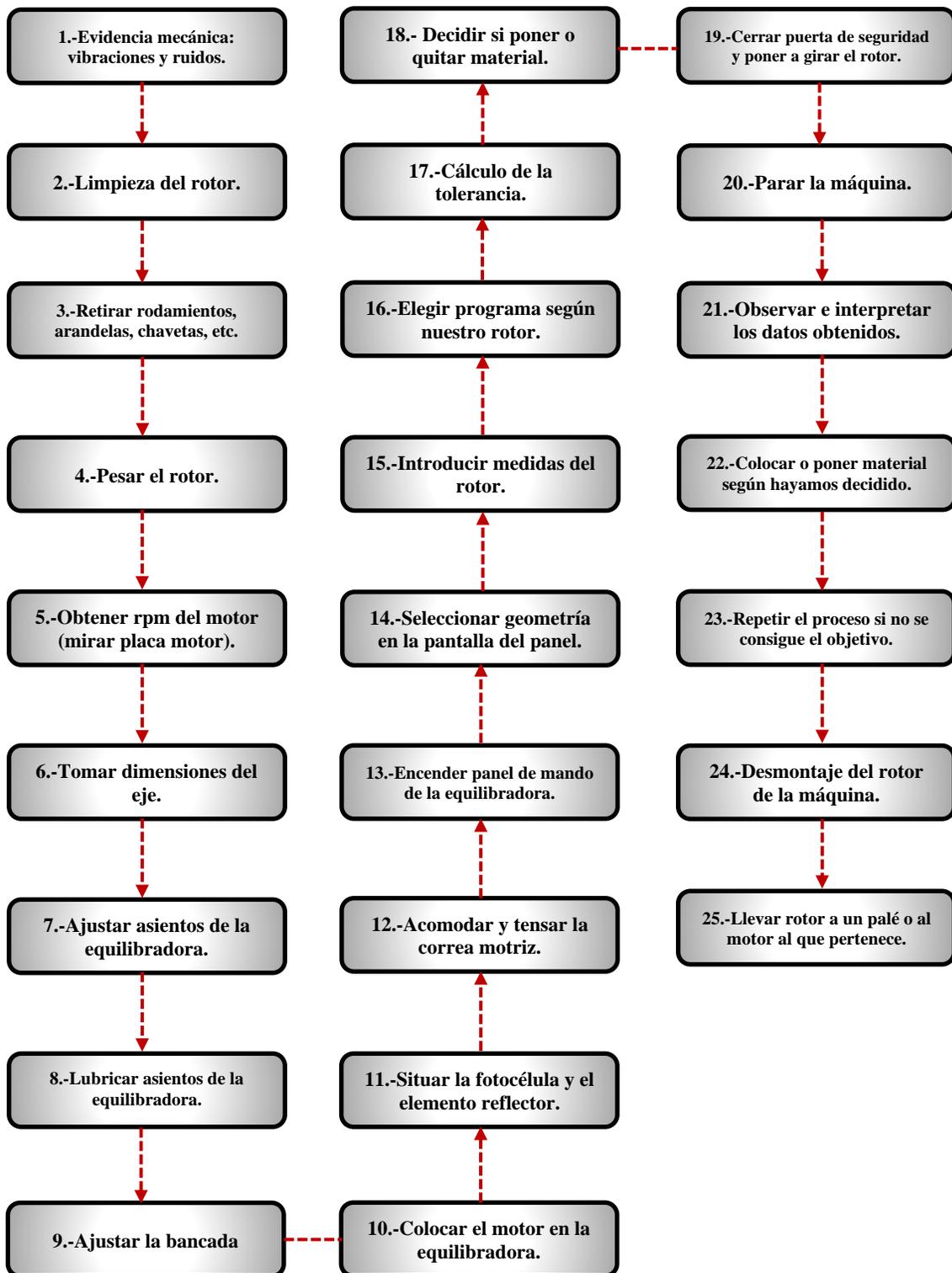
Fuente: [Propia]



Ilustración 49: Montaje del estator en la carcasa

Fuente: [Propia]

5.6 Proceso de equilibrado



5.6.1 Equilibrado de rotores

En este apartado haremos referencia de forma amplia y específica de todos los pasos que se deben llevar a cabo en el equilibrado de un motor. No siempre hay que equilibrar un rotor, ¿cuándo tomamos la decisión de equilibrar un rotor?

En apartados anteriores hemos tratado las averías más frecuentes de los motores eléctricos y dentro de ellas hay una específica que son las altas vibraciones, y dentro de las causas que provocan estas altas vibraciones encontramos el desequilibrio del rotor. En estos casos es necesario someter el rotor a un proceso de equilibrado.

Otras de las situaciones en las que se necesita equilibrar un rotor es cuando éste se somete al proceso de bobinado, ya que no siempre quedan contrapesadas las bobinas en el rotor.

Además de las dos situaciones anteriores existe una tercera donde haya que hacer una revisión general al motor, ya sea por solicitud del cliente o por llevar a cabo un mantenimiento preventivo debido al cumplimiento de las horas de trabajo de vida útil.

Una vez tomada la decisión de equilibrar un rotor entonces debemos iniciar este proceso de forma obligatoria someterlos a una exhaustiva limpieza. ¿Por qué hacemos esto? Porque la mínima partícula de suciedad incrustada en delgas, ranuras, bobinado, etc provocan un desequilibrio. También se deben retirar los rodamientos, arandelas, chaveta y demás elementos que no sean inherentes al rotor como tal.



Ilustración 50: Rodamientos

Fuente: [Propia]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

Después que el rotor está limpio y desvalijado procederemos a pesarlo en una báscula industrial, como la que se muestra a continuación. Todo el de trasladar el rotor desde el motor hasta la báscula y posteriormente hasta la máquina equilibradora se realiza con la ayuda de una grúa o una carretilla dependiendo de las dimensiones del rotor.



Ilustración 51: Peso rotor

Fuente: [Propia]

Otro de los datos que hay que tener en cuenta para el equilibrado de un rotor son las revoluciones nominales, éstas se obtienen de la placa del motor, como la que se muestra en la siguiente foto.



Ilustración 52: Placa del motor

Fuente: [Propia]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

Una vez completados los pasos anteriores procedemos a ajustar la máquina equilibradora según las dimensiones del rotor.

Para ello tomamos el diámetro del eje de la parte delantera y trasera, donde van asentados los rodamientos, con este diámetro ajustamos los apoyos de la máquina para luego depositar el rotor como se muestra en la siguiente imagen.

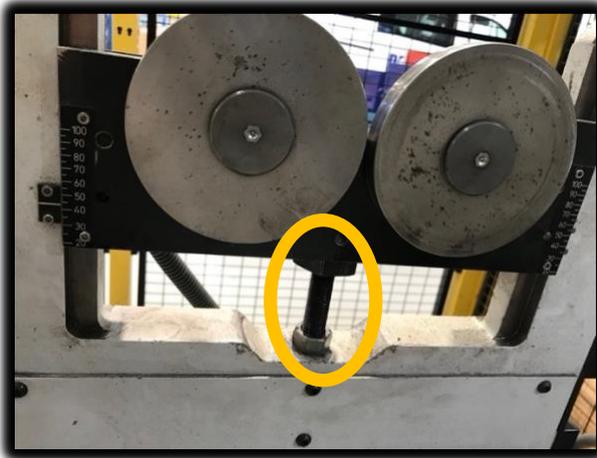


Ilustración 53: Ajuste asientos máquina equilibradora

Fuente: [Propia]

Si los diámetros del eje en la parte delantera y trasera no son los mismos, entonces la máquina también nos da la posibilidad de ajustarla para que quede completamente horizontal, para ello en la parte del eje del diámetro más pequeño el asiento de la máquina sube y si el diámetro es mayor baja.



Ilustración 54: Asientos máquina equilibradora

Fuente: [Propia]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

Debemos tener muy presente que el rotor va a girar sobre asientos, por ello es necesario la lubricación de los mismos antes de comenzar el equilibrado, como se muestra a continuación.



Ilustración 55: Lubricación de los asientos

Fuente: [Propia]

Ajuste de bancada:

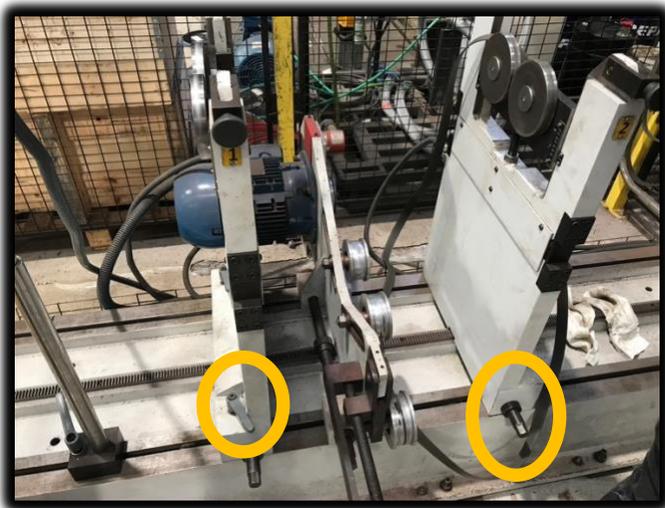


Ilustración 56: Palanca de desbloqueo (Izquierda) y tornillo sinfín regulador de ancho del punto de apoyo (Derecha)

Fuente: [Propia]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

Como podemos apreciar en la anterior foto la bancada tiene ajuste gracias a los rieles por donde podemos desplazar los soportes de los puntos de apoyo. Estos se ajustan desbloqueando y con una llave se procede a alejar o acercar un soporte del otro en dependencia de la longitud del rotor como se aprecia a continuación.



Ilustración 57: Palanca desbloqueo y) y tornillo sinfín regulador de ancho del punto de apoyo (Foto en primer plano)

Fuente: [Propia]

Ahora procedemos a montar el rotor en la equilibradora.



Ilustración 58: Montaje del rotor en la máquina equilibradora

Fuente: [Propia]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

Para poder medir el ángulo y las revoluciones a las que haremos girar el rotor necesitamos una fotocélula, que procederemos a ajustar a continuación. Este elemento necesita un reflector para captar la señal, el mismo va colocado en el rotor.



Ilustración 59: Fotocélula

Fuente: [Propia]

En este momento ya estamos listos para hacer girar el rotor pero para ello es necesario colocar y tensar la correa, tomamos esta foto como muestra antes de colocar el rotor para señalar el mecanismo motriz de poleas-motor-correa. Con el volante señalado en la foto hacemos el ajuste de la tensión de la correa, la cual además de hacer girar el rotor, será el elemento de fijación del mismo contra los puntos de apoyo.

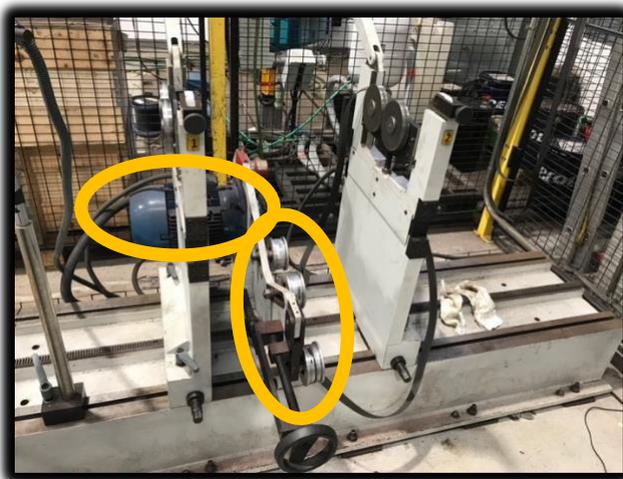


Ilustración 60: Mecanismo motriz poleas-motor-correa

Fuente: [Propia]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”



Ilustración 61: Volante regulador de tensión de la correa

Fuente: [Propia]

Equilibrado del eje:



Ilustración 62: Panel de mando de la máquina equilibradora

Fuente: [Propia]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”



Ilustración 63: Panel de mando de la máquina equilibradora

Fuente: [Propia]

Esta foto muestra el panel de mando de la máquina equilibradora, en el mismo vamos a dar las especificaciones para el equilibrado que realizaremos, cuando se encuentre encendida la pantalla, lo primero que se hace es seleccionar en la pantalla la donde se va a realizar este proceso.



Ilustración 64: Geometría del rotor

Fuente: [Propia]

Las dos flechas blancas indican los asientos del rotor en la máquina, en este caso, seleccionaríamos la número 1. ¿Por qué? Porque esta figura es la equivalente al modelo de nuestro rotor.

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

Posteriormente tenemos que introducir en la pantalla los datos que nos pide, que serían los radios correspondientes ($r1$ y $r2$), y las longitudes (a , b y c) que pertenecen a:

- Longitud desde el punto de apoyo hasta la parte delantera del bobinado.
- Longitud desde el final del colector hasta el punto de apoyo.
- Longitud de todo el bobinado más el colector.



Ilustración 65: Datos del rotor

Fuente: [Propia]

Cálculo de la tolerancia:

Ahora procederemos a seleccionar en la pantalla de la máquina el programa que se ajusta al rotor a equilibrar, en este caso seleccionamos el 2,5 que como veremos a continuación es el que recoge las especificaciones de nuestro rotor.

La máquina también da otras variantes a seleccionar donde están incluidos otros rotores con otras especificaciones.

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”



Ilustración 66: Programa para calcular la tolerancia

Fuente: [Propia]

Con el programa seleccionado de la foto anterior, hay que introducir los datos necesarios para el cálculo de la tolerancia, que es peso máximo permisible tanto en el lado derecho y lado izquierdo del rotor para evitar el desequilibrio. Los datos necesarios son el peso en Kg del rotor completo obtenido en la báscula anteriormente y las revoluciones a las que gira el mismo obtenidas de la placa del motor.



Ilustración 67: Cálculo de la tolerancia

Fuente: [Propia]

Podemos poner en funcionamiento la máquina después de cerrar la puerta de seguridad de la jaula en la cual se encuentra la máquina, la máquina no debe girar a más de 750 rpm por problemas de seguridad, ya que la correa que es la transmisora de la velocidad puede llegar a partirse.

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

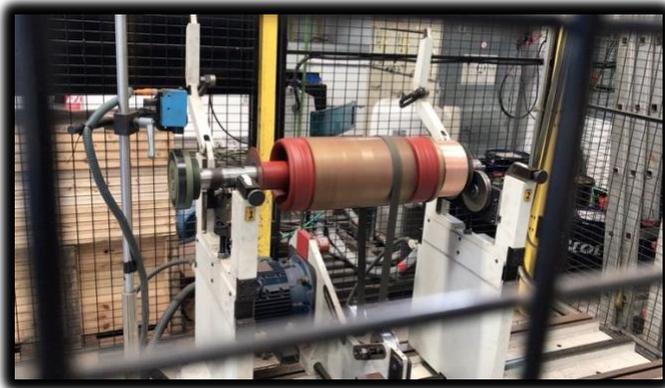


Ilustración 68: Máquina en funcionamiento/ rotor girando

Fuente: [Propia]

Con la máquina en funcionamiento y haciendo girar el rotor hasta las 700 r.p.m, aparece en pantalla lo que veremos en la foto a continuación, se detiene la máquina, se pulsa el botón de desbloqueo de puerta (Rearme) dándonos la posibilidad de que esta abra.



Ilustración 69: Cantidad de gramos que hay que añadir para el equilibrado del rotor

Fuente: [Propia]

En la foto anterior podemos ver que el rotor en el lado derecho y central está en verde, lo que significa que está por debajo de la tolerancia permitida y en el caso del lado izquierdo tenemos 9,44 gramos en el ángulo 173° que habría que compensar, en este caso agregando material, ya que es la opción que elegimos dado que el mismo posee una placa de ventilación ranurada en la cual podemos añadir material fácilmente.

Con la ayuda de una báscula pequeña se selecciona los elementos (tornillo, arandela y tuerca) acercándonos al peso a incrementar.

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

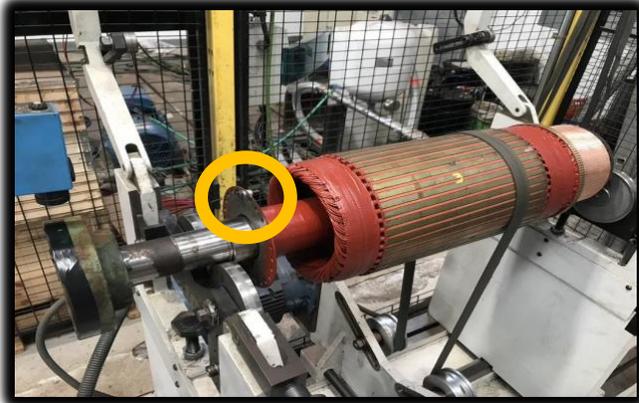


Ilustración 70: Rotor equilibrado

Fuente: [Propia]



Ilustración 71: Material añadido para lograr el equilibrio

Fuente: [Propia]

En otros casos de equilibrado de otros rotores donde hay que incrementar o retirar material para lograr llegar a la tolerancia permitida, para añadir se puede usar también pastas, remaches, etc y para retirar se pueden hacer perforaciones o lijado.

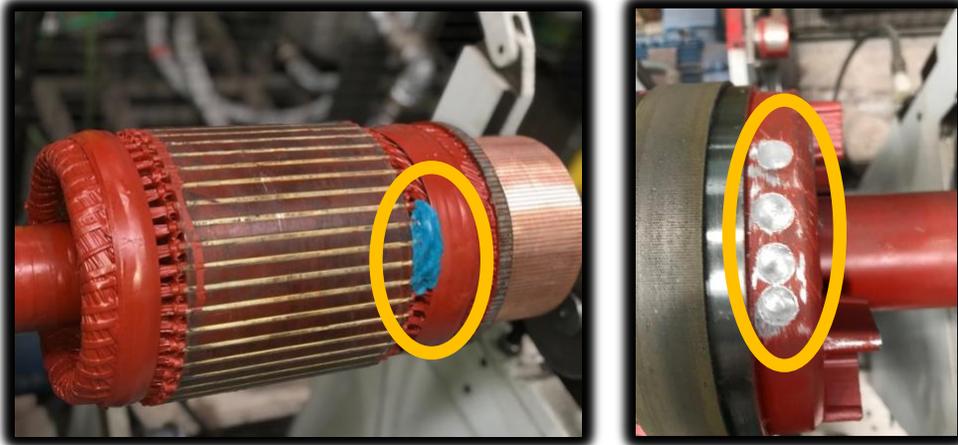


Ilustración 72: Otros ejemplos de equilibrado

Fuente: [Propia]

En el caso de que en el primer intento no se logre el objetivo de que el rotor quede dentro de la tolerancia se repetirá el proceso explicado anteriormente tantas veces como sea necesario hasta llegar a nuestro objetivo final.

Una vez equilibrado el rotor comenzamos el proceso de desmontaje que consiste en abrir la puerta, quitar la tensión de la correa, desmontar la misma y con ayuda de una grúa y unas lingas se desmonta el rotor, el cual se trasladará directamente para ser introducido en el estator o colocarlo en un palé de madera con soportes adecuados a la medida del rotor para que el mismo no sea golpeado.

En el caso de tener que trasladarlo a un lugar fuera del taller se procederá con el mismo protocolo que se llevará a cabo en el apartado “Remisión al cliente”.

5.7 Montaje del rotor en un motor eléctrico:



Ilustración 73: Montaje rotor en motor

Fuente: [Propia]

Una vez colocado el rotor dentro del estator procedemos a la inserción de los rodamientos, contando para ello con una máquina capaz de dilatarlos hasta obtener una holgura suficiente para su colocación.



Ilustración 74: Montaje de rodamientos y demás accesorios del eje.

Fuente: [Propia]

A continuación se colocan las tapas del mismo para terminar de montarlo con la ayuda de las herramientas necesarias y la grúa debido al peso de las tapas.



Ilustración 75: Montaje del resto del motor (tapas, etc.)

Fuente: [Propia]

5.8 Pruebas

Las pruebas que siempre se hacen antes de entregar un motor al cliente son las siguientes:

Megado: es una prueba que consiste en medir la resistencia que hay entre las fases. Si es demasiada la diferencia entre las 3 fases, podemos deducir si hay un cortocircuito entre las espiras, que el motor esté quemado o que pueda haber una derivación a tierra.



Ilustración 76: Prueba de Megado

Fuente: [Propia]

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

Prueba eléctrica: se hace para comprobar el consumo de cada fase.

Probar el motor conectado a una red de alimentación: con esta prueba se verifica que esté todo correctamente, que no haya vibraciones, ruidos, etc.



Ilustración 77: Comprobar funcionamiento del motor conectado a una red de alimentación

Fuente: [Propia]

Tanto la prueba de megado como la eléctrica deben dar resultados que se encuentren en la zona de aprobación, ya que si dan resultados muy dispares se tendría que volver a revisar y arreglar el motor.

5.9 Remisión al cliente

Para remitir al cliente un motor reparado en la empresa PEYMAN S.L.U primeramente se precinta con una cinta que contiene el logotipo de la empresa, luego se monta en un palé con dimensiones apropiadas para el equipo reparado y que sea accesible a un traspalé o a una grúa. El equipo se fija previamente al palé para evitar movimientos del mismo, se sube al vehículo de transporte y se fija para evitar movimientos del propio palé.

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

VI. CONCLUSIONES

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

VI. CONCLUSIONES

Tras la realización del Trabajo de Fin de Grado desarrollaremos las conclusiones que se han obtenido después de realizar los diversos capítulos anteriormente mencionados.

- Hemos analizado en el capítulo de *“Revisión y Antecedentes”* de este TFG las distintas técnicas que se han desarrollado a lo largo de estos últimos años con relación al equilibrado.
- Hemos analizado los aspectos físicos y tecnológicos, un ejemplo pueden ser las evidencias mecánicas que nos determinan la necesidad de un equilibrado, por ejemplo la aparición de vibraciones, ruidos, etc.
- Hemos comprendido el concepto de diagnóstico aplicado a un elemento mecánico. Aporto en este TFG algunos aspectos relacionados con herramientas de diagnóstico. (Megado de bobinado, etc)
- Tras realizar las operaciones de mantenimiento y reparación en un rotor hemos interpretado como punto final el equilibrado del rotor antes de su montaje en el mecanismo.
- Después de realizar este TFG y gracias a la experiencia adquirida en mi periodo de prácticas académicas hemos logrado comprender el funcionamiento de una máquina de equilibrado real.
- Al no poder contar con una máquina como esta en nuestra facultad, el hecho de haber podido utilizar una de ellas en las prácticas me ha ayudado a entender la importancia del equilibrado en rotores para su correcto funcionamiento. Y yo añadiría que sería una oportunidad para la mejora de la enseñanza el poder utilizar estos TFG de carácter profesional en nuestro ámbito marítimo para que la enseñanza reglada se adaptara a lo que realmente se utiliza en las empresas. Simplemente pongo como ejemplo el equilibrado de un rotor.

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

VII. BIBLIOGRAFÍA

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*

VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <https://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/motores-electricos.shtml>

- [2] <https://www.lovesharing.com/un-repaso-por-la-historia-del-motor-electrico/>

- [3] <http://www.inmesol.es/blog/alessandro-volta-inventor-de-la-pila-1745-1827>

- [4] <https://images.app.goo.gl/WhqUAD28pBTZsvS18>

- [5] https://www.ecured.cu/Motor_Homopolar

- [6] http://rsefalicante.umh.es/ProblemasExperimentosElectromagnetismo/Motor_homopolar/Motor_homopolar.pdf

- [7] <https://images.app.goo.gl/XbSBz5G92zwdvRBD7>

- [8] http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/campo_magnetico/barlow/barlow.htm

- [9] <http://sudandolagotagorda.blogspot.com/2012/06/rueda-de-barlow-barlows-wheel.html>

- [10] <https://images.app.goo.gl/GdPEgazmrYYNKLNU9>

- [11] <https://ahombrosdegigantescienciytecnologia.wordpress.com/2016/07/06/la-primera-patente-de-un-motor-electrico-de-la-historia-davenport/>

- [12] <https://www.google.com/imgres?imgurl=http://media.finedictionary.com/pictures/84/42/10836.jpg&imgrefurl=http://www.finedictionary.com/Davenport.html&tbnid=9LYYeRUltMZMLM&vet=1&docid=O43FEWq761x-eM&w=378&h=420&itg=1&source=sh/x/im>

- [13] <https://blog.hyundaicanarias.com/historia-del-motor-electrico/>

- [14] <https://images.app.goo.gl/7YSDizcek7vfRBqH6>

- [15] <https://historia-biografia.com/historia-del-motor-electrico/>

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

[16] <https://www.google.com/imgres?imgurl=https://electricistas.cl/wp-content/uploads/2019/10/motores-electricos1.jpg&imgrefurl=https://electricistas.cl/motores-electricos-principio-de-operacion/&tbnid=bAHn9F1So9p0fM&vet=1&docid=MDWnY2xnBvn8yM&w=1024&h=893&itg=1&source=sh/x/im>

[17] <https://images.app.goo.gl/gKq8sA4WXg3aWnaB7>

[18] <https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico/2-1-estator>

[19] <https://images.app.goo.gl/2OrpOgTyVmygwUJEA>

[20] <https://images.app.goo.gl/SWVpxjMJvG2RinmW8>

[21] <https://images.app.goo.gl/GdPgkhdNrbDqG2U8>

[22] <https://images.app.goo.gl/J2AUqT4EzOnLwknw7>

[23] <https://images.app.goo.gl/VnkdNsLcZ34VQaNH6>

[24] <https://images.app.goo.gl/EDTCBMHDoTFZjmVF9>

[25] <https://www.motoresydrives.com/rebobinado-reparacion-de-motores-electricos/>

[26] https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.mptecnoimport.com/imagenes/menu1/1_bobinado/BIG_M1_1_bobinadora_manual.jpg&imgrefurl=https://www.mptecnoimport.com/productos/menu1/productos_M1_1.html&tbnid=dv66AXZC51hc5M&vet=1&docid=N4kpEUe4XXAFUM&w=353&h=325&source=sh/x/im

[27] [https://www.google.com/imgres?imgurl=http://korean.motorwindingmachines.com/photo/pl12711881-three phase motor stator automatic wire coil winding machine.jpg&imgrefurl=http://korean.motorwindingmachines.com/quality-8199836-three-phase-motor-stator-automatic-wire-coil-winding-machine&tbnid=p8t1_EfV0gJG4M&vet=1&docid=d_xkcgRDkFeGmM&w=650&h=505&itg=1&hl=es&source=sh/x/im](https://www.google.com/imgres?imgurl=http://korean.motorwindingmachines.com/photo/pl12711881-three%20phase%20motor%20stator%20automatic%20wire%20coil%20winding%20machine.jpg&imgrefurl=http://korean.motorwindingmachines.com/quality-8199836-three-phase-motor-stator-automatic-wire-coil-winding-machine&tbnid=p8t1_EfV0gJG4M&vet=1&docid=d_xkcgRDkFeGmM&w=650&h=505&itg=1&hl=es&source=sh/x/im)

[28] https://www.partesdel.com/motor_electrico.html

[29] <https://images.app.goo.gl/VUAeDVUAs79ejkxj7>

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

- [30] <https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico/2-5>
- [31] <https://images.app.goo.gl/Mi9hH3Y68BA8hY22A>
- [32] https://www.skf.com/binaries/pub42/Images/0901d19680523351-13459-ES-Rolling-bearings-and-seals-in-electrical-motors-and-generators_tcm_42-134586.pdf
- [33] <https://images.app.goo.gl/o9TGwV9ZWqVDna9p9>
- [34] <https://1mecanizadoelarenal.files.wordpress.com/2014/11/motor-electrico.pdf>
- [35] <https://images.app.goo.gl/iVO11sfHEVZqRbTo7>
- [36] <http://www.wassheng.com.tw/es/product/Shaft-SHT-05.html>
- [37] <https://images.app.goo.gl/ZKxgoBYwhGkgbvUD9>
- [38] <https://es.slideshare.net/marconortiz/placa-de-caractersticas-de-un-motor-elctrico-fla>
- [39] <https://images.app.goo.gl/bHSiuXsxERgrz1f39>
- [40] <https://mydatascope.com/blog/es/motores-electricos-claves-para-un-correcto-mantenimiento/>
- [41] <https://hvhindustrial.com/es/blog/Electric-Motor-Tipos-de-mantenimiento>
- [42] <https://aen.mx/tipos-de-mantenimiento-industrial-ventajas-y-desventajas/>
- [43] <http://mantenimientopreventivo0.blogspot.com/p/ventajas.html>
- [44] <https://mydatascope.com/blog/es/motores-electricos-claves-para-un-correcto-mantenimiento/>
- [45] <https://www.fluke.com/es-es/informacion/blog/motores-accionamientos-bombas-compresores/13-causas-comunes-del-fallo-del-motor>
- [46] <https://schenck-worldwide.com/co-es1/why-balancing/static-unbalance.php>
- [47] <https://schenck-worldwide.com/co-es1/why-balancing/dynamic-unbalances.php>

“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”

[48] <https://zagan.unizar.es/record/37117/files/TAZ-PFC-2015-440.pdf>

[49] <https://www.schmitt-machines.com/que-es-el-equilibrio/>

[50] <https://www.bibliotecasdelecuador.com/Record/ir-:21000-3435/Description#tabnav>

[51] <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/1861/577064.pdf>

[52] https://www.google.com/maps/uv?pb=!1s0xc41ccdd6b375529%3A0x66cf2daa5a9d6ac8!3m1!7e115!4shhttps%3A%2F%2Fh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipNrtTxi6iU-cjY43KQrOsA_h9sPOTvaM4MyhIzz%3Dw426-h320-k-no!5speyman%20slu%20tenerife%20-%20Buscar%20con%20Google!15sCgIgaQ&imagekey=!1e10!2sAF1QipNrtTxi6iU-cjY43KQrOsA_h9sPOTvaM4MyhIzz&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjI7IeX45_yAhXGA2MBHZbnAcgQoio wCnoECDsQA w

[53] TFG “BOBINADO DE MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE C.A.”, Edorta Joseba Zuñiga Kalab, Federico Padrón Martín, Servando Raimundo Luis León.

*“DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR
ELÉCTRICO Y ACCESORIOS”*
