



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO

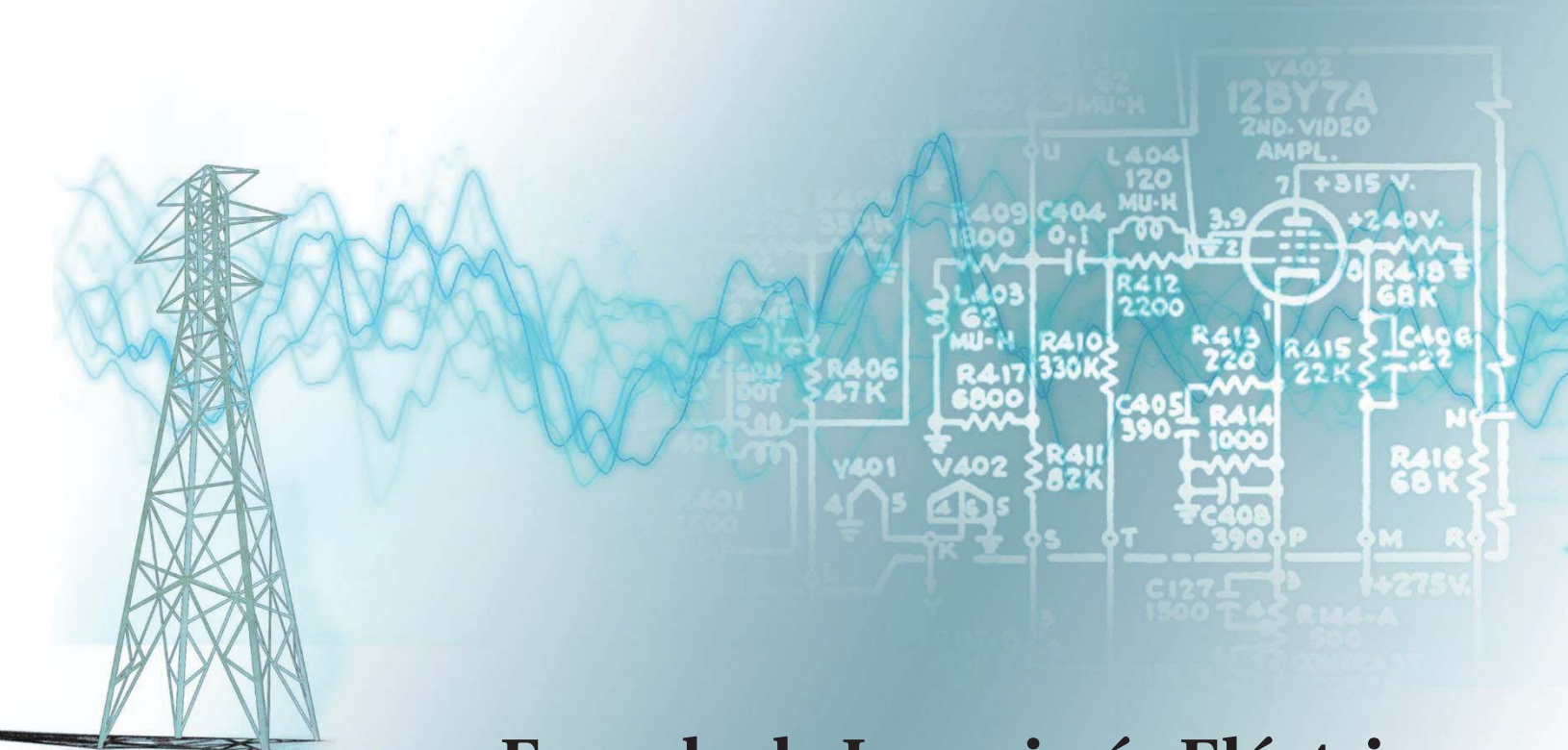


Carlos Antonio Vergara Reyes

**Diseño y evaluación económica para la
implementación de un laboratorio de prueba de
motores eléctricos con carga según certificación**

EASA AR100 e ISO 9001

Informe Proyecto de Título de Ingeniero Eléctrico



Escuela de Ingeniería Eléctrica



PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA
DE VALPARAISO

Diseño y evaluación económica para la implementación de un laboratorio de pruebas de motores eléctricos en carga según certificación EASA AR100 e ISO9001

Carlos Antonio Vergara Reyes

Informe Final para optar al título de Ingeniero Eléctrico,
aprobada por la comisión de la
Escuela de Ingeniería Eléctrica de la
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
conformada por

Sr. Paulino Alonso Rivas

Profesor Guía

Sr. Jorge Cuturrufo Campusano

Segundo Revisor

Sr. Sebastián Fingerhuth Massmann

Secretario Académico

Valparaíso, 09 de agosto de 2017

*Dedicado a mi madre, que siempre ha sabido ser victoriosa,
En la alegría y en la adversidad... la que siempre me supo apoyar...
Cuando todo iba bien o mal, ella solo siguió hasta el final.*

Agradecimientos

Agradecer a la vida sería lo mínimo que puedo hacer por darme la oportunidad de estudiar. Agradecer a cada uno de los que contribuyeron, para poder cursar exitosamente mi estadía en esta universidad. Agradecer a los profesores que supieron dar esas sabias palabras de apoyo para enfrentar las evaluaciones y el inicio de la vida laboral. Agradecer al conocimiento adquirido por cada uno de ustedes, profesores, amigos y familia.

No siempre el más inteligente es el que llega más lejos, sino él que es más perseverante y ayuda a los demás. Con esa combinación justa entre familia, amor y amistad. Un verdadero amigo es el que te ayuda cuando se está mal, el que no pide nada a cambio con tal de que tú mejores, el que te ayuda a ver esos errores para que puedas avanzar.

Todo es mejor ahora que puedo vivir y mirar el presente, ya que te da la capacidad de poder proyectar para comenzar a forjar.

Valparaíso, 9 de agosto de 2017

C.V

Resumen

El siguiente trabajo se dividirá en cuatro importantes capítulos empezando por el primero que se compone de los antecedentes generales para ver la factibilidad de acreditación o certificación del laboratorio de pruebas, se señalan conceptos básicos para entender sus diferencias y saber que determinaciones tomar a la hora de ejecutar los alcances de este proyecto.

En el capítulo 2 se describirá detalladamente como se realizaran las pruebas eléctricas para motores según la normativa escogida EASA AR100 y los criterios de evaluación que tienen que cumplirse para que este pueda ser certificado por la entidad externa EASA.

En el capítulo 3 se abordan todos los aspectos de diseño de para la implementación del laboratorio de pruebas según la estructura de ingeniería conceptual de un proyecto genérico de ingeniería.

En el capítulo 4 se realiza un análisis detallado de la evaluación económica del laboratorio, la cual resulta ser rentable bajo los supuestos estipulados en el informe del proyecto.

Para finalizar se agruparan todas las conclusiones obtenidas por cada capítulo para ser adjuntadas al apartado, conclusiones y discusiones.

Palabras claves: Acreditación, certificación, ILAC, acreditación INN, norma ISO 17025, norma EASA AR-100, pruebas de motores eléctricos en vacío y carga, obtención certificación EASA AR-100, diseño de laboratorio de pruebas, arquitectura de procesos 4.0, análisis de rentabilidad del laboratorio.

Abstract

The next job will be divided into four major chapters, starting with the first which is composed of the general background to see the feasibility of accreditation or certification test lab, to the basic concepts to understand their differences and know that determinations to take the time to run the scope of this project.

In Chapter 2 will describe in detail how the electrical tests are performed for engines in accordance with the rules chosen EASA AR100 and the evaluation criteria that have to be fulfilled so that it can be certified by the external entity EASA.

In chapter 3 covering all aspects of design for the implementation of the testing laboratory according to the structure of conceptual engineering of a generic project engineering.

In Chapter 4 it performs a detailed analysis of the economic evaluation of the laboratory, which turns out to be profitable under the assumptions set out in the report of the project.

To finish all the conclusions obtained by each chapter to be attached to the paragraph, conclusions and discussions.

Keywords: Accreditation, certification, ILAC, accreditation INN, standard ISO 17025, standard EASA AR-100, testing of motors in vacuum and charge, obtaining certification EASA AR-100, test Lab Design, Process Architecture 4.0, analysis of profitability of the laboratory.

Índice general

Introducción	1
Objetivos generales	5
Objetivos Específicos.....	6
1 Antecedentes generales, para acreditación y certificación del laboratorio	7
1.1 ¿Que es la acreditación?	7
1.1.1 ¿Para qué sirve la acreditación de laboratorios?.....	7
1.1.2 ¿Cuáles son los beneficios de la acreditación de laboratorios respecto a otros laboratorios?	8
1.1.3 ¿Cuál es la diferencia entre acreditación y certificación?.....	8
1.2 ILAC	9
1.2.1 INN	10
1.2.2 Acreditación INN	10
1.2.3 Nch 17025-2005.....	10
1.3 Acreditación ante INN para el laboratorio de pruebas con ISO 17025	11
1.3.1 ¿Cómo acreditarse?	11
1.3.2 Documentación general.....	11
1.3.3 Documentación particular para implementar ISO 17025	12
1.3.4 Proceso de acreditación	13
1.4 Diferencia entre proceso de fabricación y remanufactura de motores eléctricos.	17
1.5 EASA AR100-2015.....	17
1.5.1 ¿Qué es EASA?	18
1.5.2 ¿Por qué elegir una certificación EASA?.....	18
1.5.3 Objetivo de norma EASA AR-100.....	18
1.5.4 Alcance de norma EASA AR-100	18
1.5.5 Alcance de norma EASA AR-100 en el laboratorio de prueba de motores.....	19
1.5.6 Secciones EASA AR100-2015 contempladas para el laboratorio	19
2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA.....	20
2.1 Consideraciones de seguridad	20
2.2 Calibración	21
2.3 Procedimiento motores de inducción y de corriente continua	22

2.3.1 Estado del aislamiento, inspección y pruebas.....	23
2.3.2 Prueba de índice de polarización.....	23
2.3.3 Prueba de factor de potencia de aislamiento	24
2.3.4 Prueba de aislamiento entre espiras.....	24
2.3.5 Prueba de onda de choque de bobinado.....	24
2.3.6 Ensayo de aislamiento inter-laminar.....	25
2.3.7 Prueba de aislamiento de los rodamientos.....	25
2.3.8 Prueba de equilibrio entre fases.....	25
2.3.9 Prueba de polaridad.....	25
2.3.10 Prueba con rotor falso	25
2.3.11 Prueba de impedancia.....	25
2.3.12 Pruebas recomendadas para los bobinados	25
2.4 Pruebas HIPOT(DC) para motores AC y DC.....	26
2.5 Pruebas para bobinados	26
2.5.1 Bobinados nuevos.....	26
2.5.2 Bobinados reacondicionados.....	27
2.5.3 Bobinados no reacondicionados.....	27
2.5.4 Accesorios nuevos.....	27
2.5.5 Accesorios reacondicionados	27
2.5.6 Accesorios no reacondicionados.....	27
2.6 Prueba en vacío	28
2.6.1 Velocidad	28
2.6.2 Corrientes.....	28
2.6.3 Sistema de enfriamiento	28
2.6.4 Nivel de sonido.....	28
2.6.5 Temperatura de los rodamientos.....	28
2.6.6 Prueba de vibraciones	29
2.7 Pruebas con carga.....	29
2.8 Requisitos para la certificación EASA.....	29
2.8.1 Alcance auditoria externa de EASA	29
2.8.2 Observaciones	30
2.8.3 Categorías de los Criterios de Auditoría	30
2.8.4 Trabajos Externos.....	31
2.8.5 Exclusiones	31
2.8.6 Centro de Servicios, Generalidades, orden y limpieza	32
2.8.7 Centro de Servicios, Generalidades, capacitación	32
2.8.8 Centro de Servicios, Generalidades, Auditorias internas	33
2.8.9 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para pruebas de accesorios de motores	35
2.8.10 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para aislamiento del bobinado y pruebas de bobinas.	37
2.8.11 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para ensayos de alta tensión.	38

2.8.12 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para aislamiento de los rodamientos de motores	40
2.8.13 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para pruebas en vacío de motores	41
2.8.14 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para acabados y preparación para envío a clientes	43
2.8.15 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para calibración de equipos de pruebas de motores	45
3 Diseño laboratorio de pruebas	47
3.1 Planificación del proyecto	47
3.2 Diagramas de flujo de las pruebas del laboratorio	50
3.2.1 Diagrama de flujo de las pruebas estáticas motores.....	51
3.2.2 Diagrama de flujo de pruebas de alta tensión (HIPOT)	52
3.2.3 Diagrama de flujo para las pruebas en vacío	53
3.2.4 Diagrama de flujo para las pruebas en carga.....	54
3.2.5 Diagrama de flujo de los procesos del laboratorio	57
3.3 Listado de equipos requeridos para las pruebas de motores	58
3.3.1 Lista de equipos electricos de Distribución	58
3.3.2 Lista de equipos electricos requeridos para pruebas motores	58
3.3.3 Lista de equipos mecánicos requeridos para pruebas motores	59
3.3.4 Lista de equipos varios requeridos en el laboratorio	59
3.3.5 Demanda, demanda máxima y factor de demanda.....	60
3.3.6 Dispositivos de protección del sistema	61
3.3.7 Sistema HVAC.....	62
3.3.8 Freno dinamométrico.....	62
3.3.9 Caldera de calefacción eléctrica	62
3.4 Diseño del diagrama unifilar laboratorio	62
3.5 Disposición de planta de equipos del laboratorio.	65
3.6 Arquitectura de procesos 4.0 del laboratorio de pruebas	66
4 Análisis económico.....	67
4.1 Determinación de la inversión inicial y costos de instalación.	67
4.2 Ingresos operacionales	70
4.3 Egresos operacionales.....	70
4.3.1 Remuneraciones personal de producción	71
4.3.2 Remuneraciones personal apoyo a la producción.....	71
4.3.3 Consumo de energía eléctrica anual.....	72
4.3.4 Mantenición de equipos.....	74
4.3.5 Arriendo	75
4.4 Egresos no operacionales	76
4.4.1 Remuneraciones personal área administrativa.....	76
4.4.2 Seguros	77
4.4.3 Consumos básicos y otros gastos fijos de oficina.....	77

4.5 Depreciación.....	78
4.6 Flujo de caja.....	79
4.7 Indicadores de rentabilidad	80
Discusión y conclusiones.....	81
Bibliografía.....	84

Introducción

Este trabajo se centrará en los procesos de pruebas eléctricas de máquinas eléctricas rotativas nuevas, usadas y remanufacturadas, para el cual la clave de su comercialización, es la certificación internacional (EASA); así como también las garantías y las horas de continuidad de producción para el cliente final en la industria que EASA nos brinda. Para lograr este objetivo es fundamental obtener el primer laboratorio y banco de pruebas de máquinas rotativas en el país, con certificación EASA y acreditados por la INN.

Un segundo factor clave para el país, es mejorar la productividad, generar más instancias de procesos de fabricación, crear nuevas competencias ante el mercado extranjero realizando procesos más eficientes dándole una mirada de industria 4.0. Lo anterior implica diseñar un modelo de negocios con sustentabilidad hacia el futuro.

Actualmente no existe industria nacional que fabrique máquinas eléctricas rotativas, ya que sólo se importan de proveedores extranjeros. Una de las causas por la cual existe este tipo de impedimento en cuanto a la no fabricación de motores eléctricos, es el actual modelo económico neoliberal chileno, que facilita adquirir bienes y productos del exterior a un menor costo por lo cual no es conveniente fabricar en el país. Otra arista del caso es que al no poseer un estándar para la trazabilidad de las máquinas rotatorias, se impide la comercialización de estas, debido a la poca seguridad de parte de los clientes por razones como: confiabilidad de las máquinas, identificación clara de los puntos de operación(velocidad, torque, corriente nominal, corriente a plena carga, etc.), especificaciones técnicas, garantías, continuidad del proceso, certificación con estándares internacionales, entre otros; lo que facilita la adquisición por parte del cliente en el mercado internacional.

Para identificar mejor la problemática de porque hoy en Chile no existe manufactura en el sector de máquinas rotatorias eléctricas, se expone la siguiente línea de tiempo:

1. 1940: Se crea CORFO
2. 1944: CORFO crea la empresa nacional de electricidad, ENDESA. También crea el Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización (Inditecnor).
3. 1945: Se funda el primer taller de reparación de motores eléctricos en Santiago de Chile.
4. 1946: CORFO crea la Compañía de Aceros del Pacífico, CAP.
5. 1950: CORFO crea la Empresa Nacional del Petróleo, ENAP.
6. 1952: Se inicia la fabricación de motores eléctricos en Chile.
7. 1966: Importante empresa de máquinas estáticas, recibe licencia de General Electric GE, para fabricar transformadores por 20 años.
8. 1973: CORFO crea el Instituto Nacional de Normalización.
9. 1979: Los cambios en el mercado obligan a los OEM de motores, a terminar la fabricación y a rematar la maquinaria productiva. Se inicia la importación de motores y de generadores desde USA, Alemania y otros países de Europa. Se implanta el modelo económico neoliberal gradualmente en Chile, los aranceles se redujeron de un 60% en 1975 a un 10 % en 1979.
10. 1985: Se generan importantes alianzas con proveedores de Europa y USA, por parte de empresas que compran motores eléctricos.
11. 2001: Importante empresa de máquinas estáticas, recibe licencia GE para la fabricación de transformadores de poder y distribución por 15 años.
12. 2016: Modelo económico neoliberal en Chile sigue vigente.

De lo anterior se extrae que en la mitad del siglo XX el crecimiento industrial en Chile se potencia debido a la creación de la CORFO. Luego en 1979 se produce un quiebre progresivo debido al modelo neoliberal de mercado, adoptado desde 1975 a la fecha proveniente de EE. UU; debido a esto se comenzó a importar a un menor costo todos los productos que se realizaban en Chile (debido a los bajos aranceles), razón por la cual la industria se vio reducida en un 75% de su valor original. Por lo anterior se vieron afectados los sectores de industria de fabricación: eléctricos, textiles, de electrodomésticos, envases, calzado, alimentos dando paso a fomentar la importación de productos manufacturados y reducir la industria nacional. Las empresas de manufactura eléctrica, se vieron en la problemática de como sustentar su modelo de negocios hacia el futuro; por una parte, un importante fabricante de motores, prospero en el mercado como importador de la reconocida marca Siemens, obteniendo la certificación vigente "SOLUTION PARTNER", para realizar modificaciones a los motores eléctricos sin perder la garantía original. Actualmente una importante empresa fabricante de transformadores, cuenta con licencia GE para el diseño y fabricación de transformadores de poder 220 [KV] y 100 [MVA], además de ampliar su rubro a equipamientos eléctricos.

Para reactivar la fabricación en Chile se deben realizar tres preguntas claves: ¿Qué estrategia de marketing se necesita para ofrecer un concepto que no existe?, ¿Que se debe hacer para alcanzar un nivel internacional?, ¿Que drivers de marca necesito para mi producto? A lo que se responde:

1. Primero: se debe adecuar la estrategia de marketing 3.0 actual que se vive en el mundo, la cual toma en cuenta la personalidad del cliente, así como también resaltar los valores y creencias con el consumidor. Por otro lado, se encuentra adherido a estas creencias el

Green marketing, el cual busca minimizar el impacto medio ambiental, como, por ejemplo: reducir los niveles de Co2 en la industria a nivel mundial, con el llamado bono de carbono. Con el rápido avance de la tecnología se tiene que pensar hacia el futuro en una estrategia de marketing 4.0, la cual propone 3 aspectos relevantes: geolocalización, realidad aumentada y marketing virtual. Con la geolocalización las marcas podrán conocer las necesidades de los consumidores, de una forma totalmente individualizada y adaptada al lugar donde se encuentre cada uno de ellos y obteniendo información previa a la compra, pudiendo probar sus productos de manera virtual. Acerca del marketing virtual, las marcas utilizarán plataformas virtuales, como por ejemplo los videojuegos y aplicaciones móviles; estas serán herramientas para conocer mejor el potencial de sus productos antes de fabricarlos. A lo que respecta al proyecto, se adoptará una estrategia de marketing 3.0 en cuanto a la reducción de emisiones de Co2 por conceptos de procesos de remanufactura (OCDE), ya que la totalidad de las maquinas recepcionadas para realizar pruebas, serán en un principio del tipo re manufacturadas (debido a su proceso de remanufactura las emisiones de Co2 son menores que si fuese un producto nuevo).

2. Segundo: para alcanzar un nivel internacional se requieren licencias como del tipo GE y certificación “SOLUTION PARTNER”, ambas tomadas como ejemplos de experiencia para este trabajo.
3. Tercero: Los drivers de marca principales que se necesitan son los siguientes:
 - a. Notoriedad: la marca es reconocida por el cliente y es recordada.
 - b. Brand equity: proporcionar un valor añadido a los productos y servicios que se ofrecen.
 - c. Accesibilidad: estar donde el cliente se encuentre.
 - d. Conexión emocional: ir más allá del producto ofreciendo experiencias únicas
 - e. Diferenciación relevante: ofrecer beneficios únicos que la competencia no posea.

También se debe considerar lo que significa obtener una acreditación según ISO 17025 del INN para un laboratorio de prueba de máquinas rotatorias eléctricas según el estándar internacional EASA AR100, por lo cual la diferenciación es clave y se logra cumpliendo las siguientes competencias:

- Competencia técnica del personal
- Validez y adecuación de las pruebas
- Trazabilidad de mediciones y calibraciones a una norma internacional
- Aptitud, calibración y mantenimiento del equipo
- Medio ambiente conducente para efectuar pruebas
- Muestreo, manejo y transporte de productos en que se efectuarán pruebas
- Aseguramiento de la calidad de resultados de pruebas y calibración

Luego, a través de un sistema de acuerdos internacionales los laboratorios acreditados reciben una forma de reconocimiento universal, el cual permite que sus resultados sean más fácilmente aceptados en mercados extranjeros. Este reconocimiento ayuda a reducir los costos de los

fabricantes y exportadores que utilizan los servicios de laboratorios acreditados, reduciendo o eliminando la necesidad de volver a efectuar pruebas en otro país.

Por otra parte, en Chile actualmente no existen laboratorios acreditados por la INN según ISO 17025, ni menos que posean certificación EASA AR100 e ISO 9001. En el pasado existieron 5 empresas que certificaron sus procesos de remanufactura según la norma EASA AR-100 2015, siendo estas: EIR Electromecánica LTDA, Electromecánica Flores, Ltda., Ferroman, S.A., Komatsu Reman Center Chile, SA y S.I.E., Ltda. Lo anterior no indica que estos hayan poseído laboratorios Y/O bancos de pruebas de máquinas rotativas eléctricas acreditados por la INN según ISO 17025 y certificación EASA. Como complemento debido a los nuevos requerimientos del mercado actual, esta es una propuesta atractiva para fomentar las exportaciones y remanufactura en el sector de las máquinas rotativas en Chile. Todo esto se logra al obtener estas acreditaciones y certificaciones las cuales brindan: garantías de las máquinas, puntos de operación para su correcto uso, continuidad del proceso, confiabilidad para el cliente, lo cual conlleva a que sea de más fácil comercialización hacia el extranjero.

Otro aspecto importante es el ingreso de Chile a la OCDE en 2010 y respecto a los índices de crecimiento verde que esta propone, un aspecto relevante a considerar es la huella de carbono, generada por las fuentes indirectas por compras de electricidad. Lo anterior conlleva a realizar procesos más eficientes para las grandes máquinas rotativas de la industria y que posean mayor eficiencia; ya sean estas nuevas o re manufacturadas. El proceso de remanufactura de una máquina rotatoria implica una considerable reducción del impacto por huella de carbono, en contraste de adquirir una maquina nueva. En lo que respecta a Chile, este no es gran responsable de los gases de efecto invernadero (GEI), solo representando el 0,2 % a nivel mundial y siendo la industria de la minera los cuales aportan en su mayoría. El uso más eficiente de las maquinas eléctricas rotativas por concepto de remanufactura en la totalidad de la industria en chile, reduciría a largo plazo en un pequeño porcentaje la huella de carbono, lo cual representa una ventaja competitiva a la hora de exportar motores eléctricos fuera del país. Lo anterior se relaciona con que, debido a los nuevos requerimientos ambientales internacionales, es más atractivo para clientes del extranjero poder comprar maquinas rotatorias eléctricas certificadas a menores costos, reducida huella de carbono y con prestaciones similares a un equipo nuevo debido a su proceso de re fabricación y mejora. En visto a todas las problemáticas mencionadas, los alcances de este proyecto quedan como:

1. Pasar de banco de pruebas de motores eléctricos a un laboratorio de máquinas rotativas eléctricas dentro de un proceso de remanufactura.
2. Definir el modelo de negocios del laboratorio de pruebas de máquinas, según drivers de marca y conceptos del tipo industria 4.0.
3. Se abarcarán principalmente las siguientes áreas del mercado: Pesquero, minero, papeles, celulosa, agrícola y frutícola.
4. Se certificarán motores trifásicos de inducción de 4 polos y máquinas de corriente continua hasta 500HP, siendo el rango de 0 a 200 HP en baja tensión y de 200 a 500 HP en media tensión. Siendo estas las que se encuentran en mayor cantidad en la industria nacional según estudio de mercado de motores eléctricos en Chile, realizado por la consultora AETS Sudamérica S.A.
5. Se especificarán detalladamente las pruebas de motores eléctricos (estáticas, vacío y carga). Se mencionará como realizar pruebas del tipo mecánicas ya sean estas: electrodinámicas, dinámicas de balance, temperatura, vibración, balanceo dinámico de los ejes, entre otros.
6. Se realizará la descripción de pruebas estáticas de: resistencia de aislamiento, índice de polarización, factor de potencia de aislamiento, aislamiento entre espiras, onda de choque del bobinado, aislamiento inter-laminar.
7. Se realizarán pruebas dinámicas (vacío y carga) según IEEE Stds 112, IEEE Stds 115 y NEMA stds MG 1-2011.
8. Para este proyecto se definirán tres escalas de crecimiento las cuales son: primera etapa motores AC inducción y DC de tracción en baja y media tensión hasta 500 HP, segunda etapa: máquinas AC y DC entre 1000-2000 HP y tercera etapa: máquinas AC y DC entre 7000-10.000 HP. Por las limitaciones del mercado actual en Chile solo se escogerá la primera etapa de expansión para este trabajo.
9. El laboratorio de pruebas tiene que ser una unidad independiente en cualquier sector industrial de trabajo donde se ejecute.
10. Obtener certificación EASA AR100 para el laboratorio.
11. Estipular los pasos a seguir para conseguir una acreditación del laboratorio de pruebas de motores eléctricos ante el INN según ISO 17025.

Objetivos generales

- Su objetivo general respecta al diseño y evaluación económica para la implementación de un laboratorio de pruebas con carga para motores eléctricos trifásicos de inducción y de tracción de corriente continua, bajo certificación EASA AR100 e ISO 9001. De capacidades hasta 500 HP en una primera etapa de expansión para motores nuevos, reparados y remanufacturados.

Objetivos Específicos

- Definir los procedimientos para las pruebas de motores según estándar EASA AR100.
- Diseño de un sistema para pruebas con carga de motores eficientes.
- Definir una arquitectura de procesos 4.0 para los procedimientos del laboratorio de pruebas.
- Realizar evaluación económica para la implementación y factibilidad del proyecto.

1 Antecedentes generales, para acreditación y certificación del laboratorio

En este primer capítulo se abordará la diferencia entre acreditación y certificación de un laboratorio genérico. Se mencionarán las normativas ISO [1], [2], EASA [3] que se deben cumplir para implementar la acreditación y certificación de un laboratorio de pruebas de motores eléctricos.

1.1 ¿Que es la acreditación?

La acreditación es una herramienta de mercadeo efectiva para organizaciones de pruebas, calibración y medición, y un pasaporte para presentar ofertas a contratistas que requieren laboratorios independientemente verificados. La acreditación de laboratorios es guardada en alta estima nacional e internacional como un indicador confiable de competencia técnica. Muchas industrias, como la de materiales de construcción, rutinariamente solicitan que sus proveedores de servicios de pruebas sean acreditados. Contrario a la Certificación ISO [2], la acreditación de laboratorios emplea el criterio y procedimientos específicamente desarrollados para determinar competencias técnicas, asegurándoles de esta manera a los clientes que los resultados de las pruebas, calibración o medición proporcionados por el laboratorio o servicio de inspección son correctos y confiables. Muchos organismos acreditadores también publican un directorio de sus laboratorios acreditados, el cual incluye información sobre el contacto e información de sus capacidades para efectuar pruebas. Esta es otra manera de promover los servicios de un laboratorio acreditado a clientes potenciales.

1.1.1 ¿Para qué sirve la acreditación de laboratorios?

La acreditación de laboratorios confiere un reconocimiento formal de la competencia de laboratorios, dando de esta manera a los clientes una forma rápida de identificar y seleccionar servicios confiables de pruebas [3], medición y calibraciones [4]. Para mantener este reconocimiento, los laboratorios son re-evaluados regularmente por un organismo acreditador [5] para asegurar su cumplimiento continuo con requisitos [1], y para cerciorarse que su

1 Antecedentes generales, para acreditación y certificación del laboratorio

estándar de operación es mantenido [2]. Al laboratorio también se le pide que participe en programas de pruebas de aptitud relevantes entre re-evaluaciones, como una demostración adicional de su competencia técnica. Generalmente los laboratorios acreditados emiten reportes de pruebas o calibración [4] con el símbolo del organismo acreditador o endoso, como una indicación de su acreditación. Se recomienda a los clientes que discutan con el laboratorio cuales son las pruebas o mediciones por los cuales han sido acreditados, y los rangos o incertidumbres. Esta información se especifica en el alcance de acreditación del laboratorio, emitido por el organismo acreditador [5]. La descripción en el alcance de acreditación también ofrece ventajas a los clientes de laboratorios permitiéndoles encontrar el laboratorio o servicio apropiado. En este caso el alcance será un laboratorio de pruebas de motores eléctricos trifásicos de inducción de cuatro polos y de máquinas de tracción de corriente continua hasta 500 [HP].

1.1.2 ¿Cuáles son los beneficios de la acreditación de laboratorios respecto a otros laboratorios?

La acreditación beneficia a los laboratorios permitiéndoles determinar si están efectuando su trabajo correctamente y de acuerdo a las normas apropiadas, y les proporciona un punto de referencia para mantener la competencia. Muchos de estos laboratorios operan en forma separada de sus iguales, y raramente, si alguna vez, reciben una evaluación técnica independiente como una medida de su cumplimiento. Una evaluación regular efectuada por un organismo acreditador [5] revisa todos los aspectos de las operaciones de un laboratorio relacionadas con la producción continua adecuada y confiable de resultados. Las áreas que necesitan mejorar son identificadas y discutidas, y al final de cada visita se proporciona un reporte detallado. En donde es necesario, una acción de seguimiento que es observada por un organismo acreditador de manera que el laboratorio tenga seguridad de que está tomando la acción correctiva apropiada. Adicionalmente las pruebas que requieren empresas de remanufactura podrían emplear laboratorios acreditados para asegurar que las pruebas efectuadas en sus propios productos por sus laboratorios se realizan en forma adecuada.

1.1.3 ¿Cuál es la diferencia entre acreditación y certificación?

En ambos casos se trata de reconocimiento por parte de una organización externa del cumplimiento de una normativa o unos requisitos. La acreditación es el reconocimiento de la competencia técnica de una entidad para realizar una cierta tarea [5]. La certificación es el reconocimiento del cumplimiento de una norma [3]. En el caso de los laboratorios la acreditación ISO 17025 [1] implica que el organismo acreditador [5] ha verificado el cumplimiento de la norma de referencia y que garantiza la competencia técnica del laboratorio para realizar ensayos y/o calibraciones [4]. Es decir, se verifica que los resultados que facilita el laboratorio proveniente de su trabajo sean los correctos. En cambio, la certificación implica “únicamente” el reconocimiento por parte de un organismo certificador [6] de que se cumple una norma de referencia [3], [2].

1.2 ILAC

La Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios es una cooperación internacional de acreditación de laboratorios y de organismos de inspección que se formó hace más de 30 años para ayudar a reducir las barreras técnicas al comercio.

La acreditación les permite a las personas tomar una decisión informada cuando seleccionan a un laboratorio, que demuestre competencia, imparcialidad y habilidad. Esta ayuda a fundamentar la credibilidad y el desempeño de los bienes y servicios.

Los organismos de acreditación alrededor del mundo, quienes han sido evaluados por sus pares como competentes, han firmado un acuerdo que fortalece la aceptación de productos y servicios a través de las fronteras nacionales. El propósito del acuerdo de ILAC, es de crear un marco internacional que apoye al comercio internacional mediante la eliminación de barreras técnicas.

ILAC cuenta entre sus miembros con organismos de acreditación de laboratorios y organismos de inspección de más de 70 economías y organizaciones regionales.

El objetivo principal del acuerdo de ILAC es el creciente uso y aceptación por parte de la industria y también de los reguladores, de los resultados, de los laboratorios y de los organismos de inspección acreditados, incluyendo los resultados de los laboratorios en otros países. De esta manera se puede lograr la meta del libre comercio de que se haga “una prueba a un producto que sea aceptada en todas partes”.

ILAC se enfoca en lo siguiente:

- Desarrollar y armonizar las prácticas de acreditación de los laboratorios y organismos de inspección.
- Promover la acreditación de laboratorios y organismos de inspección en la industria, gobiernos, reguladores y consumidores.
- Ayudar y apoyar a los sistemas de acreditación en desarrollo.
- Reconocimiento mundial de las instalaciones de laboratorios y organismos de inspección vía el acuerdo de ILAC, de esta manera facilitando la aceptación de los datos de pruebas, inspecciones y calibraciones que acompañan a los bienes a través de las fronteras nacionales.

Muchos países alrededor del mundo tienen una o más organizaciones responsables por la acreditación de sus laboratorios nacionales [5]. La mayoría de estos organismos acreditadores han adoptado ISO/IEC 17025 [1] como la base de acreditación de sus laboratorios de pruebas y calibración. Esto ha ayudado a los países a usar un enfoque uniforme para determinar la competencia de un laboratorio. Esto ha animado también a los laboratorios a adoptar prácticas de pruebas y medición internacionalmente aceptadas, donde sea posible. Este enfoque uniforme ha permitido a países establecer acuerdos entre ellos, basados en la evaluación mutua y aceptación de los sistemas de acreditación de cada uno. Estos acuerdos internacionales, llamados acuerdos de mutuo reconocimiento (MRAs), son cruciales en permitir que los

1 Antecedentes generales, para acreditación y certificación del laboratorio

resultados de las pruebas sean aceptados entre estos países. En efecto, cada miembro de un MRA reconoce los laboratorios acreditados de otro miembro como si ellos mismos han efectuado la acreditación de los laboratorios del miembro. Más de 40 organismos acreditadores han firmado un acuerdo de reconocimiento multilateral, llamado el Arreglo de ILAC, el cual aumentará grandemente la aceptación de resultados a través de fronteras nacionales de los países firmantes.

1.2.1 INN

El Instituto Nacional de Normalización (INN), es una fundación de derecho privado sin fines de lucro, creada por CORFO. Su rol es contribuir al desarrollo productivo del país, fomentando la elaboración y uso de normas chilenas, coordinando la Red Nacional de Metrología y acreditando organismos de evaluación de la conformidad. El INN es el organismo reconocido en materia de normalización en el país, además es fundador y miembro de International Organization for Standardization (ISO) e ILAC. El INN es continuador legal del Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas, Inditecnor, cuya génesis se remonta a 1944. Desde el año 1973, en que el Instituto cambió su personalidad jurídica y pasó a llamarse INN éste ha trabajado en torno a la elaboración y difusión de las normas chilenas (NCh).

1.2.2 Acreditación INN

Los OEC que deseen acreditarse, renovar su acreditación o solicitar ampliación de su alcance ante el INN, deben hacerlo de acuerdo al tipo de organismo de evaluación de la conformidad que le corresponda, y deben cumplir con los documentos que se detallan para cada caso:

El proceso de acreditación para estos OEC comprende las siguientes etapas principales:

- Laboratorios de ensayo
- Laboratorios de calibración

1.2.3 Nch 17025-2005

La acreditación de laboratorios emplea el criterio y procedimientos específicamente desarrollados para determinar una competencia técnica. Asesores técnicos especializados efectúan una evaluación minuciosa de todos los factores en un laboratorio que afectan la producción de resultados de pruebas o calibración. El criterio es basado en las normas internacionales ISO/IEC 17025 [1], la cual es empleada para evaluar laboratorios a través del mundo. Organismos acreditadores [5] usan esta norma para determinar factores relevantes de la competencia técnica incluyendo:

1 Antecedentes generales, para acreditación y certificación del laboratorio

1. La competencia técnica del personal
2. Validez y adecuación de las pruebas
3. Trazabilidad de mediciones y calibraciones a una norma nacional
4. Aptitud, calibración y mantenimiento del equipo
5. Medio ambiente conducente para efectuar pruebas
6. Muestreo, manejo y transporte de productos en que se efectuarán pruebas
7. Aseguramiento de la calidad de resultados de pruebas y calibración

Por medio de este proceso, la acreditación de laboratorios tiene como propósito asegurarles a sus clientes que los resultados de las pruebas o calibración efectuados por su laboratorio son correctos y confiables. La norma ISO 9001 [2] es ampliamente usada por organizaciones de remanufactura para evaluar su sistema de administración de calidad de sus productos y servicios. La certificación de un sistema de administración de la calidad de un laboratorio a la norma ISO 9001 tiene el propósito de confirmar el cumplimiento del sistema de administración con la norma. A pesar de que algunos laboratorios tienen la certificación ISO 9001, esta certificación no indica la competencia técnica de un laboratorio. Ya que se debería contar con la norma ISO [1] específica para estos.

1.3 Acreditación ante INN para el laboratorio de pruebas con ISO 17025

En el siguiente capítulo se presentarán los procesos y documentación que se deberá cumplir para realizar la acreditación de un laboratorio de ensayos de motores eléctricos en Chile.

1.3.1 ¿Cómo acreditarse?

En esta sección se ponen a disposición de los organismos de evaluación de la conformidad (OEC) postulantes a la acreditación, renovación de la acreditación y a la ampliación del alcance acreditado documentos, tales como Reglamentos, Directrices, Instructivos, Informativos y Formularios de postulación, que componen la documentación del Sistema Nacional de Acreditación, y que deben ser cumplidos por los OEC, con el objetivo de acreditarse, así como para mantener la acreditación.

1.3.2 Documentación general

Los OEC que deseen obtener la acreditación, renovar o ampliar el alcance acreditado deben ser una entidad legalmente identificable, haber implementado un sistema de gestión según la norma pertinente, contar con el personal idóneo para desarrollar sus actividades y poseer una infraestructura adecuada.

Además, los OEC deben utilizar y cumplir con los documentos del Sistema Nacional de Acreditación, que corresponden a documentos generados y aplicados por el Sistema Nacional de Acreditación del INN, gestionados por la División Acreditación del INN, que se presentan a continuación y que comprenden:

1 Antecedentes generales, para acreditación y certificación del laboratorio

1. Reglamentos: documentos que establecen requisitos mandatorios que se aplican para la acreditación, mantención y renovación de la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad.
2. Directrices: documentos que establecen requisitos mandatorios que se aplican para la acreditación, mantención y renovación de la acreditación de algún tipo de OEC en particular.
3. Informativos: documentos que establecen información relativa a la acreditación, mantención y renovación de la acreditación de los OEC.
4. Formularios de solicitud de postulación: documentos que establecen las áreas a las cuales un OEC postula, incluyendo información acerca del alcance de acreditación solicitado e información relevante que debe incluir o adjuntar, tanto para la acreditación, ampliación de alcance, como para la renovación de la acreditación.

A continuación se nombra la lista de documentación general para que cualquier OEC pueda acreditarse:

1. INN-R401 v05: Reglamento para la acreditación de organismos de evaluación de la conformidad.
2. DA-D06 v02: Directrices para el envío de la documentación a la división de acreditación.
3. DA-I04 v03: Convenios entre el INN y Autoridades Reglamentarias y Reglamentación Técnica.
4. FD-D06-01v01: Carta conductora
5. DA-D08 v03: Derechos y obligaciones del organismo de acreditación y de los organismos de evaluación de la conformidad.
6. INN-R404 v02: Reglamento de reclamos contra OEC acreditados.
7. INN-R408 v02: Reglamento de infracciones y sanciones.
8. INN-R409 v04: Reglamento de uso del símbolo de acreditación y de la referencia a la condición de acreditado. (Aplicación inmediata).
9. INN-R410 v04: Aranceles de Acreditación.
10. INN-R403 v04: Reglamento de Comités Técnicos.
11. INN-R405 v06: Reglamento del Comité Consultivo.

1.3.3 Documentación particular para implementar ISO 17025

Los OEC que deseen acreditarse (Organismo de evaluación de la conformidad), renovar su acreditación o solicitar ampliación de su alcance ante el INN, deben hacerlo de acuerdo al tipo de organismo de evaluación de la conformidad que le corresponda, y deben cumplir con los documentos que se detallan para cada caso. El proceso de acreditación para estos OEC comprende las siguientes etapas principales:

1 Antecedentes generales, para acreditación y certificación del laboratorio

1. Organismos de Certificación de Sistemas
2. Organismos de Certificación de Productos
3. Organismos de Certificación de Servicios Turísticos
4. Laboratorios de Ensayo
5. Laboratorios de Calibración
6. Laboratorios Clínicos
7. Organismos de Inspección
8. Entidades de Verificación
9. Proveedores de Ensayos de Aptitud
10. Organismos de Certificación de Personas

El OEC respectivo para este caso es el número 4, de laboratorios de ensayo para pruebas de máquinas rotativas eléctricas. Los documentos requeridos para la acreditación son los siguientes:

1. INN-F420 v03: Solicitud de postulación laboratorio de ensayo.
2. FD-D06-02v01: Alcance Acreditación Laboratorio de Ensayo
3. NCh-ISO17025.Of2005: Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración.
4. DA-D01 v02: Directrices para la participación en ensayos de aptitud y otras comparaciones para laboratorios.
5. DA-D02 v03: Directrices para la acreditación transfronterza. (Aplicación inmediata).Este caso no aplica ya que el OEC se encuentra en Chile y todas sus sedes.
6. DA-D04 v05: Trazabilidad del resultado de las mediciones.
7. DA-D07_v02: Criterios generales para la Acreditación de Laboratorio de Ensayo y Calibración, según NCh-ISO 17025.Of2005.
8. DA-I06 v01: Ampliaciones de alcance convenio INN-SEC.

1.3.4 Proceso de acreditación

1. El proceso de acreditación para los OEC comprende las siguientes etapas:
2. Presentación de la solicitud y antecedentes.
3. Revisión de solicitud e Informe.
4. Evaluación inicial/reevaluación.
5. Decisión sobre la acreditación.
6. Mantenimiento de la acreditación: 1 y 2 año evaluaciones de seguimiento.
7. Renovación de la acreditación: al 3 año el organismo acreditado debe solicitar la renovación.
8. Las etapas del proceso de acreditación genérico de un OEC ante el INN, se presentan en el Flujograma de la figura 1-1, como sigue:

1 Antecedentes generales, para acreditación y certificación del laboratorio

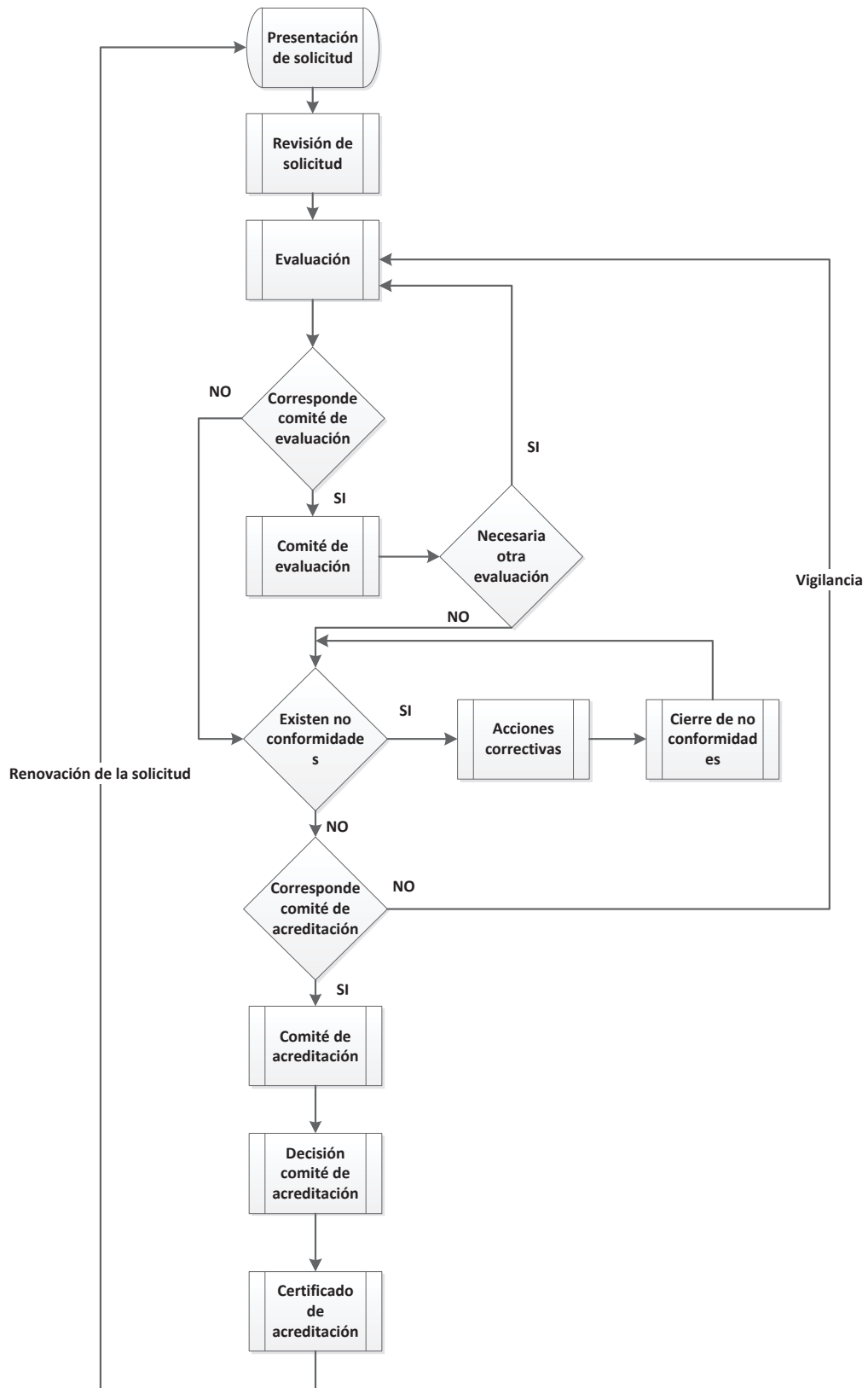


Figura 1-1: Flujograma de proceso de acreditación genérico de un OEC. Fuente INN

1 Antecedentes generales, para acreditación y certificación del laboratorio

Cabe destacar que para poder implementar un laboratorio de ensayos de máquinas rotatorias eléctricas según ISO 17025, se deben cumplir en su totalidad los siguientes puntos:

- 1 Alcance y campo de aplicación
- 2 Referencias normativas
- 3 Términos y definiciones
- 4 Requisitos relativos a la gestión
 - 4.1 Organización
 - 4.2 Sistema de gestión
 - 4.3 Control de los documentos
 - 4.3.1 Generalidades
 - 4.3.2 Aprobación y emisión de los documentos
 - 4.3.3 Cambios a los documentos
 - 4.4 Revisión de las solicitudes, cotizaciones y contratos
 - 4.5 Subcontratación de ensayos y/o calibraciones
 - 4.6 Compras de servicios y suministros
 - 4.7 Servicio al cliente
 - 4.8 Reclamos
 - 4.9 Control de trabajo de ensayo y/o calibración no conforme
 - 4.10 Mejoramiento
 - 4.11 Acciones correctivas
 - 4.11.1 Generalidades
 - 4.11.2 Análisis de las causas
 - 4.11.3 Selección e implementación de las acciones correctivas
 - 4.11.4 Seguimiento de las acciones correctivas
 - 4.11.5 Auditorías adicionales
 - 4.12 Acciones preventivas
 - 4.13 Control de los registros
 - 4.13.1 Generalidades
 - 4.13.2 Registros técnicos
 - 4.14 Auditorías internas
 - 4.15 Revisiones por la dirección
- 5 Requisitos técnicos
 - 5.1 Generalidades
 - 5.2 Personal
 - 5.3 Instalaciones y condiciones ambientales
 - 5.4 Métodos de ensayo y/o calibración y validación de los métodos
 - 5.4.1 Generalidades
 - 5.4.2 Selección de los métodos
 - 5.4.3 Métodos desarrollados por el laboratorio
 - 5.4.4 Métodos no normalizados

1 Antecedentes generales, para acreditación y certificación del laboratorio

- 5.4.5 Validación de los métodos
- 5.4.6 Estimación de la incertidumbre de la medición
- 5.4.7 Control de los datos
- 5.5 Equipos
- 5.6 Trazabilidad de las mediciones
- 5.6.1 Generalidades
- 5.6.2 Requisitos específicos
- 5.6.3 Patrones de referencia y materiales de referencia.
- 5.7 Muestreo
- 5.8 Manipulación de los ítems de ensayo y/o calibración
- 5.9 Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y/o calibración
- 5.10 Informe de los resultados.
- 5.10.1 Generalidades
- 5.10.2 Informes de ensayo y certificados de calibración
- 5.10.3 Informes de ensayo
- 5.10.4 Certificados de calibración
- 5.10.5 Opiniones e interpretaciones
- 5.10.6 Resultados de ensayo y/o calibración obtenidos de los subcontratistas
- 5.10.7 Transmisión electrónica de los resultados
- 5.10.8 Formato de informes y certificados
- 5.10.9 Correcciones a los informes de ensayo y certificados de calibración.

Lo anterior implica que para cada sección y subsecciones de la normativa [1] se deben realizar procesos o métodos que cumplan con las especificaciones allí acordadas, ya que la norma solo menciona de manera literal como se deberían cumplir estos requisitos. Es de criterio personal o para el grupo de personas que desee realizar la acreditación, si estos serán procesos fáciles o complejos para su implementación. Se ejemplificara el punto 5.4.7 como sigue:

- 5.4.7 Control de los datos
- 5.4.7.1 Los cálculos y la transferencia de los datos deben estar sujetos a verificaciones adecuadas llevadas a cabo de una manera sistemática.
- 5.4.7.2 Cuando se utilicen computadores o equipos automatizados para captar, procesar, registrar, informar, almacenar o recuperar los datos de los ensayos y/o calibraciones, el laboratorio se debe asegurar que:
 - a) el software desarrollado por el usuario esté documentado con el detalle suficiente y haya sido convenientemente validado, de modo que se pueda asegurar que es adecuado para el uso.
 - b) se establecen e implementan procedimientos para proteger los datos; tales procedimientos deben incluir, pero no limitarse a, la integridad y la confidencialidad de la entrada o recopilación de los datos, su almacenamiento, transmisión y procesamiento.
 - c) se hace el mantenimiento de los computadores y equipos automatizados con el fin de asegurar que funcionan adecuadamente y que se encuentran en las condiciones

1 Antecedentes generales, para acreditación y certificación del laboratorio

ambientales y de operación necesarias para preservar la integridad de los datos de ensayo y/o calibración.

NOTA: Un software comercial (por ejemplo, un procesador de texto, una base de datos y los programas estadísticos) de uso generalizado en el campo de aplicación para el cual fue diseñado, se puede considerar suficientemente validado. Sin embargo, es conveniente que la configuración y las modificaciones del software del laboratorio se validen como se indica en 5.4.7.2 a).

Un ejemplo de cómo cumplir con los puntos 5.4.7, 5.4.7.1 y 5.4.7.2 de la norma [1] en un laboratorio de ensayos de motores eléctricos, sería que la recopilación de los datos que se emiten desde los informes que recogen los parámetros de los ensayos y características de las máquinas, sean sistemáticos y en orden; los cuales pueden ser traspasados a una base de datos realizada en Excel y con su debida contraseña de acceso, para cumplir con la confidencialidad de los documentos. Se deberá realizar el mantenimiento de los computadores que posean estas bases de datos para asegurar su permanencia y evitar pérdidas de datos.

1.4 Diferencia entre proceso de fabricación y remanufactura de motores eléctricos.

Para el alcance de este informe solo se debe manejar el concepto y las diferencias básicas entre fabricar y remanufacturar motores eléctricos, como sigue:

- Fabricación: es el conjunto de operaciones unitarias necesarias para modificar las características de diversas materias primas. Dichas características pueden ser de naturaleza muy variada tales como la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la estética. Para la obtención de un determinado producto (motores eléctricos nuevos) serán necesarias una multitud de operaciones individuales y colectivas realizadas por personas y máquinas, de modo que, dependiendo de la escala de observación, puede denominarse proceso tanto al conjunto de operaciones desde la extracción de los recursos naturales necesarios, hasta la venta del producto.
- Remanufactura: Proceso industrial que recupera el valor intrínseco de los componentes (materiales transformados, energía, conocimientos) de los productos en el fin de su vida útil. Estos componentes (motores usados) son reutilizados para ensamblar nuevos productos de iguales o características superiores, con la calidad y garantía de un proceso de fabricación como si fuese nuevo bajo certificación.

1.5 EASA AR100-2015

En los puntos del 1.1 al 1.2.3 se tratan las diferencias entre acreditar y certificar un laboratorio genérico, para este caso será uno de pruebas de motores eléctricos. En el punto 1.3 se estipulan brevemente los pasos que se deben realizar para poder acreditar el laboratorio de pruebas de motores eléctricos ante el INN con certificación ISO 17025. En este capítulo 1.5 se mencionara la norma EASA AR-100 [3] a utilizar para certificar el laboratorio de prueba de motores eléctricos ante un organismo certificador EASA [6].

1.5.1 ¿Qué es EASA?

Esta sigla significa, Electrical Apparatus Service Association (EASA), la cual es una organización internacional de comercio de casi 1.800 empresas electromecánicas de ventas y servicios en 63 países. La misión de esta es ayudar a sus miembros a mejorar su rendimiento y lograr mayores niveles de éxito en sus procesos de remanufactura y ventas. EASA es una organización dinámica y profesional del comercio, que es reconocida mundialmente como líder en la venta de aparatos eléctricos y mecánicos; así como también en mantenimiento y reparación para la industria de remanufactura de máquinas eléctricas rotativas. Proporcionando un flujo constante de información en la industria y la educación, lo que ayuda a sus miembros a mejorar su calidad de procesos de industria, bajo un estándar certificado [3] reconocido internacionalmente mejorando sus competencias.

1.5.2 ¿Por qué elegir una certificación EASA?

Se optó por base a la investigación realizada y en la planificación de este trabajo, que primero debe realizarse una certificación por parte del laboratorio bajo una normativa de calidad internacional [3], antes de iniciar cualquier tipo de trámite de acreditación ante un organismo de estandarización nacional [5]. El proceso de acreditación de un laboratorio, implica ya estar inserto y trabajar bajo una norma certificada, lo cual aún no se implementa en el país. Además, un proceso de acreditación se escapa de los plazos de planificación de este, requiriendo al menos 2 años para realizarlo. Debido a lo expuesto anteriormente, se elige proceder en este documento con los pasos a seguir para obtener dicha certificación EASA.

1.5.3 Objetivo de norma EASA AR-100

El propósito de la norma, es el de establecer prácticas recomendadas durante cada etapa de los procesos de rebobinado y reconstrucción de las máquinas eléctricas rotativas en un proceso de remanufactura.

1.5.4 Alcance de norma EASA AR-100

El alcance de esta describe la conservación de los registros, pruebas, análisis y las directrices generales para la reparación de máquinas eléctricas rotativas de inducción, sincrónicas y de corriente continua y no pretende reemplazar las instrucciones o especificaciones particulares del cliente o del fabricante de la máquina o acuerdos en concreto y normas industriales aplicables o prácticas recomendadas [3].

Este debe complementarse con los requisitos adicionales que aplican a máquinas eléctricas rotativas especiales incluyendo, pero no limitando, máquinas a prueba de explosión, a prueba de encendido por polvo y otras clasificadas para atmósferas peligrosas y requisitos específicos o adicionales para motores herméticos, máquinas refrigeradas por hidrógeno, motores sumergibles, motores de tracción o motores para usos nucleares clase 1E [3].

1.5.5 Alcance de norma EASA AR-100 en el laboratorio de prueba de motores

Teniendo en cuenta los alcances mencionados en 1.5.4, este proyecto se acota al siguiente grupo de máquinas rotatorias para certificar, las cuales son las que presentan mayor demanda de compra y venta en el mercado chileno de motores eléctricos [7] y mercado minero [8] , como sigue:

1. Motores AC de inducción trifásicos en baja y media tensión (0 a 400 [V] y 2300 a 6600[V], respectivamente), en rangos de potencia de 0 a 500 [HP]. Encontrándose el 80% de estos en el rango de 0 a 200 [HP] y el 20 % entre el rango de 200 a 500 [HP].
2. Motores DC de tracción en serie en baja tensión (de 0 a 650[Vdc] en el estator), en un rango de potencias de 0 a 160[HP] [8].

1.5.6 Secciones EASA AR100-2015 contempladas para el laboratorio

Para los requerimientos de este trabajo se deberá considerar la sección 4 de la norma EASA [3], que respecta a las pruebas estáticas y dinámicas (Vacío y carga) de las máquinas mencionadas en 1.5.5. También se tendrá en consideración el apéndice que contiene las consideraciones de seguridad para la realización de las pruebas eléctricas.

Ya finalizado el capítulo 1, se concluye que el crear el primer laboratorio de pruebas de máquinas rotatorias del país, dará incentivo para que ocurran mayores instancias de exportaciones y re fabricación en el país, en el sector de las maquinas eléctricas rotatorias; todo esto debido al estándar internación EASA, que entrega garantías y confiabilidad de las máquinas hacia el cliente final. Se podrá competir con grandes marcas del mercado actual, por lo que se otorgaran: garantías, continuidad del proceso, identificando puntos de operación de las máquinas y el plus de que el laboratorio certificara en su mayoría maquinas provenientes de un creciente mercado de remanufactura que se veía estancando en el país.

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

En este capítulo se describirán los tipos de pruebas, su realización, ejecución y obtención de certificación según la normativa EASA AR-100, para motores eléctricos contemplados en el alcance del punto 1.5.5 del capítulo anterior. Para efectos de explicar la realización de las pruebas, se mencionará que las realizará un ingeniero eléctrico. Todo el personal técnico, profesional y lista de equipos se definirán en el desarrollo del capítulo 3 del documento.

2.1 Consideraciones de seguridad

Las siguientes consideraciones de seguridad son necesarias para iniciar el proceso de pruebas de motores de inducción y de corriente continua, por lo cual deberán seguir un orden secuencial como el nombrado. Los siguientes procedimientos están estipulados en la Tablet del ingeniero en forma consecutiva como se nombra a continuación:

Las pruebas deberán hacerse por personal calificado y tener un curso de primeros auxilios, ya que existe un riesgo implícito en esta actividad, en este caso deberán ser ingenieros eléctricos por el elevado costo de los equipos y su uso adecuado. Estos tienen que registrarse bajo la supervisión de un ingeniero guía con experiencia.

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

- El ingeniero deberá utilizar ropa adecuada antes de realizar cualquier tipo de prueba mencionado en este capítulo, debiendo cumplir las exigencias de seguridad de la norma NFPA 70E.
- El ingeniero deberá corroborar que las zonas de pruebas de motores estén delimitadas, señalizadas, iluminadas, que posean extintores. Él deberá corroborar que exista una distancia de 3 metros alejado de donde se realicen las pruebas.
- Deberá corroborar que los ejes y partes expuestos de los motores queden protegidas por seguridad.
- Debe existir un solo equipo por zona de prueba (uno a la vez).
- Debe verificar que exista un mesón para cada estación de trabajo, adecuado para las pruebas. Se recomienda usar un Testing cast iron surface plate de 4x3 metros.
- Debe verificar la existencia de tierra en las estaciones de trabajo.
- Debe verificar el correcto funcionamiento del tablero de pruebas con su respectivo gabinete cerrado y libre de contacto físico con partes energizadas. Este debe contar con luces de advertencia cuando este energizado.
- Deberá verificar que las tensiones sean las correctas, especificadas para cada prueba en los niveles de tensión adecuados para el banco de pruebas MTS500R. El equipo deberá contar con un botón de desconexión automático por seguridad.
- El calibre del cable que energiza al banco de pruebas MTS500R deberá ser MCM 350(400[V], 790[A], 177.348 mm diámetro, superflex mono conductor).
- Los conectores y cables que se dirigen hacia los motores vienen incorporados de fábrica por el banco de pruebas.

Cumplidos todos los requerimientos anteriores se deberá proceder a la calibración de los instrumentos.

2.2 Calibración

A continuación se nombrarán todos los equipos a utilizar para las diferentes tipos de pruebas, y estos deberán estar calibrados según las especificaciones técnicas de sus respectivos manuales de usuario. Todos los manuales de usuario que se mencionan a continuación estarán en la memoria de la Tablet del ingeniero a cargo de las respectivas pruebas. También se contará con una copia de seguridad de estos documentos. Finalmente para la realización de 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7 se deberán utilizar el equipo eléctrico nombrado en la lista que sigue, de acorde a su clasificación. (Por ejemplo si desea utilizar un megaohmímetro utilizar MPK-254).

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

- El instrumento Baker DX 15A, para pruebas estáticas y de HIPOT DC, deberá estar correctamente calibrado de acuerdo al manual de usuario. Para su uso deberá leerse el respectivo manual, apéndice B “PUB-CM-71-030-v5-EN-Baker-DX-user-manual.pdf”, que se encuentra en la bodega de instrumentación de equipos del laboratorio.
- El instrumento Metriso XTRA de GOSSEN METRAWATT (Megger), para pruebas de resistencia de aislamiento, se deberá ser calibrado y configurado para la prueba de resistencia de aislamiento según manual “metriso-xtra-ba_gb.pdf”.
- El instrumento MPK-254 Micro-ohmímetro, deberá ser calibrado según manual “MPK254.pdf”
- El instrumento METRAHIT XTRA, deberá ser calibrado según el manual “metrahit_xtra.pdf”.
- El instrumento amperímetro CMP-1006, debe estar acorde al documento “cmp-1006 ins obs v1.6 es.pdf”. Se tendrán 3 en existencia.
- El mesón de trabajo debe estar calibrado y bien instalado.
- El banco de pruebas MTS500R, vendrá calibrado de fábrica según catálogo del fabricante y deberá cumplir con las especificaciones mencionadas en “50701_MTS_D_Series.pdf”.
- El medidor de pérdidas en el núcleo CL-10, deberá estar calibrado según “50407_Core_Loss_Testers.pdf”.
- EL freno dinamométrico debe cumplir con las especificaciones mencionadas en “50601_Dynamometer_Test_Stand.pdf”.
- Medidor de vibraciones Fluke 805.(solo se menciona, se limitan estas pruebas mecánicas al ser un proyecto eléctrico)
- Medidor de sonido PCE-353-KIT .(solo se menciona, se limitan estas pruebas mecánicas al ser un proyecto eléctrico)
- Medidor de temperatura termómetro infrarrojo SKF TKTL 10 .(solo se menciona, se limitan estas pruebas mecánicas al ser un proyecto eléctrico)

2.3 Procedimiento motores de inducción y de corriente continua

Primero que todo, las pruebas estáticas deberán realizarse con el motor desensamblado en las estaciones de trabajo del taller. Realizado y cumplidos secuencialmente los puntos de 2.1 y 2.2 el ingeniero civil eléctrico a cargo de las pruebas, deberá dar paso al ingeniero eléctrico a cargo de cada prueba. El orden secuencial de las pruebas estáticas de los motores de inducción trifásicos recomendadas por EASA para con el BAKER DX 15 A es el siguiente.

- Prueba de resistencia, inductancia, impedancia y capacitancia.
- DC (resistencia de aislamiento, parámetros de calidad de aislación, DC HIPOTS).
- Surge Test.

A continuación se dictará el orden secuencial y procedimientos a seguir en cada prueba estática de motores. Los valores que arrojen las pruebas en orden secuencial deberán ser anotados por el ingeniero a cargo y después chequeados por el supervisor, mediante tablets. El supervisor va

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

chequeando en tiempo real los datos tomados por el ingeniero para verificar que sean los correctos.

2.3.1 Estado del aislamiento, inspección y pruebas.

El ingeniero deberá medir la resistencia de aislamiento, y verificar si cumple con los parámetros establecidos en 2.2. De no cumplirse vuelve el motor a la línea de producción verificación de estado de aislamiento del motor proveniente del taller.

De cumplirse el criterio anterior, se sigue con el procedimiento de las pruebas de resistencia de aislamiento que se dictaran en el siguiente punto.

Debe aplicar la prueba de resistencia de aislamiento, con una tensión de prueba por un minuto de acorde a tabla 2-1 [3]. Las tensiones indicadas en esta tabla para motores trifásicos son de línea, línea a neutro para maquinas monofásicas y voltaje nominal para las máquinas de tracción DC.

Tabla 2-1 Directrices para las tensiones de corriente continua utilizadas en la prueba de resistencia de aislamiento

Tensión Nominal del Bobinado (V)a	Tensión C.C. para la Prueba de Resistencia de Aislamiento (V)
0-1000	500
1000 - 2500	500 - 1000
2501 - 5000	1000 - 2500
5001 - 12000	2500 - 5000
>12000	5000 - 10000

2.3.2 Prueba de índice de polarización.

Debe realizarse la prueba de índice de polarización aplicado a los bobinados del motor durante 10 minutos con los mismos niveles de tensión referidos en la tabla 2-1 del punto anterior. Los niveles medidos se deberán encontrar entre los rangos superiores a 2.0 para aislamientos clase B, según referencias a la norma IEEE, Stds 43, Sec 12.2 y IEE Stds 432 apéndice A2 [3].

Si el valor medido de resistencia de aislamiento del punto anterior es superior a 5000 [$M\Omega$], el índice de polarización que se calcula se considerara como no significativo, ver tabla 2-2.

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

Tabla 2-2 Valores mínimos recomendados de resistencia de aislamiento a 40°C (Todos los valores en MΩ)

Valor Mínimo de Resistencia de Aislamiento	Tipo de Máquina
$IR_{1min} = kV + 1$	Para la mayoría de los bobinados fabricados antes de 1970, todos los bobinados de campo y otros no descritos abajo.
$IR_{1min} = 100$	Para la mayoría de las armaduras C.C. y bobinados C.A. fabricados después de 1970 (en pletina).
$IR_{1min} = 5$	Para la mayoría de las máquinas con estatores bobinados con alambre redondo y en pletina con tensiones por debajo de 1 kV.

Dónde:

1. IR_{1min} es el valor mínimo recomendado de la resistencia de aislamiento de todo el bobinado de la máquina, en MΩ y a 40°C.
2. [kV] es el valor rms de la tensión nominal de la máquina expresada en [kV].

2.3.3 Prueba de factor de potencia de aislamiento

Las pruebas de factor de potencia de aislamientos quedan fuera del alcance de este proyecto, ya que son para máquinas altas potencias. Se estableció como objetivo específico del proyecto en una primera escala de crecimiento probar motores de hasta 500 HP. De llegar máquinas por ejemplo de potencias nominales 2500 HP se deberá acordar si es necesario con el cliente realizar esta prueba de acuerdo a IEEE Stds 432, Sección 8.1 [3].

2.3.4 Prueba de aislamiento entre espiras

No se aplica un procedimiento estándar, se pueden seguir las referencias de IEEE Stds 432, 522 y 792. Se mencionan normas NEMA, pero se elegirán normativas IEEE en este caso [3].

2.3.5 Prueba de onda de choque de bobinado

Deberá realizar esta solo en bobinados nuevos o usados que se encuentren ensamblados y conectados, se debe utilizar una tensión de prueba de dos veces el voltaje nominal de la máquina más 1000 voltios. Para motores de inducción trifásicos de este proyecto se deberá usar una tensión de 1380 V y para las máquinas de tracción DC una tensión de 7000 volts.

2.3.6 Ensayo de asilamiento inter-laminar

Deberá probar los núcleos de las maquinas con el medidor de pérdidas en el núcleo CL-10 Phenix, y revisar si el nivel de flujo magnético utilizado para realizar la prueba después de remover los devanados debe estar dentro del 5% del nivel del flujo magnético empleado para realizar la prueba antes de retirar los bobinados. Se deben investigar puntos calientes, de ser así se devolverá al proceso respectivo del taller correspondiente que halla remanufacturado ese motor.

2.3.7 Prueba de aislamiento de los rodamientos

Deberá chequear que los valores de aislamiento sean mayores o iguales a 1 [M Ω], entre rodamiento y carcaza. Deberá poner los terminales del probador de aislamiento metriso XTRA positivo y negativo, cualquiera el orden entre carcaza y rodamientos. También deberá ponerlos entre espiras y rodamientos. Deberá probar cada una de las fases del motor.

2.3.8 Prueba de equilibrio entre fases

Deberá aplicar un voltaje trifásico de 40 [V] con Baker DX y medir las corrientes con amperímetro CMP-1006, para ver si están balanceadas.

2.3.9 Prueba de polaridad

Debe aplicar corriente CC en cada una de las fases con Baker DX y verificar que la polaridad de estas sea la correcta.

2.3.10 Prueba con rotor falso

Deberá utilizar se utiliza un rotor artificial, como un pequeño rotor con poco ajuste entre el eje y su núcleo magnético y se aplica al estator una tensión trifásica reducida de 40[V]. El rotor se desplaza manualmente dentro del diámetro interior del estator para verificar si existe rotación continua.

2.3.11 Prueba de impedancia

Aplicar tensión CA de acorde a manual Baker DX, y revisar si se cumple que las salidas de una bobina y se miden la corriente y el voltaje. Utilizando la ley de Ohm, se calcula la impedancia. Las impedancias de cada bobina se comparan para verificar que tienen valores relativamente iguales, con la intención de conservar las mismas propiedades electromagnéticas.

2.3.12 Pruebas recomendadas para los bobinados

Estas pruebas se clasificaron en diagramas de flujo que serán presentados en el capítulo 3.

2.4 Pruebas HIPOT(DC) para motores AC y DC

Debe verificar que el sistema de desconexión de emergencia de los equipos se encuentre en correcto funcionamiento. Luego de lo anterior realizar HIPOT como sigue:

La prueba de alta tensión (hipot) debe realizarse a los bobinados y ciertos accesorios de las máquinas eléctricas, aplicando un nivel de tensión específico. Para evitar someter el aislamiento a esfuerzos excesivos no se recomienda repetir esta prueba. Los bobinados de las máquinas que van a ser probados deberán estar limpios y secos. Antes de realizar esta prueba se debe inspeccionar el bobinado y comprobar que el valor de la resistencia de aislamiento es aceptable. Después de terminar el ensayo de alta tensión (hipot) se debe repetir la prueba de resistencia de aislamiento. Cuando se realicen pruebas de alta tensión (hipot) en el conjunto excitatriz y bobinado de campo del rotor de una máquina sincrónica con excitación sin escobillas, los componentes del circuito de la excitación sin escobillas (diodos, tiristores, etc.) deben ser puestos en corto circuito (no a tierra o masa) . Las pruebas de alta tensión (hipot) deben realizarse de forma sucesiva entre cada bobinado o circuito eléctrico bajo prueba y la carcasa aterrizada (conectada a tierra) (o núcleo) de la máquina. Todos los demás devanados o circuitos eléctricos que no se estén sometiendo a prueba deben conectarse a la carcasa aterrizada (conectada a tierra) (o núcleo). Los condensadores de los motores con condensador deben permanecer conectados a los bobinados de la misma forma en la que funcionan en la máquina (arranque o marcha). Las máquinas eléctricas pueden ser probadas utilizando un equipo de alta tensión (hipot) de C.A. o C.C. El voltaje de prueba C.C. debe ser 1.7 veces la tensión especificada para la prueba con voltaje C.A. Si se usa voltaje C.C. y se presenta un fallo durante la prueba, se causa menos perjuicios al bobinado. La prueba con voltaje C.A. debe ser realizada aplicando de forma continua la tensión especificada a 50 ó 60 Hz durante un minuto. La prueba con voltaje C.C. debe ser realizada una vez se alcance la tensión de prueba y aplicando el voltaje especificado durante un minuto. El voltaje C.C. debe de incrementarse gradualmente hasta alcanzar la tensión deseada para efectos de limitar la corriente de carga. Precaución: Después de terminar la prueba de alta tensión C.C., el devanado debe ser puesto a tierra (masa) conectándolo a la carcasa o núcleo hasta descargarlo. (Referencias: IEEE Stds. 4 y 95; NEMA Stds. MG 1, 3.1.1.) [3].

2.5 Pruebas para bobinados

Antes de realizar las pruebas de los bobinados de las máquinas que llegan al laboratorio, se deberán clasificar por orden en tres tipos: de bobinados nuevos, usados y reacondicionados y aplicar los criterios como siguen a continuación en 2.5.1, 2.5.2 y 2.5.3.

2.5.1 Bobinados nuevos

Las pruebas de alta tensión C.A. y C.C. deben ser realizadas aplicando las tensiones especificadas en la Tablas A-1 y A-2 respectivamente del apéndice A. Para evitar someter el aislamiento a esfuerzos, no se recomienda repetir la prueba de alta tensión (hipot). Si inmediatamente después de realizar el bobinado, se requiere realizar una prueba de alta tensión (hipot) al equipo instalado o montado, se recomienda que la tensión de prueba no exceda al

80% de la tensión de prueba original. La prueba debe realizarse una sola vez al voltaje especificado. (Referencia: NEMA Stds. MG 1, 12.3.) [3].

2.5.2 Bobinados reacondicionados

La prueba de alta tensión para bobinados reacondicionados debe realizarse al 65% de la tensión utilizada para probar los bobinados nuevos.

2.5.3 Bobinados no reacondicionados

Las máquinas con bobinados no reacondicionados deben ser sometidas a una prueba de resistencia de aislamiento en lugar de una prueba de alta tensión (hipot).

2.5.4 Accesorios nuevos

Los accesorios como los condensadores de protección, pararrayos, transformadores de corriente, etc. que tengan sus cables conectados a los bornes de la máquina, deben desconectarse y sus cables deben ser unidos entre sí y conectados a la carcasa aterrizada (conectada a tierra) o al núcleo durante la prueba. Estos accesorios deben haber sido sometidos por parte del fabricante a una prueba de alta tensión (hipot) de acuerdo con la clase de máquina. Los condensadores de los motores con condensador deben permanecer conectados a los bobinados de la misma forma en la que funcionan en la máquina (arranque o marcha). Los dispositivos y sus circuitos, tales como las resistencias de calefacción y los sensores de temperatura que están en contacto con los bobinados (termostatos, termocuplas o termopares, termistores y sensores de temperatura resistivos o RTDs, etc.), que no se encuentren conectados a la línea de alimentación eléctrica, deben conectarse a la carcasa aterrizada (conectada a tierra) o núcleo mientras se realiza la prueba de Alta Tensión (hipot) en los bobinados. Aquellos circuitos de estos dispositivos que tengan cables comunes, deben ser probados aplicando la tensión de ensayo entre el circuito y la carcasa aterrizada (conectada a tierra) o núcleo. Las pruebas de alta tensión (hipot) C.A. y C.C. deben ser realizadas aplicando las tensiones especificadas en la Tablas 4-3 y 4-4 respectivamente. Durante la prueba de un circuito de dispositivos, todos los bobinados de la máquina y demás componentes deben unirse entre sí y conectarse al núcleo o carcasa aterrizada (conectada a tierra). (Referencia: NEMA Stds. MG 1, 3.1.8.) [3].

2.5.5 Accesorios reacondicionados

Las pruebas de alta tensión (hipot) para los circuitos de los accesorios de máquinas reacondicionadas, deben realizarse al 65% del nivel de la tensión utilizada para probar los dispositivos nuevos.

2.5.6 Accesorios no reacondicionados

Los circuitos de los accesorios de máquinas con bobinados no reacondicionados deben ser sometidos a una prueba de resistencia de aislamiento aplicando 500v con un megóhmetro (calibración equipos 2.2). La resistencia de aislamiento deberá ser mayor o igual a 1 megohmio.

2.6 Prueba en vacío

Después de ensamblar el motor este deberá probarse en vacío para estar seguros que funciona satisfactoriamente. Como preparación a esto, el motor deberá montarse de forma segura sobre una base sólida y luego ser energizado. Es necesario instalar y asegurar una media chaveta en el chavetero (cuñero).

2.6.1 Velocidad

Las pruebas sin carga (en vacío) de las máquinas de C.A. deben realizarse con tensión y frecuencia nominales. La velocidad debe ser medida y comparada con la indicada en la placa de datos. En los motores de C.A. alimentados con un variador de velocidad electrónico, que funcionan por arriba de la velocidad nominal, se deben realizar pruebas adicionales a la máxima frecuencia nominal del motor. Los motores de C.C. tipo compuesto (compound) y tipo derivación (shunt), deberán funcionar aplicando la tensión nominal a la armadura y con la corriente nominal circulando por el devanado de campo. La velocidad debe ser medida y comparada con la velocidad base indicada en la placa de datos y debe estar dentro del 1% en ambas direcciones. Si el motor está clasificado para funcionar a velocidades que superen la velocidad base, la alimentación del campo deberá variarse para obtener la máxima velocidad nominal. Tome nota de la corriente del campo a la máxima velocidad. Cuando se prueben, los motores de C.C. tipo serie estos deben ser excitados de forma separada para evitar el peligro de que se embalen. Los generadores C.C. deben ser impulsados a su velocidad nominal con la corriente nominal circulando por su devanado de campo. El voltaje de salida debe ser medido y comparado con el indicado en la placa de datos.

2.6.2 Corrientes

Se debe tomar nota de las corrientes en vacío de las máquinas e ingresarlas al Tablet del técnico eléctrico.

2.6.3 Sistema de enfriamiento

Verificar sistema de enfriamiento que funcione.

2.6.4 Nivel de sonido

Se debe realizar una prueba del nivel del sonido para determinar si hay algún fallo o para detectar si se escucha un ruido molesto alrededor de la máquina (Referencia: NEMA Stds. MG 1, Parte 9) [3].

2.6.5 Temperatura de los rodamientos

Se debe medir periódicamente la temperatura ambiente y en los alojamientos de los rodamientos hasta que la temperatura se estabilice por lo indicado en norma [3].

2.6.6 Prueba de vibraciones

De común acuerdo con el cliente o si es necesario verificar las características de operación de la máquina, las vibraciones de la máquina deben cumplir con lo estipulado en la norma NEMA Stds. MG 1, 7 para máquinas estándar. Cuando existan requisitos especiales como niveles de vibración más bajos, se recomienda usar la norma NEMA Stds. MG 1, 7 para máquinas especiales. La Tabla 2-3 basada en las velocidades de rotación, muestra los valores límites globales de las vibraciones para máquinas estándar (que no presentan requisitos especiales de vibración) montadas sobre bases aisladas sólidas. Los niveles de vibración para velocidades arriba de 1200 rpm se basan en una velocidad pico de 0.15 pulgadas por segundo (3.8 mm/s). Los niveles de vibración para velocidades por debajo de 1200 rpm, se basan en una velocidad pico equivalente al desplazamiento pico-pico de 0.0025 pulgadas (0.0635 mm). Para máquinas de montaje rígido, se multiplican los valores límites por 0.8. Nota: Las normas internacionales especifican la velocidad de la vibración en valores rms y en mm/s. Para obtener el equivalente métrico aproximado de la vibración en pulg/s multiplique los valores pico por 18 (Referencia: NEMA Stds. MG 1, 7.8) [3].

Tabla 2-3 Valores límites de vibraciones globales

RPM	Límite (pulgadas)	Límite (milímetros)	Características
1200 & superior	0.15 pulg/seg pico	2.7 mm/seg rms	Velocidad constante
Inferior a 1200	2.4 mils pico-pico	0.061 mm pico-pico	Desplazamiento constante

Para la norma IEC 60034-14 utilice desplazamiento constante en velocidades por debajo de 600 rpm y velocidad constante en velocidades mayores o iguales de 600 rpm. Nota: Para máquinas montadas sobre bases rígidas multiplique los valores límites por 0.8.

2.7 Pruebas con carga

Las pruebas con carga pueden ser realizadas de común acuerdo con el cliente o para verificar las características de operación de la máquina (Referencias: IEEE Stds. 112 and 115 & NEMA Stds. MG 1). Las pruebas en carga serán descritas en el capítulo 3.

2.8 Requisitos para la certificación EASA

En esta sección se darán a conocer los requerimientos básicos que debe cumplir el laboratorio ante el auditor externo de EASA, a la hora de realizarse las pruebas estáticas, en vacío y carga de motores eléctricos trifásicos de inducción y de tracción DC.

2.8.1 Alcance auditoria externa de EASA

El Programa de certificación de EASA (realizado por un auditor externo de EASA) aplica sólo a motores trifásicos de jaula de ardilla que son reparados en centros de servicio certificados.

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

Como tal, el alcance del programa incluye las reparaciones mecánicas, como también el rebobinado [9].

2.8.2 Observaciones

Un auditor externo autorizado por EASA determinará la conformidad de los criterios de cada punto de la Lista de Comprobación de la Certificación de la tabla 2-4, mediante la revisión de los documentos que procedan y observando las prácticas en las instalaciones del centro de servicio (en este caso el laboratorio de pruebas en cuestión).

El auditor registrará el resultado de cada punto auditado de la Lista de Comprobación de la Certificación de la empresa, valorando (“calificando”) la casilla correspondiente (primera columna a la derecha de “Criterios”) de la siguiente forma:

Tabla 2-4 Criterios de evaluación EASA, para auditoría externa

S - Satisfactorio	U -No satisfactorio*
N - No observado**	N/A -No procede***

1. Se proporcionará descripción de alguna condición inaceptable(s).
2. **Criterios obligatorios aplicables no observados en una auditoría anterior deberán ser observados en la siguiente auditoría programada; los comentarios del auditor también deben incluir la razón (es) de porque estos criterios no fueron observados.
3. ***Criterios que no aplican a un centro de servicio específico.

El auditor también revisará el programa de calibración del centro de servicios y el estado de calibración de los equipos asociados. (En la sección 2.2 se presenta toda la lista de equipos que deben ser calibrados que exige esta norma). Para cada criterio, el centro de servicios debe registrar todas las pruebas que procedan y las mediciones realizadas con equipos calibrados.

2.8.3 Categorías de los Criterios de Auditoría

Todos los criterios de la Lista de Comprobación de la Auditoría de Certificación son obligatorios. Para obtener la Certificación de EASA, un centro de servicios debe someterse a una auditoría en sus instalaciones (in situ) realizada por un auditor externo autorizado por EASA y recibir en cada punto de la lista, una valoración de Satisfactorio (S), No observado (N) o No procede (N/A). Cualquier criterio de la Lista de Comprobación marcado como “No satisfactorio” requerirá de una Acción Correctiva (CA) que el auditor especificará y revisará antes de conceder la certificación.

Cada uno de los criterios de la lista de comprobación se clasifican como de Mayor Obligatoriedad (MA) o de Menor Obligatoriedad (MI), para poder reconocer su relativa contribución en el objetivo de conservar o mejorar la eficiencia y la confiabilidad de la máquina reparada. A continuación se describen estos criterios:

1. **MA - Mayor Obligatoriedad:** Los Criterios (MA) son considerados procedimientos esenciales para conservar la eficiencia y la confiabilidad de la máquina reparada. Una o

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

varias No conformidades MA detectadas en los puntos de la lista de verificación durante una auditoría externa (in situ) o interna, requerirá acciones correctivas (CA) según lo especificado por el auditor, antes que la certificación pueda ser concedida.

2. **MI - Menor Obligatoriedad:** Los Criterios (MI) son procedimientos necesarios para conservar la eficiencia y la confiabilidad de la máquina reparada, pero que inciden un poco menos en los resultados de la reparación, que los criterios MA. Una o varias No conformidades MI detectadas en los puntos de la lista de comprobación durante una auditoría externa (in situ) o interna, requerirá acciones correctivas (CA) según lo especificado por el auditor, antes que la certificación pueda ser concedida.
3. **CA - Acciones Correctivas** (CA) Son medidas tomadas para solucionar condiciones adversas para la eficiencia y confiabilidad del motor y cuando proceda, para evitar que se repitan.
4. **Ø** - Un punto que no está auditado o una casilla de verificación que no requiere valoración.

2.8.4 Trabajos Externos

Se permite realizar trabajos con proveedores externos de algunas, pero no de todas, las actividades de reparación. El proveedor de trabajos externos debe proporcionar la documentación para confirmar que las reparaciones cumplen con los requisitos del programa de certificación. Si la reparación realizada de forma externa requiere mediciones o ensayos, también será necesario que este proveedor aporte evidencias de que usa equipos calibrados. Para el caso de este laboratorio se contara con personal contratado para realizar estas tareas, que será descrito en el capítulo 4 "Análisis económico".

2.8.5 Exclusiones

Se encuentran excluidos del ámbito de aplicación del Programa de Certificación de EASA, los requisitos específicos, certificaciones, e inspecciones necesarias para clasificar máquinas a prueba de explosión, a prueba de ignición por polvo y otras máquinas clasificadas para atmósferas peligrosas. También se excluyen los requisitos específicos o adicionales para motores herméticos, máquinas refrigerados por hidrógeno, motores sumergibles, motores de tracción, o motores Clase 1E para servicio nuclear. Para este caso no existen exclusiones, ya que se están certificando motores de inducción por parte del laboratorio. Cabe destacar, si bien la certificación por auditoría externa no abarca motores DC, este no es impedimento para realizar un proceso válidamente certificado por EASA (no lo exige, pero si lo aprueba si el proceso de pruebas de máquinas DC cumple con el estándar EASA).

2.8.6 Centro de Servicios, Generalidades, orden y limpieza

Tabla 2-5 Criterios de evaluación para orden y limpieza de las zonas del laboratorio

	Valoración	Categoría de Auditoría	Punto de la Lista de Comprobación
Criterio	-	MI	Las áreas de trabajo y los equipos están limpios y ordenados, comprobado por el auditor.
Equipo	Ø	Ø	N/A

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoría:

1. **Criterio:** Las áreas de trabajo y los equipos están limpios y ordenados, comprobado por el auditor.
2. **Explicación:** Este criterio aplica a las instalaciones del centro de servicio. La limpieza y el orden de los equipos y las áreas de trabajos son indicadores de profesionalidad y de un ambiente de reparación controlado (y seguro).

Ejemplos de indicadores de cumplimiento, incluyen pero no se limitan a: Pasillos despejados, rotores asegurados para impedir que se rueden, pisos barridos, limpios y secos, bandejas de los hornos en las cuales no rebosa barniz residual del proceso de impregnación, la viruta resultante de los torneados se ha eliminado de las máquinas y del piso del taller de mecanizados, estanterías con pallets apilados y/o asegurados.

Si procede, los documentos de la presentación de los informes de cumplimiento de la normativa de seguridad a las autoridades correspondientes deberán ser recientes.

2.8.7 Centro de Servicios, Generalidades, capacitación

Tabla 2-6 Evaluación de la capacitación del personal que realiza las pruebas a motores

	Valoración	Categoría de Auditoría	Punto de la Lista de Comprobación
Criterio		MA	La capacitación interna de los técnicos queda documentada.
Equipo	Ø	Ø	N/A

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria:

1. **Criterio:** La capacitación interna de los técnicos queda documentada.
2. **Explicación:** Los técnicos han de recibir de forma continua formación formal o informal. La formación técnica que procede incluye temas relacionados con el bobinado del motor eléctrico, mecanizado, montaje y desmontaje mecánico y la teoría de los principios de aplicaciones, análisis de fallos, diseño/rediseño bobinados y también incluye reuniones de taller o de grupo.

Aunque no es un requisito, la formación formal externa recibida por los técnicos puede mejorar la capacitación interna sobre los temas antes mencionados. Si los técnicos reciben formación externa, esta deberá quedar documentada.

Se deben registrar los nombres de los asistentes, la fecha y el tiempo de duración de la capacitación y el nombre(s) y título(s) de los instructores(s). Si la capacitación es externa, también se deben registrar el nombre del programa de capacitación y el lugar de ubicación del centro de capacitación. Para el caso de este documento el personal tiene que ser desde técnicos mecánicos y eléctricos, ingenieros eléctricos y un civil eléctrico.

2.8.8 Centro de Servicios, Generalidades, Auditorías internas

Tabla 2-7 Auditorías internas del laboratorio

Valoración	Categoría de Auditoría	Punto de la Lista de Comprobación	
Criterio	MA	Se han realizado las auditorías internas y quedan documentadas.	
	MA	Se han enviado al auditor externo los informes de las auditorías internas para su revisión.	
	MA	Si procede, se han llevado a cabo las acciones correctivas derivadas de los Hallazgos de las auditorías internas y quedan documentadas.	
Equipo	Ø	Ø	N/A

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 1:

1. **Criterio:** Se han realizado las auditorías internas y quedan documentadas.
2. **Explicación:** Las auditorías internas deben hacerse al menos cada año. Para realizar las auditorías se utiliza la Lista de Comprobación de la Auditoría de Certificación de EASA. El nombre del auditor(es) y la fecha de la auditoría(s) deben quedar documentados.

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 2:

1. **Criterio:** Se han enviado al auditor externo los informes de las auditorías internas para su revisión.
2. **Explicación:** El centro de servicios deberá presentar los informes de cada auditoría interna anual a una empresa de auditoría externa. La empresa de auditoría externa será la encargada de realizar la próxima auditoría externa del centro de servicio. El auditor externo proporcionará un informe con los hallazgos resultantes de la revisión de cada informe anual.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 3:

1. **Criterio:** Si procede, se han llevado a cabo las acciones correctivas derivadas de los hallazgos de las auditorías internas y quedan documentadas.
2. **Explicación:** Si los hay, los hallazgos de las auditorías internas deben quedar documentados. Las acciones correctivas llevadas a cabo como respuesta a los hallazgos de la auditoría también deben quedar documentadas.
3. **Todos estos procesos quedarán documentados en los tablets y servidores de base de datos con los cuales contara el laboratorio, en el capítulo 3 se destacará la tecnología de la información 4.0.**

2.8.9 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para pruebas de accesorios de motores

A continuación se presentan las prácticas recomendadas para cumplir con la auditoria externa de EASA, en el ámbito de las pruebas estáticas y dinámicas de máquinas rotatorias.

Práctica Recomendada: ANSI/EASA AR100-2010 [AR100] [9]

Directriz: Guía de Buenas Prácticas para Conservar la Eficiencia del Motor [GPG] [9]

Tabla 2-8 Practica recomendada para pruebas de accesorios de motores

Valoración	Categoría de Auditoría	Punto de lista de comprobación	
Criterio	MI	Las resistencias de calefacción son probadas a su corriente nominal o consumiendo su potencia a voltaje nominal y se mide su resistencia de aislamiento a tierra.	
	MA	Los sensores o elementos de protección térmica del bobinado y los rodamientos tienen características térmicas y eléctricas iguales o equivalentes a las originales.	
	MI	Se realiza una comprobación para detectar daños o defectos en los componentes accesorios.	
Equipo Ø	Ø	Se confirma que los equipos asociados funcionan y están calibrados.	
	MI	Amperímetro y Voltímetro o	Vatímetro
	MA	Medidor de aislamiento (Megger) o	Equipo de Alta Tensión (HIPOT)
	MA	Óhmetro	-

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 1:

1. **Criterio:** Las resistencias de calefacción son probadas a su corriente nominal o consumiendo su potencia a voltaje nominal y se mide su resistencia de aislamiento a tierra.
2. **Explicación:** Si el motor no cuenta con resistencias de calefacción, este criterio no se considera como un requisito. Al realizar las pruebas, la corriente y el voltaje medidos, deberán ser comparados con los valores según placa de las resistencias de calefacción y tanto los datos de placa como los valores medidos deberán quedar documentados. Si se usa un vatímetro, los vatios medidos deberán estar entre el +5%/-10% de la potencia nominal de las resistencias de calefacción y este valor al igual que la potencia nominal de las resistencia de calefacción, deben quedar documentados. Si no se usa un vatímetro, el resultado de multiplicar el voltaje medido por la corriente medida debe estar entre el +5% /-10% de la potencia nominal y el cálculo del resultado también deberá quedar documentado.

Se deberá medir y documentar la resistencia de aislamiento medida entre el circuito eléctrico de la(s) resistencia(s) de calefacción y tierra. Durante esta prueba el devanado

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

del estator deberá conectarse a tierra (a masa). El mínimo valor de la resistencia de aislamiento a tierra debe ser 1 Mega ohmio.

Nota: Los valores de corriente y potencia según la placa de las resistencias de calefacción, aplican al circuito eléctrico formado por todas las resistencias de calefacción y no a cada resistencia de calefacción por separado. Las resistencias de calefacción individuales pueden ser conectadas en serie, paralelo o en serie-paralelo.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 2:

1. **Criterio:** Los sensores o elementos de protección térmica del bobinado y los rodamientos tienen características térmicas y eléctricas iguales o equivalentes a las originales.
2. **Explicación:** Esto no es considerado como requisito, si el motor no cuenta con sensores o elementos de protección térmica en el bobinado o en los rodamientos. Los sensores o elementos de protección térmica del bobinado y los rodamientos censan la temperatura de los componentes con los que están en contacto. Ejemplos de sensores de temperatura en bobinados y rodamientos son las RTDs, termocuplas (termopares), termistores y termostatos. Sus características (ej. resistencia, continuidad) deberán ser comprobadas de acuerdo con lo descrito en artículos publicados en las revistas Currents de EASA en Marzo de 2005 y Julio de 2012.

Si un sensor o protector térmico de repuesto es igual al original, su número de fabricación deberá coincidir con el número de fabricación del sensor o protector térmico original o el fabricante del sensor deberá suministrar la documentación que evidencia que el repuesto es equivalente al original. De forma similar los sensores o protectores térmicos que no sean iguales a los originales, deberán contar con la documentación que indique que sus características térmicas y eléctricas son equivalentes a las de los originales.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 3:

1. **Criterio:** Se realiza una comprobación para detectar daños o defectos en los componentes accesorios.
2. **Explicación:** Se debe realizar una inspección visual de los accesorios. Las acciones correctivas tomadas para reparar los accesorios defectuosos o dañados deben quedar documentadas.

2.8.10 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para aislamiento del bobinado y pruebas de bobinas.

Tabla 2-9 Practica recomendada para pruebas de bobinas y aislamiento motores

Valoración	Categoría de Auditoría	Punto de la Lista de Comprobación
Criterio	MA	Se mide la resistencia de aislamiento del bobinado y los resultados quedan documentados.
	MA	Se mide la resistencia del bobinado y los resultados quedan documentados.
	MA	Se realiza un ensayo de Onda de choque (winding surge test) y sus resultados quedan documentados.
Equipo Ø	Ø	Se confirma que los equipos asociados funcionan y están calibrados.
	MA	Medidor de aislamiento (Megger).
	MA	Óhmetro o mili-óhmetro (si procede).
	MA	Equipo de Onda de Choque/Surge tester.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 1:

1. **Criterio:** Se mide la resistencia de aislamiento del bobinado y los resultados quedan documentados.
2. **Explicación:** La medida de la Resistencia de Aislamiento (RA) es una prueba eléctrica del devanado contra tierra (masa) usando un Megóhmetro o Megger. La tensión de prueba a utilizar y el valor mínimo de Resistencia de Aislamiento, están indicados en la AR100. El voltaje utilizado para la prueba de aislamiento y sus resultados deberá quedar documentado. Si el valor del aislamiento obtenido durante la prueba, no cumple o excede al valor mínimo, se deberán llevar a cabo acciones correctivas. Las acciones correctivas llevadas a cabo para obtener un valor del aislamiento satisfactorio deberán quedar documentadas.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 2:

1. **Criterio:** Se mide la resistencia del bobinado y los resultados quedan documentados.
2. **Explicación:** La Resistencia óhmica de un bobinado puede ser medida con un óhmetro o un milióhmetro. Si el valor de la resistencia entre fases se encuentra por debajo de 5 Ohm, se deberá usar un milióhmetro para medir la resistencia con la precisión requerida para poder comparar el valor medido (al menos tres dígitos significativos). Normalmente se deben medir tres valores de resistencia óhmica, uno para cada fase, si el valor de la resistencia óhmica medida por el fabricante o un valor anterior se encuentran disponibles, las resistencias medidas pueden ser comparadas con estos. Los valores de las resistencias óhmicas del bobinado y las variaciones calculadas de las

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

resistencias fase-fase deben ser documentados. Si se detecta un resultado no aceptable, esta condición así como también, las acciones correctivas llevadas a cabo para dar solución al problema deberá ser documentada en el registro de reparación. Se dispone para este proyecto de un microhmímetro en la sección 2.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 3:

1. **Criterio:** Se realiza un Ensayo de Onda de choque (winding surge test) y sus resultados quedan documentados.
2. **Explicación:** La prueba de onda de choque o de impulso de tensión de un bobinado (winding surge test) se hace con un equipo de onda de choque o probador de impulso (surge tester) disponible en el comercio. El equipo aplica una onda de voltaje sinusoidal atenuada (pulsos múltiples) y normalmente se observa una sola forma onda en la pantalla del osciloscopio. Lo que realmente muestra la pantalla, son dos pruebas realizadas de forma simultánea a cada par de fases del bobinado, donde el resultado de una fase es superpuesto con el resultado de la otra. Si en la pantalla sólo se aprecia una forma de onda única, se considera que el resultado de la prueba es correcto, no obstante, si se observan formas de onda separadas (no superpuestas), se considera que el devanado presenta un fallo. El resultado de la prueba de onda de choque será pasa o no pasa (o algo por el estilo), cualquiera que sea el resultado deberá quedar documentado en el registro de reparación. Si el resultado no es aceptable, será necesario llevar a cabo acciones correctivas y estas deberán quedar debidamente documentadas.

2.8.11 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para ensayos de alta tensión.

Tabla 2-10 Practica recomendada para ensayos de alta tensión HIPOT

Valoración	Categoría de Auditoría	Punto de la Lista de Comprobación
Criterio	MA	Se realizan ensayos de alta tensión a los bobinados nuevos y re-acondicionados y los resultados quedan documentados.
	MA	Se realizan ensayos de alta tensión a los accesorios de los bobinados nuevos y re-acondicionados y los resultados quedan documentados.
	MA	Se mide la resistencia de aislamiento de los bobinados no re-acondicionados y de sus accesorios y los resultados quedan documentados.
Equipo Ø	Ø	Se confirma que los equipos asociados funcionan y están calibrados.
	MA	Equipo de Alta Tensión (HIPOT)
	MA	Medidor de aislamiento (Megger)

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoría parte 1:

1. **Criterio:** Se realizan ensayos de alta tensión a los bobinados nuevos y re-acondicionados y los resultados quedan documentados.
2. **Explicación:** La prueba de Alta Tensión (también denominada Hipot), aplica entre un bobinado y tierra (ej. carcasa del motor), un nivel de tensión de C.A. o C.C. que excede su voltaje nominal (ej. sobre tensión). El valor de la tensión aplicada durante la prueba de Alta Tensión debe quedar documentado, tanto para los devanados nuevos como para los bobinados re-acondicionados. Los voltajes de prueba están indicados en la AR100. Si se detecta un fallo del bobinado al aplicar un determinado nivel de tensión, esta condición debe quedar documentada en el registro de reparación y se deberán llevar a cabo las acciones correctivas que procedan. Igualmente, el registro de reparación deberá documentar el resultado satisfactorio obtenido después de realizar una nueva prueba. Si un bobinado pasa la prueba y no existen comentarios adicionales en el registro de reparación, esto indica que el resultado de la prueba ha sido satisfactorio.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoría parte 2:

1. **Criterio:** Se realizan ensayos de alta tensión a los accesorios de los bobinados nuevos y re-acondicionados y los resultados quedan documentados.
2. **Explicación:** La prueba de Alta Tensión aplica entre los accesorios y tierra un nivel de tensión de C.A. o C.C. que excede el voltaje nominal. El valor de la tensión aplicada durante la prueba de Alta Tensión debe quedar documentado en el registro de reparación, tanto para los accesorios de bobinados nuevos como para los accesorios de los bobinados re-acondicionados. Los voltajes de prueba están indicados en la AR100. Si se detecta un fallo de un accesorio al aplicar un determinado nivel de tensión, esta condición debe quedar documentada en el registro de reparación y se deberán llevar a cabo las acciones correctivas que procedan. El resultado satisfactorio obtenido después de realizar una nueva prueba también deberá quedar documentado.

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 3:

1. **Criterio:** Se mide la resistencia de aislamiento de los bobinados no re-acondicionados y de sus accesorios y los resultados quedan documentados.
2. **Explicación:** La prueba de resistencia de aislamiento (RA) es un bobinado o un accesorio que se comprueba eléctricamente contra tierra, usando un Megóhmetro (Megger). Los voltajes de prueba y el valor mínimo de la resistencia de aislamiento (RA) están indicados en la AR 100. Se debe tomar nota de los valores de la tensión de prueba y de la resistencia de aislamiento (RA). Si el valor de la resistencia de aislamiento no cumple o excede al mínimo, se deberán realizar acciones correctivas. Una vez las acciones correctivas han sido llevadas a cabo, el resultado satisfactorio obtenido después de realizar la nueva prueba de resistencia de aislamiento (RA) debe quedar documentado en el registro de reparación.

Nota: El voltaje típico utilizado para probar un accesorio es de 500 V, y su resistencia de aislamiento mínima es 1 Mega Ohmio.

2.8.12 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para aislamiento de los rodamientos de motores

Tabla 2-11 Práctica recomendada para pruebas de aislamiento de rodamientos

Valoración	Categoría de Auditoría	Punto de la Lista de Comprobación
Criterio	MI	Si procede, se mide la resistencia de aislamiento del aislamiento de los rodamientos y los resultados quedan documentados.
Equipo	Ø	Se confirma que los equipos asociados funcionan y están calibrados.
	MA	Medidor de aislamiento (Megger).

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 1:

1. **Criterio:** Si procede, se mide la resistencia de aislamiento del aislamiento de los rodamientos y los resultados quedan documentados.
2. **Explicación:** Esta prueba sólo aplica si el motor tiene uno o varios rodamientos aislados. Para medir la resistencia entre el aislamiento de los rodamientos y tierra se usa un megóhmetro (megger). El voltaje de prueba y el valor mínimo de la resistencia de aislamiento (RA) están indicados en la AR 100. Los valores de la tensión de prueba y de los Mega Ohmios obtenidos deben quedar documentados. Si el valor de la resistencia de aislamiento no cumple o excede al mínimo, se deberán realizar acciones correctivas. Una vez las acciones correctivas han sido llevadas a cabo, el resultado satisfactorio obtenido después de realizar la nueva prueba de resistencia de aislamiento (RA) debe quedar documentado en el registro de trabajo. Si el aislamiento del rodamiento pasa la

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

prueba y no existen comentarios adicionales en el registro de reparación, esto indica que el resultado de la prueba ha sido satisfactorio.

2.8.13 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para pruebas en vacío de motores

Tabla 2-11 Practica recomendada para pruebas sin carga de motores

Valoración	Categoría de Auditoría	Punto de la Lista de Comprobación
Criterio	MA	Se prueba el motor sin carga (en vacío) y a su tensión nominal utilizando un tablero de pruebas.
	MI	Se mide la velocidad y se compara con la indicada en la placa de datos.
	MA	Se miden las tensiones y corrientes sin carga (en vacío) y sus valores quedan documentados.
	MI	Se miden los niveles de vibración y se documentan.
	MI	Queda documentada una adecuada evaluación de aceptación de los trabajos (ej. "OK final para la entrega").
Equipo Ø	Ø	Se confirma que los equipos asociados funcionan y están calibrados.
	MI	Tablero de pruebas (funcionamiento; instrumentos calibrados si procede).
	MA	Voltímetro.
	MA	Amperímetro.
	MI	Tacómetro Digital (funcionamiento).
	MI	Medidor de vibraciones.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 1:

1. **Criterio:** Se prueba el motor sin carga (en vacío) y a su tensión nominal, utilizando un tablero de pruebas.
2. **Explicación:** La prueba sin carga (en vacío) se realiza con el motor en funcionamiento. Esto es, se aplica potencia eléctrica a los devanados del motor desde un tablero de pruebas y el rotor gira. El tablero de pruebas debe tener la capacidad suficiente para poder energizar el motor a su voltaje nominal. El voltaje aplicado deberá estar dentro del 10% del voltaje nominal. El personal del centro de servicios deberá estar en capacidad de demostrar cuál es la salida de voltaje más alta que ese puede obtener desde el tablero de pruebas. Un motor con un bobinado cuyo voltaje nominal se encuentre por arriba de la salida de voltaje más alta, deberá ser excluido del ámbito de aplicación del programa de Certificación de EASA y no podrá ser distinguido con el sello de reparación de EASA.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 2:

1. **Criterio:** Se mide la velocidad y se compara con la indicada en la placa de datos.
2. **Explicación:** Esta prueba puede indicar que la velocidad real del motor no coincide con su velocidad nominal, es por esto que es una herramienta potencial de diagnóstico.
Al realizar esta prueba, se mide la velocidad del eje en rpm con un tacómetro digital y los resultados se registran. La velocidad del motor sin carga (en vacío) estará por arriba de la nominal y por debajo de la sincrónica. Por ejemplo, un motor con velocidad nominal de 1750 rpm a 60 Hz tiene una velocidad sincrónica de 1800 rpm y se espera que su velocidad sin carga sea entre 1795 y 1799 rpm. La fórmula para calcular la velocidad sincrónica de motor está escrita en el Manual de Ingeniería Eléctrica de bolsillo de EASA.
Nota: El grado de precisión requerido no requiere que se use un instrumento calibrado para medir la velocidad del eje.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 3:

1. **Criterio:** Se miden las tensiones y corrientes sin carga (en vacío) y sus valores quedan documentados.
2. **Explicación:** Las corrientes y voltajes sin carga (en vacío) de las tres fases del motor deben medirse y registrarse. Si el tablero de pruebas no cuenta con voltímetros y amperímetros, se deberá usar una pinza amperimétrica y un voltímetro portátil, para realizar las mediciones. Si se encuentran disponibles, las corrientes pueden compararse con los resultados obtenidos anteriormente en el mismo motor o con un rango típico de valores descritos en el artículo de corrientes sin carga (vacío) publicado en Febrero de 2005, en la revista Currents de EASA. Más adelante, el auditor puede revisar los registros de reparación o el motor terminado para determinar si este fue probado a voltaje nominal y las corrientes sin carga (en vacío) se encontraban dentro de las tolerancias utilizadas como guía.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 4:

1. **Criterio:** Se miden los niveles de vibración y se documentan.
2. **Explicación:** Para realizar esta prueba se usa un medidor de vibraciones disponible en el comercio y los resultados obtenidos son registrados. Las vibraciones se miden en los tres planos del lado acoplamiento del motor (“lado carga”) y en ambos planos radiales del lado opuesto al acoplamiento del motor (“lado libre”). Los niveles de vibración deben estar de acuerdo con los límites de los valores descritos en la AR 100.

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoría parte 5:

1. **Criterio:** Queda documentada una adecuada evaluación de aceptación de los trabajos (ej. “OK final para la entrega”).
2. **Explicación:** El registro de reparación deberá contar con una casilla para rellenar como señal final de aceptación (“OK Final”) para indicar que el motor ya ha pasado o cumplido con todas las pruebas requeridas. La política del centro de servicios que determina quién es o cuales son la(s) persona(s) autorizada(s) para dar esa conformidad final, debe ser entendida por todo el personal operativo (operarios). Cualquier operario que sea entrevistado por el auditor deberá estar en capacidad de identificar a la(s) persona(s) autorizada(s) para tomar la decisión de dar la conformidad final.

2.8.14 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para acabados y preparación para envío a clientes

Tabla 2-12 Practica recomendada para acabados y envíos de motores

Valoración	Categoría de Auditoría	Punto de la Lista de Comprobación	
Criterio	MI	El motor se encuentra externamente limpio y pintado (si procede).	
	MI	Los extremos del eje son protegidos para prevenir la corrosión.	
	MI	El motor está convenientemente embalado/protegido de acuerdo con la forma en que será transportado.	
	MI	Los motores lubricados con aceite se envían sin aceite, y se identifica claramente que el motor necesita lubricación antes de ser puesto en servicio.	
Equipo	Ø	Ø	N/A

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 1:

1. **Criterio:** El motor se encuentra externamente limpio y pintado (si procede).
2. **Explicación:** Es un requisito que el motor se encuentre limpio externamente. No obstante, no siempre es un requisito, que el motor se pinte. En algunos casos el cliente no quiere que le pinten el motor, por ejemplo, en la industria alimenticia, los motores requieren de una pintura especial o que los motores no estén completamente pintados (acero inoxidable). Durante una inspección visual externa de un motor terminado no deberá haber evidencias de polvo, suciedad u otros contaminantes.
Si el motor se pinta, la capa de pintura deberá ser uniforme y cubrir todas las superficies visibles, excepto el eje, superficies de empalme o ajuste (ej. bridas o flanges tipo C o D) y las superficies de montaje de las patas. El centro de servicio deberá de estar en capacidad de explicar al auditor la razón o razones por las cuales un motor específico no fue pintado.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 2:

1. **Criterio:** Los extremos del eje son protegidos para prevenir la corrosión.
2. **Explicación:** Este no siempre se considera como requisito ya que en algunas ocasiones los clientes no requieren protección en el eje, debido a que después de su entrega, el motor va a ser puesto inmediatamente o en muy poco tiempo en servicio. El centro de servicios deberá estar en capacidad de explicar al auditor la razón o razones de no haber realizado el tratamiento de los ejes para prevenir su corrosión. Una inspección visual puede detectar que en el eje de salida del motor hace falta una película de protección contra la corrosión.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 3:

1. **Criterio:** El motor está convenientemente embalado/protegido de acuerdo con la forma en que será transportado.
2. **Explicación:** La mayoría de los motores reparados son entregados utilizando vehículos propios del centro de servicios. A no ser que el motor haya sido recibido embalado o el cliente lo requiera, el motor deberá ser enviado sin ningún tipo de embalaje. El registro de reparación deberá tener una foto del motor a su entrada en taller. El auditor podrá comparar esta fotografía con el mismo motor terminado para comprobar que se cumple con este criterio. Posteriormente, el auditor podrá revisar los registros de reparación del motor terminado para determinar si el cliente especificó algún tipo de embalaje.
Los motores provistos con cojinetes antifricción o chumaceras deberán tener el eje bloqueado para prevenir su movimiento durante el transporte. Si este fuera el caso, el auditor puede comprobar visualmente si un dispositivo de bloqueo ha sido instalado en el eje del motor.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoria parte 4:

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

1. **Criterio:** Los motores lubricados con aceite se envían sin aceite, y se identifica claramente que el motor necesita lubricación antes de ser puesto en servicio.
2. **Explicación:** Los motores lubricados con aceite, cuentan con depósitos que tienen orificios roscados provistos con tapones, que al retirados, permiten realizar el llenado o drenado del aceite. La presencia de estos tapones en el motor y la no existencia de boquillas para engrase u otros medios para realizar la lubricación, indican que el motor está lubricado con aceite. Para evitar fugas durante el transporte, es necesario drenar previamente el aceite del motor antes de que este sea transportado. Normalmente, la necesidad de llenar los depósitos de aceite del motor hasta sus niveles adecuados, antes de que el cliente ponga el motor en funcionamiento, puede hacerse poniendo una etiqueta de señalización en el motor. El auditor puede comprobar visualmente si “una etiqueta de aceite” ha sido puesta sobre un motor lubricado con aceite.

2.8.15 Cumplimiento de las Prácticas Recomendadas y Directrices EASA para calibración de equipos de pruebas de motores

Tabla 2-13 Práctica recomendada para acabados y envíos de motores

Valoración	Categoría de Auditoría	Punto de la Lista de Comprobación	
Criterio	MA	Hay evidencias disponibles de las calibraciones vigentes (al menos cada año), realizadas bajo normas nacionales a todos los instrumentos que procedan.	
	MA	Hay evidencias disponibles de las certificaciones vigentes (al menos cada tres años), de los patrones y barras de medición (si procede) usadas para la calibración de los micrómetros.	
Equipo	Ø	Ø	Todos los instrumentos de la Lista de Equipos que procedan (Nota: Todos los que proceden se indican a continuación).

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoría parte 1

1. **Criterio:** Hay evidencias disponibles de las calibraciones vigentes (al menos cada año), realizadas bajo normas nacionales a todos los instrumentos que procedan.
2. **Explicación:** Cada instrumento calibrado debe tener un sello de calibración adherido sobre él. El centro de servicios deberá aportar las evidencias escritas que las calibraciones son vigentes (al menos cada año) y que han sido realizadas de acuerdo con las normas nacionales que procedan. Este requisito aplica, tanto a los instrumentos de su propiedad, como a los equipos de los proveedores que realizan reparaciones externas.

Para el caso de los equipos en los que se debe demostrar su funcionamiento (también los no calibrados), el centro de servicios deberá demostrar al auditor, que cuenta con el procedimiento formal para realizar dichas comprobaciones. Ejemplos de lo anterior

2 Pruebas y obtención de certificación para motores eléctricos según EASA

incluyen: herramientas para la instalación de terminales (alicates) y el sistema de rociado de agua del horno de quemado.

A continuación se explican los criterios de evaluación de esta auditoría parte 2:

1. **Criterio:** Hay evidencias disponibles de las certificaciones vigentes (al menos cada tres años), de los patrones y barras de medición (si procede), usadas para la calibración de los micrómetros.
2. **Explicación:** Si el centro de servicios usa barras de medición (patrones) para realizar un programa interno de calibración de los micrómetros, la barra o el juego de barras de medición (patrones), deberán contar con un sello de calibración adherido en sus cajas o estuches de protección. El centro de servicios deberá evidenciar que las certificaciones de la barra o juego de barras de medición (patrón o patrones), se encuentran vigentes (al menos cada 3 años) y que han sido realizadas de acuerdo con las normas nacionales que procedan.

Si el centro de servicios no usa bloques de medición (patrones) para realizar la calibración de los micrómetros, deberá contar con las evidencias escritas de que el proveedor externo que realiza los trabajos mecánicos, cuenta con las certificaciones de calibración vigentes para la barra o juego de barras utilizadas para la calibración de sus micrómetros. Se cuenta con toda la documentación y equipos correctamente calibrados según manuales respectivos en la sección 2.2.

Para la finalización de este capítulo 2 se concluye que es indispensable exponer, explicar, detallar y elaborar un procedimiento de pruebas según EASA [3] (en la sección 2.1 a 2.7), para dar cumplimiento a las auditorías externas mencionadas en la sección 2.8 a 2.8.15 y así obtener la certificación EASA requerida para este proyecto. Como este está diseñado de acuerdo a estas necesidades, se cumple con la certificación.

3 Diseño laboratorio de pruebas

En el capítulo 3 se describirán todos los procesos del proyecto que tengan que ver con la planificación, diagramas de flujos de las pruebas del laboratorio, diagramas unifilares, especificaciones técnicas y hojas de datos de equipos, listado de equipos requeridos para las pruebas y cuadros de carga.

3.1 Planificación del proyecto

A continuación se presentara la planificación del proyecto realizado en Gantt Project, se mostraran las figuras 3-1 y 3-2 de este y su respectivo detalle para mejor visualización en las tablas 3-1 y 3-2.

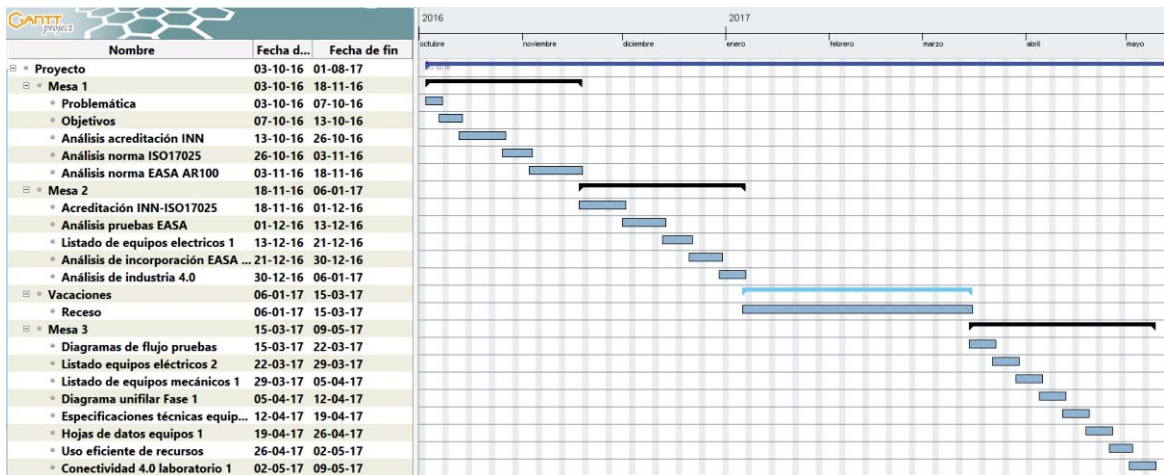


Figura 3-1 Planificación del proyecto de mesa 1, 2, 3 según Gantt Project.

3 Diseño laboratorio de pruebas

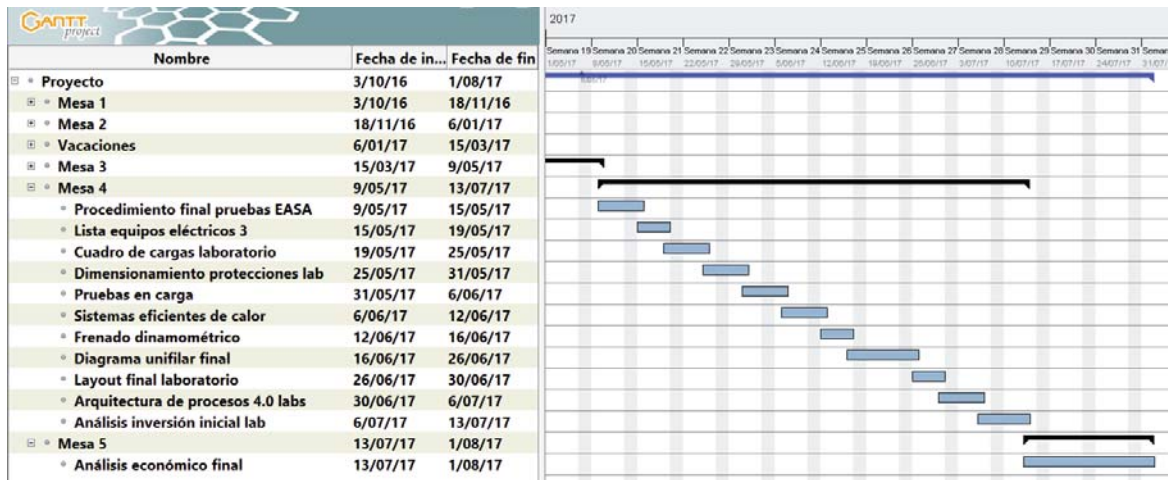


Figura 3-2 Planificación del proyecto de mesa 4 y 5 según Gantt Project.

Tabla 3-1 Planificación del proyecto para mesas de la 1 a la 4. Fuente propia

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
Proyecto	03-10-16	01-08-17
Mesa 1	03-10-16	18-11-16
Problemática	03-10-16	07-10-16
Objetivos	07-10-16	13-10-16
Análisis acreditación INN	13-10-16	26-10-16
Análisis norma ISO17025	26-10-16	03-11-16
Análisis norma EASA AR100	03-11-16	18-11-16
Mesa 2	18-11-16	06-01-17
Acreditación INN-ISO17025	18-11-16	01-12-16
Análisis pruebas EASA	01-12-16	13-12-16
Listado de equipos electricos 1	13-12-16	21-12-16
Análisis de incorporación EASA AR200	21-12-16	30-12-16
Análisis de industria 4.0	30-12-16	06-01-17
Vacaciones	06-01-17	15-03-17
Receso	06-01-17	15-03-17
Mesa 3	15-03-17	09-05-17
Diagramas de flujo pruebas	15-03-17	22-03-17
Listado equipos eléctricos 2	22-03-17	29-03-17
Listado de equipos mecánicos 1	29-03-17	05-04-17
Diagrama unifilar Fase 1	05-04-17	12-04-17
Especificaciones técnicas equipos 1	12-04-17	19-04-17
Hojas de datos equipos 1	19-04-17	26-04-17
Uso eficiente de recursos	26-04-17	02-05-17
Conectividad 4.0 laboratorio 1	02-05-17	09-05-17
Mesa 4	09-05-17	13-07-17
Procedimiento final pruebas EASA	09-05-17	15-05-17
Lista equipos eléctricos 3	15-05-17	19-05-17
Cuadro de cargas laboratorio	19-05-17	25-05-17
Dimensionamiento protecciones laboratorio	25-05-17	31-05-17

Tabla 3-2 Planificación del proyecto para mesa 4(continuación) y mesa 5. Fuente propia

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
Pruebas en carga	31-05-17	06-06-17
Sistemas eficientes de calor	06-06-17	12-06-17
Frenado dinamométrico	12-06-17	16-06-17
Diagrama unifilar final	16-06-17	26-06-17
Layout final laboratorio	26-06-17	30-06-17
Arquitectura de procesos 4.0 labs	30-06-17	06-07-17
Análisis inversión inicial lab	06-07-17	13-07-17
Mesa 5	13-07-17	01-08-17
Análisis económico final	13-07-17	01-08-17

3.2 Diagramas de flujo de las pruebas del laboratorio

Para el diagrama de flujo del laboratorio se tiene que el tipo de pruebas se puede agrupar como igualitarias entre transformadores y motores, con la única diferencia de que varía el número de estas, o solo algunas se repiten para ciertos casos. Para el diseño del layout eficiente se deben agrupar los tipos de pruebas que coinciden en las estaciones de trabajo, ver coincidencias de pruebas en los procesos de pruebas estáticas, pruebas de alta tensión, pruebas en vacío y pruebas en carga.

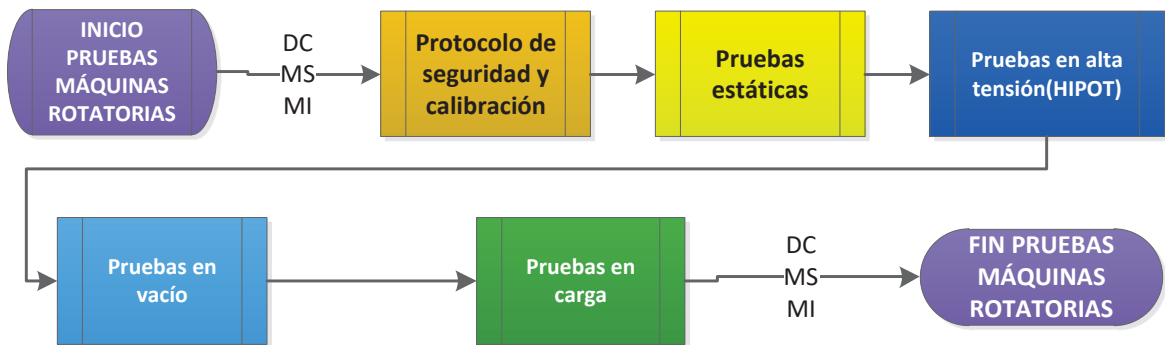


Figura 3-3: Flujograma de pruebas de motores eléctricos. Fuente propia

3.2.1 Diagrama de flujo de las pruebas estáticas motores

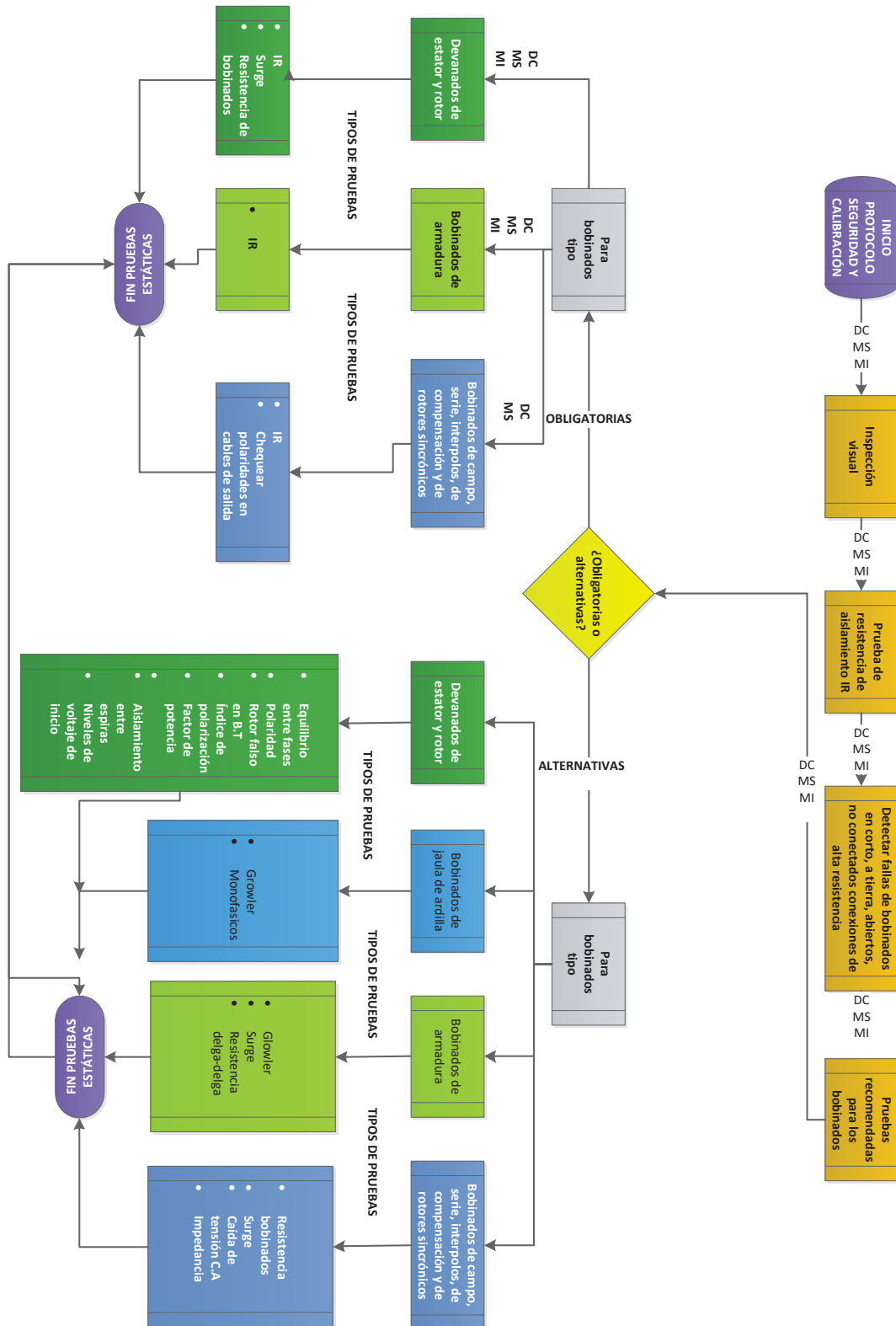


Figura 3-4: Flujograma de pruebas estáticas. Fuente propia

3.2.2 Diagrama de flujo de pruebas de alta tensión (HIPOT)

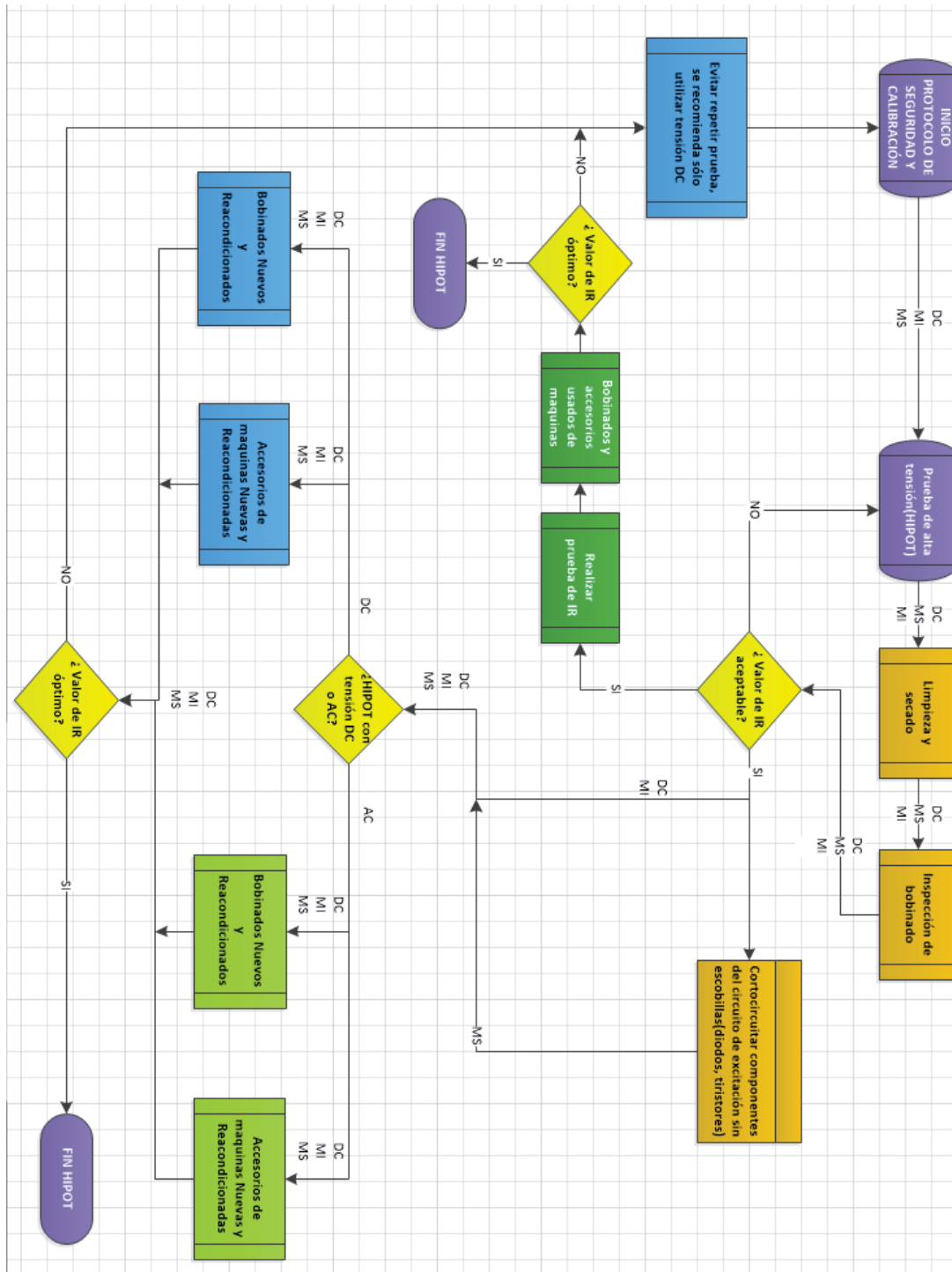


Figura 3-5: Flujograma de pruebas de alta tensión máquinas eléctricas rotatorias. Fuente propia

3.2.3 Diagrama de flujo para las pruebas en vacío

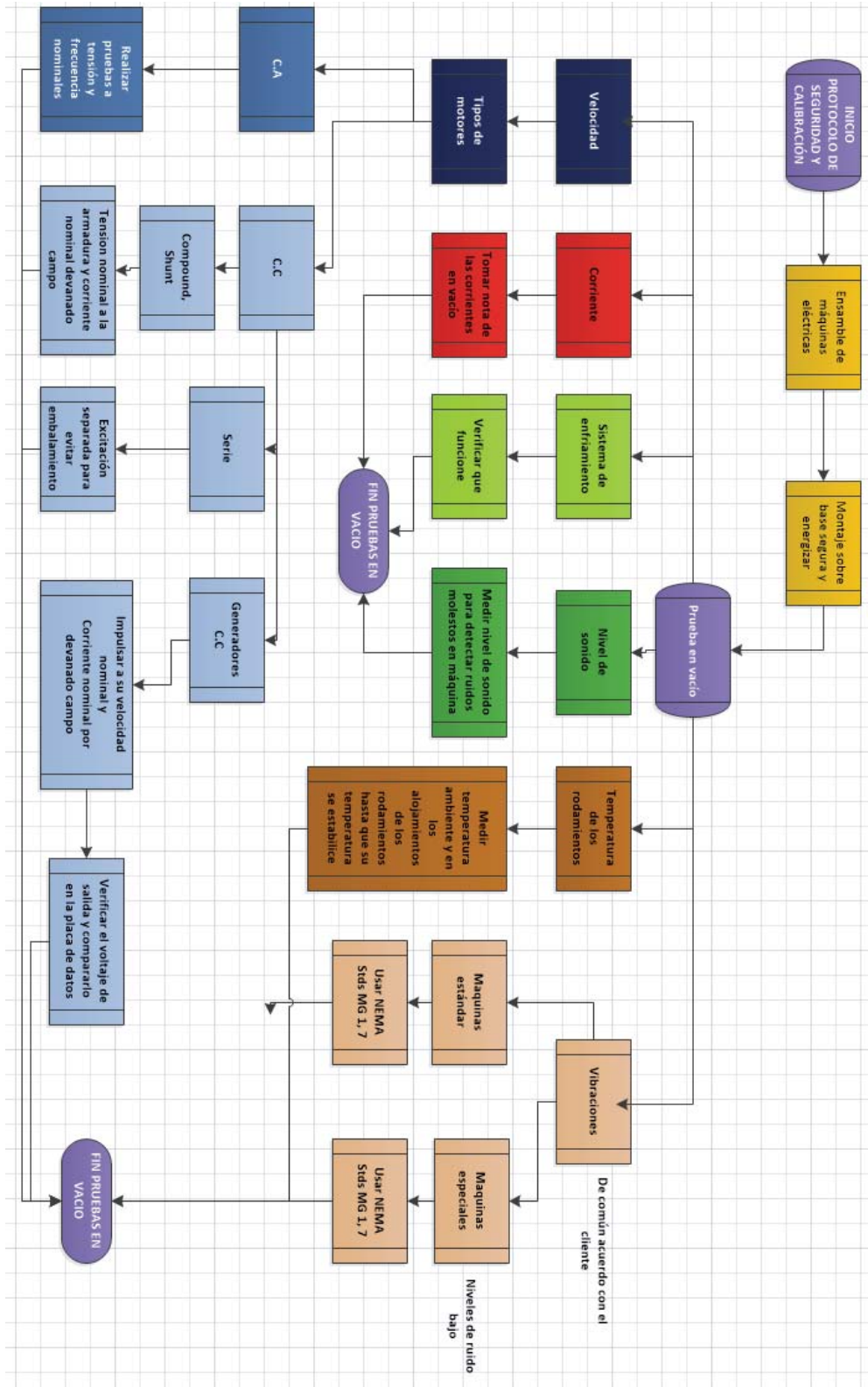


Figura 3-6: Flujograma de pruebas en vacío máquinas eléctricas rotatorias. . Fuente propia

3.2.4 Diagrama de flujo para las pruebas en carga

En las pruebas bajo carga el motor se opera a voltaje, frecuencia y potencia nominal; el valor de la corriente de entrada no debe variar más de un 10% del valor indicado en la placa del motor. Si la prueba es a rotor bloqueado la corriente no debe exceder los valores dados en la tabla NEMA MG 1-12.33 hasta MG 1-12.36 por tipo, potencia, voltaje y frecuencia nominal de la máquina. Las mediciones del par de arranque a plena carga deben realizarse a voltaje nominal, por su parte las elevaciones de temperatura del devanado deben ser iguales o menores a las elevaciones indicadas en la placa característica y la clase de aislamiento. Las temperaturas del devanado y de las superficies del estator deben ser medidas periódicamente para chequear que se encuentran en buen estado. Así mismo, las variaciones de velocidad nominal a plena carga no deben exceder el 20% de diferencia entre la velocidad sincrónica y la velocidad nominal, cuando se aplica voltaje y frecuencia nominal. De igual forma, el estándar propone pruebas de eficiencia y de factor de potencia.

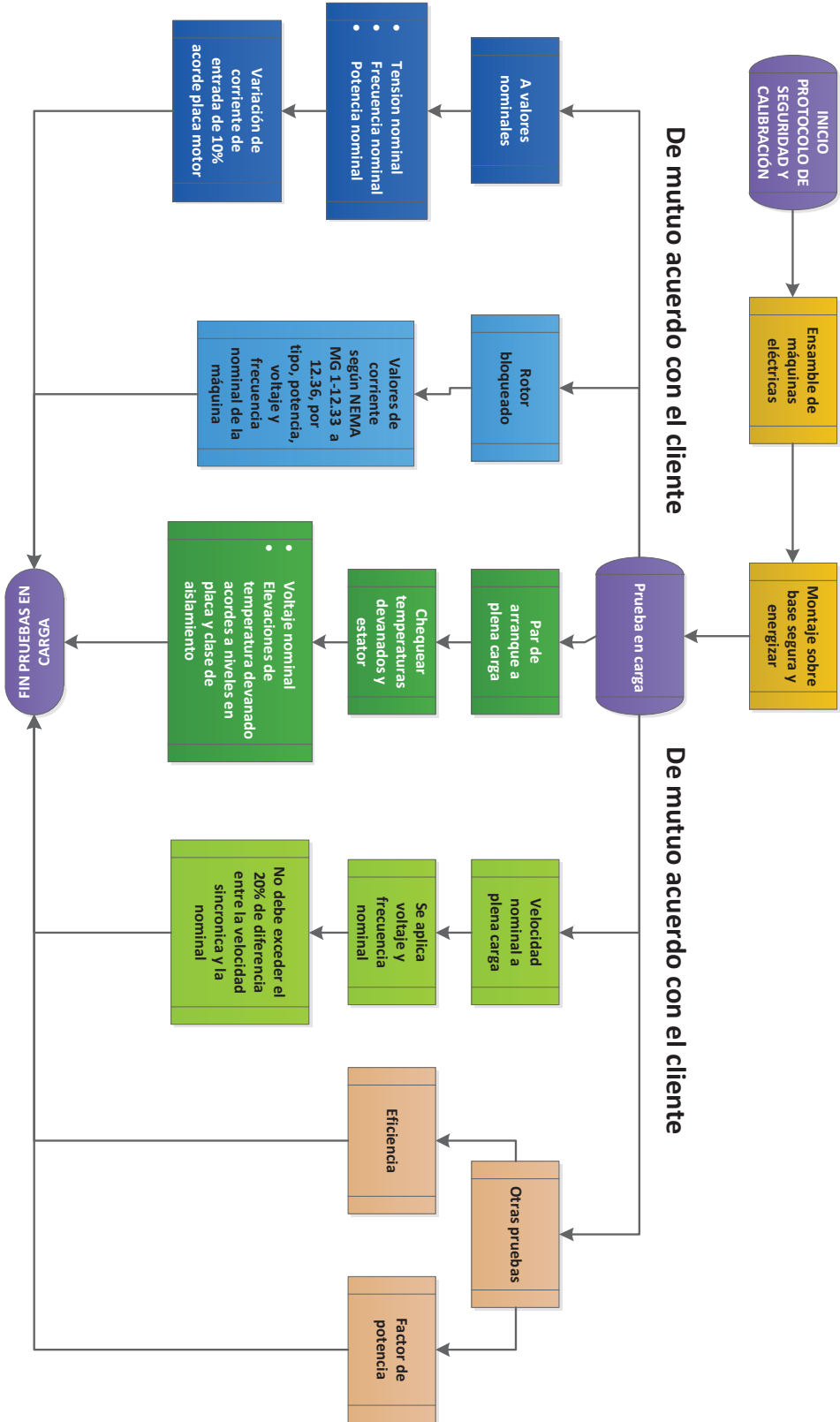


Figura 3-7: Flujo de pruebas en carga para máquinas eléctricas rotatorias. . Fuente propia

Cabe destacar que para las secciones 3.2 a 3.2.4 se utiliza la notación siguiente en las líneas de flujo de las pruebas:

- DC: motor de corriente continua
- MI: motor de inducción
- MS. Motor sincrónico
- Para todos los diagramas de flujo de las secciones mencionadas, se hicieron pensados en los 3 tipos de máquinas existentes, de forma de agregar valor adicional a este proyecto y no tan solo limitar las pruebas al alcance de tipo de motores abordado.

3.2.5 Diagrama de flujo de los procesos del laboratorio

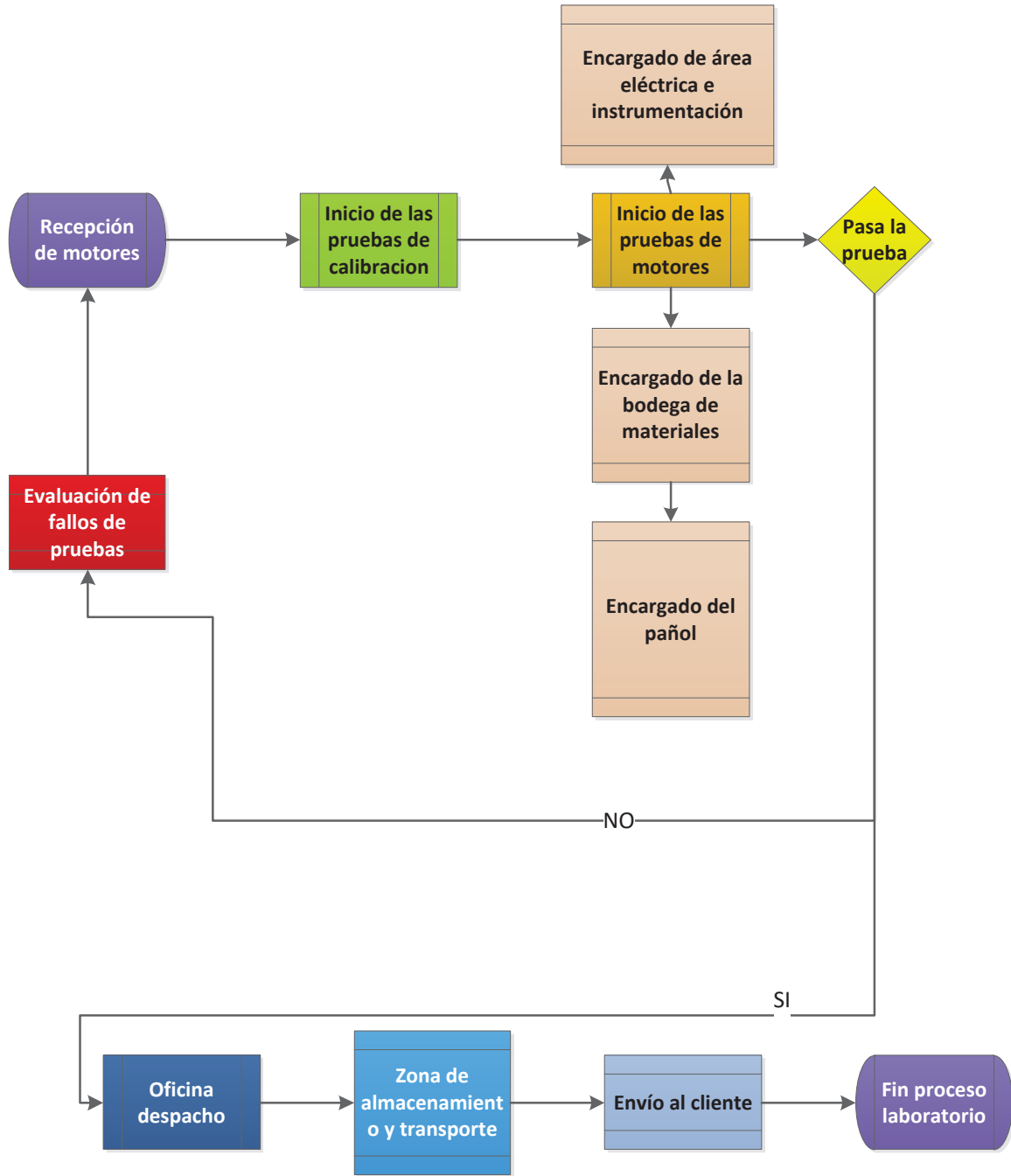


Figura 3-8: Flujograma de procesos del laboratorio para realizar las pruebas. Fuente propia

3.3 Listado de equipos requeridos para las pruebas de motores

En esta sección se mencionaran los equipos eléctricos y mecánicos requeridos para realizar las pruebas en vacío y carga de motores y transformadores.

3.3.1 Lista de equipos electricos de Distribución

Tabla 3-3 Listado de equipos eléctricos a utilizar en la pruebas a motores

Equipo	Características
CCM,CD,SWG	Centro control de motores, centro de distribucion y desconectador. El equipo cotizado posee estos 3 bloques 3F+N+T-400V-50Hz-500A-65KA
Transformador MT	23/0.4 KV 750 KVA

3.3.2 Lista de equipos electricos requeridos para pruebas motores

En la tabla 3-4 se detallara el equipo eléctrico a utilizar, para la realización de las pruebas estáticas y de alta tensión de los motores.

Tabla 3-4 Listado de equipos eléctricos a utilizar en la pruebas a motores

Equipo	Características
Analizador de bobinados estático motores	Analizador de bobinados motores
Medidor de aislamiento Aislamiento Micro-ohmímetro	Digital medidor de resistencia de aislamiento rango de medicion 1ma-5A-10A, resistencia de bobinados
Multitester	multitester normal
Amperímetros	Sobre 1000A
Banco de pruebas	500 HP carga AC, 450 KW DC en carga
Test de pérdidas en el nucleo	Para medir perdidas en el nucleo de hasta 500HP

3.3.3 Lista de equipos mecánicos requeridos para pruebas motores

Tabla 3-5 Equipos mecánicos requeridos para las pruebas

Equipo	Características
Mesón para probar motores (testing cast iron surface plate)	4x3 m, class 3, 240mm , finish plane 360 grade
Freno dinamométrico	añadir carga a los motores hasta 250 HP
Kit Herramientas manuales	Varios
Equipo alineamiento laser más maleta con laines estandarizada	Alineacion de los ejes de los motores
Medidor de vibraciones	Vibraciones mecánicas
Medidor de nivel de sonido	Niveles de sonido de motores
Cámara termográfica	detectar fallos invisibles al ojo humano
Kit elementos de metrología	Cumplir con trazabilidad de las mediciones
Puente grúa	control remoto, montaje manual, automatico,10 TON
Kit equipos de maniobra, grilletes , eslingas	tecle, mover motores, etc

3.3.4 Lista de equipos varios requeridos en el laboratorio

Tabla 3-6 Equipos varios requeridos para las pruebas

Equipo	Características
sistema climatizacion	HVAC
sistema contra incendio	-

3.3.5 Demanda, demanda máxima y factor de demanda

Para abordar estos conceptos que serán utilizados en el capítulo 4 del análisis económico, sección de tarifas AT4.1, se tienen que definir los siguientes conceptos:

- **Demanda:** Carga promedio en un período de tiempo especificado, generalmente de 15, 20 o 30 mins. Se puede utilizar para caracterizar potencia real, reactiva, aparente o corriente. La demanda peak o máxima es utilizada para definir a carga de un alimentador. También es la cantidad de potencia que un consumidor utiliza en cualquier momento, la cual es variable en el tiempo. Se puede definir también como la demanda de una instalación eléctrica en los terminales receptores, tomada como un valor medio en un intervalo determinado. A este periodo se le denomina intervalo de demanda (usualmente entre 15 a 60 minutos). En Chile se utiliza un intervalo de 15 minutos. Se expresa en unidades de potencia [kW].
- **Factor de demanda:** es la relación entre la demanda máxima y la potencia conectada.
- **Demanda máxima:** Corresponde a la mayor carga que se presenta en un sistema en un período de trabajo previamente establecido. Cuadro de cargas de los elementos del laboratorio
- **Carga conectada:** La carga conectada o instalada es la suma de los valores nominales de todas las cargas del sistema. Representa la demanda de carga máxima posible.
- **Capacidad Instalada:** Corresponde a la suma de las potencias nominales de los equipos (transformadores, generadores), instalados a las líneas que suministran la potencia eléctrica a las cargas o servicios conectados. Es llamada también capacidad nominal del sistema.
- **Factor de Utilización (FU):** El factor de utilización de un sistema es la relación entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema.

El factor de demanda y de utilización del laboratorio queda como:

$$Fd = \frac{D_{m\acute{a}xima}}{P_{conectada}} = \frac{30[KW]}{100[KW]} = 0.3 \quad (3-1)$$

$$FU = \frac{D_{m\acute{a}xima\ sistema}}{C_{sistema}} = \frac{30[KW]}{750[KW]} = 0.04 \quad (3-2)$$

A continuación se presentan los cuadros de cargas de alumbrado, calefacción y cargas críticas para el laboratorio de pruebas según normativa SEC [5]. Se consideraran solo los factores de demanda y de utilización para las cargas críticas del sistema, ya que son las más representativas del consumo total de energía del laboratorio.

Tabla 3-7 cuadro de cargas de alumbrado

Equipo	Marca	Modelo	Potencia	cantidad	Total potencia
Luminarias	Philips	LED BY470P	95[W]	10	950[W]

Tabla 3-8 cuadro de cargas de calefacción

Equipo	Marca	Modelo	Potencia	cantidad	Total potencia
Aire acondicionado	Mitsubishi	SPEZ-71JA	2800[W]	1	2800[W]
Sistema contra incendio	-	-	300[W]	1	300[W]

Tabla 3-9 cuadro de cargas críticas

Equipo	Funcionamiento en carga	Funcionamiento en vacío	Horas en carga	Horas en vacío	Factor de demanda	Factor de utilización	Total potencia
Banco de pruebas	373[KW]	373[KW]	8	2	0.3	0.04	44.76[KW]
Test de pérdidas en el núcleo	373[KW]	373[KW]	2	1	0.3	0.04	13.4[KW]

3.3.6 Dispositivos de protección del sistema

Para evaluar este punto se necesitara un equipo MNS 3.0 con M10x de ABB, que es un centro de control de motores inteligente de baja tensión. A su vez cumple las funciones de centro de distribución y de switchgear. Cumpliendo así todas las especificaciones requeridas para el laboratorio de pruebas y sus debidas protecciones mencionas a continuación.

- Protección 27: Relé de baja tensión
- Protección 37: Relé de baja intensidad o baja potencia, es el que funciona cuando la intensidad o la potencia caen por debajo de un valor predeterminado.
- Protección 38: Dispositivo térmico de cojinetes, es el que funciona con temperatura excesiva de los cojinetes.
- Protección 46: Relé de intensidad para equilibrio o inversión de fases, es un relé que funciona cuando las intensidades polifásicas están en secuencia inversa o desequilibrada o contienen componentes de secuencia negativa.

- Protección 49: Relé térmico para máquina, aparato o transformador, es el que funciona cuando la temperatura de la máquina, aparato o transformador excede de un valor fijado.
- Protección 50: Relé instantáneo de sobre intensidad o de velocidad de aumento de intensidad, es el que funciona instantáneamente con un valor excesivo de velocidad de aumento de intensidad.
- Protección 50G: protección instantánea de tierra
- Protección 51G: protección temporizada de tierra
- Protección 66: Relé de pasos, es el que funciona para permitir un número especificado de operaciones de un dispositivo dado o equipo, o bien, un número especificado de operaciones sucesivas con un intervalo dado de tiempo entre cada una de ellas. También se utiliza para permitir el energizado periódico de un circuito, y la aceleración gradual de una máquina.

3.3.7 Sistema HVAC

Se dispondrá de un equipo HVAC Mitsubishi SPEZ-71JA de consume 18 amperes de intensidad máxima eficiencia energética clase C. no se utilizó el modelo tanto de eficiencia clase A ya que no cubría los metros cúbicos para cubrir la zona del laboratorio.

3.3.8 Freno dinamométrico

Se utilizara el freno dinamométrico caracterizado en la sección 2.2, para aplicar carga al eje de los motores con un freno a base de agua. Cuando el agua que circula por el freno se caliente se reinyectara al sistema de caldera de calefacción eléctrica por bomba de calor, ayudando a la eficiencia del sistema. Este freno será utilizado para aplicar carga a motores pequeños menores de 250 HP en carga. Para aplicar carga a motores entre 250 [HP] y 5000[HP] se utilizarán las técnicas clásicas de frenado por banco de resistencias, para que este no sea tan abrupto y dañe los bobinado de los motores de corriente alterna. Queda descartado completamente el frenado de motores AC por inyección de corrientes DC, ya que dañan los bobinados de estos.

3.3.9 Caldera de calefacción eléctrica

Se utilizará una bomba de calor que irá conectado al sistema de calefacción de aire caliente del sistema del taller. Y también será conectado al sistema de regeneración de agua caliente proveniente del freno dinamométrico de los motores en carga. Solo este concepto se evaluó para el uso eficiente de recursos, siendo los energéticos los más importantes.

3.4 Diseño del diagrama unifilar laboratorio

El diseño de los planos de los apartados 3.4 y 3.5 fueron realizados con el programa AutoCAD. Para su mejor visualización este se presentara por partes como sigue:

3 Diseño laboratorio de pruebas

- Diagrama unifilar del banco de pruebas (carga crítica) y cargas de reserva
- Diagrama unifilar del TDA del laboratorio, se mostrará junto con el TDA de un taller como si estuviese inserto en él.
- Diagrama unifilar del TDF del laboratorio
- Diagrama unifilar de la subestación

A continuación se muestran las figuras de la 3-9 a la 3-13 de los diagramas unifilares

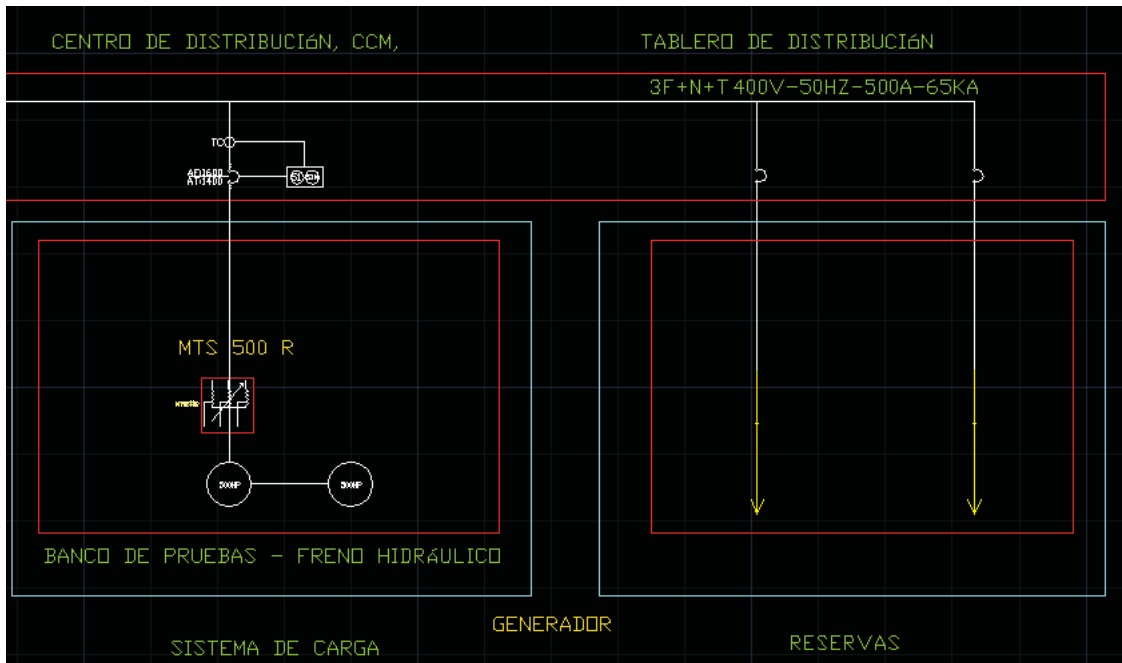


Figura 3-9: Diagrama unifilar del banco de pruebas y cargas reservas en AutoCAD

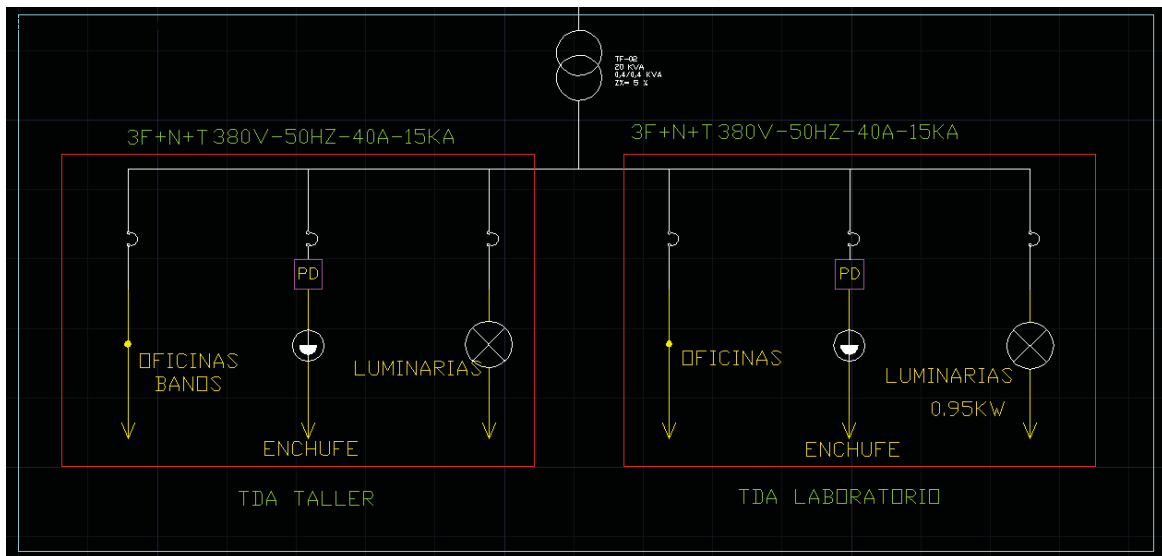


Figura 3-9: Diagrama unifilar TDA en AutoCAD

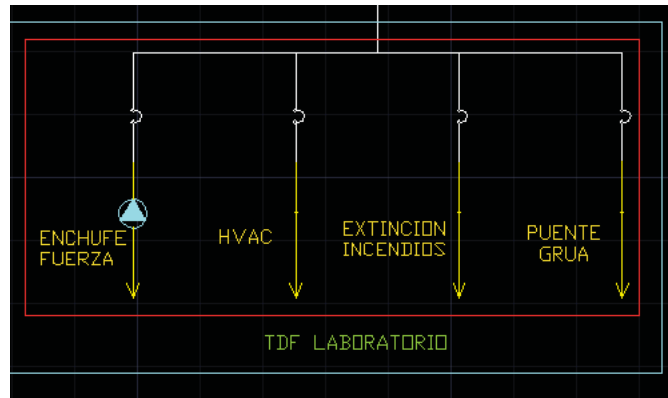


Figura 3-9: Diagrama unifilar TDF laboratorio en AutoCAD

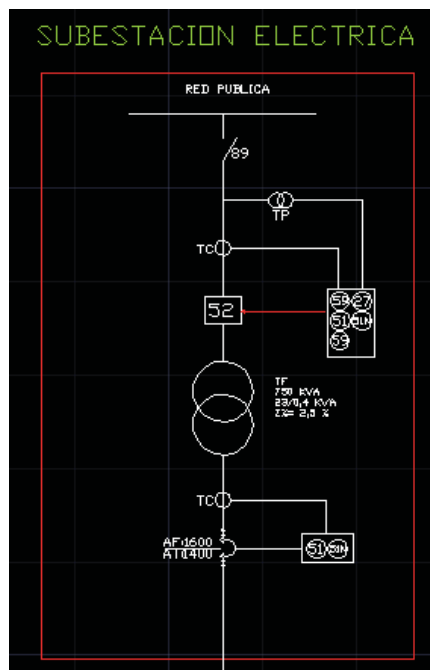


Figura 3-10: Diagrama unifilar subestación laboratorio en AutoCAD

3.5 Disposición de planta de equipos del laboratorio.

A continuación se presenta el layout de la disposición de planta de los equipos del laboratorio eléctrico, este cuenta con 486 metros cuadrados que cubren todas las necesidades de las instalaciones requeridas por EASA [3].

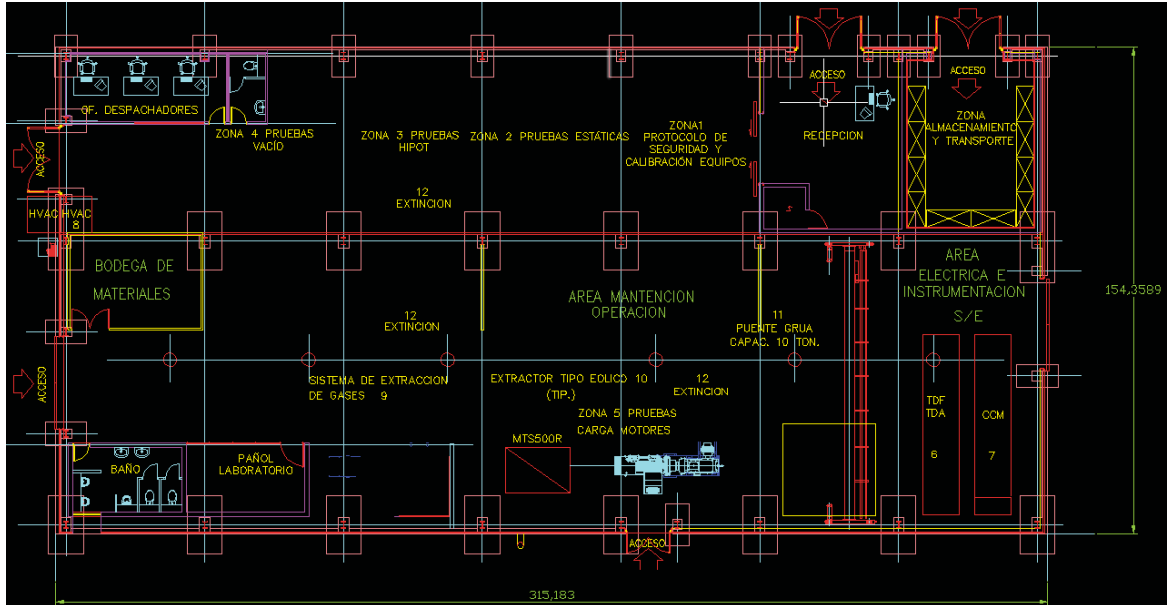
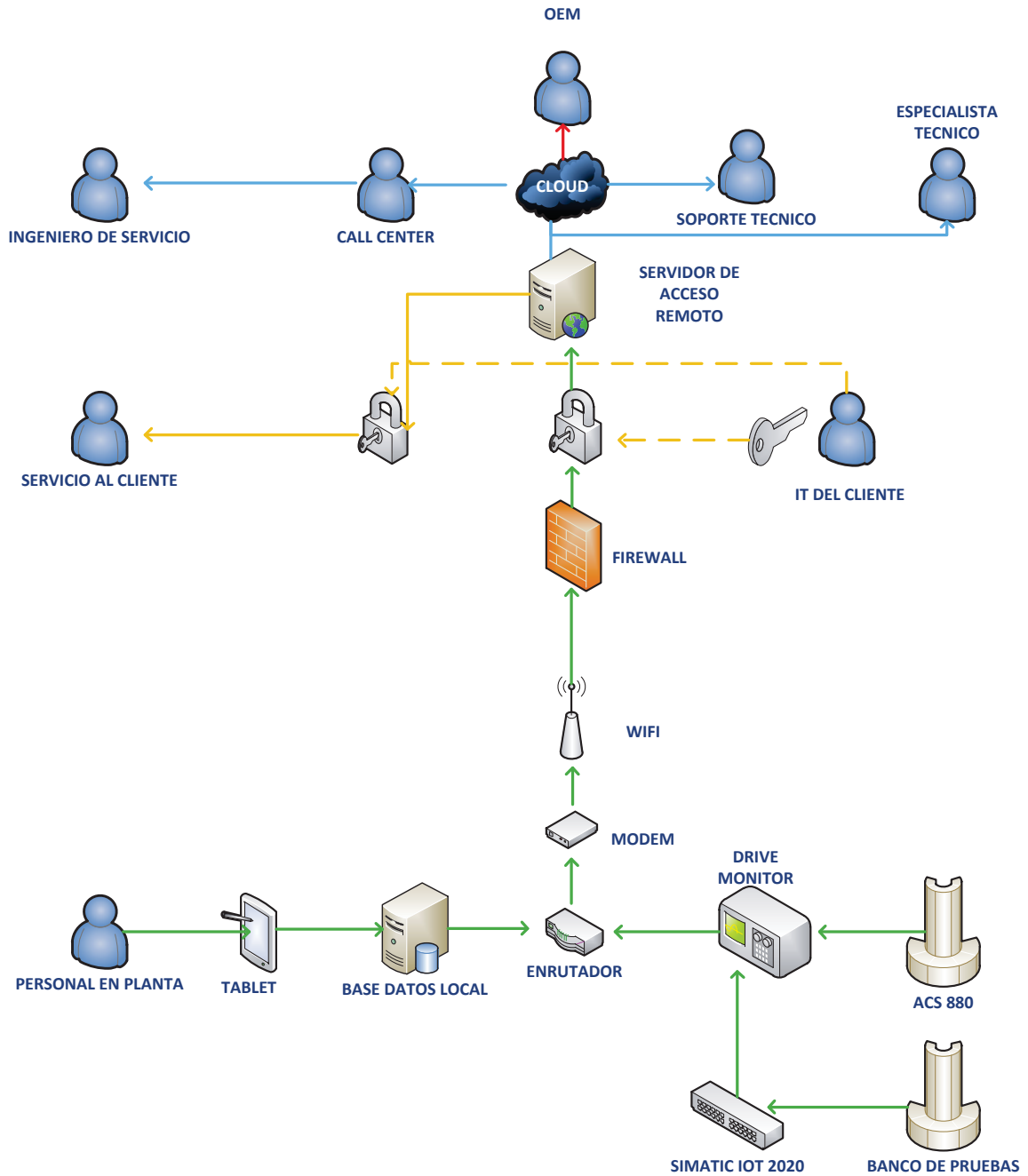


Figura 3-11 Layout de equipos sala laboratorio en AutoCAD

DESCRIPCION EQUIPOS	
1	DESCRIPCION
1	SEGURIDAD Y CALIBRACION DE EQUIPOS
2	PRUEBAS ESTATICAS
3	PRUEBAS HIPOT
4	PRUEBAS VACIO
5	PRUEBAS EN CARGA
6	TDA-TDF
7	CCM,CD, SWICHGEAR Y S/E
8	HVAC.
9	EXTRACCION DE GASES.
10	TABLERO INSTRUMENTACION
11	PUENTE GRUA
12	SISTEMA EXTINCION INCENDIOS

Figura 3-12 Cuadro de ubicaciones de equipos sala laboratorio en AutoCAD

3.6 Arquitectura de procesos 4.0 del laboratorio de pruebas



Para finalizar el capítulo 3 se concluye que se diseñó a nivel de ingeniería conceptual todo los aspectos técnicos que requiere el laboratorio para su cumplimiento con certificación EASA. En lo que respecta a la arquitectura de procesos 4.0 para las pruebas de motores eléctricos, queda estipulada la interfaz de conexión de máquinas drive monitor y el recopilador de datos SIMATIC IOT2020 de siemens.

4 Análisis económico

En este capítulo 4 se evaluará el análisis económico del proyecto, el cual se someterá a 5 períodos de un año. Se realizara el flujo de caja del año cero al año cinco y se calculara el VAN, VAUE y TIR del proyecto para determinar rentabilidad de este. Se eligió una rentabilidad del 15% para empezar y un impuesto a de 25% que es el valor típico del impuesto a la renta en el país. Todos los equipos se depreciarán a 10 años de vida útil para facilidades de cálculo. A continuación se procede con el análisis económico. Los valores que se encuentran en este apartado fueron cotizados por internet con proveedores nacionales e internacionales, y su costo de instalación fue estimado en la tabla 4-5 con valores típicos usados a nivel de ingeniería conceptual de proyectos.

4.1 Determinación de la inversión inicial y costos de instalación.

A continuación en la tabla 4-1 se mostrarán los equipos eléctricos de protección, conexión y distribución requeridos para la inversión inicial cotizados en RHONA. Se considerará un costo de instalación para los equipos eléctricos de la tabla 4-1, que será detallado en la tabla 4-5 de costos de instalación del laboratorio. Para evaluar el costo de instalación de los equipos de la tabla 4-1, sólo se analizará el costo más relevante que sería el del ingeniero eléctrico especialista con 36 HH y 95 HH para conjunto CCM, CD, SWG y transformador MT correspondiente. El costo de suministro es el valor cotizado para cada equipo, el impuesto se señala en este ítem pero no participa de la suma del costo total. El impuesto elegido es el típico de la renta, el cual se verá su efecto para el análisis del flujo de caja de la figura 4-1.

Tabla 4-1: equipos eléctricos de protección, conexión y distribución

Equipo	Características	Cantidad	Costo Suministro \$	Costo de instalación \$	Impuesto \$	Costo Total \$
CCM,CD,SWG	3F+N+T- 400V-50Hz- 500A-65KA	1	34.098.437	3.800.475	8.524.609	37.898.912
Transformador MT	750 KVA- 23/0.4KV	1	12.959.820	1.440.180	3.239.955	14.400.000
TOTAL \$						52.298.912

A continuación en la tabla 4-2 se mostraran los equipos eléctricos necesarios requeridos para las pruebas de motores en la inversión inicial.

Tabla 4-2: equipos eléctricos para pruebas de motores

Equipo	costo de instalación	Precio+IVA
Analizador de bobinados estatico motores	no tiene	\$ 56.129.553
Medidor de aislamiento Aislamiento	no tiene	\$ 1.354.725
Micro-ohmimetro	no tiene	\$ 2.153.900
Multitester	no tiene	\$ 809.600
Amperímetros	no tiene	\$ 376.425
Banco de pruebas	\$ 35.648.753	\$ 213.852.518
Test de perdidas en el nucleo	\$ 3.410.363	\$ 20.422.177
TOTAL		\$ 295.098.898

A continuación en la tabla 4-3 se mostraran los equipos mecánicos necesarios requeridos para la inversión inicial.

Tabla 4-3: equipos mecánicos necesarios

Equipo	Costo de instalacion	Precio+IVA
Mesón para probar motores (testing cast iron surface plate)	\$ 3.610.302	\$ 21.622.812
Freno dinamométrico	\$ 9.489.667	\$ 56.914.604
Kit Herramientas manuales	no tiene	\$ 8.000.000
Equipo alineamiento laser mas maleta con laines estandarizada	no tiene	\$ 9.769.050
Medidor de vibraciones	no tiene	\$ 140.000
Medidor de nivel de sonido	no tiene	\$ 30.000
Cámara termografica	no tiene	\$ 1.250.000
KitElementos de metrologia	no tiene	\$ 3.000.000
Puente grua	\$ 5.614.040,00	\$ 33.614.040
Kit equipos de maniobra, grilletes , eslingas	no tiene	\$ 500.000
TOTAL		\$ 134.840.506

A continuación en la tabla 4-4 se mostraran otros equipos necesarios requeridos para la inversión inicial.

Tabla 4-4: otros equipos necesarios

Equipo	Costo de instalación	Precio+IVA
sistema climatizacion	\$ 413.311	\$ 2.464.268
sistema contra incendio	\$ 32.340	\$ 182.340
TOTAL		\$ 2.646.608

Tabla 4-5: Costos de instalación laboratorio

Reciento construcción - servicio	Tipo de personal	Cantidad	Valor [UF/HR]	HH	Precio
Agua utilizada	-	-	-	-	\$ 40.000
energía eléctrica utilizada	-	-	-	-	\$ 120.207
CCM-CD-SWG	Ingeniero eléctrico	1	1,5	95	\$ 3.800.475
Almacenamiento . y transporte	albañil	1	0,25	45	\$ 300.038
Luminarias	técnico eléctrico	1	0,5	4	\$ 53.340
HVAC	técnico eléctrico	1	0,5	4	\$ 53.340
Sistema de incendios	técnico eléctrico	1	0,5	3	\$ 40.005
Mesones regulacion y fijación	técnico mecánico	2	0,5	10	\$ 266.700
Banco de pruebas	Ingeniero eléctrico	1	1,5	4	\$ 160.020
Test de perdidas en el nucleo	Ingeniero eléctrico	1	1,5	4	\$ 160.020
freno dinámometrico	técnico mecánico	1	0,5	6	\$ 80.010
Tranformador MT	Ingeniero electrico	1	1,5	36	\$ 1.440.180
recepción	albañil	2	0,25	45	\$ 600.075
Puente grúa	técnico mecánico	2	0,5	18	\$ 480.060
Pañol	albañil	1	0,25	45	\$ 300.038
Baños	albañil	1	0,25	63	\$ 420.053
Bodega de materiales	albañil	1	0,25	45	\$ 300.038
Extractores	técnico eléctrico	1	0,5	4	\$ 53.340
Oficina de despacho	albañil	1	0,25	45	\$ 300.038
TOTAL 1		20		476	\$ 8.967.975
TOTAL 2					\$ 6.480.810

El total 1 de la tabla 4-5 refleja el costo de instalación de todos los activos fijos, equipos, construcción de recintos y servicios necesarios para la puesta en marcha del proyecto. El total 2 refleja todos los costos anteriores menos el costo de instalación de los activos fijos. Por lo que solo se contara con el costo de instalación del total 2 ya que parte del total 1 fue agregado al precio de la inversión inicial de los activos fijos para que estos participen de la depreciación del flujo de caja. El total 2 se suma a los costos de la inversión inicial del proyecto.

4.2 Ingresos operacionales

El valor máximo de estimación de ventas es, ganar al 5to año probando 40 motores al mes, 668.770.782. Este monto es calculado como multiplicación de 20 motores de 200 [HP] por su precio nuevo más 20 motores de 500[HP] por su precio nuevo, el resultado de esto es multiplicado por 21%, que es el ingreso total para certificar un motor AC de hasta 500[HP].

Tabla 4-6 Ingresos operacionales anuales laboratorio

MT nuevo 200HP	MT nuevo 500HP		
\$	\$		
23.492.600	59.385.700		
\$	\$	1.187.714.000	\$ 1.657.566.000
469.852.000			
TOTAL 1			\$
			348.088.860

4.3 Egresos operacionales

Se detallaran todos los egresos operacionales que tienen que ver con el funcionamiento intrínseco del laboratorio de pruebas. Todos los costos donde se involucren flujos futuros se proyectaran con un ajuste respecto del año anterior de un 2.7%(IPC de 2016).

4.3.1 Remuneraciones personal de producción

Tabla 4-7:- Remuneraciones año 1 del personal de producción

Sueldo año 1 personal profesional-técnico (costos fijos de operación)					
rubro	cantidad	cargo	Experiencia laboral años	sueldo bruto	\$/año
Eléctrico	1	supervisor Civil eléctrico	7	\$	18.000.000
Eléctrico	1	ing eléctrico	3	\$	13.200.000
Mecánico	1	ing mecánico	3	\$	14.400.000
Mecánico	1	Técnico analista vibraciones	3	\$	6.000.000
Eléctrico	1	Técnico electrico	3	\$	7.200.000
TOTAL				\$	58.800.000

4.3.2 Remuneraciones personal apoyo a la producción

Tabla 4-8: Sueldo año 1 personal operativo de apoyo

Sector	cantidad	cargo	Experiencia laboral años	sueldo bruto	
electrico	1	bodegero- pañol	3	\$	7.200.000
Protocolos	1	Prevencionista	3	\$	9.600.000
electrico	1	despacho	3	\$	5.400.000
despacho	1	bodega transporte	3	\$	5.400.000
Protocolos	1	control de calidad	3	\$	8.400.000
varios	1	aseo	3	\$	3.240.000
Electrico	1	Ingreso datos y recepción	3	\$	5.400.000
TOTAL				\$	44.640.000

4.3.3 Consumo de energía eléctrica anual

A continuación se presenta la tarifa a utilizar de Enel Distribución (ver tabla 4.9) para alimentar el laboratorio, se eligió una tarifa con demanda máxima y potencia suministrada como lo calculado en la sección 3 de factores de demanda.

Tabla 4-9 Tarifa eléctrica AT4.1

VALORES NETOS y C/IVA			AREA 1 A	
TARIFAS DE SUMINISTRO			1-07-2017	
			\$ C/IVA	
AT-4	Cargo Fijo AT - 4.1	(\$/cliente)	\$	753
	Cargo Fijo AT - 4.2	(\$/cliente)	\$	1.178
	Cargo Fijo AT - 4.3	(\$/cliente)	\$	1.294
	Energía	(\$/kWh)	\$	71
	Pot. Total Contratada o Leída	(\$/kW/mes)	\$	643
	Dem. Max. de Punta	(\$/kW/mes)	\$	5.769
Todas las Tarifas	Cargo Único por uso Troncal	(\$/kWh)	\$	1.4792

A continuación se detalla el consumo de energía eléctrica al año 1, los demás valores se reajustan con un IPC del 2.7% anual.

Tabla 4-10: Costo de energía del laboratorio primer año tarifa AT-4.1

Mes	Cargo fijo (\$)	Costo energía(\$)	Costo potencia leída (\$)	Costo potencia de punta (\$)	Costo Total(\$)
Enero	753	4.279.772	64.341	-	4.344.867
Febrero	753	4.279.772	64.341	-	4.344.867
Marzo	753	4.279.772	64.341	-	4.344.867
Abril	753	4.279.772	64.341	-	4.344.867
Mayo	753	4.279.772	64.341	173.083	4.517.950
Junio	753	4.279.772	64.341	173.083	4.517.950
Julio	753	4.279.772	64.341	173.083	4.517.950
Agosto	753	4.279.772	64.341	173.083	4.517.950
Septiembre	753	4.279.772	64.341	173.083	4.517.950
Octubre	753	4.279.772	64.341	-	4.344.867
Noviembre	753	4.279.772	64.341	-	4.344.867
Diciembre	753	4.279.772	64.341	-	4.344.867
TOTAL	9.046	51.357.265	772.092	865.419	53.003.823

4.3.4 Mantenimiento de equipos

A continuación se presentan los costos de mantenimiento que requieren los activos fijos del proyecto

Tabla 4-11-: Costo de mantenimiento anual equipos

Mantenimiento	Año 1	Año2	Año3	Año 4	Año 5
Equipos electricos	\$360.000	\$369.720	\$379.702	\$389.954	\$400.483
Equipos mecanicos	\$420.000	\$431.340	\$442.986	\$454.947	\$467.230
Repuestos eléctricos	\$100.000	\$102.700	\$105.473	\$108.321	\$111.245
Repuestos mecánicos	\$100.000	\$102.700	\$105.473	\$108.321	\$111.245
Total por año	\$980.000	\$1.006.460	\$1.033.634	\$1.061.543	\$1.090.204
TOTAL 5 años					\$5.171.841

4.3.5 Arriendo

Para los cálculos del arriendo del laboratorio se consideraran 500 metros cuadrados y se calcularán según la tabla 4-12, como sigue:

Tabla 4-12-: Costo mensual y anual arriendo galpón

Ubicación	m2 Terreno	Oficinas	Baños	\$/mes	\$/año
Santiago	1850	si	si	\$ 4.442.642	\$ 53.311.700
Santiago	1028	si	si	\$ 4.886.906	\$ 58.642.870
Santiago	2570	si	si	\$ 5.062.945	\$ 60.755.338
Santiago	1340	si	si	\$ 4.442.642	\$ 53.311.700
Quinta Normal	1500	no	no	\$ 3.500.000	\$ 42.000.000
Quinta Normal	1500	no	no	\$ 3.983.152	\$ 47.797.824
Maipú	4030	si	si	\$ 4.770.000	\$ 57.240.000
Santiago	4400	si	si	\$ 4.452.000	\$ 53.424.000
Maipú	4024	si	si	\$ 6.577.852	\$ 78.934.224
Quilicura	6000	si	si	\$ 6.846.748	\$ 82.160.976
Promedio	2824,2			\$ 4.896.489	\$ 58.757.863

Tabla 4-13: Regla de tres para calculo mensual promedio de arriendo laboratorio

	M ²	\$
Regla de tres	2824	\$ 4.896.489
	500	\$ 866.881

Se obtuvo que para el arriendo de un mes para 500 metros cuadrados de laboratorio, se valora aproximadamente en \$866.881.

Tabla 4-14: Arriendo anual del laboratorio

Año	Costo mensual	Costo anual
1	\$ 866,881	\$ 10,402,569
2	\$ 890,286	\$ 10,683,438
3	\$ 914,324	\$ 10,971,891
4	\$ 939,011	\$ 11,268,132
5	\$ 964,364	\$ 11,572,371
TOTAL		\$ 54,898,400

4.4 Egresos no operacionales

Se detallaran todos los egresos no operacionales que tienen que ver con el funcionamiento intrínseco del laboratorio de pruebas. Todos los costos donde se involucren flujos futuros se proyectaran con un ajuste respecto del año anterior de un 2.7%(IPC de 2016).

4.4.1 Remuneraciones personal área administrativa

Tabla 4-15 sueldo año 1 personal de recursos humanos

cantidad	cargo	Experiencia laboral años	sueldo bruto
1	secretaria	3	\$ 3.840.000
1	contabilidad y finanzas	3	\$ 5.400.000
1	Inventario	1	\$ 3.600.000
1	Control de personal	1	\$ 4.800.000
TOTAL			\$ 17.640.000

4.4.2 Seguros

Se eligió un seguro básico para activos fijos de empresas de \$60.000 que se calculó anualmente y luego proyectado al flujo futuro con el IPC del 2.7 %.

Tabla 4-16: Costo anual de seguros

Mes	cuota	UF
Enero	\$ 60.000	2.3
Febrero	\$ 60.000	2.3
Marzo	\$ 60.000	2.3
Abril	\$ 60.000	2.3
Mayo	\$ 60.000	2.3
Junio	\$ 60.000	2.3
Julio	\$ 60.000	2.3
Agosto	\$ 60.000	2.3
Septiembre	\$ 60.000	2.3
Octubre	\$ 60.000	2.3
Noviembre	\$ 60.000	2.3
Diciembre	\$ 60.000	2.3
TOTAL	\$ 720.000	27.1

4.4.3 Consumos básicos y otros gastos fijos de oficina

Tabla 4-17-: Costos fijos consumos básicos y otros

Año	Luz mensual \$	Agua mensual	Publicidad
1	\$ 109.235	\$ 40.000	\$ 100.000
2	\$ 112.184	\$ 41.080	\$ 110.000
3	\$ 115.213	\$ 42.189	\$ 120.000
4	\$ 118.324	\$ 43.328	\$ 130.000
5	\$ 121.519	\$ 44.498	\$ 140.000
TOTAL			\$ 16.650.850

4.5 Depreciación

Se eligió una depreciación a 10 años de vida útil de todos los activos fijos.

Tabla 4-17: Depreciación anual total de activos fijos

Equipo	Depreciación acumulada anual
Año 1	\$ 44.080.447
Año 2	\$ 88.160.895
Año 3	\$ 132.241.343
Año 4	\$ 176.321.790
Año 5	\$ 220.402.238
Año 6	\$ 264.482.686
Año 7	\$ 308.563.133
Año 8	\$ 352.643.581
Año 9	\$ 396.724.029
Año 10	\$ 440.804.476
TOTAL	\$ 484.884.924

4.6 Flujo de caja

Finalmente se detallara el flujo de caja final del proyecto, ya habiendo sido calculados todos los ingresos y egresos para el año 1 (del año 2 al 5 se realizó una proyección con ajuste del IPC 2016 de 2,7% del valor del año anterior).

Tabla 4-18 Flujo de caja del laboratorio de pruebas, evaluado en 5 años

Periodo-año	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial (Io)	-491.365.735					
Ingresos totales		348.088.860	348.088.860	348.088.860	348.088.860	612.571.546
Ingresos operacionales		348.088.860	348.088.860	348.088.860	348.088.860	348.088.860
Valor venta de activos fijos						264.482.686
Menos: Egresos Operacionales(-)		185.466.392	190.473.985	195.650.879	200.933.453	206.333.767
1.-Remuneración Personal de Producción		58.800.000	60.387.600	62.018.065	63.692.553	65.412.252
2.-Remuneración Personal de apoyo a la Producción		44.640.000	45.845.280	47.083.103	48.354.346	49.659.914
3.-Remuneración Personal área administrativa		17.640.000	18.116.280	18.605.420	19.107.766	19.623.676
4.-Costo energía eléctrica de la producción		53.003.824	54.434.927	55.938.766	57.449.113	58.975.350
5.-Mantención de equipos de la producción		980.000	1.006.460	1.033.634	1.061.543	1.090.204
6.-Arriendo laboratorio		10.402.569	10.683.438	10.971.891	11.268.132	11.572.371
Menos: Egresos no operacionales(-)		3.710.819	3.898.611	4.088.234	4.279.736	4.473.169
7.-Seguros		720.000	739.440	759.405	779.909	800.966
8.-Consumos básicos y otros gastos fijos oficina		2.990.819	3.159.171	3.328.829	3.499.827	3.672.203
Menos: Depreciación anual(-)		44.080.448	44.080.448	44.080.448	44.080.448	44.080.448
Menos Valor venta activos fijos(-)						264.482.686
Resultado ejercicio antes impuesto		114.831.201	109.635.816	104.269.299	98.795.223	93.201.476
Impuesto(-)		28.707.800	27.408.954	26.067.325	24.698.806	23.300.369
Resultado ejercicio despues impuesto		86.123.401	82.226.862	78.201.974	74.096.418	69.901.107
Más: Depreciación anual(+)		44.080.448	44.080.448	44.080.448	44.080.448	44.080.448
Más: Valor venta de activos fijos(+)						264.482.686
Flujo neto despues de impuestos	\$-491.365.735	\$ 130.203.848	\$126.307.310	\$122.282.422	\$118.176.865	\$378.464.241

4.7 Indicadores de rentabilidad

A continuación se evaluará el método de evaluación para proyectos del VAN, TIR para el flujo de caja proyectado en 5 años en el punto 4.6 de este informe. Primero se calculará el VAN, para no generar dudas se corroborará su resultado con el VAUE. Finalmente el TIR nos sirve para ver la tasa interna de retorno para cuando el VAN se hace cero. Según los valores de rentabilidad calculados en el Excel, se obtienen lo siguiente:

- VAN=53.495.775
- VAUE=15.958.622
- TIR=19%

Del análisis económico de este capítulo 4 se concluye, que el TIR arroja un valor del 19% siendo mayor que la rentabilidad que se estimó para el proyecto que fue de 15%(TMRA=15%), si el VAN dio positivo y además se cumple lo del TIR, el proyecto es totalmente rentable. En el flujo de caja en el periodo 5 se venden los activos fijos por el total de su depreciación a 5 años que le restan (264.482.686). Para efectos de cálculo y rentabilidad del proyecto se depreciaron todos los activos fijos del proyecto en 10 años, guiándose por los valores típicos de equipos eléctricos en el SII.

Discusión y conclusiones

Ya finalizado el capítulo 1, se concluye que el crear el primer laboratorio de pruebas de máquinas rotatorias del país, dará incentivo para que ocurran mayores instancias de exportaciones y re fabricación en el país, en el sector de las maquinas eléctricas rotatorias; todo esto debido al estándar internación EASA, que entrega garantías y confiabilidad de las máquinas hacia el cliente final. Se podrá competir o generar grandes alianzas con grandes marcas del mercado actual, por lo que se otorgaran: garantías, continuidad del proceso, identificando puntos de operación de las máquinas y el plus de que el laboratorio certificara en su mayoría maquinas provenientes de un creciente mercado de remanufactura que llegará al país producto de iniciativas medio ambientales.

Para la finalización de este capítulo 2 se concluye que es indispensable exponer, explicar, detallar y elaborar un procedimiento de pruebas según EASA [3](en la sección 2.1 a 2.7), para dar cumplimiento a las auditorías externas mencionadas en la sección 2.8 a 2.8.15 y así obtener la certificación EASA requerida para este proyecto. Como este está diseñado de acorde a estas necesidades, se cumple con la certificación.

Para finalizar el capítulo 3 se concluye que se diseñó a nivel de ingeniería conceptual todo los aspectos técnicos que requiere el laboratorio para su cumplimiento con certificación EASA. En lo que respecta a la arquitectura de procesos 4.0 para las pruebas de motores eléctricos, queda estipulada la interfaz de conexión de máquinas drive monitor y el recopilador de datos SIMATIC IOT2020 de siemens.

Del análisis económico de este capítulo 4 se concluye, que el TIR arroja un valor del 19% siendo mayor que la rentabilidad que se estimó para el proyecto que fue de 15%(TMRA=15%), si el VAN dio positivo y además se cumple lo del TIR, el proyecto es totalmente rentable. En el flujo de caja en el periodo 5 se venden los activos fijos por el total de su depreciación a 5 años que le restan (264.482.686). Para efectos de cálculo y rentabilidad del proyecto se depreciaron todos los activos fijos del proyecto en 10 años, guiándose por los valores típicos de equipos eléctricos en el SII. Cabe destacar que para que el TIR sea mayor a 25%, se deben proyectar los flujos de caja a 3 periodos, obteniendo un VAN de \$124.313.742, un VAUE de \$54.446.555 y un TIR de 26%. Este solamente se produce incrementando el flujo del 3er año a \$618.923.528.

Respecto a los principales riesgos que posee este proyecto se pueden resumir en los siguientes puntos:

- No encontrar financiamiento para la inversión inicial de este.
- Que se siga prefiriendo por parte del mercado chileno actual, la compra de máquinas rotativas nuevas, por falta de información sobre los procesos de remanufactura, que implica la economía circular y los beneficios medio ambientales que esta posee.
- Desconocimiento de las nuevas políticas medio ambientales por parte de las industrias en Chile, producto de la entrada reciente en 2010 a la OECD.
- La tecnología de la industria 4.0 a nivel de Sudamérica no existe, recién se están instaurando legislaciones sobre modernizar la industria 3.0 a 4.0, en algunos países europeos como España. Alemania por ejemplo ya cuenta con la implementación de este modelo de industria 4.0.
- El cerrado núcleo de información y tecnología que poseen algunas empresas del país, para certificar máquinas eléctricas estáticas y rotativas. Lo anterior impide que la industria nacional de fabricación, remanufactura y laboratorios de pruebas, se expanda por el monopolio de estas.

En base a los cuatro puntos anteriores, el gran concepto de aplicar procesos de remanufactura y usar esta materia prima para implementar un laboratorio de pruebas, para máquinas rotativas nuevas, usadas y remanufacturadas; es generar alianzas a nivel internacional que proporcionen expansión hacia nuevos mercados, mediante una certificación de calidad como EASA AR100.

Las siguientes etapas de crecimiento de este proyecto deben ser las siguientes:

- Para este proyecto se definirán tres escalas de crecimiento las cuales son: primera etapa motores AC inducción y DC de tracción en baja y media tensión hasta 500 HP, segunda etapa: máquinas AC y DC entre 1000-2000 HP y tercera etapa: máquinas AC y DC entre 7000-10.000 HP. Por las limitaciones del mercado actual en Chile solo se escogerá la primera etapa de expansión para este trabajo.
- El laboratorio de pruebas tiene que ser una unidad independiente en cualquier sector industrial de trabajo donde se ejecute.
- Obtener certificación EASA AR100 para el laboratorio.
- Estipular los pasos a seguir para conseguir una acreditación del laboratorio de pruebas de motores eléctricos ante el INN según ISO 17025.
- Llevar el desarrollo de este proyecto de una etapa de ingeniería conceptual y básica (etapa actual) a etapas como básicas extendidas y de detalles.

Bibliografía

- [1] NCh, «ISO 17025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración,» 2005.
- [2] NCh, «ISO 9001 Sistemas de gestión de la calidad,» Chile, 2015.
- [3] EASA, «AR-100 Práctica recomendada para la reparación de máquinas eléctricas rotativas,» 2015.
- [4] NCh, «2451 Guía para la elaboración de certificados de calibración,» 1999.
- [5] INN, «<http://www.inn.cl/acreditacion>,» [En línea].
- [6] EASA, «<https://www.easa.com/>,» [En línea].
- [7] Consultora. AETS. sudamérica, «Estudio de mercado de motores eléctricos en Chile,» Santiago, Chile, 2010.
- [8] C. Chile, «Resumen ejecutivo, LICITACIÓN PÚBLICA N° 16/1770 – SRM: N° 4000006378,» 2016.
- [9] EASA, «Lista de Comprobación de la Auditoría de Certificación de EASA con Explicaciones de los Criterios de Evaluación,»
Available:
https://www.easa.com/sites/files/resource_library_public/EASA_Accreditation_Checklist_wExplanations_S
- [10] [1]EASA AR100, 2015.
- [11] [2]EASA AR200, 2011.
- [12] [4] SEC ; PLIEGO TECNICO NORMATIVO, N03.
- [13] [3] Schneider-Electric Cuaderno tecnico N 158.
- [14] [5] SEC; PRESENTACION DE PROYECTOS RTIC N° 17, 2006.

[15] [6], ISO 17025.

A Tablas pruebas EASA

A.1 Pruebas de alta tensión (HIPOT) con C.A para motores AC

Tabla A-1 Pruebas de alta tensión HIPOT usando corriente alterna en bobinados nuevos

Tipo de máquina	Valor eficaz de la tensión C.A de prueba	
	Bobinado del estator	Bobinado del rotor
Máquinas de inducción de C.A y máquinas sincrónicas no excitadas		
Motores de potencia nominal menor o igual a 0.5 [HP], generadores de potencia nominal igual o menor a 373[W](o equivalente) y que funcionan con una tensión:	1000[V]	1000[V] + 2 veces la tensión secundaria
a) Menor o igual que 250[V]		
b) Mayor que 250[V]	1000[V] + 2 veces la tensión nominal de la máquina	
Motores de potencia nominal mayor a 0.5 [HP], generadores de potencia nominal mayor a 373[W] (o equivalente) y para ciclo de trabajo:		
A)No reversible		
b) Reversible		1000[V] + 4 veces la tensión secundaria

A.2 Pruebas de alta tensión (HIPOT) con C.A para motores CC

Tabla A-2 Pruebas de alta tensión HIPOT usando corriente alterna en bobinados nuevos

Motores y generadores de corriente continua	Devanado de campo	Devanado de armadura
Con devanados de campo o devanados de armadura de tensión nominal menor o igual a 35[V]	500[V]	
Motores de potencia nominal menor o igual a 0.5[HP], generadores de potencia nominal menores que 250 [W] y que funcionan con una tensión:	1000[V]	
a) Menor o igual a 240[V]		
b) Mayor que 240[V]	1000[V] + 2 veces la tensión nominal de la máquina	
Motores de potencia nominal mayor que 0.5[HP] y generadores de potencia nominal mayor o igual a 250[W]		

A.3 Pruebas de alta tensión (HIPOT) con C.C para motores AC

Tabla A-3 Pruebas de alta tensión HIPOT usando corriente continua en bobinados nuevos

Tipo de máquina	Valor eficaz de la tensión C.A de prueba	
Máquinas de inducción de C.A y máquinas sincrónicas no excitadas	Bobinado del estator	Bobinado del rotor
Motores de potencia nominal menor o igual a 0.5 [HP], generadores de potencia nominal igual o menor a 373[W](o equivalente) y que funcionan con una tensión:	1700[V]	1000[V] + 3.4 veces la tensión secundaria
a) Menor o igual que 250[V]		
b) Mayor que 250[V]	1700[V] + 3.4 veces la tensión nominal de la máquina	
Motores de potencia nominal mayor a 0.5 [HP], generadores de potencia nominal mayor a 373[W] (o equivalente) y para ciclo de trabajo:		
A)No reversible		
b) Reversible		1700[V] + 6.8 veces la tensión secundaria

A.4 Pruebas de alta tensión (HIPOT) con C.C para motores CC

Tabla A-4 Pruebas de alta tensión HIPOT usando corriente continua en bobinados nuevos

Motores y generadores de corriente continua	Devanado de campo	Devanado de armadura
Con devanados de campo o devanados de armadura de tensión nominal menor o igual a 35[V]	850[V]	
Motores de potencia nominal menor o igual a 0.5[HP], generadores de potencia nominal menores que 250 [W] y que funcionan con una tensión:	1700[V]	
a) Menor o igual a 240[V]		
b) Mayor que 240[V]	1700[V] + 3.4 veces la tensión nominal de la máquina	
Motores de potencia nominal mayor que 0.5[HP] y generadores de potencia nominal mayor o igual a 250[W]		

A.5 Pruebas de alta tensión (HIPOT) con C.A para accesorios nuevos

Tabla A-5 Prueba alta de alta tensión (HIPOT) usando corriente alterna para accesorios nuevos

Accesorios	Tensión Nominal	Tensión de prueba C.A.
Termostatos	600 voltios	1000 voltios + 2 veces la tensión nominal del accesorio o la misma
Termocuplas o termopares Termistores Detectores de temperatura resistivos (RTDs)	50 voltios	tensión utilizada para probar la máquina, se escoge el menor valor.
Resistencias de calefacción	Todas	

A.6 Pruebas de alta tensión (HIPOT) con C.C para accesorios nuevos

Tabla A-6 Prueba alta de alta tensión (HIPOT) usando corriente continua para accesorios nuevos

Accesorios	Tensión Nominal	Tensión de prueba C.C.
Termostatos	600 voltios	1700 voltios + 3.4 veces la tensión nominal del accesorio o la misma
Termocuplas o termopares Termistores Detectores de temperatura resistivos (RTDs)	50 voltios	tensión utilizada para probar la máquina, se escoge el menor valor.
Resistencias de calefacción	Todas	