



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y  
TELECOMUNICACIONES**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**2022-2**

**DISEÑO DE LOS PROCESOS PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS EN MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE MOTORES DE INDUCCIÓN Y PARA EL DISEÑO Y  
CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA INGEL PARRA.**

**AUTOR: DANIEL VICENTE RAMIREZ CARDENAS**

**DIRECTOR: ING. YESID SANTAFÉ RAMÓN  
CO-DIRECTOR: ING. LEONARDO DAVID PARRA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA  
FECHA 16 DE DICIEMBRE 2022**

**DISEÑO DE LOS PROCESOS PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS EN MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE MOTORES DE INDUCCIÓN Y PARA EL DISEÑO Y  
CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS DE LA EMPRESA INGEL PARRA.**

**AUTOR: DANIEL VICENTE RAMIREZ CARDENAS**

**Trabajo de grado para optar por el título de:  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**DIRECTOR: M.Sc. YESID SANTAFÉ RAMÓN  
CO-DIRECTOR: ING. LEONARDO DAVID PARRA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA  
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA  
FECHA 16 DE DICIEMBRE 2022**

## **DEDICATORIA**

*“A Dios primero que todo por darme la inteligencia necesaria para avanzar en cada reto presentado durante este proceso y a mis padres Gabriel y Dorigen quienes han sido mi mayor fortaleza para culminar este proyecto. A mis hermanos en especial Emerzon que desde el cielo me ha guiado.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, por depositar en mí su sabiduría y su fuerza de voluntad para superar cada una de las pruebas en el camino y por permitirme culminar esta etapa de formación profesional.*

*A cada uno de los docentes que hicieron parte de mi formación académica, en especial a mi director y co-director de tesis, el profesor Yesid Santafé y Leonardo David Parra, por sus orientaciones, constancia y dedicación a lo largo del desarrollo de este proyecto.*

*A mi familia por depositar en mí toda su confianza, apoyo y motivación a lo largo de esta etapa de mi vida.*

*A todos mis compañeros con los que compartí este camino, en especial a mi grupo de trabajo académico pues ellos permitieron ampliar mis conocimientos.*

## RESUMEN

A través del presente informe se detalla cada una de las etapas de los procesos para mantenimiento de motores de inducción y diseño/construcción de tableros eléctricos de control y automatización que se desarrollan en la empresa; en primera instancia se consultó la normatividad propia acerca del diseño y construcción de tableros eléctricos, sumado a la información correspondiente a normatividad para la prestación del servicio en mantenimiento de motores de inducción.

En cuanto a los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción se creó un formato con el propósito de realizar un seguimiento a cada motor hasta que quede listo para la entrega al cliente. Por su parte en los procesos para el diseño y construcción de tableros eléctricos se creó un formato, donde se establece el paso a paso de las diferentes actividades a realizar que a su vez tiene la finalidad de disponer de un seguimiento del avance de las actividades; junto a ello se implementó un formato adicional acerca de algunas pruebas de rigor al producto terminado; garantizando que este haya quedado en óptimas condiciones para su uso final.

**Palabras claves:** Tablero eléctrico, motor eléctrico, procesos.

## **ABSTRAC**

Through this report, each of the stages of the processes for maintenance of induction motors and design/construction of electrical control and automation panels that are developed in the company are detailed; In the first instance, the own regulations on the design and construction of electrical panels were consulted, added to the information corresponding to regulations for the provision of maintenance services for induction motors.

Regarding the processes of preventive and corrective maintenance of induction motors, a format was created with the purpose of monitoring each motor until it is ready for delivery to the client. For its part, in the processes for the design and construction of electrical panels, a format was created, where the different activities to be carried out step by step are established, which in turn has the purpose of having a follow-up on the progress of the activities; Along with this, an additional format was implemented about some rigorous tests on the finished product; guaranteeing that it has been left in optimal conditions for its final use.

**Keywords:** Electrical panel, electric motor, processes.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                                                                                                               | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. Introducción .....                                                                                                                                                         | 13   |
| 2. Planteamiento del Problema .....                                                                                                                                           | 14   |
| 2.1 Definición del Problema y Justificación .....                                                                                                                             | 14   |
| 3. Objetivos.....                                                                                                                                                             | 15   |
| 3.1 Objetivo General .....                                                                                                                                                    | 15   |
| 3.2 Objetivos Específicos .....                                                                                                                                               | 15   |
| 4. Marco referencial .....                                                                                                                                                    | 16   |
| 4.1 Estado del arte .....                                                                                                                                                     | 16   |
| 5. Marco Teórico.....                                                                                                                                                         | 19   |
| 5.1 Motores de Inducción. ....                                                                                                                                                | 19   |
| 5.1.1 Potencia y Par en los Motores de Inducción. ....                                                                                                                        | 19   |
| 5.1.2 Clases de Diseño de los Motores de Inducción.....                                                                                                                       | 20   |
| 5.1.3 Fallas en Motores de Inducción. ....                                                                                                                                    | 21   |
| 5.1.4 Diagnóstico de Fallas en Motores de Inducción. ....                                                                                                                     | 22   |
| 5.2 Placas de características .....                                                                                                                                           | 24   |
| 5.3 Mantenimiento preventivo.....                                                                                                                                             | 25   |
| 5.3 Tablero Eléctrico .....                                                                                                                                                   | 26   |
| 5.3.1 Consideraciones de seguridad.....                                                                                                                                       | 26   |
| 6 Escenario de práctica laboral y descripción de actividades.....                                                                                                             | 29   |
| 6.1 Descripción y síntesis histórica de la Empresa .....                                                                                                                      | 29   |
| 7 Consultar la normatividad correspondiente para la prestación de servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos de la Empresa INGEL PARRA S.A.S .....              | 31   |
| 7.1 Selección de normas para la prestación de servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos en la Empresa INGEL PARRA. ....                                        | 32   |
| 8 Consultar normatividad correspondiente para la prestación de servicio en mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción de la Empresa INGEL PARRA S.A.S..... | 34   |
| 8.1 Selección de normas para la prestación de servicio en mantenimiento a motores de inducción en la Empresa INGEL PARRA. ....                                                | 35   |

|      |                                                                                                                                                                                                        |    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9    | Diseñar la documentación para verificar el seguimiento y cumplimiento del proceso para la prestación del servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos de la Empresa INGEL PARRA S.A.S..... | 36 |
| 9.1  | Planteamiento del paso a paso para la prestación del servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos de la Empresa INGEL PARRA.....                                                           | 36 |
| 9.2  | Etapas de Validación del Proceso Diseñado Para la Prestación del Servicio de Diseño y Construcción de Tableros Eléctricos por la Empresa INGEL PARRA .....                                             | 44 |
| 10   | Diseño de documentación del proceso para la prestación de servicio en mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción de la Empresa INGEL PARRA.....                                     | 45 |
| 10.1 | Planteamiento del Paso a Paso Para Prestación de Servicio en Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Motores de Inducción de la Empresa INGEL PARRA.....                                              | 45 |
| 10.2 | Etapas de validación de funcionamiento sobre el proceso diseñado para la prestación de servicio en mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción por la Empresa INGEL PARRA.....       | 51 |
| 11   | Impactos del proyecto .....                                                                                                                                                                            | 52 |
| 12   | Análisis de resultados .....                                                                                                                                                                           | 52 |
| 13   | Conclusiones y Recomendaciones.....                                                                                                                                                                    | 53 |
| 14   | Bibliografía.....                                                                                                                                                                                      | 53 |
| 15   | Anexos.....                                                                                                                                                                                            | 56 |
| 15.1 | Motores eléctricos .....                                                                                                                                                                               | 56 |
| 15.2 | Tableros eléctricos. ....                                                                                                                                                                              | 63 |
| 15.3 | Manuales de Diseño de Tableros Eléctricos- Mantenimiento a Motores Eléctricos de Inducción.....                                                                                                        | 69 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Tabla 1. Normas para elaboración de tableros eléctricos. ....</i> | <i>31</i> |
| <i>Tabla 2. Código de colores según norma NEMA. ....</i>             | <i>33</i> |
| <i>Tabla 3. Normas aplicadas a motores eléctricos. ....</i>          | <i>34</i> |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 9.1 Diagrama de flujo diseño y construcción de tableros eléctricos. Fuente: (Propia)                  | 37 |
| Figura 9.2 Marcación del cableado de control. Fuente: Propia.                                                | 39 |
| Figura 9.3 Marquillas en elementos y borneras de conexión a tablero eléctrico. Fuente: Propia                | 40 |
| Figura 9.4 Marcación en puerta de tablero eléctrico. Fuente: Propia                                          | 41 |
| Figura 9.5 Formato para revisión de tablero eléctrico terminado                                              | 43 |
| Figura 9.6 Diagrama de flujo de mantenimiento a motores de inducción                                         | 45 |
| Figura 9.7 Formato informe técnico de mantenimiento a motores eléctricos                                     | 51 |
| Figura 15.1 Motor eléctrico con bobinado en cortocircuito                                                    | 56 |
| Figura 15.2 Motor eléctrico con daño en rodamientos                                                          | 58 |
| Figura 15.3 Motor de corriente directa 300 hp-230V                                                           | 58 |
| Figura 15.4 Placa motor de corriente directa 300 Hp                                                          | 58 |
| Figura 15.5 Motor de 100 Hp listo para realizar conexonado                                                   | 59 |
| Figura 15.6 Medición de temperatura con termómetro infrarrojo                                                | 60 |
| Figura 15.7 Medición de temperatura con cámara termográfica                                                  | 60 |
| Figura 15.8 Estetoscopio industrial                                                                          | 61 |
| Figura 15.9 Medidor de vibraciones WINTACT WT63B                                                             | 61 |
| Figura 15.10 Kit para montaje de rodamientos                                                                 | 62 |
| Figura 15.11 Calentador por inducción                                                                        | 62 |
| Figura 15.12 Gabinete en construcción                                                                        | 63 |
| Figura 15.13 Tablero eléctrico alternancia de 2 electrobombas vista lateral                                  | 63 |
| Figura 15.14 Proceso de elaboración de tablero eléctrico alternancia de 2 electrobombas                      | 63 |
| Figura 15.15 Distribución e instalación de elementos del tablero eléctrico                                   | 65 |
| Figura 15.16 Parte de control del tablero eléctrico                                                          | 66 |
| Figura 15.17 Prueba a tablero eléctricos, sistema de presión constante con alternancia de tres electrobombas | 68 |
| Figura 15.18 Tablero eléctrico terminado                                                                     | 69 |

## **1. Introducción**

El siguiente informe es la compilación de las actividades desarrolladas en la práctica empresarial en la empresa INGEL PARRA S.A.S, como apoyo profesional en el área de mantenimiento general y administrativo. Se dispone de toda la información correspondiente a los servicios que se ofrecen, como lo es el mantenimiento preventivo y correctivo eléctrico, sumado a el diseño y elaboración de tableros eléctricos. Se dará a conocer los procesos diseñados y elaborados para disponer de un compendio de paso a paso de todas las etapas que corresponden a la ejecución de las labores antes mencionadas. Es de resaltar que el objetivo central es desarrollar los procedimientos aplicados a los procesos involucrados y delimitados en los objetivos específicos, dado que la empresa ofrece servicios adicionales que están excluidos en el presente informe.

Se involucran aspectos generales acerca de la empresa, tales como misión, visión y objetivos. Finalmente se presentan los resultados alcanzados y las diferentes guías y formatos propuestos para su previa aprobación e implementación con el objeto de abordar y mejorar las oportunidades de mejora encontradas al interior de la empresa. (Parra, 2017)

## **2. Planteamiento del Problema**

### **2.1 Definición del Problema y Justificación**

En la actualidad se vienen presentando eventos adversos dentro de las actividades que desarrolla la empresa, tales como pérdida en la secuencia del proceso de mantenimiento; por lo cual se han encontrado retrasos en el desarrollo de las actividades afectando el tiempo de entrega del equipo que conlleva a incrementar los costos para la empresa.

Para el caso de diseño y construcción de tableros eléctricos se han presentado inconvenientes con respecto al orden o seguimiento de pasos a realizar para la construcción de los tableros eléctricos, llegando a generar costos adicionales y contra tiempos de entrega y afectaciones de las actividades que se estén realizando simultáneamente. En su etapa inicial se dispone de investigar de forma profunda acerca de la normatividad correspondiente a el mantenimiento eléctrico de motores de inducción y en relación a el diseño de tableros eléctricos.(Parra, 2017)

Para dar solución al problema planteado se elaboró los procesos que permiten mejorar la cadena de secuencia de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción y diseño y/o construcción de tableros eléctricos desarrolladas por la empresa INGEL PARRA SAS. Con la implementación de los procesos diseñados se cumple la finalidad de lograr que la empresa INGEL PARRA SAS mejore la calidad de su servicio, aumentando la confianza de sus clientes, además esto impacta de manera positiva en el área operativa, evitando retrasos en los procesos del personal técnico con el cumplimiento de sus actividades, reduciendo los costos de cada actividad en la búsqueda de direccionar la obtención de estándares de calidad. (Parra, 2017)

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Diseñar los procesos para la prestación de servicios en mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción y para el diseño y construcción de tableros eléctricos de la empresa de INGEL PARRA.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Consultar normatividad correspondiente para la prestación del servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos de la empresa INGEL PARRA.
- Consultar la normatividad correspondiente para la prestación del servicio en mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción de la empresa INGEL PARRA.
- Diseñar la documentación para verificar el seguimiento y cumplimiento del proceso para la prestación de servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos de la empresa INGEL PARRA.
- Diseñar la documentación para verificar el seguimiento y cumplimiento del proceso para la prestación de servicio en mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción de la empresa INGEL PARRA.

## 4. Marco referencial

### 4.1 Estado del arte

En este apartado se contemplan algunos documentos de investigación y profundización más relevantes de la bibliografía disponible sobre el tema de estudio, que permite compilar diversos puntos de vista conceptuales, metodológicos con el propósito de garantizar un proceso analítico, comparativo y constructivo en el presente proyecto.

Jiménez, B y Vanegas, R. “Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo de los bancos de motores de inducción y síncronos del laboratorio de máquinas eléctricas de la C.U.T.B” (2003). Estos autores llevaron a cabo una investigación en los laboratorios de máquinas eléctricas de la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar – CUTB, donde se realizaron mejoras en los bancos de prueba de inducción y síncrono, implementándole un plan de mantenimiento preventivo y predictivo con el tiempo adecuado en el que se deben realizar cada uno de ellos. (Belisario Jimenez Marrugo, 2003)

Tesis: Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo de los bancos de motores de inducción y síncronos del laboratorio de máquinas eléctricas de la C.U.T.B

Autores: Belisario Jiménez Marrugo, Rolando Vanegas Puello.

Año: 2003

Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar

Delgadillo, L y Chino, J. “Diagnóstico del mantenimiento a motores jaula de ardilla aplicando tecnología de termografía infrarroja” (2013). Este trabajo fue realizado por estudiantes del Instituto Politécnico Nacional- Escuela Superior de Ingeniería Mecánica de México donde se investigó sobre la aplicación potencial de la termografía, para lo cual se implementó un mantenimiento predictivo, y estudio de costo-beneficio conforme al uso de la termografía determinando un bajo costo conforme a los resultados que se obtienen. (Luis Antonio Delgadillo Olvera, 2013)

Tesis: Diagnóstico del mantenimiento a motores jaula de ardilla aplicando tecnología de termografía infrarroja.

Autores: Delgadillo Olvera Luis Antonio, Joaquín Chino Vicente.

Año: 2013

Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (México D.F.)

Cardozo, C. “Diseño y construcción de un tablero de control aplicable a una estación de combustibles líquidos” (2011). El autor diseñó y construyó un tablero que al ser instalado en una estación de servicio permite unificar el manejo automático de los surtidores y dispensadores a distancia, de igual manera, se diseñó un tablero de control teniendo en cuenta la carga de la Estación de Servicio, este diseño se implementó satisfactoriamente. (Carlos Alfredo Cardozo Galvis, 2011).

Tesis: Diseño y construcción de un tablero de control aplicable a una estación de combustibles líquidos.

Autor: Carlos Alfredo Cardozo Galvis.

Año: 2011

Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.

Martínez, L. “Diseño de barras y tablero de distribución eléctrica secundaria, para mejorar la capacidad de carga en la Universidad Técnica de COTOPAXI- LA MANÁ año 2012” (2014). Como resultado de este trabajo de investigación el autor presenta un diseño de barras teniendo en cuenta la demanda eléctrica de la Institución, además se diseñaron nuevas instalaciones eléctricas y tablero secundario donde se balancearon y sobredimensionan las cargas viéndose la necesidad de instalar una planta eléctrica para cortes de energía que se presentaban. (Luis David Martínez Reyes, 2014). Tesis: Diseño de barras y tablero de distribución eléctrica secundaria, para mejorar la capacidad de carga en la universidad técnica de Cotopaxi- la Maná año 2012.

Autor: Luis David Martínez Reyes.

Año: 2014

Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná-Ecuador

Flórez, W. “Metodología para el diseño de tableros de control y protección para subestaciones de alta tensión en Colombia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas- (2019). Como objetivo esperado se postuló desarrollar la metodología para el diseño y puesta en marcha de tableros de control y protección para subestaciones de alta tensión, que involucre disponer de forma clara que tipos de configuraciones se adapten a los requisitos normativos y técnicos estipulados para las compañías de suministro eléctrico nacional. Como resultado final se obtiene el procedimiento general que involucra tanto la parte eléctrica y mecánica básica de tableros de control y protección en alta tensión. Dentro del marco operativo también se logró desarrollar el procedimiento para puesta en marcha aplicado a las diferentes configuraciones analizadas y seleccionadas en pasos anteriores. Como recomendación a resaltar, para el desarrollo de una metodología que se adapte a las necesidades propias de la empresa implica crear una base de datos, donde se disponga de información relacionada a las órdenes de trabajo ejecutadas por la misma. Esto conlleva a filtrar y direccionar todos los paso a paso del procedimiento esperado para realizar los diseños del producto final. (William Alberto Florez Franco, 2019).

Tesis: Metodología para el diseño de tableros de control y protección para subestaciones de alta tensión en Colombia.

Autor: William Alberto Flórez franco.

Año: 2019

Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Glowacz, A. Zygfryd. "Diagnóstico de fallas en el estator del motor de inducción monofásico usando imágenes térmicas (2016)". Para el desarrollo de este trabajo se propuso algunas técnicas de diagnóstico de fallas en motores de inducción monofásicos. Relacionado a las técnicas empleadas se basan en el reconocimiento de imágenes térmicas. A su vez se realizó la medición y análisis de 3 estados del motor de inducción monofásico. Para la extracción de las características de las fallas se empleó dos alternativas, mediante imágenes térmicas y el método por histograma de imagen con el objeto de formar vectores de características. Estas técnicas de diagnóstico de fallas descritas en el desarrollo del proyecto brindan bastante fiabilidad en sus resultados, cabe resaltar que para el presente estudio se involucró el hecho de realizar las pruebas de diagnóstico con las máquinas en modo operativo, esto conlleva a resultados bastante cercanos a la realidad. (Glowacz & Glowacz, 2016).

Tesis: Diagnóstico de fallas en el estator del motor de inducción monofásico usando imágenes térmicas.

Autor: Adam Glowacz, Zygfryd Glowacz.

Año: 2016

Universidad de Ciencia y Tecnología, Departamento de Automática e Ingeniería Biomédica, Mickiewicza, Cracovia, Polonia.

Singh G. "Diagnóstico basado en termografía infrarroja de falla entre vueltas y falla del sistema de enfriamiento en un motor de inducción trifásico (2017)." La propuesta planteada por el autor es integrar la termografía empleada para detectar las anomalías en los motores de inducción, desde el aspecto de involucrar el diagnóstico de la falla, dado que normalmente la normativa indica las pautas para este tipo de diagnóstico enfocado sólo en el punto de acceso. Para ello se delimitó a fallas entre vueltas y la falla del sistema de enfriamiento que provocan calentamiento del estator. Según la Asociación Internacional de Pruebas Eléctricas (NETA), se propone realizar un procedimiento de análisis de datos térmicos que toma en cuenta de dos indicadores del perfil térmico; estos ayudan a diagnosticar correctamente las fallas antes mencionadas.

El trabajo fue validado experimentalmente y se destaca por la efectividad del algoritmo empleado en este tipo de motores. Posterior a ello se realizó experimentos repetidos en cinco muestras diferentes arrojando resultados consistentes y repetibles para todos los casos. Con la implantación de los indicadores propuestos T3fh and T10fh ayudan en el diagnóstico efectivo de las dos fallas, mediante el análisis de sus distribuciones térmicas. (Singh & Naikan, 2017)

Tesis: Diagnóstico basado en termografía infrarroja de falla entre vueltas y falla del sistema de enfriamiento en un motor de inducción trifásico.

Autor: Gurmeet Singh, V.N.A. Naikan.

Año: 2017

Escuela de Calidad y Confiabilidad, Lit Kharagpur, India.

## **5. Marco Teórico.**

### **5.1 Motores de Inducción.**

Este tipo de motor tiene físicamente el mismo estator que una máquina síncrona, con su variante en la construcción del rotor. Existen dos tipos diferentes de rotores de motores de inducción que se pueden emplear dentro del estator. Uno denominado rotor de jaula de ardilla o rotor tipo jaula y otro llamado como rotor devanado. En el caso de un rotor tipo jaula este consta de una serie de barras conductoras con disposición dentro de las ranuras labradas en la cara del rotor y en cortocircuito en uno de los extremos a través de anillos de cortocircuito. En cuanto al rotor tipo devanado, este tiene un conjunto completo de devanados trifásicos, generalmente conectados en Y, y sus extremos de los tres alambres del rotor están unidos a los anillos rozantes en el eje del rotor. Es decir, que los devanados del rotor están en cortocircuito por medio de escobillas sobrepuestas en los anillos rozantes. Debido a esto, este tipo de rotor tiene corrientes en el rotor accesibles en las escobillas del estator, donde se pueden revisar y a su vez es posible insertar una resistencia extra en el circuito del rotor, sacando ventaja de esta particularidad para llegar a modificar la característica par-velocidad del motor. Por disponer de escobillas y anillos rozantes estos últimos tipos de rotores requieren mayor mantenimiento debido al desgaste producido en las piezas antes mencionadas.(Stephen J. Chapman, 2005)

Operativamente los motores de inducción son bastante similares a los motores síncronos con devanados de amortiguamiento. Para poder desarrollar el par inducido en el motor de inducción, se aplica un conjunto trifásico de voltajes al estator y fluye de él un conjunto trifásico de corrientes. Por ende, estas corrientes producen un campo magnético que gira en sentido contrario al de las manecillas del reloj, y a su vez pasa sobre las barras del rotor e induce un voltaje en ellas; este voltaje inducido en el rotor produce el movimiento relativo del rotor en comparación con el campo magnético del estator. Lo anterior, tiene como resultado la generación de un flujo de corriente hacia afuera de las barras superiores y hacia adentro de las barras inferiores. Este flujo de corriente en el rotor produce un campo magnético en el rotor. El par resultante va en sentido contrario al de las manecillas del reloj, debido a esto el rotor acelera en esa dirección. (Stephen J. Chapman, 2005)

Por lo anterior, se tiene que un motor de inducción puede acelerar hasta llegar cerca a la velocidad síncrona, pero no llegar exactamente a ella. En estos casos, en operación normal los campos magnéticos en el estator y rotor giran a velocidad síncrona, mientras que el rotor gira a una velocidad inferior. Es de resaltar que un motor de inducción funciona por medio de la inducción de voltajes y corrientes en el rotor de la máquina y por tal motivo a veces se les denomina transformador rotatorio.

#### ***5.1.1 Potencia y Par en los Motores de Inducción.***

De manera general este tipo de motor son máquinas de una sola excitación, por ende, sus relaciones de potencia y par difieren de los demás tipos de motores. Puesto que una vez se restan a la potencia de entrada al motor, aquellas denominadas como pérdidas en el cobre del rotor/estator y en el núcleo, la potencia restante se convierte de su forma eléctrica a mecánica. Según lo anterior se tiene que el hecho de que el par inducido en una máquina está definido como el par generado por dicha transformación de eléctrica a mecánica, este va a diferir del par realmente disponible en los terminales del motor por una cantidad igual a los pares de fricción y de rozamiento con el aire en la máquina. (Stephen J. Chapman, 2005) (Jesus Fraile Mora, Tobergte & Curtis, 2016)

### **5.1.2 Clases de Diseño de los Motores de Inducción.**

A partir de modificar las características del rotor de los motores de inducción, se puede producir distintas curvas de par-velocidad. Para brindar una ayuda al sector industrial la NEMA y la IEC han definido una serie de diseños estándares con diferentes variantes en el par-velocidad. A estos se les llama clases de diseño. A continuación, se describen las características más relevantes distintivas de cada clase estándar de diseño. (Stephen J. Chapman, 2005)(Castro, 2004)

**DISEÑO CLASE A.** Son de diseño estándar, con un par de arranque normal, con corriente de arranque normal y un bajo deslizamiento. En esta clase el deslizamiento a plena carga debe ser menor 5%. El par máximo es de 200 o 300% del par a plena carga. Una desventaja en esta clase de arranque es su extremadamente alta corriente de irrupción en el arranque. Esta corriente varía entre un 500 a 800% de la corriente nominal. Empleados por lo general en ventiladores, sopladores, bombas, tornos y otro tipo de máquinas herramientas.

**DISEÑO CLASE B.** En este caso disponen de un par de arranque normal, con una corriente de arranque más baja y un bajo deslizamiento. Con un par de arranque similar a lo de los Clase A con 25% menos de corriente. En cuanto al par máximo es mayor o igual a 200% de su par de carga nominal, pero menor al de diseño clase A esto debido al incremento de la reactancia del rotor. El deslizamiento del rotor es bajo (menor al 5%) a plena carga. Son utilizados muy similar al Clase A, aunque por preferencia se opta por este tipo al requerir menos corriente de arranque. (Stephen J. Chapman, 2005)

**DISEÑO CLASE C** Presentan un par de arranque alto con corrientes de arranque bajas y deslizamiento bajo (menos de 5%) a plena carga. Por su parte el par máximo es un poco mayor al de los motores de clase A, por parte del par de arranque es hasta 250% del par a plena carga. Estos están contruidos con rotores de doble jaula, incrementando su valor constructivo. Se utilizan para cargas con alto par de arranque; bombas, compresores o bandas transportadoras.

**DISEÑO CLASE D** Tienen un par de arranque muy alto (275% o más del par nominal) y una baja corriente de arranque, con alto deslizamiento a plena carga. La alta resistencia del rotor desplaza el par pico a una velocidad muy baja. Aportando el par más alto a velocidad cero (100% de

deslizamiento). Utilizados en aplicaciones que requiere la aceleración de cargas con inercias muy altas, como en troqueladoras o cortadoras. (Stephen J. Chapman, 2005)(Castro, 2004)

### **5.1.3 Fallas en Motores de Inducción.**

Dentro de un proceso industrial este tipo de motores de inducción son pieza fundamental por sus diferentes ventajas; robustez, bajo costo, de fácil mantenimiento y su alta versatilidad hace que sean bastante populares en los diferentes procesos a nivel industrial, y porque no mencionar que también como artefactos caseros. Pese a lo anterior, presentan sus limitaciones y si son excedidos en su operación resultará en presentar fallas prematuras bien sea en el estator o rotor. Para el caso del estator lo más común son fallas por cortocircuito entre espiras, iniciando en pocas espiras que va deteriorándose a mayor nivel con el tiempo. (Fernando Villada, 2007)(Dario Díaz, Rodrigo Díaz, Martha Cecilia Amaya, 2010)

**Fallas en las bobinas del estator.** La mayoría de las fallas que se presentan en un motor de inducción están relacionadas con daños en el estator producidos por deterioro del aislamiento de las bobinas. Esto conlleva a calentamiento, sobretensiones, movimiento de las bobinas, corrientes elevadas, lo anterior puede dar como resultado en cortocircuitos entre bobinados de diferentes fases o entre los bobinados y tierra. (Fernando Villada, 2007)

#### **Causas típicas de la falla en las bobinas del estator trifásico:**

- a) **Operación entre 2 fases.** Esta falla es el resultado de la operación cuando una fase del sistema de potencia se abre (falla). Esto normalmente ocurre por un fusible quemado, contactor abierto, problemas en las líneas o conexiones deterioradas.
- b) **Corto circuito entre fases.** Sucede en el aislamiento causada por la presencia de contaminantes, materiales abrasivos, vibración o picos de voltaje.
- c) **Corto circuito entre espiras.** Típicamente es causada por la presencia de contaminantes, vibración o picos de voltaje.
- d) **Falla por desbalances de voltaje.** El deterioro térmico del aislamiento en una fase del bobinado conlleva a desbalances en los voltajes. Esto es causado por desbalances de cargas en el sistema eléctrico, conexiones deficientes en los terminales del motor o alta resistencia en contactos.
- e) **Falla por sobrecarga.** Causado típicamente por demandas de carga que exceden la potencia del motor.
- f) **Falla por rotor bloqueado.** Esto conlleva a un deterioro térmico del aislamiento causado por corrientes excesivamente altas debido a la operación a rotor bloqueado o semi-

bloqueado, debido a falla en rodamientos. Aunque puede presentarse por arranques o reversión de giro excesivos (fuera del rango permitido). (Fernando Villada, 2007)(Castro, 2004)

#### **5.1.4 Diagnóstico de Fallas en Motores de Inducción.**

Un factor que influye negativamente en el deterioro en los motores de inducción que conllevan a fallas se encuentran las suspensiones del servicio eléctrico imprevistas, especialmente en aquellas industrias donde se llevan a cabo procesos continuos, en materia de diagnóstico por lo general se dispone de métodos para el diagnóstico de averías y fallas en este tipo de motores. (Glowacz & Glowacz, 2016)

Los diagramas de identificación (esquemas y datos referentes a conexiones y cableado) son esenciales para el diagnóstico de averías. Si se precisa una mayor eficacia se debe emplear un método adecuado para la identificación de los componentes en los sistemas de potencia y control del equipo eléctrico. Esto involucra un conjunto de documentos de los cuales destaca los dibujos y planos, programas y reglas correlacionados para simplificar la descripción del tipo de funcionamiento del equipo y sus componentes y circuitos equivalentes. (Castro, 2004)

**Diagnóstico en línea en motores de inducción.** Tiene como finalidad permitir la detección de problemas que terminan en fallas en los devanados con el motor operando en línea y bajo condiciones de carga nominal. Por su parte se puede realizar el monitoreo térmico de componentes por termografía; según por normativa NEMA indica que por cada 10°C que se opere el motor por encima de su valor límite de temperatura de operación, la vida útil del aislamiento se reduce a la mitad, por lo cual con este monitoreo térmico se obtiene un mapa de temperaturas externas del motor, llegando a detectar los puntos máximos de temperatura y disponer de las posibles causas.

Dentro del diagnóstico en línea también se emplea el análisis de la potencia eléctrica de suministro, estas se basan en el análisis y medición simultánea de las señales de voltaje y corriente de alimentación al motor, con ello se identifica desbalances de voltajes, picos de voltaje, niveles inadecuados de armónicos y fallas en el devanado del estator. La eficiencia del motor también es un dato relevante, de igual forma a la potencia que está entregando el equipo y así determinar cuando el motor está sobrecargado. (Gustavo Saul, 2009)

Otro aspecto a tener en cuenta es el análisis de corrientes de fase, este método no invasivo que se basa en el análisis de los espectros en frecuencia de alta resolución de la corriente de alimentación del motor en operación bajo condiciones de carga nominal. Permite detectar diversas condiciones de falla como la ruptura de barras del rotor, grietas en anillos de cortocircuito de la jaula, falsos contactos en soldaduras de la jaula, desbalances magnéticos y porosidades en la fundición del rotor. Este tipo de detección se basa en el análisis del espectro de las corrientes de fase en el dominio de la frecuencia, aplicando la transformada rápida de Fourier (FFT). Otros tipos de pruebas realizadas

en línea son: prueba de potencia, de alta y baja resolución, prueba de excentricidad, prueba de demodulación y prueba de arranque. (Gustavo Saul, 2009)

**Diagnóstico fuera de línea en motores de inducción.** Para estas pruebas es necesario retirar el motor de servicio, aplicando diferentes tensiones a la máquina y a su vez tomando medidas para generar parámetros que permitan emitir un diagnóstico con tendencias de comparación. En su mayoría de pruebas fuera de operación van orientadas a su sistema aislante. Estas condiciones del sistema de aislamiento del motor definen la vida restante de la máquina.

Entre estos se dispone del ensayo de resistencia de bobinados, con ello se determina la resistencia óhmica de los devanados de cada fase. Consiste en aplicar una corriente continua a través del bobinado, a tensión relativamente baja mientras se va registrando la tensión resultante en los bornes y así calcular la resistencia de bobinado por ley de ohm. Este valor es afectado por la variación de la conductividad del cobre con la temperatura. En caso de corto entre vueltas del bobina, la resistencia será menor a la nominal.

Prueba de resistencia de aislamiento o prueba de Megohm, que consiste en medir la resistencia del aislamiento eléctrico entre los conductores de cobre y el núcleo del estator. Debería ser infinita, pero en realidad tiene valor finito, generalmente cuanto menor es el valor de la resistencia, mayor es la probabilidad de presentar falla. Entre las posibles causas de presentarse falla en el aislamiento se indican; por fatiga eléctrica, mecánica, ataque químico, fatiga térmica o contaminación ambiental, en esta última involucra desde agentes como la humedad por procesos hasta la humedad por el ambiente del entorno. (Gustavo Saul, 2009)

Prueba de índice de polarización y absorción dieléctrica, denominada IP. Esta una variante de la prueba de resistencia del aislamiento. Esta prueba ayuda a determinar el estado del aislamiento y mide el tiempo requerido que emplean las moléculas del aislamiento para polarizar (alinearse) y resistir el flujo de corriente, debido que al aplicar un voltaje estos se orientan para evitar el flujo de corriente. Con este indicador permite la interpretación más independiente de la temperatura. Ya que esta es la relación entre la resistencia de aislamiento en dos instantes diferentes. Es decir, el IP es relativamente insensible a la temperatura. Que a su vez permite usar la corriente de absorción como una medida para observar si las corrientes de fuga y de conducción son excesivas. (Gustavo Saul, 2009)

Otro método para determinar el estado del aislamiento es el de la prueba de aislamiento por incremento de voltaje, la idea es ir incrementando los niveles de tensión e ir comparando su comportamiento en cada uno de estos niveles, con el propósito que la corriente también aumente, pero con la resistencia de aislamiento en un valor constante. La información suministrada con esta prueba consiste en extraer a partir de la gráfica de resistencia de aislamiento con el tiempo, poder comparar los tramos obtenidos a los diferentes niveles de tensión. Para un aislamiento en buen

estado la estructura será similar, por el contrario, si presenta deterioro sufrirá deformaciones conforme aumenta el valor de la tensión empleada. Si sucede una disminución en el valor de la resistencia del aislamiento indica imperfecciones o fracturas del aislante que se puede ver comprometido en ambientes húmedos.

Como prueba adicional se tiene la de impulso, normalmente empleada para detectar el tipo de fallas como; aquellas que inician como cortos entre espiras dentro de las bobinas, generando puntos calientes que degradarán el aislamiento en vueltas adyacentes hasta llevar al fallo total de la bobina y finalmente del motor. Este tipo de falla puede tomar tiempo para manifestarse como falla a tierra, por ende, la prueba de resistencia de aislamiento no puede detectarla. Para ello se emplea la prueba de comparación de pulsos, detectando estos defectos en el aislamiento, espira a espira, bobina a bobina o fase a fase. A profundidad este ensayo se encuentra descrito en la norma IEEE 522-2004 que consiste en aplicar un impulso de tensión relativamente alto a la bobina del motor, con ello los pulsos reflejados resultantes son la respuesta de la inductancia de la bobina. (Gustavo Saul, 2009)

El reto implica poder determinar si se produce una perforación en el aislamiento, aunque esto puede detectarse cuando se observa que la resistencia de aislamiento baja a cero. En el caso de una perforación entre espiras no produce este efecto ya que solo representa una porción pequeña del total de la aislación. La imperfección se detecta porque se produce un cambio en la impedancia del circuito y por consiguiente la frecuencia de resonancia se ve modificada. (Gustavo Saul, 2009)

## **5.2 Placas de características**

Dentro de los diferentes conceptos de carácter general en máquinas rotativas se tiene: clase térmica, forma, tensión de trabajo etc. Estas características se indican en las placas de identificación de las máquinas eléctricas rotativas con base en el punto de plena carga de la máquina y en las condiciones específicas arrojadas por el fabricante: (Suarez, 2020)

- -15 a 40 °C de temperatura ambiente
- Instalado a <1000 metros de altura

A continuación, se describen aquellas variables que se indican en las placas y que permiten identificar el tipo de máquina y sus características principales.

a) **Marca, modelo y número de serie.**

Indica el fabricante del motor, tamaño y forma constructiva; información relevante para su respectiva solicitud de repuestos y su reemplazo si es necesario.

b) **Tensión nominal.**

Define el valor y tipo de la tensión de alimentación que la red o el variador introducen en el motor; tensiones normalizadas a frecuencia de 60 Hz, (220V, 380V, 440V, 690V).

Para los bobinados trifásicos pueden operar en todos los casos con dos tensiones de alimentación, lo anterior en función de la conexión de sus fases en la caja de bornes.

c) Conexionado.

Este apartado es bastante relevante, y se tiene dos tipos de conexión (estrella para niveles de tensión elevados) y triángulo para baja tensión. Según sea el tipo de conexionado, en las placas se encuentran los bornes de alimentación del circuito de potencia y elementos auxiliares, en algunos casos se disponen en cajas auxiliares y no en la principal.

d) Intensidad.

Especifica el valor que necesita como corriente nominal, en amperios, este valor es a tensión y potencia nominal, a plena carga.

e) Potencia nominal.

Ha operación nominal, el motor consume la corriente nominal de plena carga y entregando su máxima eficiencia. Es decir, opera a potencia nominal. La potencia indicada en la placa es la potencia mecánica entregada al eje de la máquina. Para ello la potencia activa en un motor trifásico de inducción se calcula con la siguiente expresión. (Suarez, 2020)

$$P(W) = \sqrt{3} * V * I * \cos(\varphi) \text{ Ecuación 1}$$

### 5.3 Mantenimiento preventivo

En la literatura se encuentran diversas definiciones de mantenimiento preventivo, para finalidad del presente documento se tomará como, “un componente importante en la operatividad de una planta industrial que se ve reflejado probablemente el mayor esfuerzo dentro de la empresa”. (Daniel Aller Mata, 2008). Además, el mantenimiento es el cuidado y servicio realizado para mantener la maquinaria en un estado de operación satisfactorio, que se logra mediante una inspección secuencial que posibilita la detección y corrección de fallas previas a la ocurrencia o antes de que sucedan cambios en el estado operativo del equipo. Como objetivos del mantenimiento preventivo se tienen: (Daniel Aller Mata, 2008)

1. Asegurar y prolongar la vida útil de los equipos de producción.
2. Reducir el tiempo durante el cual el equipo presenta la falla.
3. Realizar efectivamente un programa organizado de mantenimiento.
4. Reducir las pérdidas productivas debidas a fallas en las máquinas eléctricas.
5. Promover la seguridad y orden.

De forma general este tipo de mantenimiento debe estar orientado a la rentabilidad y viabilidad económica de la empresa. A continuación, se describen las acciones de mantenimiento preventivo clasificadas de acuerdo con su naturaleza:

**Inspección:** Ejecutada de forma periódica en equipos y sus elementos, determina su estado comparando sus características físicas, eléctricas, mecánicas a través de estándares establecidos.

**Servicio:** Limpieza, lubricación, carga y preservación periódica de los elementos y materiales que integran la máquina para prevenir fallas.

**Calibración:** Determina el proceso que certifica si la medida obtenida por un instrumento estándar es compatible con lo esperado y que es apto para su uso, con el fin de evitar desviaciones en los procesos de análisis y reducir costos.

**Prueba:** Determina periódicamente el estado de funcionamiento de una máquina y detecta la degradación mecánica y eléctrica.

**Instalación:** Etapa que describe el reemplazo de las partes averiadas de la maquinaria, en el momento adecuado para lograr las tolerancias específicas del sistema. (Daniel Aller Mata, 2008)

### **5.3 Tablero Eléctrico**

Caja o gabinete de una instalación, que concentran dispositivos de protección, maniobra, comando, conexión, medición y señalización, desde los cuales se puede proteger y operar toda la instalación para cumplir una o más funciones específicas dependiendo del uso final, que deben proveer un alto nivel de seguridad y confiabilidad en la protección de las personas e instalaciones. (Stephany Parra Alemán, 2016)

#### **5.3.1 Consideraciones de seguridad**

Los tableros eléctricos deben de contar con un medio adecuado para aterrizar todos los cables de entrada y salida. Disponer de soportes para apertura que garanticen mantener la puerta abierta para el personal operativo. Debe disponer de barreras internas en el frente de los seccionadores y/o fusibles para evitar contactos.

Para el diseño y elaboración de tableros eléctricos se debe tener en cuenta la normatividad estipulada para garantizar su buen funcionamiento cuando ya se energice. Con el cumplimiento de las normas se garantiza al usuario su bienestar y seguridad, durabilidad a la composición de los materiales y seguridad en los elementos de este.

Según el RETIE, indica los siguientes lineamientos que se deben de tener en cuenta sobre las características de tableros eléctricos.

Para las tapas como el cofre de los tableros tipo armario, deben ser contruidos con lamina de acero, donde este soporte los esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos a que pueden ser sometidos, el

tablero solo puede tener puerta de la parte frontal para el acceso. Los encerramientos de los tableros eléctricos deben garantizar una protección contra solidos no mayores a 12.5 mm. Adicional a ello se debe tener en consideración la humedad y corrosión a los que se van a someter según sea el ambiente para instalar. (RETIE, 2013)

#### **Partes conductoras de corrientes en tableros eléctricos.**

Se debe tener en cuenta ciertas partes destinadas a conducir la corriente dentro de los gabinetes como lo son:

- Las partes fijas conductoras de corriente con régimen normal, no se deben construir con materiales de hierro o acero, en preferencia que sean de cobre o aluminio.
- Los barrajes se tienen que asegurar debidamente que queden rígidos a la estructura del gabinete por medio de elementos aislantes que soporten la tensión máxima de su función de tablero. Se deben usar tornillos y tuercas de acero que sean resistentes a la corrosión los cuales aseguran los conectores y barrajes.
- Se debe tener en cuenta la corriente máxima de operación proyectada que esta sea menor a la corriente que soporte los barrajes.
- Para las partes externas del panel se deben de realizar conexiones a tierra mediante conductores con protección y ser identificado sus terminales con el símbolo de puesta a tierra.
- Rotulado e instructivos.
- El tablero debe de tener la siguiente información de manera clara, permanente y visible.
- Tensiones nominales de operación.
- Corriente nominal de operación.
- Numero de fases.
- El símbolo de riesgo eléctrico.
- Indicar la posición que se debe tener las palancas de accionamiento de los interruptores, al cerrar o abrir el circuito.(Badriyah, 2011)

Los tableros que se han realizado por lo general han sido de 220v y 440v trifásico tetrafilas con aplicaciones desde un arranque paro-marcha, hasta los de uso de variadores de frecuencia, plc's, arrancadores suaves, etc. (Stephany Parra Alemán, 2016)

Para realizar los diferentes procesos de mantenimiento a motores eléctricos y el diseño y construcción a tableros eléctricos primero se observó con apoyo del codirector de la empresa la forma en que se estaban realizando cada proceso por parte de los técnicos para así mirar las posibles falencias y determinar las posibles correcciones y así realizar los diferentes paso a paso de cada proceso para cumplir con total calidad en cada servicio. (Parra, 2017)

## **6 Escenario de práctica laboral y descripción de actividades**

### **6.1 Descripción y síntesis histórica de la Empresa**

#### **Misión**

**INGELPARRA S.A.S.** entrega un servicio integral a sus clientes, mejorando continuamente y expandiendo sus prestaciones, basado en la identificación de sus necesidades específicas, es una empresa dedicada a solucionar, mejorar y apoyar de manera eficiente los procesos y maquinaria eléctrica de las empresas industriales de la región a través del mejoramiento continuo y la superación de las expectativas de nuestros clientes, contando con un recurso humano altamente capacitado, motivado u que impulse la búsqueda de la excelencia. (Parra, 2017)

#### **Visión**

Para el año 2025, **INGELPARRA S.A.S.** espera estar ubicada dentro de las mayores empresas prestadoras de mantenimiento eléctrico industrial, además de ampliar su portafolio de servicios con diseño y montajes eléctricos industriales; así mismo contar con certificación de calidad ISO 9001 y certificación de seguridad industrial OSHA 18001, siendo ejemplo de excelencia organizacional y de calidad en servicios, maximizando el desarrollo del potencial del talento humano y su aporte al cumplimiento de los objetivos empresariales. (Parra, 2017)

#### **Área técnica**

Se dispone de un completo equipo de Técnicos e Ingenieros altamente capacitados en mantenimiento y reparación de motores eléctricos de baja, media y alta tensión, bobinas especiales, automatización industrial y tableros eléctricos industriales. Montajes eléctricos industriales y la reparación de maquinaria eléctrica industrial. (Parra, 2017)

La empresa presta los servicios con más de 35 años de experiencia en el mercado y ser centro de servicio técnico autorizado de ocho de las más importantes compañías de la industria nacional e internacional, avalando la calidad y garantía de nuestros servicios. (Parra, 2017)

Basándose en los servicios de mantenimiento y reparación de motores eléctricos de baja, media y alta tensión, bobinas especiales, automatización industrial y tableros eléctricos industriales. Reparación de maquinaria eléctrica industrial y montajes industriales como lo son:

- Construcción y mantenimiento de líneas eléctricas de media y baja tensión.
- Montajes eléctricos industriales e instrumentación.
- Automatización.

- Corrección de factor de potencia.
- Sistemas de control y tableros eléctricos industriales.

La empresa también presta el servicio en reparación de motores tanto en nivel mecánico como lo son: rodamientos, ejes, alineado, etc. Y relacionado con la parte eléctrica como bobinados, aislamiento, megado, etc.

Partes de motor de inducción:

- Corona magnética ranurada estatórica
- Devanados eléctricos estatóricos
- La corona magnética ranurada rotórica
- Devanados eléctricos rotóricos.
- Eje de rotor.
- Carcasa del estator más cojinetes.
- Caja de bornes

A su vez dispone del servicio de reparación y mantenimiento de motores en donde lleva desde sus inicios de la empresa la cual siempre busca brindar con calidad a sus clientes los cuales llegan a ser desde mantenimientos preventivos hasta mantenimientos correctivos.

Debido a la correlación directa del presente proyecto en cuanto a reparación/mantenimiento de motores de inducción y diseño/construcción de tableros eléctricos se hace necesario profundizar acerca de conceptos y definiciones de relevancia para una mejor comprensión durante el desarrollo del mismo. Esto implica conceptos sobre el diagnóstico de fallas en motores de inducción. (Parra, 2017)

## 7 Consultar la normatividad correspondiente para la prestación de servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos de la Empresa INGEL PARRA S.A.S

Se describen las normas encontradas que mayor relación presentan en la elaboración de tableros eléctricos aplicados para tableros de bajo voltaje menos o igual a 1058V para operar a una frecuencia nominal a 60 Hz. Como se muestra en la tabla 1; esta tabla permite visualizar tipo de norma, nombre y una breve descripción de cada norma.

**Tabla 1. Normas para elaboración de tableros eléctricos.**

| NORMA              | NOMBRE                                                                                            | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IEC 61439          | Conjuntos de aparamenta de baja tensión.                                                          | <p>Es un grupo de normas que va desde la 1 hasta la 6 estipuladas así:<br/>           IEC 61439-1 Reglas generales, IEC 61439-2 Cuadros de distribución de potencia, IEC 61439-3 Cuadros de distribución, IEC 61439-4 Cuadros para obras, IEC 61439-5 Cuadros para distribución de potencia en redes públicas, IEC 61439-6 Sistemas de canalización para embarrado.</p> <p>En la primera IEC 61439-1 nos da a conocer las reglas de forma global para los tableros de baja tensión y en las demás nos dan a conocer de forma específica las normas básicas para cada tablero según corresponda.</p> |
| NORMA              | NOMBRE                                                                                            | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| IEEE C 73.13-2015  | IEEE Para interruptores de circuito de alimentación de CA de bajo voltaje utilizados en gabinetes | Aplica a interruptores de circuitos de bajo voltaje para gabinetes con voltajes inferiores a 1058 V CA como lo los cuales pueden ser interruptores de alimentación de bajo voltaje CA tipo estacionario o removible, con o sin fusible.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| IEEE C37.20.1-2015 | Norma para interruptores de potencia de bajo voltaje en gabinete metálico.                        | Se basa en interruptores de circuito de potencia de bajo voltaje para gabinete metálico con características tipo estacionarios o removibles, operados manual o eléctricamente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                            |                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NEMA ICS 4<br>Edición 2015 | Guía de aplicación para bloques de terminales.                                                        | Esta guía aplica para bloques de terminales usados en circuitos de tensión nominal de aislamiento no superior a 1000 V CA con una frecuencia no superior a 60Hz para conductores únicamente de cobre que se encuentren en una sección transversal de 0,2-1014 mm <sup>2</sup> .                                                          |
| IEC 651429-1               | Celdas de distribución de baja tensión                                                                | Define las reglas mínimas generales para gabinetes eléctricos para baja tensiones voltaje menor a 100V, indica los requisitos de construcción definiciones y sus condiciones de uso.                                                                                                                                                     |
| NEMA AB-1                  | Disyuntores de caja moldeada, interruptores de caja moldeada y cajas de disyuntores.                  | Aplicado a los interruptores de todo tipo que proporcionen protección de entrada de servicio, alimentador y circuito derivado, y protectores de falla a tierra; los cuales sean dispositivos clasificados igual o menor a 600 V y 6000 amperios o menos.                                                                                 |
| RETIE                      | Reglamento técnico de instalaciones eléctricas.                                                       | Se fundamenta en garantizar la seguridad de las personas, vida animal y preservación del medio ambiente, reduciendo y eliminando los riesgos que puedan generar por factor eléctrico tanto en instalaciones, equipos y productos usados en la generación, transmisión, transformación, distribución y uso final de la energía eléctrica. |
| NTC 3278                   | Paneles de maniobra y de control de baja tensión. Paneles tipo ensayado y tipo ensayado parcialmente. | Aplicada a los paneles de maniobra y de control de baja tensión no superior a 1000V y frecuencias no superiores a 1000 Hz que sean aplicados a la generación, transmisión, distribución y para controlar equipos que consumen energía eléctrica. (RETIE, 2013)                                                                           |

*Fuente: Propia*

### **7.1 Selección de normas para la prestación de servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos en la Empresa INGEL PARRA.**

Se seleccionan las normas a utilizar que serán aplicadas por la empresa para la prestación de servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos las cuales son las siguientes.

- IEEE C37.20.1-2015. Norma para interruptores de potencia de bajo voltaje en gabinete metálico.

- IEC 651429-1. Celdas de distribución de baja tensión.

Para la identificación de conductores en cada tablero se maquillan con color según el voltaje nominal y su tipo de conductor como por ejemplo para los voltajes 220/127 aplica colores amarillo, azul y rojo para las fases y blanco para neutro; igualmente se describe para voltaje de 440 v como se muestra en la Tabla 2. tomado de la norma NEMA.

**Tabla 2.Código de colores según norma NEMA.**

| TIPO DE CONDUCTOR | COLOR    | VOLTAJE |
|-------------------|----------|---------|
| FASE              | AMARILLO | 220/127 |
| FASE              | AZUL     |         |
| FASE              | ROJO     |         |
| NEUTRO            | BLANCO   |         |
| FASE              | CAFE     | 440     |
| FASE              | NARANJA  |         |
| FASE              | AMARILLO |         |

*Fuente: Propia*

## 8 Consultar normatividad correspondiente para la prestación de servicio en mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción de la Empresa INGEL PARRA S.A.S

Para dar cumplimiento al segundo objetivo específico se realizó una serie de consultas en los reglamentos y normatividad vigente para el servicio en mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción, como por ejemplo la NTC 2805 máquinas eléctricas. Características nominales y características de funcionamientos, NTC 1545 Maquinas eléctricas rotatorias. Marcado de terminales y sentido de giro, IEEE 43-2013 prueba de resistencia de aislamiento, IEC 60034-14 máquinas eléctricas rotativas. Vibraciones mecánicas de determinadas maquinas con alturas de eje igual o superior a 56 mm, entre otras normativas.

Se describen las normas con mayor relación a mantenimientos de motores eléctricos de inducción, las cuales se mostrarán en la tabla 3 de forma ordenada mostrando el tipo de norma, nombre y descripción.

**Tabla 3. Normas aplicadas a motores eléctricos.**

| NORMA             | NOMBRE                                                                                          | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                   |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NTC 1545          | Máquinas eléctricas rotatorias. Marcado de terminales y sentido de giro.                        | Se basa en las máquinas rotativas de corriente alterna y continua donde se enfoca en las reglas para la identificación, marcación de terminales de los devanados y sentido de giro.           |
| NTC 2805          | Máquinas eléctricas rotatorias. Características nominales y características de funcionamientos. | Se basa en la declaración de los tipos de servicio y las clases de regímenes nominales de máquinas eléctricas rotatorias.                                                                     |
| IEEE std 118-1978 | Código de prueba estándar para la medición de resistencias.                                     | Se basa en los métodos que permiten realizar las mediciones de resistencia eléctrica usados frecuentemente para comprobar las características de las máquinas rotativas y equipos eléctricos. |
| IEEE 43-2013      | Prueba de resistencia de aislamiento.                                                           | Se basa en describir los métodos recomendados para realizar la medición de resistencia de aislamiento en bobinas de armadura a máquinas rotatorias iguales y superiores de 1HP (750 W).       |
| NORMA             | NOMBRE                                                                                          | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                   |

|              |                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IEC 60034-7  | Máquinas eléctricas rotativas. Clasificación de los tipos de construcción, de las disposiciones de montaje y posición de la caja de bornes. | Clasifica los tipos de construcción, ajustes de montaje y la disposición de la caja de bornes de las máquinas eléctricas rotativas.                                                                                                              |
| IEC 60034-14 | Máquinas eléctricas rotativas. Vibraciones mecánicas de determinadas máquinas con altura de eje igual o superior a 56 mm                    | Contiene características básicas para realizar la prueba de vibraciones de fábrica y delimitar las vibraciones permisibles para ciertas máquinas eléctricas en situaciones especiales. Para máquinas con altura de eje igual o superior a 56 mm. |

*Fuente: Propia*

### **8.1 Selección de normas para la prestación de servicio en mantenimiento a motores de inducción en la Empresa INGEL PARRA.**

Luego de las respectivas series de consultas en normas y reglamentos del sector eléctrico se presentan las normas que se van a utilizar para la prestación de servicio en mantenimiento a motores de inducción.

- NTC 1545, Máquinas eléctricas rotatorias. Marcado de terminales y sentido de giro. (IEC 60034-8).
- NTC 2805, Máquinas eléctricas rotatorias. Características nominales y características de funcionamiento.
- IEEE 43-2013 Prueba de resistencia de aislamiento.
- IEC 60034-7 Máquinas eléctricas rotativas. Clasificación de los tipos de construcción, de las disposiciones de montaje y posición de la caja de bornes.
- IEC 60034-14 Máquinas eléctricas rotativas. Vibraciones mecánicas de determinadas máquinas con altura de eje igual o superior a 56 mm.

## **9 Diseñar la documentación para verificar el seguimiento y cumplimiento del proceso para la prestación del servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos de la Empresa INGEL PARRA S.A.S**

Posterior a la respectiva selección de la normatividad y reglamentos a utilizar, se procede a revisar el proceso que se venía implementando en la empresa, con el fin de diseñar la documentación que contiene el diagrama de flujo, el paso a paso y el formato de revisión para los tableros eléctricos listos para su respectiva entrega al cliente.

Para el planteamiento del paso a paso sobre la prestación del servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos se relaciona con el capítulo 7, donde se seleccionó las normas RETIE, IEEE C37.20.1-2015, IEEE 651429-1. Estas se tienen en cuenta para el desarrollo del diseño y construcción de tableros eléctricos como para el caso de la tabla de código de colores según NEMA, esta es aplicada para marquillas, para el cableado del tablero según su voltaje en que va a operar. Para el caso la norma IEEE C37.20.1-2015 indica la información sobre los tipos de interruptores de circuito de potencia que pueden ser instalados en gabinetes metálicos operados manual o eléctricamente. En donde esto ya es tenido en cuenta por el técnico especializado en escoger los mejores elementos que apliquen según su necesidad.

### ***9.1 Planteamiento del paso a paso para la prestación del servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos de la Empresa INGEL PARRA.***

Para la elaboración del paso a paso del servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos se inicia con un análisis del proceso que se estaba realizando en la empresa identificando las anomalías que se venían presentando como lo son retrasos en tiempos de entrega y sobrecostos, buscando en lo posible reducir el impacto negativo de estas. En este ítem se desarrolló un diagrama de flujo para dar una mejor perspectiva visual sobre la secuencia del proceso diseñado el cual se mira en la figura 9.1

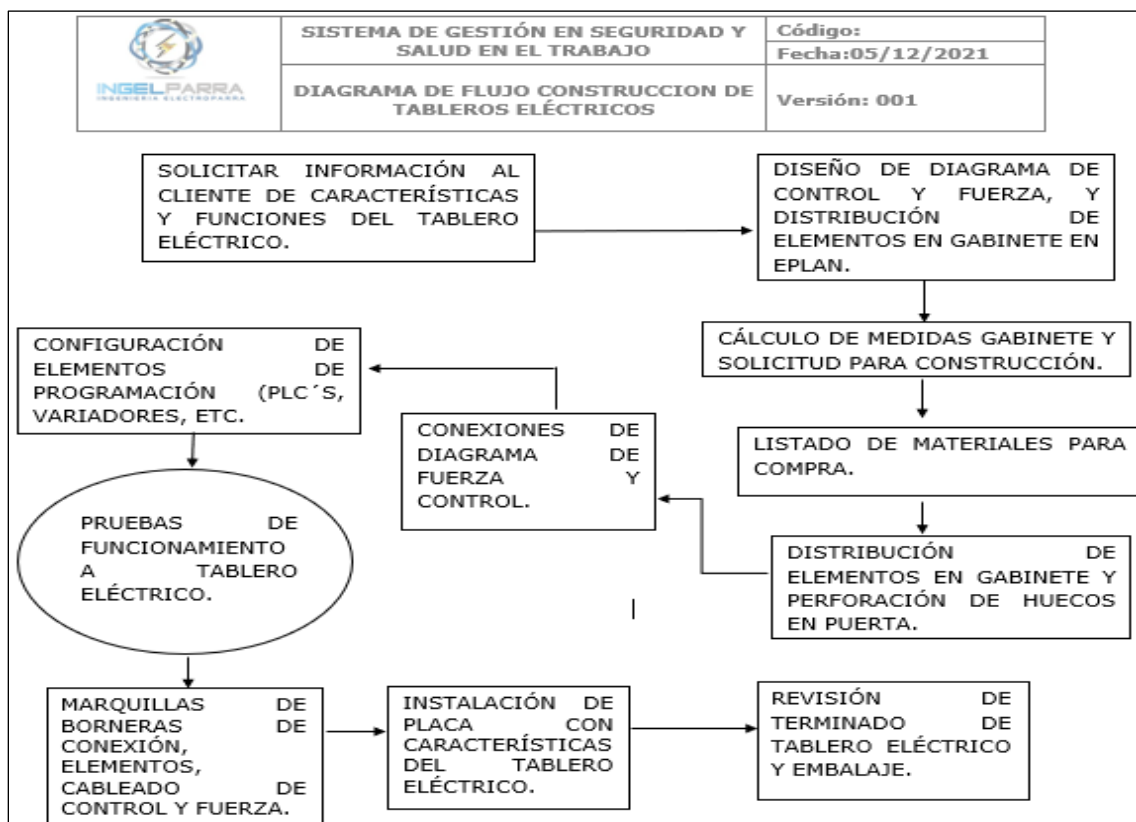


Figura 9.1 Diagrama de flujo diseño y construcción de tableros eléctricos. Fuente: (Propia)

A continuación, se describe cada ítem correspondiente al diagrama de flujo diseñado anteriormente.

1. Solicitar información al cliente según el tablero que se requiere.
  - Funciones del tablero eléctrico a desarrollar.
  - Medidas máximas permitidas de gabinete según su ubicación.
  - Preferencias de marcas de elementos.
  
2. Diseñar el diagrama de control y fuerza, organizar la distribución de los elementos a utilizar en el programa EPLAN.

Se realizan los diagramas de control y fuerza en el programa EPLAN, según las funciones del tablero o se revisa si ya se ha diseñado algún tablero para tomarlo como guía. En el programa EPLAN se cuenta con la ventaja de poder realizar la ubicación de los elementos dentro del gabinete, respetando las medidas de cada elemento según fabricante para que se mantenga su espacio con el de que circule el aire y así mantener su temperatura nominal de trabajo.

3. Realizar el cálculo del tamaño del gabinete y generar la solicitud para construcción de este.

Con la ayuda del Programa EPLAN se puede realizar el cálculo de las medidas del gabinete, ya que permite realizarlo luego de hacer la distribución de los elementos dentro del gabinete.

4. Realizar listado de materiales a utilizar.

Se debe realizar el listado de material con la ayuda del programa EPLAN.

5. Solicitud para la compra de materiales y elaboración del gabinete.

Se realiza la respectiva solicitud al departamento de compras de la empresa, que incluye los materiales a utilizar y la elaboración del gabinete. En este paso, al no disponer de un listado de los materiales a emplear, cuando se procedía a distribuir los elementos se presentaban faltantes de materiales o partes que no eran apropiados, esto implicaba retrasos en tiempos de entrega debidos a la nueva solicitud de estos.

6. Distribución de elementos en el fondo del gabinete según el punto 3 para proceder con el corte de las canaletas y fijación de estas mismos. Cada tablero se realiza con barrajes distribuidos de forma horizontal o vertical según sea su diseño y distribución de cada carga. serán montados los barrajes en aisladores resistentes a voltajes y temperatura que puedan ser expuestos según su función.

7. Marcación de elementos en puerta de gabinete según distribución de elementos realizada en el punto 3.

Se distribuyen los elementos que irán instalados en la puerta según los planos realizados en el programa EPLAN.

8. Corte de puerta según distribución de elementos para fijación de estos.

Se realiza su respectivo hueco para asegurar los elementos; pueden ser elementos de mando, señalización y visualización como pulsadores, selectores, pilotos, luces indicadoras, analizadores de red, monitores de voltaje y corrientes, entre otros.

9. Elaboración de respectivos puentes y conexiones de diagrama de fuerza correctamente moldeados en ángulo de 90° según canaleta y elementos a conectar con ponchado de terminales y marcado de color teniendo en cuenta su fase y voltaje.

10. Elaboración de respectivas conexiones del diagrama de control con sus terminales bien ponchados. El conductor del cableado de control será mínimo de 16 AWG. En este punto se cometía el error de quedar faltando ciertas conexiones porque no se disponía de un plano claro y detallado como guía.

11. Programación del PLC (Controlador Lógico Programable) si se requiere.

Para la programación se dispone del personal técnico especializado que será el encargado de realizar los códigos y dejar programados los respectivos elementos, que son destinados para el funcionamiento integral del tablero cuando esto sea requerido.

12. Pruebas de funcionamiento a tablero eléctrico.

El técnico encargado de las pruebas tendrá que realizarlas según el funcionamiento del tablero y verificar detalladamente que cada elemento este trabajando correctamente.

13. Elaboración e instalación de marquillas a conexiones de fuerza y control será identificado a cada extremo con marquillas enumeradas según su plano.

Para esta tarea al momento en que se realizan los planos en el programa cada cable queda enumerado con una letra y/o número para así identificar con facilidad cuando se requiera de una revisión al tablero en la siguiente imagen se muestra un ejemplo del maquillado a un analizador de red.



Figura 9.2 Marcación  
Propia.

del cableado de control. Fuente:

14. Elaboración e instalación de marquillas de borneras de conexión y elementos en puerta.

Para la elaboración de las marquillas de borneras de conexión y elementos se realizan en impresora maquiladora en las cuales se presenta a continuación una imagen en un tablero. Se puede observar en la figura 3 que sobre los elementos se encuentra la marquilla correspondiente y en la parte inferior sobre la última tapa de canaleta horizontal sobre cada bornera de conexión para identificar a que es cada bornera.



Figura 9.3 Marquillas en elementos y borneras de conexión a tablero eléctrico. Fuente: Propia

Para las marquillas en la puerta estas se realizan en acrílico con una máquina laser para indicar cada elemento ubicado en la puerta como se puede observas en la figura 9.4.

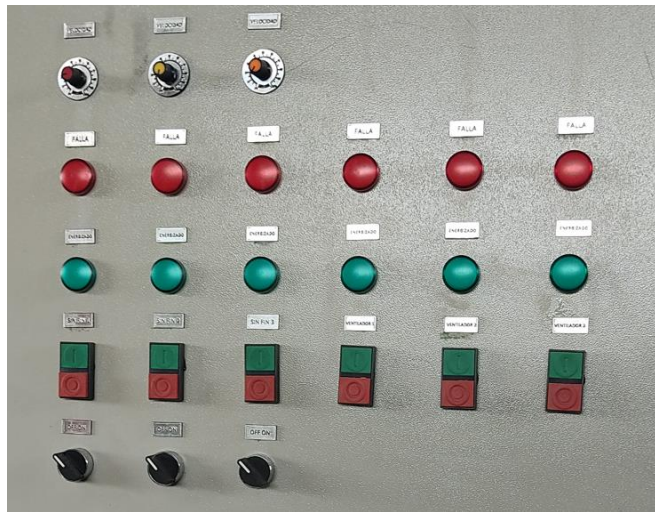


Figura 9.4 Marcación en puerta de tablero eléctrico. Fuente: Propia

15. Cada tablero será marcado con láser en una placa de acrílico de dos capas ubicada en un lugar visible con los datos más importantes los cuales son.

- Nombre del tablero eléctrico.
- Número de serie.
- Voltaje nominal.
- Corriente nominal.
- Corriente máxima.
- Fecha de fabricación.
- Grado de protección.
- INGEL PARRA.
- Dirección de la empresa.

16. Verificación de terminación del tablero eléctrico con las siguientes pruebas y revisión de calidad.

Para cada tablero se realiza una cartilla que incluye la siguiente información;

- Planos eléctricos (Diagrama de fuerza y diagrama de control).
- Certificado de normatividad del fabricante de gabinete.
- Certificados de fabricación de cada elemento utilizado.
- Manual de instrucciones y recomendación de manipulación e instalación de tablero.

El jefe de taller es el encargado en revisar el tablero eléctrico que todo haya quedado bien siguiendo los siguientes ítems.

- Verificación visual y física de cada marquilla que se encuentre visible y bien instalada.
- Revisión de torque en cada tornillo en borneras y cada elemento del tablero.
- Prueba de cada elemento y todo el tablero eléctrico según su funcionamiento.
- Limpieza general y empacada del tablero eléctrico para su entrega.

Como parte de la validación del buen funcionamiento se realizó el formato “INFORME REVISIÓN Y PRUEBAS TABLERO ELÉCTRICO” el cual está compuesto por una parte que contiene: nombre del responsable en realizar el chequeo y datos del tablero a revisar. En la segunda parte se encuentran las diferentes pruebas que se deben realizar al tablero terminado. Para la parte de verificación de torque de la tornillería se omitía no disponer de un formato elaborado para diligenciar y así tener un comprobante si se realizó o no la verificación de torque.

|                                                                                   |                                                                  |  |                          |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--|--------------------------|--|
|  | <b>SISTEMA DE GESTIÓN EN<br/>SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b> |  | <b>Código:</b>           |  |
|                                                                                   |                                                                  |  | <b>Fecha: 13/12/2021</b> |  |
|                                                                                   | <b>INFORME REVISIÓN Y PRUEBAS<br/>TABLERO ELÉCTRICO</b>          |  | <b>Versión: 001</b>      |  |
|                                                                                   |                                                                  |  | <b>Página 1 de 1</b>     |  |

**INFORME DE REVISION Y PRUEBAS**

**ORDEN DE TRABAJO**

Empresa: \_\_\_\_\_  
 Responsable: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

| DATOS DEL TABLERO     |        |  |
|-----------------------|--------|--|
| VOLTAJE NOMINAL:      | NOMBRE |  |
| CORRIENTE NOMINAL:    |        |  |
| FECHA DE FABRICACION: |        |  |
| NUMERO DE SERIE       |        |  |
| CLIENTE:              |        |  |

En los siguientes ítem's realizarlos uno por uno en el tablero e ir marcando a medida que se van realizando.

| INSPECCION VISUAL DE TABLERO TERMINADO                                                                        |        |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|
| DESCRIPCION                                                                                                   | ESTADO |           |
|                                                                                                               | CUMPLE | NO CUMPLE |
| Revisar que tenga la señalización de seguridad de riesgo eléctrico en la tapa o adjunta a ella.               |        |           |
| Revisar la barra de tierra y que este conectada a la tapa y gabinete con cableado y sus adecuados terminales. |        |           |
| Revisar todas las marquillas correspondientes en cableado de control y fuerza que coincidan con los planos    |        |           |
| Revisar que cada elemento tenga su marquilla dentro del tablero eléctrico y en la puerta de este.             |        |           |
| Revisar el torque adecuado en cada tornillo de los elementos y barrajes del tablero.                          |        |           |
| Revisar que el tablero este totalmente limpio tanto por dentro como por afuera.                               |        |           |
| Revisar que tenga su placa de características en la puerta del tablero.                                       |        |           |
| OBSERVACIONES:                                                                                                |        |           |

Figura 9.5 Formato para revisión de tablero eléctrico terminado

### ***9.2 Etapa de Validación del Proceso Diseñado Para la Prestación del Servicio de Diseño y Construcción de Tableros Eléctricos por la Empresa INGEL PARRA***

Al tener el respectivo paso a paso para la prestación del servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos se procede a remitir al codirector de la Empresa, David Leonardo Parra Ramírez el cual lo revisa y valida. Posterior a ello se realiza una prueba con los técnicos por un periodo de 2 meses para así garantizar al cliente un buen servicio de calidad y otorgarle a la empresa las ganancias que se estaban perdiendo por los errores o fallas de los procesos realizados anteriormente.

## 10 Diseño de documentación del proceso para la prestación de servicio en mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción de la Empresa INGEL PARRA.

### 10.1 Planteamiento del Paso a Paso Para Prestación de Servicio en Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Motores de Inducción de la Empresa INGEL PARRA

Para la realización del paso a paso de la prestación del servicio en mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción se procede a analizar el proceso que se estaba realizando en la empresa junto con las anomalías que se han venido presentando con el retraso de este. Según lo mencionado se plasma a continuación mediante un diagrama de flujo para tal fin.

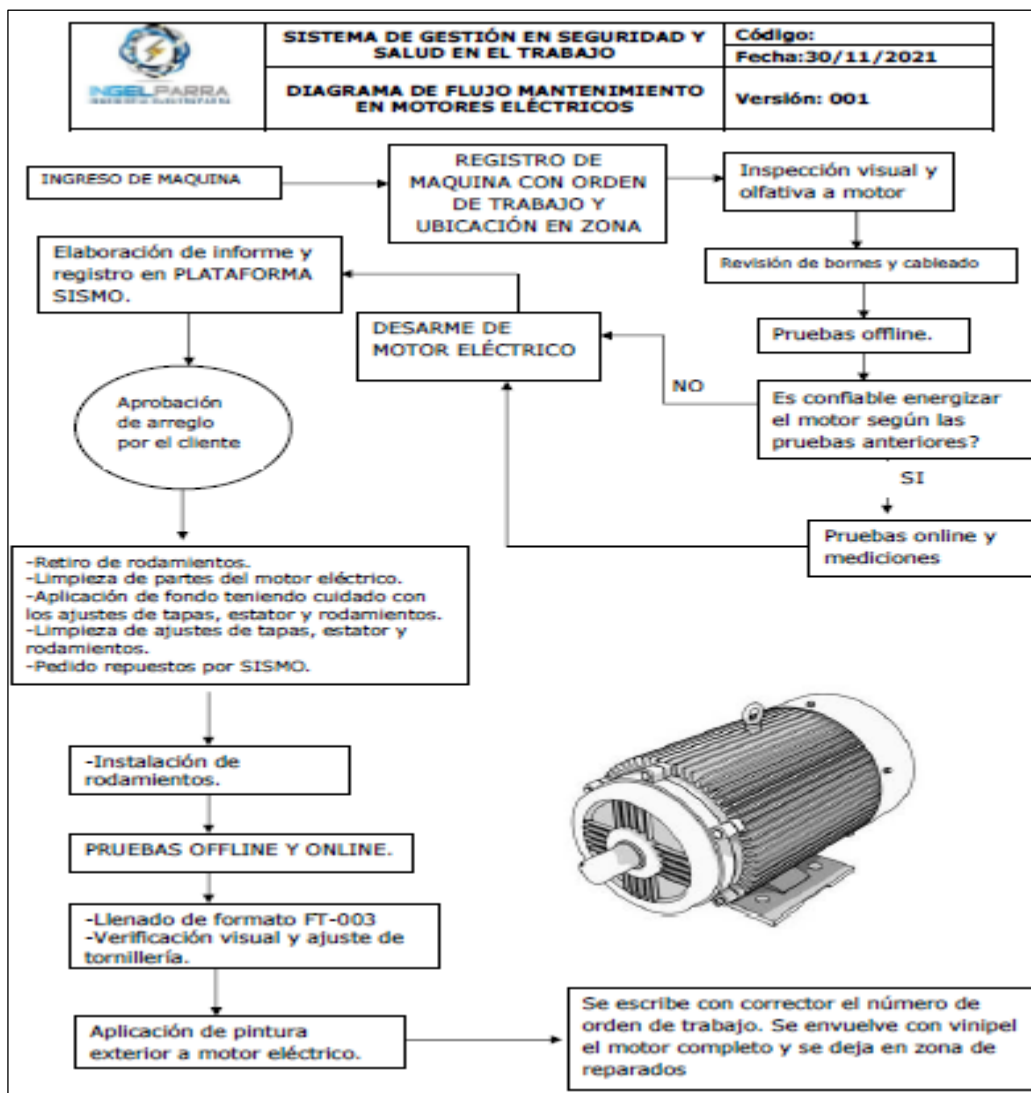


Figura 9.6 Diagrama de flujo de mantenimiento a motores de inducción

Para abordar la propuesta del paso a paso del proceso de mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción, se tuvo en cuenta una revisión detallada sobre la forma de desarrollar la actividad como se venía realizando y con apoyo de las normas consultadas en el capítulo 8, se desarrolló el paso a paso que se presenta a continuación, también se investigó las pruebas que deben ser realizadas según norma; la norma IEEE 43-2013 expone sobre la prueba de resistencia de aislamiento a bobinados, la norma IEC 60034-14 la cual contiene las características básicas sobre las pruebas de vibración en los motores eléctricos.

A continuación, se plantea el procedimiento para realizar la revisión y arreglo de motores eléctricos en donde por lo general los motores siempre que se llevan a la empresa son para mantenimiento correctivo, si en tal caso se llegara a tener un motor para solo mantenimiento preventivo se omitirán los puntos 7 y 9, y para el punto 13 solamente sería instalación de rodamientos ya que no hay ningún elemento dañado, pero sin embargo los rodamientos si es necesario cambiarlos.

1. Ingreso de motor eléctrico en área administrativa.

Generación de orden de trabajo en SISMO. Donde se ingresan los siguientes datos al sistema: Nombre de cliente, Teléfono, Tipo de máquina, Potencia, Velocidad nominal, Marca, Color, Daño.

2. Revisión visual y olfativa del estado en que se encuentra el motor eléctrico y sus partes (tapas rotas, eje torcido) y verificación que no esté frenado el eje. Antes del desarrollo del proyecto no se revisaba el estado en que ingresaba el motor y se presentaban inconvenientes con el cliente al momento de la entrega.
3. Revisión de bornes y cableado, comprobar si hay conexiones sueltas en el motor y revisar todos los terminales. (cableado roto, bornera rota).

4. Pruebas offline a motor.

- Prueba de resistencia a bobinas y cable si lo tiene.
- Prueba de aislamiento con megger a bobinas con tierra.

NOTA: Si se obtiene resultados en los pasos anteriores donde no se pueda energizar el motor, se procede al desarme del motor para realizar su revisión, se llena el formato SST-FR003 con Diagnóstico, Reparación requerida, Repuestos a cambiar, Nombre de técnico. Para así dar una cotización al cliente y esperar a la confirmación del cliente para su reparación.

5. Pruebas online a motor.

- Se realiza la respectiva conexión de la máquina según el voltaje a aplicar.
- Se prepara el cable o se adecua un cable ubicado en el stand de cableados para su conexión al tablero de pruebas.
- Se energiza desde el tablero de pruebas y se realizan mediciones de corriente y voltaje a la máquina para llenar el formato SST-FR003 con Diagnóstico, Reparación requerida, Repuestos a cambiar, Nombre de técnico.

#### 6. Desarme de la máquina.

- Marcación para el desarme de la máquina.
- Lado A (lado de polea o acople) se marca con 1 línea perpendicular o un punto con centro punto a la tapa para tener en cuenta al momento de armar.
- Lado B (lado del ventilador) se marca con 2 líneas perpendiculares a la tapa.
- Medición de polea o acople: Se realiza medición con calibrador Pie de Rey para mirar su ubicación en el eje y es apuntada en el formato SST-FR003.
- Retiro de rodamientos de Eje.
- Revisión minuciosa de elementos mecánicos en mal estado y retiro de elementos mecánicos averiados si se requiere.
- Metrología de ajustes en tapas de alojamientos de rodamientos y verificación de ejes.
- Listado de repuestos y elementos mecánicos para cambio.
- Evidencias fotográficas de repuestos y elementos dañados.
- Realizar marcación de todas las piezas con su número de orden de trabajo.
- Ubicación de todas las piezas en canasta marcada con la orden de trabajo y ubicada en la zona de revisados.
- Realizar el llenado de la revisión en el sistema SISMO y estipular el lugar de ubicación de la canasta con sus partes, sus fallas encontradas, repuestos para cambio si los hay, posibles causantes de la falla, tiempo estimado de reparación.

En caso con daños de bobinado, con deterioro de núcleo, motores antiguos o con historial de excesivas bobinadas, realizar prueba loop test.

Al tener la aprobación del cliente para el respectivo arreglo de la máquina se pasa a informarle al técnico que la desarmó para que le realice el respectivo arreglo según lo revisado, si en algún caso no está disponible para el arreglo, se busca a quien esté disponible. Como hallazgo de anomalía, en este apartado no se marcaban las partes bien y al momento del armado se presentaban inconvenientes con algunos motores que las partes no se acoplaban bien, como son las tapas laterales, el inducido no era al apropiado, etc.

7. Realizar el rebobinado si se requiere.

Para el caso de que el bobinado no se haya realizado en la empresa y/o haya desconfianza, verificar datos con el historial de la empresa según características de motor.

- Toma de datos.
- Remoción de bobinado.
- Limpieza de núcleo.
- Fabricación de aislamiento.
- Fabricación de bobinas.
- Ingreso de bobinas a núcleo.
- Conexionado.
- Aislado amarre y barnizado.
- Horneado.
- Marcación.
- Registro de datos en cuaderno.
- Potencia, Velocidad, Marca, orden de trabajo, cliente, fecha.
- Calibres, pasos, número de espiras, conexión.
- Medidas, referencia de rodamientos e información importante.

8. Solicitud de los elementos mecánicos para arreglo en el torno si se requiere.

Al no disponer de un formato de relación de piezas para ser enviadas a torno, en la etapa de armado del equipo se evidenciaba de que había piezas por arreglo de torno generando retrasos en entrega del producto terminado.

9. Limpieza de todas las tapas, eje y del estator.

10. Aplicación de pintura anticorrosiva (Fondo) teniendo cuidado con los ajustes de tapas, estator y rodamientos.

- Preparación de pintura fondo ROJO únicamente la que se requiera.
- Aplicación de pintura a las partes del motor, teniendo precaución con los ajustes de tapas, estator y rodamientos.
- Limpiar pistola después de usarla.
- Recoger manguera de aire.

11. Limpieza de ajustes de tapas, estator y alojamiento de rodamientos.

12. Verificación y solicitud de repuestos por SISMO los cuales son entregados en oficina.

13. Instalación de rodamientos y elementos averiados.

- Para la instalación de rodamientos se debe utilizar el kit BETEX IMPACT 39 para rodamientos máximos a un diámetro de 60 mm o referencia 6312. Para la instalación de rodamientos se debe usar el buje apropiado al rodamiento evitando así daños a este. Para saber el buje a utilizar según su rodamiento ver la tabla que se encuentra en la tapa superior del kit.
- Para instalación de rodamientos superiores a 60 mm de diámetros usar el kit de calentador de inducción.

14. Arme de motor eléctrico.

- Verificación de arandela de presión en lado B.
- Limpieza de rodamientos y ajuste de rodamientos en tapas.
- Ensamble de tapas y eje a estator.

15. Pruebas offline a motor.

- a. Prueba de resistencia a bobinas y cable si lo tiene.
- b. Prueba de aislamiento con megger a bobinas con tierra.

16. Pruebas online a motor.

- Se realiza la respectiva conexión de la máquina según el voltaje a aplicar.
- Se prepara el cable o se adecua un cable ubicado en el stand de cableados para su conexión al tablero de pruebas.
- Se energiza desde el tablero de pruebas y se realizan mediciones de corriente y voltaje a la máquina para llenar el formato SST-FR003.

17. Pruebas mínimas para realizar.

- Vibraciones.
- Ruido.
- Temperatura. rodamientos, estator.
- Velocidad.

18. Verificación visual y ajuste de tornillería.

19. Aplicación de pintura exterior a motor eléctrico en área de pinturas.

- Preparación de pintura únicamente la que se requiera.
- Empapelar eje, placa de características.
- Limpiar pistola después de usarla.
- Recoger manguera de aire.

20. Envolver con vinipel industrial.

- Marcación de número de orden de trabajo en motor con corrector.
- Envolver con vinipel completamente el motor.
- Dejar en zona de reparados y colocar ubicación en SISMO

21. Verificación de informe técnico e inspección física por parte del jefe de taller.

Para disponer de un seguimiento e historial sobre la máquina intervenida se realizó el formato “INFORME TECNICO EN MOTORES ELECTRICOS” que corresponde a la figura 7.7. En este formato se describe el nombre del técnico quien revisa y los datos del motor a intervenir, posterior a ello se hace una revisión visual para determinar el estado de ingreso de la máquina, luego se procede a realizar el diagnostico que se compone en pruebas off line y on-line. Este mismo tipo de pruebas se deben realizar para verificar el correcto funcionamiento de la máquina para su posterior entrega.

|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------|-----------|-------------|--------|------------|--|-----------------|----------|--|--------|--------------------|
| <br><b>INGEL PARRA</b><br><small>INGENIERIA EN SEGURIDAD</small> | <b>SISTEMA DE GESTIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b><br><b>INFORME TÉCNICO EN MOTORES ELÉCTRICOS</b><br><b>INFORME TÉCNICO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                       | <b>Código:</b><br><b>Fecha: 30/11/2021</b><br><b>Versión: 003</b><br><b>Página 1 de 1</b> |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">ORDEN DE TRABAJO</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | <b>Empresa:</b> _____<br><b>Responsable:</b> _____<br><b>Fecha:</b> _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | <div style="background-color: #e6f2ff; text-align: center; font-weight: bold;">DATOS DE LA MÁQUINA</div> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>MOTOR:</td> <td>POTENCIA:</td> <td>APLICACIÓN:</td> </tr> <tr> <td>MARCA:</td> <td>VELOCIDAD:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MODELO O SERIE:</td> <td>VOLTAJE:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>COLOR:</td> <td>CORRIENTE NOMINAL:</td> <td>MONOFÁSICO ( ) TRIFÁSICO ( )</td> </tr> </table> |                                                                                       |                                                                                           |                             | MOTOR:  | POTENCIA: | APLICACIÓN: | MARCA: | VELOCIDAD: |  | MODELO O SERIE: | VOLTAJE: |  | COLOR: | CORRIENTE NOMINAL: |
| MOTOR:                                                                                                                                            | POTENCIA:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | APLICACIÓN:                                                                           |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| MARCA:                                                                                                                                            | VELOCIDAD:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| MODELO O SERIE:                                                                                                                                   | VOLTAJE:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| COLOR:                                                                                                                                            | CORRIENTE NOMINAL:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | MONOFÁSICO ( ) TRIFÁSICO ( )                                                          |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| INSPECCIÓN VISUAL                                                                                                                                 | ¿POR QUÉ INGRESA A REPARACIÓN?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                       |                                                                                           | MANTENIMIENTO PARA REALIZAR |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | CONTAMINACIÓN EXTERNA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Alta( ) Media( ) Baja( )                                                              | Contaminante:                                                                             |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | CONTAMINACIÓN INTERNA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Alta( ) Media( ) Baja( )                                                              |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | PARTES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | ESTADO                                                                                | OBSERVACIONES                                                                             |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ACEPTABLE DEFECTUOSO                                                                  | (Escribir brevemente que le sucede a la pieza defectuosa)                                 |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | CARCAZA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | TAPA SUPERIOR (AS)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | TAPA INFERIOR (BS)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | VENTILADOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | CAPIRULZA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | PATAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | CAJA BORNERA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| BORNERA                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| RODAMIENTO LADO AS                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| RODAMIENTO LADO BS                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| INDUCIDO                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| ESTATOR                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| MEDICIONES OFF LINE                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| MEDICIONES ELÉCTRICAS                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | INICIALES                                                                             | FINALES                                                                                   | ESTADO                      |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| PRUEBAS ELÉCTRICAS OFF LINE                                                                                                                       | RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (M)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | R(U-Tierra): R(V-Tierra):                                                             | R(U-Tierra): R(V-Tierra):                                                                 | BUENO                       | MALO    |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | RESISTENCIA ENTRE FASES (M)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | R(U-V): R(U-W):                                                                       | R(U-V): R(U-W):                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | PRUEBA DE POLARIZACIÓN (P)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Nota: según norma IEEE-43-2000 cuando el aislamiento > 1000MΩ en su condición al 25°C |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | PRUEBA PARA VERIFICACIÓN DE ROTOR EN FALLA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| MEDICIONES ON LINE                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| PRUEBAS ELÉCTRICAS ON LINE                                                                                                                        | VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN (V)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | V(R-S): V(S-T):                                                                       | V(R-T):                                                                                   | V(R-S): V(S-T):             | V(R-T): |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | CORRIENTE (A)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | I(R): I(S):                                                                           | I(T):                                                                                     | I(R): I(S):                 | I(T):   |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | TIPO CORRIENTE DE MOTOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | TEMPERATURA (°C)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| ON LINE                                                                                                                                           | VELOCIDAD (RPM)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | VIBRACIONES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
|                                                                                                                                                   | RUIDO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |
| OBSERVACIONES:                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                       |                                                                                           |                             |         |           |             |        |            |  |                 |          |  |        |                    |

Figura 9.7 Formato informe técnico de mantenimiento a motores eléctricos

## 10.2 Etapa de validación de funcionamiento sobre el proceso diseñado para la prestación de servicio en mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción por la Empresa INGEL PARRA.

Se envía al codirector de la empresa para revisión de cada paso del procedimiento y los respectivos formatos para la validación de este. Posterior a ello se implementa con debido compromiso del cumplimiento por parte de los técnicos e iniciar el seguimiento con el objeto de mitigar las falencias presentadas en la empresa en materia de retrasos de entrega y gastos adicionales.

## **11 Impactos del proyecto**

### **11.1 Impacto económico**

Se generó un excelente impacto en materia económica, debido a disponer de los diferentes procesos para cada actividad se evitan sobre costos con los retrasos que se estaban presentando, se soluciona mediante el aspecto de garantizar que el personal técnico realice su trabajo con su respectiva secuencia.

### **11.2 Impacto empresarial**

Con la implementación del presente proyecto, la empresa mejora su desempeño teniendo en cuenta la facilidad de disponer de los historiales sobre los mantenimientos realizados a los motores eléctricos; esto permite llevar un control sobre sus actividades realizadas. Además, se podrá llevar un control sobre los responsables de las actividades de mantenimiento y diseño de tableros eléctricos que permite identificar las posibles falencias al realizarlos, esto con el objeto de la búsqueda del mejoramiento continuo de los procesos y procedimientos implementados. Una vez con este registro documental se tiene la facilidad de iniciar los procesos de certificación y acreditación de alta calidad, mediante las diferentes normativas como la ISO 9000 y OSHAS 18001 referente a los procedimientos de seguridad y salud ocupacional.

## **12 Análisis de resultados**

- Con la elaboración de los procesos para el diseño de tableros eléctricos y mantenimiento de motores de inducción, se logra disponer de estos documentos para una revisión continua e ir realizando mejoras con el objeto de reducir el tiempo de ejecución en cada actividad y por ende brindar un mejor servicio a sus clientes.
- A través del desarrollo de este proyecto, se pudo aplicar conocimientos obtenidos durante el ciclo de formación con referente a partes y el funcionamiento de motores eléctricos, dado que se complementó con el trabajo de campo. Un logro de relevancia y es el fortalecimiento de conocimientos académicos y el valor agregado de aplicarlo al campo laboral.
- Al disponer de los procesos documentados y estipulados estos permiten efectuar nuevos estudios por parte de otras dependencias de la empresa, como es el caso donde se requiera tener mayor seguimiento y control sobre cada una de las actividades que se estén realizando. Por lo anterior, estos sirven de guía para implementar nuevos estudios como el análisis de tiempos de ejecución de las actividades.

## 13 Conclusiones y Recomendaciones

- ❖ Se evidenció que para cada mantenimiento realizado a los equipos se debe llevar un historial donde este permite ante una falla repetitiva poder disponer de información valiosa para realizar un análisis rápido y así determinar la posible causa.
- ❖ Se determinó que para realizar las pruebas de Loop Test y alineación con láser la empresa no dispone de los equipos y herramientas necesarias para desarrollar estos tipos de actividades viéndose en la necesidad de recurrir a un tercero que le suministre este servicio.
- ❖ Con el apoyo de todo el recurso humano se logró cumplir con los objetivos propuestos desde el inicio de la práctica. Logrando entregar los manuales de procedimientos para promover la obtención de mejores resultados y una mejor organización de las actividades involucradas.
- ❖ Mediante el desarrollo de una práctica empresarial se logra complementar los conocimientos adquiridos en la Universidad, sumado a ello se experimenta la interacción con el mercado laboral lo cual conlleva a una preparación para afrontar los diferentes retos como profesionales.
- ❖ Se logró diseñar la documentación para garantizar el seguimiento y cumplimiento del proceso para la prestación de los servicios de diseño de tableros eléctricos y mantenimiento a motores eléctricos de inducción, como resultado entregable se dispone de manuales instructivos para cada servicio planteado inicialmente.
- ❖ Se logró adquirir conocimientos teóricos y prácticos acerca del funcionamiento de los diferentes procesos desarrollados por la empresa como el mantenimiento eléctrico a motores de inducción, el diseño de tableros eléctricos industriales, automatización industrial, bobinado de motores etc.
- ❖ Se recomienda implementar esta metodología con respecto a los manuales instructivos a los demás servicios ofrecidos por la empresa, buscando una mejora continua.
- ❖ Se recomienda actualizar los procesos a medida que se implementan nuevas tecnologías dentro de la empresa, a su vez se debe capacitar al personal operativo ante estos cambios.

## 14 Bibliografía

- Badriyah, M. (2011). *Diseño y construcción de un tablero de control aplicable a una estación de combustibles líquidos*. July, 1–7.
- Belisario Jimenez Marrugo, R. V. P. (2003). *Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo de los bancos de motores de inducción y síncronos del laboratorio de máquinas eléctricas de la C.U.T.B.* Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar.
- Carlos Alfredo Cardozo Galvis. (2011). *Diseño y construcción de un tablero de control aplicable a una estación de combustibles líquidos*. Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.
- Castro, M. A. P. (2004). Motores Asíncronos. *Universidad Nacional Experimental Del Tachira*, July, 0–34.
- Daniel Aller Mata, J. M. B. (2008). *Análisis probabilístico del mantenimiento predictivo y correctivo de máquinas eléctricas rotativas en una planta trefiladora*. 1313–4821. [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-48212008000400005&script=sci\\_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-48212008000400005&script=sci_arttext)
- Dario Díaz, Rodrigo Díaz, Martha Cecilia Amaya, J. P. (2010). Análisis del cortocircuito entre espiras de un motor de inducción tipo jaula de ardilla mediante la aplicación del método de elementos finitos (mef). *Revista Facultad de Ingeniería*, 51, 1–8.
- Fernando Villada, D. C. (2007). *Diagnóstico de fallas en motores de inducción mediante la aplicación de redes neuronales artificiales*. Universidad de Antioquia.
- Glowacz, A., & Glowacz, Z. (2016). Diagnostics of stator faults of the single-phase induction motor using thermal images, MoASoS and selected classifiers. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 93, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.07.008>
- Gustavo Saul, P. N. (2009). Diagnóstico de fallas en motores de inducción. *Materials at High Temperatures*, 12(2–3), 135–139. <https://doi.org/10.1080/09603409.1994.11689479>
- Jesus Fraile Mora, Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2016). Máquinas Eléctricas. In M.-H. D. E. S.A.U (Ed.), *Journal of Chemical Information and Modeling* (8tva Edici, Vol. 53, Issue 9).
- Luis Antonio Delgadillo Olvera, V. J. C. (2013). *Diagnóstico del mantenimiento a motores jaula de ardilla aplicando tecnología de termografía infrarroja*. Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingenierías Mecánica y Eléctrica (México D.F).
- Luis David Martinez Reyes. (2014). *Diseño de barras y tablero de distribución eléctrica secundaria para mejorar la capacidad de carga en la Universidad Técnica de Cotopaxi*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Parra, L. D. (2017). INGELPARRA S.A.S. Ingeniería Electroparra. <https://sites.google.com/site/ingelparrasas/>
- RETIE. (2013). RETIE resolución 9 0708 de agosto 30 de 2013 con sus ajustes. *Resolucion 90708*, 127.
- Singh, G., & Naikan, V. N. A. (2017). Infrared thermography based diagnosis of inter-turn fault and cooling system failure in three phase induction motor. *Infrared Physics and Technology*, 87, 134–138. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2017.10.007>
- Stephany Parra Alemán. (2016). Diseño y fabricación de tableros de distribución en baja tensión. *Ucv, I(02)*, 0–30.
- Stephen J. Chapman. (2005). *Máquinas eléctricas* (MACGRAW-HILL INTERAMERICANA. MEXICO (ed.); 4ta. ed).
- Suarez, I. G. (2020). *Mantenimiento electromecánico de motores eléctricos* (Ediciones).
- William Alberto Florez Franco. (2019). *Metodología para el diseño de tableros de control y protección para subestaciones de alta tensión en Colombia*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

## 15 Anexos

### 15.1 Motores eléctricos

Las imágenes que se muestran a continuación son algunas muestras de los motores que llegan a la empresa y fueron tomadas en el momento que se desarrolló las practicas.



Figura 15.1 Motor eléctrico con bobinado en cortocircuito.

En la figura 15.2 se observa una electrobomba que ingresó para arreglo en donde se encuentra el



daño en el rodamiento.

Figura 15.2 Motor eléctrico con daño en rodamientos.



Figura 15.3 Motor de corriente directa 300 hp-230V.

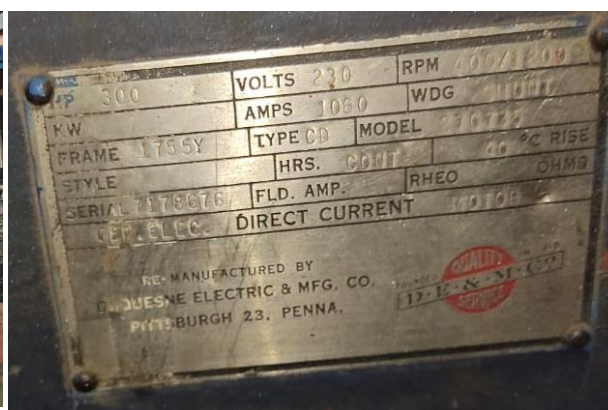


Figura 15.4 Placa motor de corriente directa 300 Hp.

Las siguientes imágenes hacen parte de la reparación realizada a un motor de 100 Hp con daño en el bobinado.



Figura 15.5 Motor de 100 Hp listo para realizar conexionado

Para las pruebas de medición de temperatura se realizan con un termómetro de infrarrojo; si hay presencia de altas temperaturas se pasan a realizar con cámara termográfica para determinar exactamente la fuente del calor y así buscarle una solución.

En la figura 15.6 tenemos un ejemplo de una medición de temperatura con termómetro infrarrojo.

En la figura 15.7 hace referencia a una lectura de temperatura con cámara termográfica a un motor eléctrico que presentaba alta temperatura en uno de sus rodamientos indicando una falla.



Figura 15.6 Medición de temperatura con termómetro infrarrojo

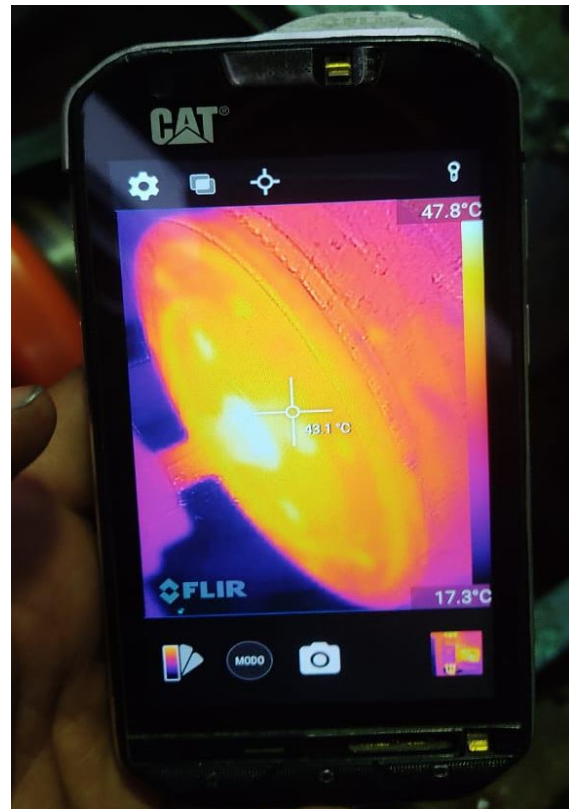


Figura 15.7 Medición de temperatura con cámara termográfica

Para las mediciones de ruido se usa un estetoscopio industrial como el que se observa en la figura 15.8 el cual este viene con un disco y según el ruido que se escuche se puede identificar el tipo de falla que presente el equipo. El Estetoscopio electrónico industrial SPM ELS14 es un dispositivo sensible de escucha para la localización de la fuente de ruido mecánico. Por medio de esta herramienta se puede identificar y detectar los problemas que poseen los rodamientos y máquinas. Permite identificar las condiciones en las que se encuentran los componentes mecánicos de las máquinas (rodamientos, piñones, correas, cadenas, acoples etc.). El dispositivo con el que se cuenta en la empresa dispone de unos audífonos de alta calidad de sonido, dos sondas de 70 y 300 mm.



Figura 15.8 Estetoscopio industrial



Figura 15.9 Medidor de vibraciones  
WINTACT WT63B

Adicionalmente se tiene un medidor de vibraciones en donde este ya viene configurado con la norma ISO 10816; este dispositivo determina el rango permisible de vibraciones para el buen funcionamiento del equipo. En la empresa se dispone del medidor de vibraciones WINTACT WT63B que se observa en la figura 15.9.

Para la instalación de rodamientos se debe realizar con precaución y cuidado para no causar ningún tipo de daño; se emplea el kit de instalación de montaje de rodamientos BETEX IMPACT 39 de propiedad de la empresa observándose en la figura 15.10.



Figura 15.10 Kit para montaje de rodamientos

Cuando los rodamientos que tengan un diámetro mayor a 60 mm o en referencia 6312, se instalarían los rodamientos con un calentador por inducción el cual calienta el rodamiento y hace que se expanda para que así entre fácilmente al eje. El calentador por inducción que se tiene en la empresa se puede observar en la figura 15.11.



Figura 15.11 Calentador por inducción

### 13.2 Tableros eléctricos.

Para este tablero eléctrico el cual es un arranque de dos electrobombas en alternancia tuve la oportunidad de realizarle seguimiento desde la fabricación del gabinete, cabe resaltar que para la fabricación de los gabinetes son realizados por otra empresa diferente. Se muestra un poco del proceso de elaboración del tablero eléctrico en las figuras 15. (12,13,14).



Figura  
15.12

Gabinete en construcción

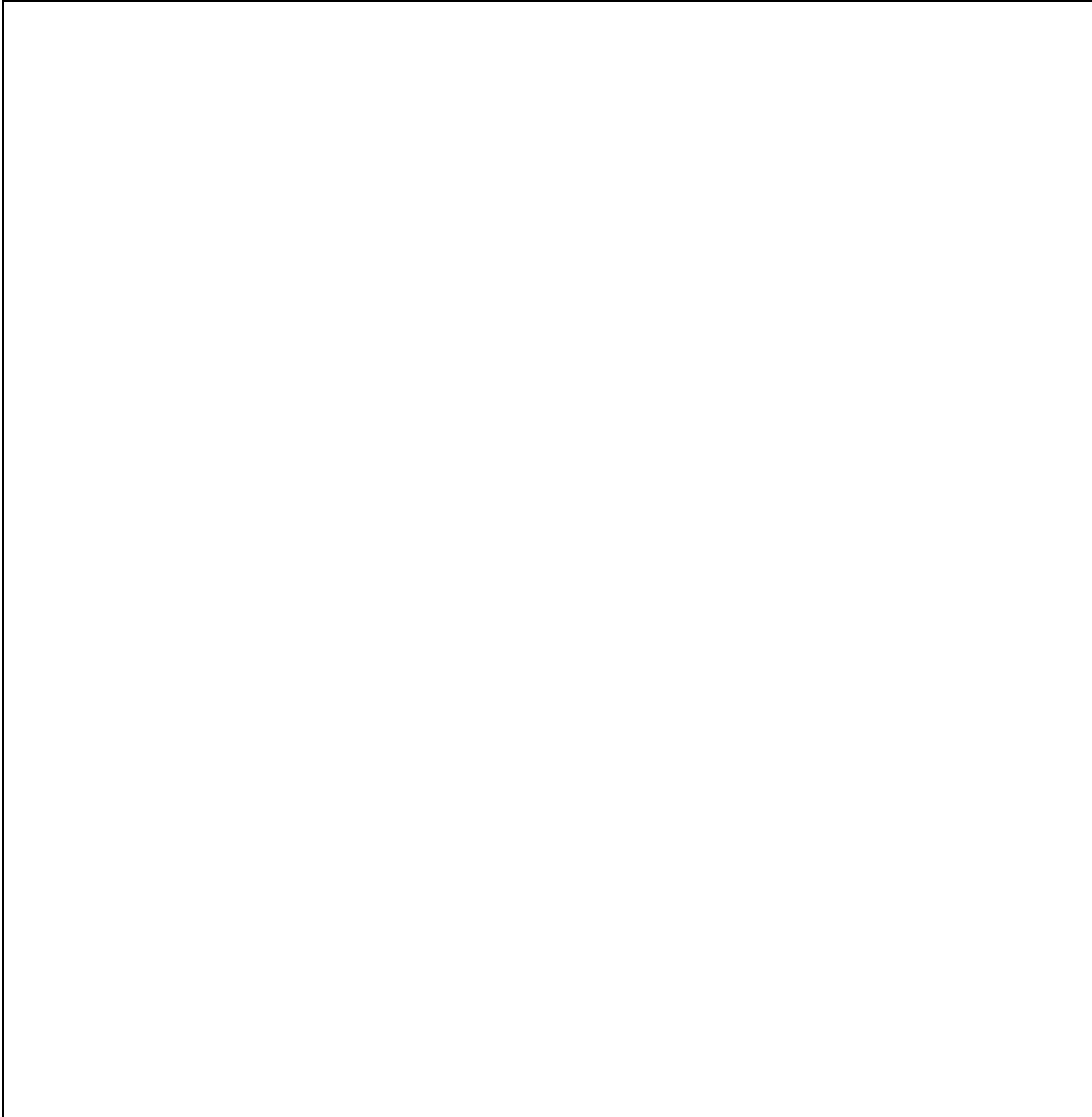


Figura 15.13 Tablero eléctrico alternancia de 2 electrobombas vista lateral



Figura 15.14 Proceso de elaboración de tablero eléctrico alternancia de 2 electrobombas

Se elaboró otro tablero eléctrico durante las prácticas empresariales, este a su vez era de mayor tamaño ya que era para el arranque de 3 electrobombas con un sistema de presión constante en alternación de las 3 electrobombas; basado en un sistema en cascada que dependiendo de la presión de entrada se ajusta el valor de salida de los variadores en tal caso si se tiene menor presión de entrada aumenta la velocidad de los variadores para lograr la presión deseada. El sistema en conjunto es controlado por un PLC (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER) LOGO V3 12-24 V con 1 módulo de entrada analógica para LOGO y 2 módulos de salida analógica para LOGO.





Figura

15.15

Distribución e instalación de elementos del tablero eléctrico

Figura  
Parte de  
del  
eléctrico



15.16  
control  
tablero



Figura 15.17 Prueba a tablero eléctricos, sistema de presión constante con alternancia de tres electrobombas



Figura 15.18 Tablero eléctrico terminado

### 15.3 Manuales de Diseño de Tableros Eléctricos- Mantenimiento a Motores Eléctricos de Inducción

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGO SST<br>INGELP-FR-TE-002                | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

## MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS

|                                                                                                                                                 |                                                      |                                       |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| <br><b>INGELPARRA</b><br><small>INGENIERIA ELECTROPARRA</small> | <b>MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS</b> |                                       |                             |
|                                                                                                                                                 | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                       |                             |
|                                                                                                                                                 | <b>CÓDIGO SST</b><br><b>INGELP-FR-TE-002</b>         | <b>Elaborado</b><br><b>20/11/2022</b> | <b>Versión:</b><br><b>1</b> |

## TABLA DE CONTENIDO

|    |                             |                               |
|----|-----------------------------|-------------------------------|
| 1. | OBJETO.....                 | 3                             |
| 2. | ALCANCE.....                | 3                             |
| 3. | REFERENCIAS NORMATIVAS..... | 3                             |
| 4. | CONDICIONES GENERALES.....  | 4                             |
| 5. | GENERALIDADES .....         | 4                             |
| 6. | PROCEDIMIENTO .....         | 6                             |
| 7. | FORMATO SST-TE001 .....     | 12                            |
| 8. | BIBLIOGRAFÍA .....          | ¡Error! Marcador no definido. |
| 9. | ANEXOS .....                | ¡Error! Marcador no definido. |

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGO SST<br>INGELP-FR-TE-002                | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

## 1. OBJETO

Establecer criterios y descripción del proceso para el diseño y elaboración de tableros eléctricos, que busque garantizar un excelente servicio de calidad a sus clientes.

## 2. ALCANCE

Aplica a las áreas operativas que participan en los procesos de diseño y elaboración de tableros eléctricos, abarcando desde el diseño de diagramas eléctricos y gabinetes hasta la entrega del tablero eléctrico terminado listo para la entrega al cliente.

## 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Normas aplicables para el diseño y elaboración de tableros eléctricos.

|                         |                                                                                                    |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IEC 61439               | Conjuntos de aparamenta de baja tensión.                                                           |
| IEEE C 73.13-2015       | IEEE Para interruptores de circuito de alimentación de CA de bajo voltaje utilizados en gabinetes. |
| IEEE C 37.20.1- 2015    | Norma para interruptores de potencia de bajo voltaje en gabinete metálico.                         |
| NEMA ICS 4 Edición 2015 | Guía de aplicación para bloques de terminales.                                                     |
| IEC 651429-1            | Celdas de distribución de baja tensión                                                             |
| NEMA AB-1               | Reglamento técnico de instalaciones eléctricas                                                     |
| RETIE                   | Vibraciones mecánicas                                                                              |

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGO SST<br>INGELP-FR-TE-002                | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

|          |                                                                                             |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| NTC 3278 | Paneles de maniobra y de control de baja tensión. Paneles tipo y tipo ensayado parcialmente |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. CONDICIONES GENERALES

El personal encargado de realizar las actividades de diseño y elaboración de tableros eléctricos debe tener las habilidades necesarias, estar calificado y tener la competencia para realizar la labor requerida. Realizando cada paso estipulado en este manual sin omitir ninguno para evitar posibles fallos durante el proceso. Y así garantizar un servicio de calidad al cliente.

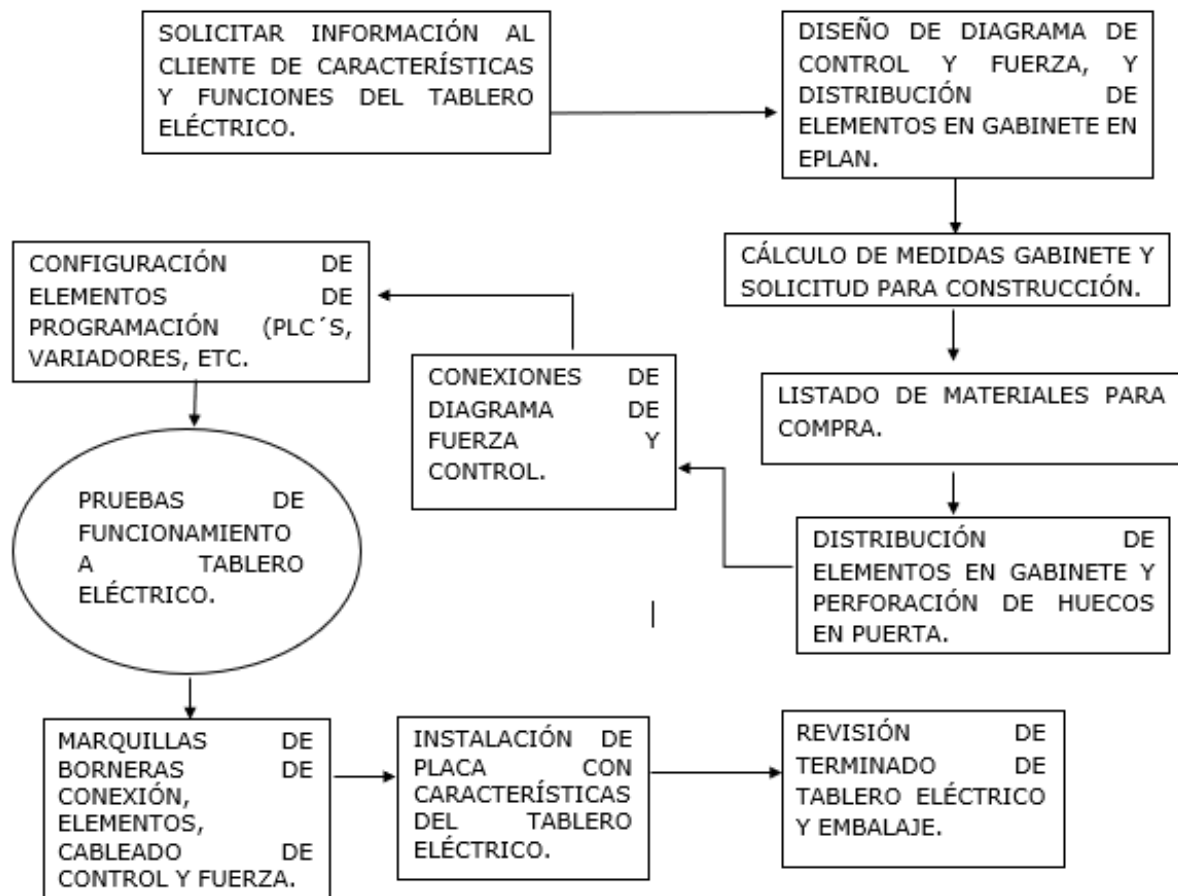
#### 5. GENERALIDADES

Para el caso del diseño y elaboración de tableros eléctricos en la empresa es de gran importancia en poder brindar un buen servicio garantizado y de calidad al cliente por lo que siempre se busca en mejorar los procesos lo cual se ha creado este manual para tener los pasos detallados de esta actividad como guía para el técnico, donde se busca eliminar los percances que se puedan presentar para así mismo presentar un servicio de calidad y en el menor tiempo posible.

A continuación, se puede observar un diagrama de flujo sobre el proceso para el diseño y elaboración de tableros eléctricos para tener una idea general sobre los diferentes pasos a realizar. Si se requiere más información detallada se puede observar en el numeral 6 PROCEDIMIENTO donde se describe cada paso.

|                                                                                                                                                 |                                                      |                                       |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| <br><b>INGELPARRA</b><br><small>INGENIERIA ELECTROPARRA</small> | <b>MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS</b> |                                       |                             |
|                                                                                                                                                 | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                       |                             |
|                                                                                                                                                 | <b>CÓDIGO SST</b><br><b>INGELP-FR-TE-002</b>         | <b>Elaborado</b><br><b>20/11/2022</b> | <b>Versión:</b><br><b>1</b> |

|                                                                                                                                                  |                                                              |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <br><b>INGELPARRA</b><br><small>INGENIERIA ELECTROPARRA</small> | <b>SISTEMA DE GESTIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b> | <b>Código:</b>          |
|                                                                                                                                                  |                                                              | <b>Fecha:05/12/2021</b> |
|                                                                                                                                                  | <b>DIAGRAMA DE FLUJO CONSTRUCCION DE TABLEROS ELÉCTRICOS</b> | <b>Versión: 001</b>     |



Para la identificación de conductores en cada tablero se maquillan con color según el voltaje nominal y su tipo de conductor como se muestra en la siguiente tabla tomado de la norma NEMA.

| TIPO DE CONDUCTOR | COLOR    | VOLTAJE |
|-------------------|----------|---------|
| FASE              | AMARILLO | 220/127 |
| FASE              | AZUL     |         |
| FASE              | ROJO     |         |

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGO SST<br>INGELP-FR-TE-002                | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

|        |          |     |
|--------|----------|-----|
| NEUTRO | BLANCO   | 440 |
| FASE   | CAFE     |     |
| FASE   | NARANJA  |     |
| FASE   | AMARILLO |     |

## 6. PROCEDIMIENTO

Para la realización del paso a paso para la prestación de servicio en diseño y construcción de tableros eléctricos se procede a un análisis del proceso que se estaba realizando en la empresa y junto con las anomalías que se han venido presentando con el retraso del proceso se realiza el que se presenta a continuación.

1. Solicitar información al cliente según el tablero que requiere.
  - Funciones del tablero eléctrico a desarrollar.
  - Medidas máximas permitidas de gabinete según su ubicación.
  - Preferencias de marcas de elementos.
2. Diseñar el diagrama de control y fuerza, y realizar distribución de los elementos a utilizar en programa EPLAN.

Se realizan los diagramas de control y fuerza en el programa EPLAN según las funciones de tablero o se revisa si ya se ha diseñado algún tablero para tomarlo como guía.

En el programa de EPLAN se tiene la ventaja que hay mismo se puede realizar la ubicación de elementos dentro del gabinete respetando las medidas de cada elemento según fabricante para que se mantenga su espacio para que circule el aire y así mantener su temperatura nominal de trabajo.

3. Realizar el cálculo de tamaño del gabinete y generar la solicitud para construcción de este.

Con la ayuda del Programa EPLAN se puede realizar el cálculo de las medidas del gabinete ya que este nos permite luego de realizar su distribución de elementos dentro del gabinete.

4. Realizar listado de materiales a utilizar.

Se debe realizar el listado de material con la ayuda del programa EPLAN.

5. Solicitud para la compra de materiales y elaboración del gabinete.

|                                                                                  |                                                      |                                       |                             |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|  | <b>MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS</b> |                                       |                             |
|                                                                                  | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                       |                             |
|                                                                                  | <b>CÓDIGO SST</b><br><b>INGELP-FR-TE-002</b>         | <b>Elaborado</b><br><b>20/11/2022</b> | <b>Versión:</b><br><b>1</b> |

Se realiza la respectiva solicitud a la parte de compras de la empresa sobre los materiales a utilizar y la elaboración del gabinete.

- Distribución de elementos en fondo de gabinete según el punto 3 para proceder a realizar el corte de las canaletas y fijación de estos mismos. Cada tablero se realiza con barrajes distribuidos de forma horizontal o vertical según sea su diseño y distribución de cada carga. serán montados los barrajes en aisladores resistentes a voltajes y temperatura que puedan ser expuestos según su función y uso.

- Marcación de elementos en puerta de gabinete según distribución de elementos realizada en el punto 3.

Se distribuye los elementos que irán instalados en la puerta según los planos realizados en el programa EPLAN.

- Corte de puerta según distribución de elementos para fijación de estos.

Se realiza su respectivo hueco para ser asegurado los elementos. Donde pueden ser elementos de mando, señalización y visualización como pulsadores, selectores, pilotos, luces indicadoras, analizadores de red, monitores de voltaje y corrientes, entre otros.

- Elaboración de respectivos puentes y conexiones de diagrama de fuerza bien moldeados en ángulo 90° según canaleta y elementos a conectar con ponchado de terminales y marcado de color teniendo en cuenta su fase y voltaje.

- Elaboración de respectivas conexiones del diagrama de control con sus terminales bien ponchado. El conductor del cableado de control será mínimo de 18 AWG.

- Programación de plc's, variadores y elementos programables, si se requiere.

Para la programación hay un técnico especializado que será el encargado de realizar los códigos y dejar programados los respectivos elementos para su total funcionamientos cuando esto se requiera.

- Pruebas de funcionamiento a tablero eléctrico.

El técnico encargado de las pruebas tendrá que realizarlas según el funcionamiento del tablero y verificar detalladamente que cada elemento este trabajando correctamente.

- Elaboración e instalación de marquillas a conexiones de fuerza y control. será identificado a cada extremo con marquillas enumeradas según su plano.

Para esta tarea al momento en que se realizan los planos en el programa cada cable queda enumerado con una letra y/o número para así identificar con facilidad cuando se requiera de una revisión al tablero en la siguiente imagen se muestra un ejemplo del maquillado a un analizador de red.

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGO SST<br>INGELP-FR-TE-002                | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

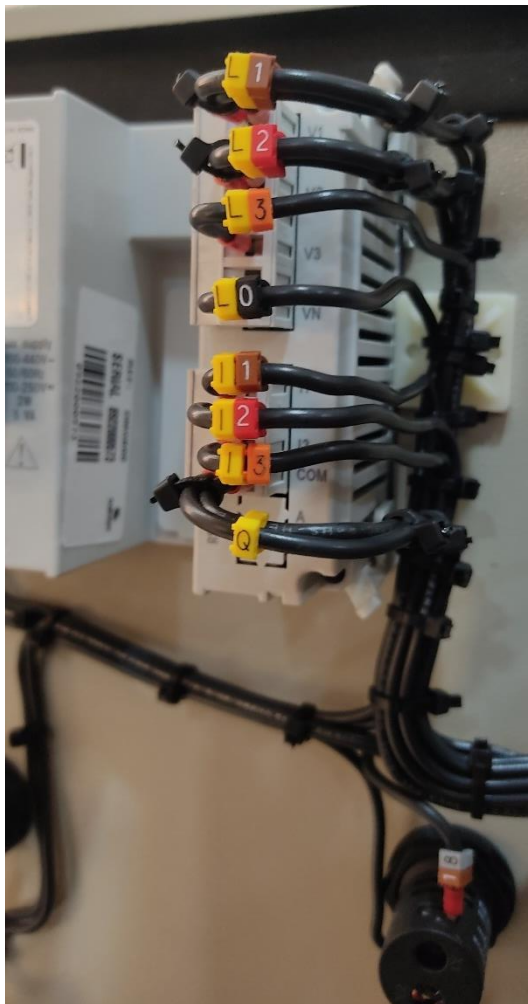


Ilustración 1. Marcación de cableado de control.

#### 14. Elaboración e instalación de marquillas de borneras de conexión y elementos en puerta.

Para la elaboración de las marquillas de borneras de conexión y elementos se realizan en impresora maquilladora en las cuales se presenta a continuación una imagen en un tablero. Se puede observar en la ilustración 2 que sobre los elementos se encuentra la marquilla correspondiente y en la parte inferior sobre la última tapa de canaleta horizontal sobre cada bornera de conexión para identificar a que es cada bornera.

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGO SST<br>INGELP-FR-TE-002                | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |



Ilustración 2.Marquillas en elementos y borneras de conexión a tablero eléctrico

Para las marquillas en la puerta estas se realizan en acrílico con la maquina laser para indicar cada elemento ubicado en la puerta como se puede observas en la ilustración 3.

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGO SST<br>INGELP-FR-TE-002                | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

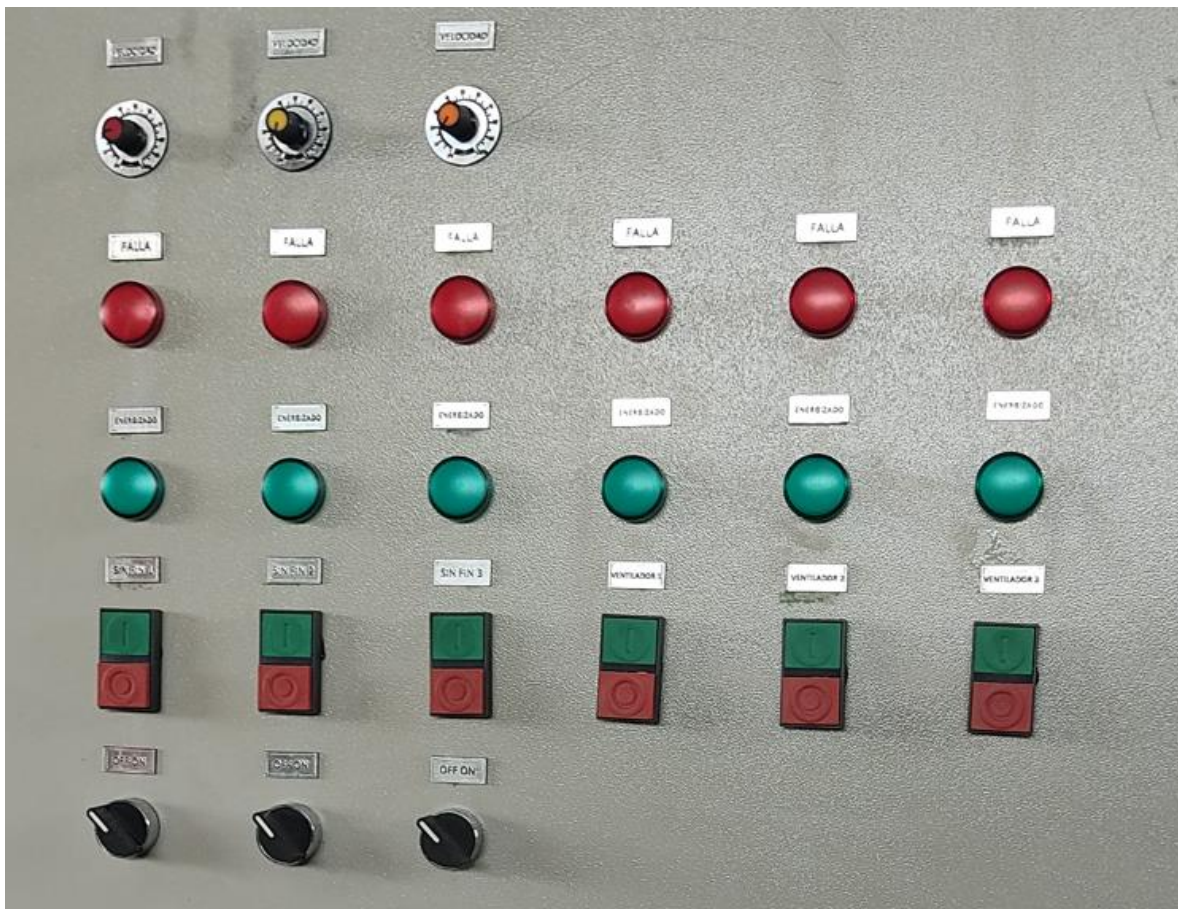


Ilustración 3. Marcación sobre la puerta del tablero eléctrico

15. Cada tablero será marcado con láser en una placa de acrílico de dos capas ubicada en un lugar visible con los datos más importantes los cuales son.

- Nombre del tablero eléctrico.
- Número de serie.
- Numero de hilos (incluyendo tierra y neutro)
- Voltaje nominal.
- Corriente nominal.
- Corriente máxima.
- Corriente de cortocircuito
- Fecha de fabricación.
- Grado de protección.
- INGEL PARRA.
- Dirección de la empresa.
- SIMBOLO DE RIESGO ELÉCTRICO.

|                                                                                  |                                                      |                                 |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
|  | <b>MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS</b> |                                 |                       |
|                                                                                  | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                 |                       |
|                                                                                  | <b>CÓDIGO SST<br/>INGELP-FR-TE-002</b>               | <b>Elaborado<br/>20/11/2022</b> | <b>Versión:<br/>1</b> |

16. Verificación de terminación de tablero eléctrico con las siguientes pruebas y revisión de calidad.

NOTA: Se debe dejar una copia de los planos y programaciones en forma física y virtual como respaldo.

Para cada tablero se realiza una cartilla que incluye la siguiente información;

- Planos eléctricos (Diagrama de fuerza y diagrama de control).
- Certificado de normatividad del fabricante de gabinete.
- Certificados de fabricación de cada elemento utilizado.
  - Manuales de dispositivos electrónicos que requieran programación.
- Manual de instrucciones y recomendación de manipulación e instalación de tablero.

El jefe de proyectos es el encargado en revisar el tablero eléctrico que todo haya quedado bien siguiendo los siguientes ítems.

- Verificación visual y física de cada marquilla que se encuentre visible y bien instalada.
- Revisión de torque en cada tornillo en borneras y cada elemento del tablero.
- Prueba de cada elemento y todo el tablero eléctrico según su funcionamiento.
- Limpieza general y empacada del tablero eléctrico para su entrega.

|                                                                                                                                                 |                                                      |                                       |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| <br><b>INGELPARRA</b><br><small>INGENIERIA ELECTROPARRA</small> | <b>MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS</b> |                                       |                             |
|                                                                                                                                                 | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                       |                             |
|                                                                                                                                                 | <b>CÓDIGO SST</b><br><b>INGELP-FR-TE-002</b>         | <b>Elaborado</b><br><b>20/11/2022</b> | <b>Versión:</b><br><b>1</b> |

## 7. FORMATO SST-TE001

|                                                                                                                                                  |                                                                                                                                   |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <br><b>INGELPARRA</b><br><small>INGENIERIA ELECTROPARRA</small> | <b>SISTEMA DE GESTIÓN EN<br/>SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b><br><b>INFORME REVISIÓN Y PRUEBAS</b><br><b>TABLERO ELÉCTRICO</b> | <b>Código:</b>           |
|                                                                                                                                                  |                                                                                                                                   | <b>Fecha: 13/12/2021</b> |
|                                                                                                                                                  |                                                                                                                                   | <b>Versión: 001</b>      |
|                                                                                                                                                  |                                                                                                                                   | <b>Página 1 de 1</b>     |

### INFORME DE REVISION Y PRUEBAS

ORDEN DE TRABAJO

Empresa: \_\_\_\_\_  
 Responsable: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

| DATOS DEL TABLERO     |        |
|-----------------------|--------|
| VOLTAJE NOMINAL:      | NOMBRE |
| CORRIENTE NOMINAL:    |        |
| FECHA DE FABRICACION: |        |
| NUMERO DE SERIE       |        |

En los siguientes ítem's realizarlos uno por uno en el tablero e ir marcando a medida que se van realizando.

| INSPECCION VISUAL DE TABLERO TERMINADO                                                                        |        |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|
| DESCRIPCION                                                                                                   | ESTADO |           |
|                                                                                                               | CUMPLE | NO CUMPLE |
| Revisar que tenga la señalizacion de seguridad de riesgo eléctrico en la tapa o adjunta a ella                |        |           |
| Revisar la barra de tierra y que este conectada a la tapa y gabinete con cableado y sus adecuados terminales. |        |           |
| Revisar todas las marquillas correspondientes en cableado de control y fuerza que coincidan con los planos    |        |           |
| Revisar que cada elemento tenga su marquilla dentro del tablero electrico y en la puerta de este.             |        |           |
| Revisar el torque adecuado en cada tornillo de los elementos y barrajes del tablero.                          |        |           |
| Revisar que el tablero este totalmente limpio tanto por dentro como por afuera.                               |        |           |
| Revisar que tenga su placa de características en la puerta del tablero.                                       |        |           |
| OBSERVACIONES:                                                                                                |        |           |

|                                                                                  |                                                      |                                       |                             |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|  | <b>MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS</b> |                                       |                             |
|                                                                                  | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                       |                             |
|                                                                                  | <b>CÓDIGO SST</b><br><b>INGELP-FR-TE-002</b>         | <b>Elaborado</b><br><b>20/11/2022</b> | <b>Versión:</b><br><b>1</b> |

### RELACIÓN DE VERSIONES

| <b>VERSIÓN</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>    | <b>FECHA</b> |
|----------------|-----------------------|--------------|
| 1              | EMISIÓN DEL DOCUMENTO | 25/11/2021   |

| <b>Elaboró</b>                                                                          | <b>Revisó</b>                      | <b>aprobó</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------|
| <p><b>Daniel Vicente<br/>Ramírez<br/>Cárdenas<br/>Practicante<br/>universitario</b></p> | <p><b>Leonardo David Parra</b></p> |               |

Este documento es propiedad de la empresa INGEL PARRA S.A.S no debe ser copiado, reproducido y/o circulado sin su autorización.  
This document is property of INGEL PARRA S.A. it shall not be copied, reproduced and/or circulated without authorization

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGOSST<br>INGELP-FR-MT-002                 | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

## MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELÉCTRICOS

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGOSST<br>INGELP-FR-MT-002                 | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

## TABLA DE CONTENIDO

|    |                                                                        |    |
|----|------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | OBJETO                                                                 | 3  |
| 2. | ALCANCE                                                                | 3  |
| 3. | REFERENCIAS NORMATIVAS                                                 | 3  |
| 4. | CONDICIONES GENERALES                                                  | 4  |
| 5. | GENERALIDADES                                                          | 4  |
| 6. | PROCEDIMIENTO                                                          | 5  |
| 7. | PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO                                               | 10 |
|    | Prueba de medición de resistencia de aislamiento                       | 10 |
|    | Proceso para la realización de medición de resistencia de aislamiento. | 10 |
|    | Índice de polarización y absorción                                     | 11 |
|    | Prueba de corriente en vacío                                           | 12 |
|    | Medición de resistencia óhmica                                         | 12 |
|    | Prueba de vibración                                                    | 13 |
|    | Prueba de ruido                                                        | 13 |
|    | Prueba de temperatura                                                  | 14 |
|    | Prueba de velocidad.                                                   | 15 |
| 8. | ELABORACIÓN DE FORMATO SST-FR003                                       | 16 |

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGOSST<br>INGELP-FR-MT-002                 | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

## 1. OBJETO

Establecer criterios y descripción de la metodología para el mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción, que busque garantizar un excelente servicio de calidad a sus clientes.

## 2. ALCANCE

Aplica a las áreas operativas que participan en los procesos de mantenimientos preventivos y correctivos de motores de inducción, abarcando desde la recepción del motor hasta su correcto funcionamiento listo para su entrega.

## 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Normas aplicables para el mantenimiento preventivo y correctivo de motores eléctricos:

|      |              |                                                                                                                                             |
|------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NTC  | 1545         | Máquinas eléctricas rotatorias. Marcado de terminales y sentido de giro.                                                                    |
| NTC  | 2805         | Máquinas eléctricas rotatorias. Características nominales y características de funcionamientos.                                             |
| IEEE | Std 118-1978 | Código de prueba estándar para la medición de resistencias.                                                                                 |
| IEEE | 43-2013      | Prueba de resistencia de aislamiento.                                                                                                       |
| IEC  | 60034-7      | Máquinas eléctricas rotativas. Clasificación de los tipos de construcción, de las disposiciones de montaje y posición de la caja de bornes. |
| IEC  | 60034-14     | Máquinas eléctricas rotativas. Vibraciones mecánicas de determinadas máquinas con altura de eje igual o superior a 56 mm                    |
| ISO  | 10816        | Vibraciones mecánicas                                                                                                                       |

|                                                                                  |                                                      |                                 |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
|  | <b>MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS</b> |                                 |                       |
|                                                                                  | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                 |                       |
|                                                                                  | <b>CÓDIGOSST<br/>INGELP-FR-MT-002</b>                | <b>Elaborado<br/>20/11/2022</b> | <b>Versión:<br/>1</b> |

#### 4. CONDICIONES GENERALES

El personal encargado de realizar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de motores de inducción debe tener las habilidades necesarias, estar calificado y tener la competencia para realizar la labor requerida. Realizar cada paso estipulado en este manual sin omitir ninguno para evitar posibles fallos durante el proceso. Dando garantía de un servicio de calidad al cliente.

#### 5. GENERALIDADES

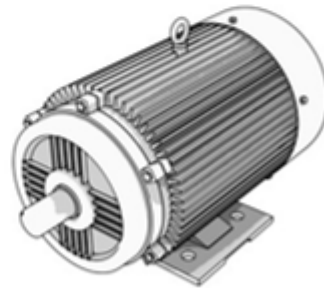
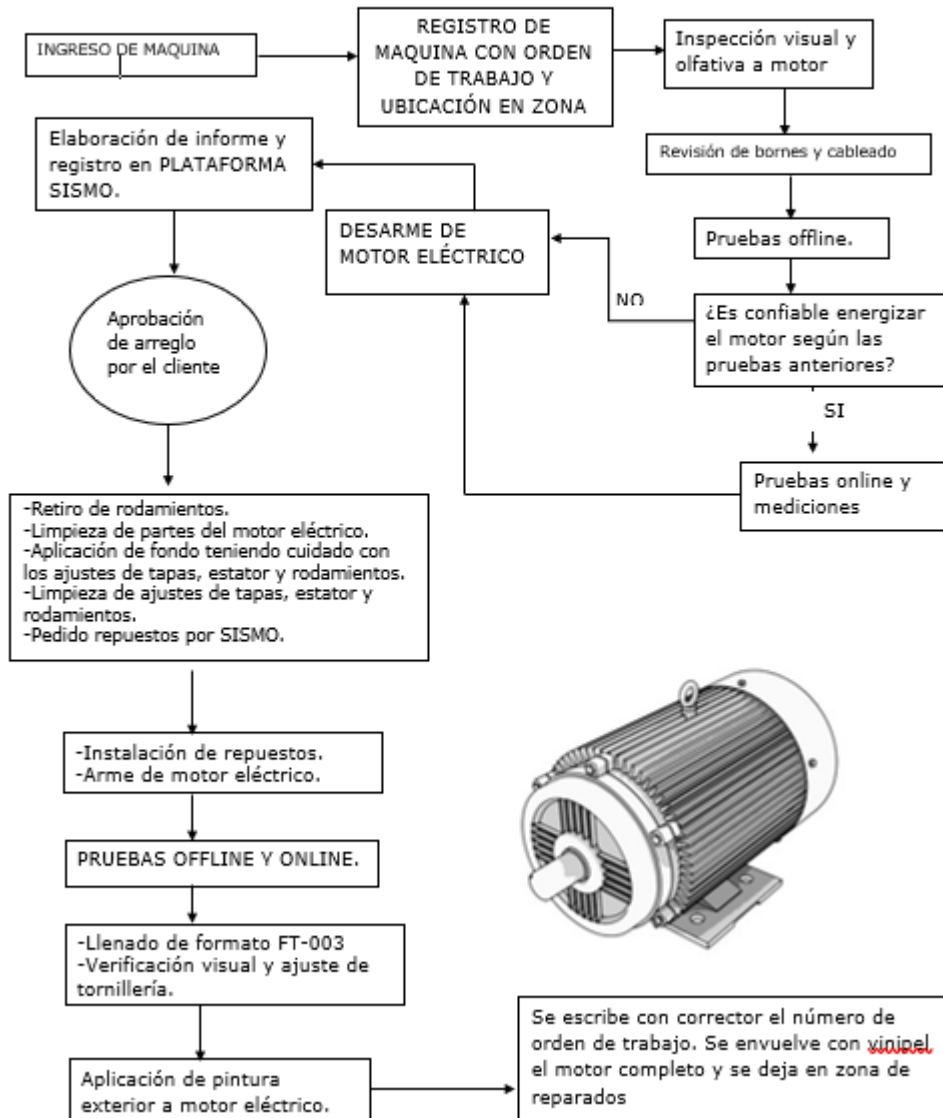
Para el caso de los mantenimientos generales de motores eléctricos en la empresa es de mucha importancia en poderle brindar un buen servicio de calidad y garantía para el cliente por lo que siempre se busca en mejorar los procesos por lo que se ha tomado a tener en cuenta este documento para los pasos que debe tener en cuenta el técnico al momento de intervenir un motor eléctrico para eliminar las fallas que se puedan presentar y así mismo disminuir el tiempo posible para culminar con cada mantenimiento para tener listo el motor al cliente. Se describe cada paso que debe realizar el técnico y las diferentes pruebas a realizar para que el técnico tenga a la mano el proceso detallado.

La comunicación interna de la empresa desde el área operativa (técnicos) hacia el área administrativa se realiza por medio de un software llamado SISMO (Sistema de Mantenimiento Operativo). Este permite transmitir la información sobre la máquina que se está revisando desde los técnicos hacia el área administrativa para que puedan brindarle la respectiva información y el estado en el que se encuentra la máquina. Por lo cual el técnico debe de estar atento e ir actualizando el estado de cada máquina que revise.

A continuación, se puede observar un diagrama de flujo sobre el proceso para el mantenimiento de motores eléctricos para tener una idea general sobre los diferentes pasos a realizar. Si se requiere más información detallada se puede observar en el numeral 6 PROCEDIMIENTO donde se describe cada paso.

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGOSST<br>INGELP-FR-MT-002                 | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

|                                                                                   |                                                       |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------|
|  | SISTEMA DE GESTIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO | Código:<br>Fecha:30/11/2021 |
|                                                                                   | DIAGRAMA DE FLUJO MANTENIMIENTO EN MOTORES ELÉCTRICOS | Versión: 001                |



## 6. PROCEDIMIENTO

A continuación, se plantea el procedimiento para realizar la revisión y arreglo de motores eléctricos en donde por lo general los motores siempre que se llevan a la empresa son para mantenimiento correctivo, si en tal caso se llegara a tener un motor para solo mantenimiento preventivo se omitirán los puntos 7 y 9, y para el punto 13 solamente sería instalación de rodamientos ya que no hay ningún elemento dañado, pero sin embargo los rodamientos si es necesario cambiarlos.

|                                                                                  |                                                      |                                 |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
|  | <b>MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS</b> |                                 |                       |
|                                                                                  | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                 |                       |
|                                                                                  | <b>CÓDIGOSST<br/>INGELP-FR-MT-002</b>                | <b>Elaborado<br/>20/11/2022</b> | <b>Versión:<br/>1</b> |

1. Ingreso de motor eléctrico en área administrativa.

Generación de orden de trabajo en SISMO. Donde se ingresan los siguientes datos al sistema: Nombre de cliente, Teléfono, Tipo de máquina, Potencia, Velocidad nominal, Marca, Color, Daño.

2. Revisión visual y olfativa del estado en que se encuentra el motor eléctrico y sus partes (tapas rotas, eje torcido) y verificación que no esté frenado el eje.

Esta revisión debe ser muy minuciosa ya que con esta puede determinarse en el estado en que llega el motor para así verificar si tiene algún deterioro o alguna pieza en mal estado para realizar la respectiva observación y hacerle saber al cliente para no tener inconvenientes luego con el cliente.

3. Revisión de bornes y cableado, comprobar si hay conexiones sueltas en el motor y revisar todos los terminales. (cableado roto, bornera rota).

Para este paso es de mucha importancia ya que si se presenta alguna anomalía tanto en el cableado, terminales o borneras puede presentarse algún incidente o accidente si se llega a energizar.

4. Pruebas offline a motor.

Prueba de resistencia a bobinas y cable si lo tiene.  
Prueba de aislamiento con megger a bobinas con tierra.

NOTA: Si se obtiene resultados en los pasos anteriores donde no se pueda energizar el motor, se procede al desarme del motor para realizar su revisión, se llena el formato SST-FR003 y el respectivo llenado de SISMO con Diagnóstico, Reparación requerida, Repuestos a cambiar, Nombre de técnico. Para así dar una cotización al cliente y esperar a la confirmación del cliente para su reparación.

5. Pruebas online a motor.

- Se realiza la respectiva conexión de la máquina según el voltaje a aplicar.
- Se prepara el cable o se adecua un cable ubicado en el stand de cableados para su conexión al tablero de pruebas.
- Se energiza desde el tablero de pruebas y se realizan mediciones de corriente y voltaje a la máquina para llenar el formato SST-FR003

6. Desarme de la máquina.

- Marcación para el desarme de la máquina.
- Lado A (lado de polea o acople) se marca con 1 línea perpendicular O UN PUNTO con centro punto. a la tapa para tener en cuenta al momento de armar.
- Lado B (lado del ventilador) se marca con 2 líneas perpendiculares a la tapa.
- Medición de polea o acople: Se realiza medición con calibrador Pie de Rey para mirar su ubicación en el eje y es apuntada en el formato SST-FR003.
- Retiro de rodamientos de Eje.

|                                                                                  |                                                      |                                 |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
|  | <b>MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS</b> |                                 |                       |
|                                                                                  | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                 |                       |
|                                                                                  | <b>CÓDIGOSST<br/>INGELP-FR-MT-002</b>                | <b>Elaborado<br/>20/11/2022</b> | <b>Versión:<br/>1</b> |

- Revisión minuciosa de elementos mecánicos en mal estado y retiro de elementos mecánicos averiados si se requiere.
- Metrología de ajustes en tapas de alojamientos de rodamientos y verificación de ejes.
- Listado de repuestos y elementos mecánicos para cambio.
- Evidencias fotográficas de repuestos y elementos dañados.
- Realizar marcación de todas las piezas con su número de orden de trabajo.
- Ubicación de todas las piezas en canasta marcada con la orden de trabajo y ubicada en la zona de revisados.
- Realizar el llenado de la revisión en el sistema SISMO y estipular el lugar de ubicación de la canasta con sus partes, sus fallas encontradas, repuestos para cambio si los hay, posibles causantes de la falla, tiempo estimado de reparación.

En caso de daños en el bobinado, con deterioro de núcleo, motores antiguos o con historial de excesivas bobinadas, realizar prueba loop test.

Al tener la aprobación del cliente para el respectivo arreglo de la máquina se procede a informarle al técnico que la desarmó para que le realice el respectivo arreglo según el diagnóstico, si en algún caso no está disponible para el arreglo, se busca a quien esté disponible.

#### 7. Realizar el rebobinado si se requiere.

Para el caso de que el bobinado no se haya realizado en la empresa y/o haya desconfianza, verificar datos con el historial de la empresa según características de motor.

- Toma de datos.
  - Remoción de bobinado.
  - Limpieza de núcleo.
  - Fabricación de aislamiento.
  - Fabricación de bobinas.
  - Ingreso de bobinas a núcleo.
  - Conexiónado.
  - Aislado amarre y barnizado.
  - Horneado.
  - Marcación.
  - Registro de datos en cuaderno.
- ✓ Potencia, Velocidad, Marca, orden de trabajo, cliente, fecha.
  - ✓ Calibres, pasos, número de espiras, conexión.
  - ✓ Medidas, referencia de rodamientos e información importante.

#### 8. Solicitud de elementos mecánicos para arreglo en torno si se requiere.

Luego de disponer de las piezas que se requieran llevar al torno, se hace el respectivo diligenciamiento del formato y se entrega en administración; seguido se procede a enviar al torno las piezas a intervenir.

|                                                                                  |                                                      |                                 |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
|  | <b>MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS</b> |                                 |                       |
|                                                                                  | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                 |                       |
|                                                                                  | <b>CÓDIGOSST<br/>INGELP-FR-MT-002</b>                | <b>Elaborado<br/>20/11/2022</b> | <b>Versión:<br/>1</b> |

9. Limpieza de todas las tapas, eje y del estator.

Se deben realizar la respectiva limpieza donde primero se hace un lavado de cada pieza y luego es limpiado con grata para dejarlos listos para la aplicación de pintura.

10. Aplicación de pintura anticorrosiva (Fondo) teniendo cuidado con los ajustes de tapas, estator y rodamientos.

- Preparación de pintura fondo ROJO únicamente la que se requiera.
- Aplicación de pintura a las partes del motor, teniendo precaución con los ajustes de tapas, estator y rodamientos.
- Limpiar pistola después de usarla.
- Recoger manguera de aire.

11. Limpieza de ajustes de tapas, estator y alojamiento de rodamientos.

Se realiza la limpieza de las piezas con grata para garantizar su buen ajuste al momento de armar el motor.

12. Verificación y solicitud de repuestos por SISMO los cuales son entregados en oficina.

Se verifica desde SISMO que los repuestos estén en bodega para realizar la solicitud que es entregada en oficina.

13. Instalación de rodamientos y elementos averiados.

- Para la instalación de rodamientos se debe utilizar el kit BETEX IMPACT 39 para rodamientos máximos a un diámetro de 60 mm o referencia 6312. Para la instalación de rodamientos se debe usar el buje apropiado al rodamiento evitando así daños a este. Para saber el buje a utilizar según su rodamiento ver la tabla que se encuentra en la tapa superior del kit.
- Para instalación de rodamientos superiores a 60 mm de diámetros usar el kit de calentador de inducción.

14. Arme de motor eléctrico.

- Verificación de arandela de presión en lado B.
- Limpieza de rodamientos y ajuste de rodamientos en tapas.
- Ensamble de tapas y eje al estator.
- Instalación y ajuste de tornillería.

15. Pruebas offline a motor.

- a) Prueba de resistencia a bobinas y cable si lo tiene.
- b) Prueba de aislamiento con megger a bobinas con tierra.

16. Pruebas online a motor.

|                                                                                  |                                                      |                                 |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
|  | <b>MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS</b> |                                 |                       |
|                                                                                  | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                 |                       |
|                                                                                  | <b>CÓDIGOSST<br/>INGELP-FR-MT-002</b>                | <b>Elaborado<br/>20/11/2022</b> | <b>Versión:<br/>1</b> |

- Se realiza la respectiva conexión de la máquina según el voltaje a emplear.
- Se prepara el cable o se adecua un cable ubicado en el stand de cableados para su conexión al tablero de pruebas.
- Se energiza desde el tablero de pruebas y se realizan mediciones de corriente y voltaje a la máquina para llenar el formato SST-FR003.

17. Pruebas mínimas para realizar.

- Vibraciones.
- Ruido.
- Temperatura. rodamientos, estator.
- Velocidad.

18. Verificación visual y ajuste de tornillería.

19. Aplicación de pintura exterior a motor eléctrico en área de pinturas.

- Preparación de pintura únicamente la que se requiera.
- Empapelar eje, placa de características.
- Limpiar pistola después de usarla.
- Recoger manguera de aire.

20. Envolver con vinipel.

- Marcación de número de orden de trabajo en motor con corrector.
- Envolver con vinipel completamente el motor.
- Dejar en zona de reparados y colocar ubicación en SISMO

21. Verificación de informe técnico e inspección física por parte del jefe de taller.

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGOSST<br>INGELP-FR-MT-002                 | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

## 7. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

### Prueba de medición de resistencia de aislamiento

La prueba de aislamiento se realiza con la finalidad de revisar su condición de aislamiento del motor. con el método según la norma IEEE 43-2013, que consiste en realizar mediciones del valor de la resistencia de aislamiento con un voltaje DC para este caso 1000 V para motores de baja tensión.

### Proceso para la realización de medición de resistencia de aislamiento.

Tomado del Fabricante WEB nos indica la siguiente forma para realizar la prueba de aislamiento.

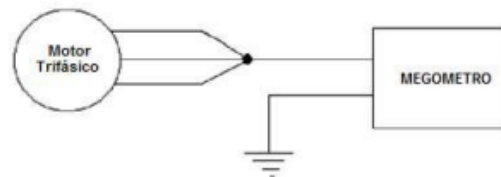
## Resistencia de Aislamiento

**Finalidad :** Verificar la condición del aislamiento del motor, y cuando desease resultados cuantitativos y/o su registro.

| Valor Limite (MΩ) |      | Evaluación del Aislamiento |
|-------------------|------|----------------------------|
| ...               | 2    | Peligroso                  |
| 2                 | 50   | Malo                       |
| 50                | 100  | Poco Satisfactorio         |
| 100               | 500  | <b>BUENO *</b>             |
| 500               | 1000 | Muy Bueno                  |
| Arriba de 1000    |      | Excelente                  |

| Tensión del Motor | Tensión de Prueba |
|-------------------|-------------------|
| hasta 575V        | 500 hasta 1000 V  |
| 575 V hasta 2400V | 1000 hasta 2500 V |
| Arriba de 2400V   | 1000 hasta 5000 V |

- Aplicar tensión continua durante 1 (un) minuto y después efectuar la lectura de resistencia de aislamiento. Para motores de BT aplicar 500V.



**Temperatura:** los equipos deben ser ensayados en temperatura ambiente. Si no, deben utilizar la tabla de corrección.

|                                                                                                                                   |                                                      |                                       |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| <br><b>INGEL PARRA</b><br>INGENIERIA ELECTROPARRA | <b>MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS</b> |                                       |                             |
|                                                                                                                                   | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                       |                             |
|                                                                                                                                   | <b>CÓDIGOSST</b><br><b>INGELP-FR-MT-002</b>          | <b>Elaborado</b><br><b>20/11/2022</b> | <b>Versión:</b><br><b>1</b> |

## Índice de polarización y absorción

### Índice de Polarización y Absorción

**Índice de Polarización** es la relación entre los valores de Resistencia de Aislamiento medidos mientras 10 (diez) minutos y mientras 1 (un) minuto.

**Índice de Absorción** es la relación entre los valores de Resistencia de Aislamiento medidos mientras 1 (un) minuto y mientras 30 (treinta) segundos.

$$IP = \frac{R(10min)}{R(1min)}$$

$$IA = \frac{R(1min)}{R(30s)}$$

**Motor limpio y en buenas condiciones, IP alto.**  
**Motor con humedad, sucio y/o con grasa, IP bajo.**

| R               | IP (solo para motores con potencia >15cv) | IA           | Recomendaciones                                                                                                                                                                                                                              | Clasificación             |
|-----------------|-------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| > 500M          | IP > 2                                    | IA > 1,2     | Motor puede trabajar. Como los niveles de corriente de fuga son muy bajos para estos valores de resistencia, los índices son muy inexactos.                                                                                                  | Liberado                  |
|                 | 1 < IP < 2                                | 1 < IA < 1,2 |                                                                                                                                                                                                                                              |                           |
|                 | IP < 1                                    | IA < 1       |                                                                                                                                                                                                                                              |                           |
| 500M > R > 100M | IP > 2                                    | IA > 1,2     | Motor puede trabajar.                                                                                                                                                                                                                        | Liberado                  |
|                 | 1 < IP < 2                                | 1 < IA < 1,2 | Evaluar las causas de la baja tasa. Si son identificadas causas externas, el motor puede ser considerado apto para el trabajo. Si no hay causa externa aparente, programar una nueva prueba y comprobar la tendencia del índice.             | Liberado con advertencias |
|                 | IP < 1                                    | IA < 1       | Lavar y secar los motores en horno y reevaluar el índice. Si permanecer bajo, repetir el proceso, y si es necesario reimpregnar y rejuvenecer el motor.                                                                                      | Evaluar el uso            |
| 100M > R > 5M   | IP > 2                                    | IA > 1,2     | Motor puede trabajar.                                                                                                                                                                                                                        | Liberado                  |
|                 | 1 < IP < 2                                | 1 < IA < 1,2 | Lavar y secar el motor en horno y reevaluar el motor al final del secado. Si hay una tendencia de mejora de los índices debe repetir el proceso hasta que se consiga un resultado satisfactorio. Si esto no ocurre, debe rebobinar el motor. | Evaluar el uso            |
|                 | IP < 1                                    | IA < 1       | Lavar y secar el motor en horno y evaluar el índice. Si los valores continúan bajos, rebobinar el motor.                                                                                                                                     | Necesita reparación       |
| < 5 M           | IP > 2                                    | IA > 1,2     | Lavar y secar el motor en horno y evaluar el índice. Si los valores continúan bajos, rebobinar el motor..                                                                                                                                    | Necesita reparación       |
|                 | 1 < IP < 2                                | 1 < IA < 1,2 |                                                                                                                                                                                                                                              |                           |
|                 | IP < 1                                    | IA < 1       |                                                                                                                                                                                                                                              |                           |

### Índice de Polarización y Absorción

IEEE  
Std 43-2000

IEEE RECOMMENDED PRACTICE FOR TESTING INSULATION

**Table 2—Recommended minimum values of polarization index for all machine components<sup>a</sup> insulation classes per IEC 60085-01: 1984**

| Thermal class rating | Minimum <i>P.I.</i> |
|----------------------|---------------------|
| Class A              | 1.5                 |
| Class B              | 2.0                 |
| Class F              | 2.0                 |
| Class H              | 2.0                 |

<sup>a</sup>The P.I. test is not applicable to noninsulated field windings (see 12.2.1).

NOTE—If the 1 min insulation resistance is above 5000 MΩ, the calculated *P.I.* may not be meaningful. In such cases, the *P.I.* may be disregarded as a measure of winding condition (see 12.2.2).

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGOSST<br>INGELP-FR-MT-002                 | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

## Prueba de corriente en vacío

### Prueba de Corriente en Vacío

Verificar si la corriente está equilibrada y conforme especificación de fábrica:

- Para motores IV, VI, VIII polos, el desequilibrio de corriente en vacío no debe exceder al límite de 10%;
- Para motores II polos, el desequilibrio máximo admisible es de 20%.

**Procedimiento:** arrancar el motor en vacío en su voltaje y frecuencia nominales. Es necesario una fuente de alimentación.

$$DI = ( DMD / MTF ) \times 100$$

DI = Desequilibrio de corriente  
DMD = Mayor desvío de corriente de fase en relación a media de las tres fases  
MTF = Media de las tres fases

Ejemplo: Motor trifásico 10HP, IV polos, 220/380V, I1 = 15 A, I2 = 13 A, I3 = 13,5A

MTF (media de las corrientes de las tres fases) =  $(I1 + I2 + I3) / 3 = (15 + 13 + 13,5) / 3 = 13,83A$

$$DMD = I1 - MTF = 15 - 13,83 = 1,17 A$$

$$DI = ( 1,17 / 13,83 ) \times 100 = 8,4\% \rightarrow \text{el motor está normal!}$$

## Medición de resistencia óhmica

### Medición de Resistencia Óhmica

Teste para verificación si el valor de resistencia está equilibrada entre las fases. En motores de baja tensión, el desequilibrio de resistencias calculado conforme ecuación abajo, no debe ser superior a 3% (motores hasta carcasa 200L) y 2% (motores carcasa 225 hasta 355).

$\frac{\text{Resistencia mayor}}{\text{Resistencia menor}} - 1 ( \times 100 ) \leq 3\% \text{ o } 2\%, \text{ dependiendo del armazón.}$

Ejemplo: Motor del armazón 180L con los siguientes valores de resistencias:

Fase1: 0,123Ω Fase2: 0,122Ω Fase3: 0,120Ω

$$\frac{0,123}{0,120} - 1 ( \times 100 ) = 2,5 \%$$

**2,5% < 3%: el motor está normal**



|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGOSST<br>INGELP-FR-MT-002                 | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

## Prueba de vibración

Para esta prueba la empresa cuenta con un medidor de vibraciones WINTACT WT63B el cual ya viene configurado con la norma ISO 10816 en donde este ya nos muestra los rangos permisibles de vibración en los motores.

medidor de vibraciones en donde este ya viene configurado con la norma ISO 10816; este dispositivo determina el rango permisible de vibraciones para el buen funcionamiento del equipo. En la empresa se dispone del medidor de vibraciones WINTACT WT63B que se observa en la figura.



Figura Medidor de vibraciones WINTACT WT63B

## Prueba de ruido

En esta prueba se utiliza un estetoscopio industrial para realizar las respectivas pruebas de ruido donde según el tipo de ruido que se escuche se puede determinar el problema del ruido.

Para las mediciones de ruido se usa un estetoscopio industrial como el que se observa en la figura 8.8 el cual este viene con un disco y según el ruido que se escuche se puede identificar el tipo de falla que presente el equipo. El Estetoscopio electrónico industrial SPM ELS14 es un dispositivo sensible de escucha para la localización de la fuente de ruido mecánico. Por medio de esta herramienta se puede identificar y detectar los problemas que poseen los rodamientos y máquinas. Permite identificar las condiciones en las que se encuentran los componentes mecánicos de las máquinas (rodamientos, piñones, correas, cadenas, acoples etc.). El dispositivo con el que se cuenta en la empresa dispone de unos audífonos de alta calidad de sonido, dos sondas de 70 y 300 mm.

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGOSST<br>INGELP-FR-MT-002                 | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |



Figura. Estetoscopio industrial

### Prueba de temperatura

Para poder entregar el motor eléctrico es necesario que pase por la revisión de temperatura tanto en los rodamientos como en el estator verificando así de su buen funcionamiento para esto se podría iniciar la prueba con el termómetro infrarrojo en donde van los rodamientos y en el estator y si este valor es inferior a 50 °C en la prueba no presenta ningún inconveniente, ya si este valor es superior es recomendable realizar la prueba con la cámara termográfica para tener en cuenta los puntos más calientes y así dar un

|                                                                                  |                                               |                         |               |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------|
|  | MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS |                         |               |
|                                                                                  | SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S        |                         |               |
|                                                                                  | CÓDIGOSST<br>INGELP-FR-MT-002                 | Elaborado<br>20/11/2022 | Versión:<br>1 |

análisis de la posible temperatura alta.

## Medición de Temperatura y Referencias por Carcasa



Termo visores



- Temperatura ambiente (máx. 1m del motor);
- Temperatura del devanado si posible;
- Temperatura de la carcasa (en el cáncamo);
- Temperatura en el rodamiento L.A. (delantero);

### **Carcasas 63 hasta 200 (Tamb40oC)**

- $T_{\text{carc}}$ : 70 hasta 75°C;
- $T_{\text{mLA}}$ : 75°C;

### **Carcasas 225 hasta 355 (Tamb40oC)**

- $T_{\text{carc}}$ : 80 hasta 85°C;
- $T_{\text{mLA}}$ : 85 hasta 90°C;



## Prueba de velocidad.

Al realizar la prueba del motor se realiza la medición de la velocidad para así garantizar su buen funcionamiento donde se usa un tacómetro óptico donde para la prueba se usa un pequeño trozo de papel que es pegado en el eje y luego de encender se apunta el lente óptico del tacómetro para tomar la medida.

|                                                                                                                                   |                                                      |                                |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| <br><b>INGEL PARRA</b><br>INGENIERIA ELECTROPARRA | <b>MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS</b> |                                |                      |
|                                                                                                                                   | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                |                      |
|                                                                                                                                   | <b>CÓDIGOSST</b><br>INGELP-FR-MT-002                 | <b>Elaborado</b><br>20/11/2022 | <b>Versión:</b><br>1 |

## 8. ELABORACIÓN DE FORMATO SST-FR003

|                                                                                                                                    |                                                              |  |                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--|--------------------------|
| <br><b>INGEL PARRA</b><br>INGENIERIA ELECTROPARRA | <b>SISTEMA DE GESTIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b> |  | <b>Código:</b>           |
|                                                                                                                                    | <b>INFORME TÉCNICO EN MOTORES ELÉCTRICOS</b>                 |  | <b>Fecha: 30/11/2021</b> |
|                                                                                                                                    | <b>INFORME TÉCNICO</b>                                       |  | <b>Versión: 003</b>      |
|                                                                                                                                    |                                                              |  | <b>Página 1 de 1</b>     |

**ORDEN DE TRABAJO**

Empresa: \_\_\_\_\_  
 Responsable: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

| DATOS DE LA MAQUINA |                    |                              |  |
|---------------------|--------------------|------------------------------|--|
| MOTOR:              | POTENCIA:          | APLICACIÓN:                  |  |
| MARCA:              | VELOCIDAD:         |                              |  |
| MODELO O SERIE:     | VOLTAJE:           |                              |  |
| COLOR:              | CORRIENTE NOMINAL: | MONOFASICO ( ) TRIFASICO ( ) |  |

| INSPECCION DEL MOTOR ELECTRICO |                               |                                |                                                                             | MANTENIMIENTO PARA REALIZAR |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| INSPECCION VISUAL              | ¿PORQUE INGRESA A REPARACION? |                                |                                                                             |                             |
|                                | CONTAMINACION EXTERNA         | Alta( ) Media( ) Baja( )       | Contaminante:                                                               |                             |
|                                | CONTAMINACION INTERNA         | Alta( ) Media( ) Baja( )       |                                                                             |                             |
|                                | PARTES                        | ESTADO<br>ACEPTABLE DEFECTUOSO | OBSERVACIONES<br>(Escribir brevemente que le sucede a la misma deficiencia) |                             |
|                                | CARCAZA                       |                                |                                                                             |                             |
|                                | TAPA SUPERIOR (AS)            |                                |                                                                             |                             |
|                                | TAPA INFERIOR (IS)            |                                |                                                                             |                             |
|                                | VENTILADOR                    |                                |                                                                             |                             |
|                                | CAPIRUGA                      |                                |                                                                             |                             |
|                                | PATAS                         |                                |                                                                             |                             |
|                                | CAJA BORNERA                  |                                |                                                                             |                             |
|                                | BORNERA                       |                                |                                                                             |                             |
|                                | RODAMIENTO LADO AS            |                                |                                                                             |                             |
|                                | RODAMIENTO LADO IS            |                                |                                                                             |                             |
|                                | INDUCIDO                      |                                |                                                                             |                             |
| ESTATOR                        |                               |                                |                                                                             |                             |

| MEDICIONES OFF LINE         |                                            |                                                                                   |                                           |            |
|-----------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------|
| MEDICIONES ELECTRICAS       |                                            | INICIALES                                                                         | FINALES                                   | ESTADO     |
| PRUEBAS ELECTRICAS OFF LINE | RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (Ω)             | R(U-Tierra): R(V-Tierra):<br>R(W-Tierra):                                         | R(U-Tierra): R(V-Tierra):<br>R(W-Tierra): | BUENO MALO |
|                             | RESISTENCIA INTERFASE (Ω)                  | R(U-V): R(V-W):<br>R(U-W):                                                        | R(U-V): R(V-W):<br>R(U-W):                |            |
|                             | INDICE DE POLARIZACION IP                  | Nota según norma IEEE 43-2000 cuando el aislamiento >1000MΩ no es confiable el IP |                                           |            |
|                             | PRUEBA PARA VERIFICACIÓN DE ROTOR EN FALLA |                                                                                   |                                           |            |

| MEDICIONES ON LINE         |                             |                            |                            |  |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
| PRUEBAS ELECTRICAS ON LINE | VOLTAGE DE ALIMENTACION (V) | V(R-S): V(R-T):<br>V(S-T): | V(R-S): V(R-T):<br>V(S-T): |  |
|                            | MEDICION DE CORRIENTE (A)   | I(R): I(S):<br>I(T):       | I(R): I(S):<br>I(W):       |  |
|                            | TIPO CONEXION DE MOTOR      |                            |                            |  |
|                            | TEMPERATURA (°C)            |                            |                            |  |
|                            | VELOCIDAD (RPM)             |                            |                            |  |
|                            | VIBRACIONES                 |                            |                            |  |
|                            | RUIDO                       |                            |                            |  |

OBSERVACIONES:

*Somos Parte de su Industria*

|                                                                                  |                                                      |                                       |                             |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|  | <b>MANUAL DE MANTENIMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS</b> |                                       |                             |
|                                                                                  | <b>SISTEMA OPERATIVA DE INGEL PARRA S.A.S</b>        |                                       |                             |
|                                                                                  | <b>CÓDIGOSST</b><br><b>INGELP-FR-MT-002</b>          | <b>Elaborado</b><br><b>20/11/2022</b> | <b>Versión:</b><br><b>1</b> |

## RELACIÓN DE VERSIONES

| <b>VERSIÓN</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>    | <b>FECHA</b> |
|----------------|-----------------------|--------------|
| 1              | EMISIÓN DEL DOCUMENTO | 25/11/2022   |

| <b>Elaboró</b>                                                               | <b>Revisó</b>               | <b>Aprobó</b>               |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Daniel Vicente<br/>Ramírez Cárdenas<br/>Practicante<br/>Universitario</b> | <b>Leonardo David Parra</b> | <b>Leonardo David Parra</b> |

Este documento es propiedad de la empresa INGEL PARRA S.A.S no debe ser copiado, reproducido y/o circulado sin su autorización.  
This document is property of INGEL PARRA S.A. it shall not be copied, reproduced and/or circulated without authorization