

||

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO

Detección de fallas y soluciones
electromecánicas industriales en
dependencia metalmecánica.

ESTANCIAS

Para obtener el título de
Ingeniero en Mecatrónica

Con la especialidad de manufactura

Presenta

Jesús Ernesto Mendoza Dueñas
20161716

Asesor

Mtro. Irving Mendoza Paz

Coacalco de Berriozábal, Abril/ 2024

RESUMEN

La demostración de algunos trabajos realizados por Jesús Ernesto Mendoza Dueñas quien será llamado “estudiante” del Tecnológico de Estudios superiores de Coacalco dicha casa de estudios será nombrada como “Institución” con numero de control institucional 201621716 en “Almexa S.A. de C.V.” planta Cuautitlán que será nombrada “empresa o dependencia” en el área de mantenimiento industrial con puesto de “Eléctrico Industrial” al igual que la transición del apego y desapego de los conocimientos teóricos con los conocimientos prácticos con los que se cuentan y los adquiridos sobre la marcha del ambiente laboral de la dependencia. Los trabajos realizados son concluidos en apoyo con equipo laboral y supervisor o coordinador acatando normas y reglas regidas por la dependencia.

Los trabajos realizados por mantenimiento son cotidianos y no cotidianos lo cual se traducen en trabajos de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. En la dependencia en el grupo al que pertenece el “estudiante” es uno de los 4 grupos que conforman mantenimiento correctivo. También se cuenta con un grupo de mantenimiento preventivo, pero cabe resaltar que el mantenimiento preventivo y predictivo no es exclusivo del área de correctivo y viceversa.

Un plan de mantenimiento preventivo mensual a dos de tres laminadores con los que cuenta la dependencia es la guía y distribución del personal de cada grupo. Ya que es dividido el personal en dos, una parte se encarga de no descuidar la línea de producción y la otra parte (la mayoría) se encarga de realizar el mantenimiento preventivo al laminador programado.

La dependencia se desarrolla en el área metalmecánica realizando proceso como fundición, laminación, y corte de aluminio por lo cual cuenta con máquinas como hornos de fundición, hornos de tratado térmico, mesas de vaciado, rectificadora, tornos, grúas viajeras, laminadores, troqueles y torres de enfriamiento. Siendo una dependencia apta para el desarrollo de experiencia del estudiante para involucrarse más de lleno en el ambiente laboral. Algunos trabajos por la dificultad, tiempo, personal, presión y urgencia no son tan explícitos en el aspecto de toma de evidencias para así mismo evitar el tiempo de paro de producción de la línea.

La “dependencia” es líder en diseño y fabricación de productos y soluciones de aluminio innovadoras y de alto valor agregado para una amplia gama de aplicaciones y diversas industrias. A través de tres unidades de negocio;

* Utensilios de cocina, farmacéutica, empaque para alimentos y bebidas, confitería, envases.

* Calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración (HVAC y R), electrónica y eléctricos.

* Construcción, automotriz y transporte.

Almexa es la división subsidiaria de productos industriales de grupo "VASCONIA", Almexa proviene de la fusión de las filiales mexicanas de ALCAN y REYNOLDS, con Almexa aluminio e "IMASA" (Industria Mexicana del Aluminio). Grupo "VASCONIA". "S.A.B.", es un grupo formado principalmente de capital mexicano, fundado en 1911, es una empresa pública que cotiza en la bolsa mexicana de valores, en los últimos años ha acelerado su crecimiento y aumentado su valor y posición en el mercado mexicano, así como en el mercado de centro y Sudamérica.

Almexa opera una red integrada de reciclado y laminado con la tecnología más avanzada en México. Ofrece una de las líneas de productos más diversas en la industria del aluminio plano debido a las producciones, cuenta con 3 fábricas, ubicadas en **Cuautitlán Izcalli** y Ecatepec, ambas en el Estado de México y una en Veracruz.

ÍNDICE

Portada.....	1
Resumen.....	2
Índice.....	4
Capítulo 1 generalidades de proyecto.....	5
Introducción.....	6
Problema a resolver.....	10
Objetivos.....	12
Justificación.....	13
Alcance y limitaciones	14
Capítulo 2 Marco teórico.....	15
Capítulo 3 Desarrollo.....	91
Capítulo 4 Resultados.....	191
Conclusión.....	193
Objetivos educativos.....	196
Fuentes de información.....	200
Anexos.....	203
Glosario.....	204

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

El trabajo es dar a conocer algunos ejemplos de las actividades realizadas día con día en mantenimiento en una empresa líder de aluminio plano en Hispanoamérica.

Este proyecto proporciona métodos de trabajo de un plan de mantenimiento en el aspecto electromecánico. Por la variada maquinaria con al que cuenta la dependencia y por los años de la misma es necesario realizar mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos para que la línea de producción no se detenga al igual que la proyección de la empresa.

En mantenimiento hay distintos métodos para utilizar un sistema aplicable para cada máquina o equipo. Pero algunos métodos no consideran la causa o nacimiento del fallo. En el análisis del fallo se debe considerar el porcentaje del riesgo para el personal de mantenimiento al igual que para el personal operador sin descuidar claro las afectaciones posibles a la calidad del proceso y del producto final. En cualquier dependencia es necesariamente incluir el mantenimiento, pero dentro de una empresa industrial metal mecánica se le conoce como sector de ingeniería de planta industrial. Al adquirir un nuevo equipo o maquinaria para realizar una tarea en específico dentro de la planta se debe de preguntar al proveedor detalles de uso sin importar si la maquinaria o equipo es nuevo o de uso ya que se puede realizar método de mantenimiento estructurado basándose también en el manual de mantenimiento del equipo, pero nunca resulta ser 100% efectivo pese a las condiciones de trabajo, de medio ambiente, regulaciones o de producto. Con el tiempo de uso de la maquinaria se establece el método de mantenimiento más eficaz respaldado por la confiabilidad del mismo ya comprobado. Esto conlleva a tomar consideraciones para las áreas de la línea de producción haciendo más chica la probabilidad de fallos inesperados

Dicho proyecto proporciona conceptos teóricos y métodos prácticos para que en un futuro se puedan basar colaboradores en la detección de soluciones a fallas reciprocas quedando como historial.

Algunos métodos ya un poco antiguos basándose en el reparar hasta que falle ya están siendo descontinuados, anteriormente estos métodos eran aplicados para llegar a la meta de producción, pero actualmente el tener paciencia en los trabajos correctivos es fundamental para que se produzca de manera segura y eficiente. El ejemplo más común dentro de planta es el esperar la llegada del almacén al equipo de algún componente necesario y no improvisar con componentes que se tienen a la mano de esta manera se asegura el trabajo realizado por más tiempo y con seguridad para el operador y al producto.

En el área de mantenimiento se tiene muy en claro la erradicación de accidentes para el personal por eso mismo cada colaborador de la planta al estar trabajando debe contar con su EPP (equipo de protección personal)

El presente trabajo está desarrollado en una dependencia que actualmente cuenta con las siguientes certificaciones:

- IATF 16949
- ISO 9001:2015
- FSSC 22000
- ISO 22000:2005
- ISO TS 22002-4:2013

1.- IATF 16949:

Es la norma internacional para sistemas de gestión de la calidad en la automoción. Fue desarrollada conjuntamente por miembros de la International Automotive Task Force (IATF) y enviada a la organización Internacional de Normalización. El documento consiste en una serie de requisitos de sistemas de gestión de calidad en la automoción basada en la norma ISO 9001, añadiendo requisitos específicos del sector de la automoción. Enfatiza el desarrollo de un proceso orientado a un sistema de gestión de calidad que proporcione una mejora continua, prevenga los defectos y reduzca las variaciones y residuos en la cadena de suministro. En palabras sencillas el objetivo es cumplir con los requisitos de los requisitos de los clientes de forma efectiva.

La norma es aplicable a cualquier organización que fabrique componentes, conjuntos y piezas para la cadena de suministro de la industria de la automoción, la definición de fabricación se toma como; la elaboración de piezas de producción o servicio, conjuntos, tratamiento térmico, soldado, pintado, chapado y otros servicios de acabado.

2.- ISO 9001:2015:

Es una norma ISO internacional elaborada por la organización internacional para la Estandarización (ISO) que se aplica a los sistemas de gestión de calidad de organizaciones públicas y privadas, independientemente de su tamaño o actividad empresarial. Es un método de trabajo de excelencia para mejorar la calidad de los productos y servicios, así como de la satisfacción del cliente. El día 23 de septiembre de 2015, se publicó una versión actualizada de ISO 9001: 2015, La revisión de la

norma resulto por la necesidad de adaptar la norma a los tiempos actuales en los que se ven envueltas las organizaciones.

La ISO 9001:2015 contiene 10 requisitos los cuales son: Alcance, referencias normativas, terminaciones y definiciones, contexto de la organización, liderazgo, planificación, soporte, operación, evaluación del desempeño y mejora.

3.- FSSC 22000:

Es un programa de certificación completo para los sistemas de inocuidad alimentaria basado en las normas de certificación ISO 22000 y tiene como objetivo de convertirse en el programa de certificación de seguridad alimentaria independiente, basada en las normas ISO, aceptado por la GFSI (Iniciativa Global de Seguridad Alimentaria) y líder mundial para toda la cadena de suministro.

La certificación se creó para certificar los sistemas de seguridad alimentaria de alimentaria de las organizaciones que procesan o fabrican productos de origen animal, productos vegetales perecederos, productos con una larga vida útil, otros ingredientes alimenticios como aditivos, vitaminas y cultivos biológicos, así como materiales para el empaque de alimentos.

4.- ISO 22000:2005:

Especifica los requisitos para un sistema de gestión de seguridad alimentaria que implica la comunicación interactiva, la gestión del sistema, y los programas de prerrequisitos (PPR). Se centra en asegurar la cadena de suministro, tiene principios de sistemas de gestión integrados y está alineado con los principios de APPCC del Codex Alimentarius. Persigue una serie de objetivos como conseguir una mejor protección del consumidor con lo que se aumenta su confianza en los productos también como mejorar la cooperación entre los distintos estamentos relacionados con la industria alimentaria, tanto privados como oficiales nacionales e internacionales por medio de los requisitos de comunicación y gestión al igual que contribuir a reforzar los mecanismos de seguridad alimentaria del sector, armonizando requisitos y criterios. Optimizar los procesos a lo largo de la cadena alimentaria reduciendo los costos por el análisis de los fallos en los productos e implementando procesos de mejora continua.

5.- ISO TS 22002-4:2013;

Esta norma no duplica los requisitos indicados en ISO 22000, está destinada como soporte para los sistemas de gestión diseñados para satisfacer los requisitos en ISO 22000. Permite a las organizaciones demostrar su capacidad para establecer, implementar y mantener programas de prerrequisitos para ayudar a controlar los peligros para la inocuidad alimentaria. Aumenta las oportunidades de exportación a

mercados donde existen requisitos legales para inocuidad alimentaria. A igual aumenta las oportunidades de negocio en el mercado.

Es un servicio para todas las organizaciones de todos los países que elaboran empaques para alimentos y/o productos intermedios.

Lo que se conoce como normalización es algo que por lo menos se tiene contemplado en la “empresa” y una normalización que se lleva al respecto es la del Instituto encargado de preparar, revisar y analizar las normas técnicas en la fabricación de motores eléctricos a nivel internacional es la Comisión Electrotécnica Internacional (I.E.C.), con sede en Suiza, y en los Estados Unidos de Norte América lo hace la Asociación de fabricantes eléctricos Nacionales. (NEMA).

A nivel mundial los fabricantes de motores adoptan las normas de marcación de terminales de acuerdo con la normalización vigente en su respectivo país, derivadas principalmente de las normativas I.E.C. y NEMA.

Desconectándose que en los motores fabricados bajo norma NEMA sus cables de conexión son marcados con números desde el 1 al 12 y los fabricados bajo norma IEC tienen una marcación que combina las letras U, V, W y los números desde el 1 hasta el 6.

Los diseños incluyen las tensiones a las cuales podrán ser energizados y cada norma en particular realiza su marcación de terminales de conexión. La gran mayoría de fabricantes diseñan motores con bobinados para operar a dos tensiones de servicio, destacándose que los motores NEMA tienen una relación de conexionado de 1:2, es decir que una tensión es el doble de la otra. Ej. 220/440 V y en los motores IEC se presenta un diseño con una relación de 1:1,732, Ej. 220/380 V.

Existen diseños en los cuales esto no se cumple y se fabrican motores para operar a un solo voltaje y con una sola conexión.

PROBLEMA A RESOLVER

En las dos áreas de mantenimiento en la “dependencia” (preventivo y correctivo) siempre existirán fallas eso es un contexto general en el ámbito de mantenimiento sin embargo existen diferentes tipos de fallas las cuales se deben de identificadas para posteriormente brindar la solución:

Fallas por mal uso de los equipos:

Dichas averías inducidas son provocadas por el fallo operacional o mal uso de los equipos generan un 39% de fallas en los equipos, Normalmente el desconocimiento de la máquina, propicia a que se use para funciones para las cuales no se han diseñado o trabaje fuera de los parámetros establecidos para el fabricante.

Fallas por envejecimiento del equipo:

Estos tipos de fallas son los más conocidos. De las ramas más comunes en este tipo de fallas son los desgastes, cavitación, fatiga y corrosión. Este tipo de fallas pueden estar alrededor de un 11 % del total.

Fallas por malos cálculos de diseño de equipo:

Los diseñadores de las maquinas en ocasiones no conocen en qué condiciones trabajaran los equipos que diseñan; por tanto, no toman en cuenta efectos que luego resultan más importantes de lo que parecían. La solución de estas averías resulta muy complicada, a no ser que se hagan modificaciones en el diseño. De no haber modificaciones, se deben asumir en la operación.

Fallas por tiempo de aparición:

Estos tipos de fallas se subdividen en 3:

- A) Fallas tempranas: este tipo de fallas mecánicas ocurren al inicio de la operación del equipo y suelen desaparecer rápidamente con el transcurso del tiempo y ajustes hechos por mantenimiento. Estas pueden aparecer por malas instalaciones o por desconocimiento por parte del operador.
- B) Fallas adultas: este tipo de fallas tienen presencia cuando los equipos tienen un tiempo de uso medio y suelen ser causadas por factores externos al equipo. (accidentes o mala calidad de mantenimientos)

- C) Fallas tardías: Ocurren en la etapa final de la vida útil del equipo, se llegan a presentar de manera repetida en esta etapa, debido al desgaste normal de los componentes. Los directores de mantenimiento y producción, cuando un equipo llega a esta etapa, deben de tomar la decisión de reemplazar o hacer un mantenimiento overhaul teniendo que tan rentable es para la compañía.

OBJETIVOS

Objetivo general

Constatar los trabajos realizados por el departamento de mantenimiento en los cuales el estudiante ha laborado en la dependencia con respecto a su ingeniería.

Objetivos específicos

- 1.- Garantizar los menores paros de producción.
- 2.- Resolver fallas eléctricas, mecánicas y electromecánicas con los diferentes equipos de trabajo a los cuales el estudiante perteneció en esos momentos (correctivo y preventivo), aplicando conocimientos teóricos y experiencia con las diferentes herramientas y máquinas de apoyo.
- 3.- Mantener equipos e instalaciones en buenas condiciones operacionales a los cuales el departamento de mantenimiento es el responsable.
- 4.- Mejorar los indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento.

JUSTIFICACIÓN

El mantenimiento industrial es una de las áreas fundamentales en todo sistema en general, y como van pasando los años los equipos, maquinas e instalaciones de trabajo necesitan conservarse para siempre cumplir con los objetivos del producto como de la empresa.

En equipos, maquinas e instalaciones siempre existirán problemáticas que resolver sin embargo las técnicas y conocimientos con los que cuenta el personal de experiencia resulta de gran admiración y respeto para el estudiante por lo cual este mismo busca absorber estos conocimientos prácticos y teóricos para después aplicarlos en una mezcla que sea efectiva, así las diferentes fallas que se puedan presentar puedan ser resueltas de manera contundente.

En la escuela se adquieren conocimientos bastos para entender y comprender las diferentes fallas en equipo, maquinas e instalaciones sin embargo existe una gran línea divisora entre los conocimientos teóricos y los conocimientos prácticos al aplicarse para la resolución de estas mismas fallas. En pocas palabras lo que se busca es incrementar el conocimiento teórico y práctico para la resolución de problemáticas a nivel de ingeniería.

La ingeniería mecatrónica es una mezcla de varias disciplinas por lo cual el ser ingeniero de esta carrera representa un gran reto, ya que se debe conocer e incluso dominar diferentes campos a nivel industrial contribuyendo, así como ingenieros más capaces ante la sociedad.

ALCANCE Y LIMITACIONES

Alcance.

La identificación de componentes mecánicos, eléctricos y electromecánicos como así su funcionamiento en una empresa con giro de fundición de aluminio y observar las soluciones aplicadas a los diferentes tipos de fallas.

Limitaciones.

En componentes eléctricos y electrónicos existen diferentes marcas. Estas mismas resultan no ser tan compartidas con características que contienen sus productos así la búsqueda de información de estos mismos no resulta responder a todas las dudas que se tienen sobre su funcionamiento. Por lo cual solo se toma en cuenta el funcionamiento en general de cada uno de los componentes.

Al resultar una falla correctiva en línea de producción lo que se busca es tener un intervalo de para lo más corto posible, gracias a esto se complica demasiado el tomar evidencia de todos los componentes de las maquinas, equipos e instalaciones. Por lo cual no se puede hacer explicativo al 100% el análisis, explicación y resolución de problemáticas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

¿Qué es el mantenimiento?

Es la acción y el resultado de mantener. El verbo mantener alude a conservar algo que se encuentra en ejecución, cubriendo las necesidades que este requiera. La palabra mantenimiento industrial se emplea para designar las técnicas que aseguran la correcta utilización de edificios e instalaciones y el continuo funcionamiento de la maquinaria productiva.

¿Cuándo empezó el mantenimiento?

A fines del siglo XVIII e inicios del siglo XIX en la revolución industrial con las primeras máquinas se comenzaron los trabajos de reparación y así mismo resultaron los conceptos de competitividad, costos, etc. Así mismo se tomó en cuenta la definición de fracaso de la actividad y se observaba que las fallas en los equipos provocaban paros en la producción, Así que se llegó a la necesidad de comenzar a controlar estas fallas en equipos de producción. Los fallos que se presentaban en ese momento fueron resultado de las sobrecargas de trabajos en los equipos y maquinaria. Cuando el personal se dedicaba de lleno a realizar el mantenimiento a la maquinaria era cuando los equipos ya no se podían utilizar. En los inicios de la revolución industrial las fallas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos. Así fue como se creó el mantenimiento correctivo.

En 1946 es creada la Sociedad Americana de Control de Calidad. Fue establecida por 253 miembros en Milwaukee, Wisconsin, con George D. Edwards como su primer presidente. La organización se creó por primera vez como una forma para que los expertos en calidad y los fabricantes mantengan las técnicas de mejora de la calidad utilizadas durante la segunda guerra mundial. El código de ética de "ASQC"

(Sociedad Americana de Control de Calidad) establece estándares para que los miembros lleven a cabo sus actividades y negocios.

No fue hasta 1950 que un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto de mantenimiento que simplemente siguió las recomendaciones de los fabricantes de equipos sobre el cuidado que se debe tener en la operación y mantenimiento de las máquinas y sus dispositivos. Esta nueva forma o tendencia de mantenimiento se le llamo mantenimiento preventivo.



Imagen 1.- William Edward Deming. Fuente: https://www.ecured.cu/William_Edwards_Deming

En 1950 William Edward Deming aplica en la industria japonesa el control estadístico de calidad, donde el criterio de la empresa comienza con el proveedor y termina en el cliente, Se inicia el mantenimiento productivo sin saber que este se llamaba así para obtener calidad y cantidad de producto, al tiempo de cuidar las maquinas. En 1960 crecía la necesidad de mantener naves en vuelo, esto genero el mantenimiento enfocado en la confiabilidad.

A partir de 1966 con el fortalecimiento de las asociaciones nacionales de mantenimiento creadas al final del periodo anterior, y que la satisfacción de los instrumentos de protección y medición, ingeniería de mantenimiento, comenzó a desarrollar criterios para la predicción de fallas, visualizando así la optimización del rendimiento de los equipos de ejecución de mantenimiento. Estos criterios de mantenimiento se conocen como mantenimiento predictivo y se asociaban a métodos de planificación y control del mantenimiento. Además de otros tipos de mantenimiento como el mantenimiento productivo, que fue una nueva tendencia que determinó una perspectiva más profesional. En 1970 se crea el software sistema computarizado para la administración de mantenimiento, CMMS, centrado en resolver la administración del área de mantenimiento. Pero en 1971 Seiichi Nakajima crea el mantenimiento productivo total, involucrando a todo el personal de la empresa en la ejecución de todo tipo de mantenimiento, apoyando en los círculos de calidad.



Imagen 2. *Seiichi Nakajima.* Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Seiichi_Nakajima

En 1980 el mantenimiento centrado en la confiabilidad fue modificado hacia la optimización del mantenimiento planificado (PMO). Enfoque hacia los costos= PMO.

El “PMO” es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, historial de fallas e información técnica de los activos en operación. La PMO facilita el diseño de un marco formal de trabajo racional y rentable, basado en confiabilidad, cuando un sistema de PM está consolidado y la planta se encuentra bajo control.

Desde 2005 se maneja la filosofía de la conservación (preservación y mantenimiento). Se asignaron más responsabilidades a las personas relacionadas con el mantenimiento y se hicieron consideraciones sobre la fiabilidad y el diseño de los equipos de la planta.

Multímetro

Es un instrumento multifuncional básico que permite medir parámetros como voltaje, amperaje y resistencia. Estos instrumentos se pueden encontrar en dos tipologías:

Multímetro analógico:

Son aparatos que miden las magnitudes por los efectos electromagnéticos de la corriente eléctrica y muestra la lectura de la magnitud eléctrica correspondiente mediante una aguja indicadora que se mueve en el panel frontal de medida.



Imagen 3. *Multímetro analógico.* Fuente: Harper, G. E. (2009). *Pruebas y mantenimiento a equipos electricos.* Mexico : LIMUSA.

Multímetro digital

Es un instrumento que posee una pantalla de cristal líquido donde se muestra numéricamente de los valores que se leen.



Imagen 4. *Multímetro digital.* Fuente: Harper, G. E. (2009). *Pruebas y mantenimiento a equipos electricos.* Mexico : LIMUSA.

Un multímetro es llamado también tester o polímetro

Básicamente un multímetro digital está constituido por los siguientes elementos:

El selector:

Es un conmutador que al girarlo puede fijarse en diversas zonas y posiciones, en las que se encuentran marcadas las magnitudes que queremos medir. Para medir tensiones (V) o corrientes (A), se debe distinguir si se hace en corriente alterna o corriente continua. En cambio, si se quiere medir resistencias el tipo de corriente no es relevante, ya que en este caso el circuito tendrá que estar abierto(desconectado) y la posición en el selector se la de " Ω ". Cada una de estas opciones de medida dispone de diversas posiciones o escalas de medida, y será muy importante saber a qué escala se está conectado el selector, ya que dependiendo de esto la exactitud en la medida será mayor y podrá realizar o no. En caso de duda lo que tenemos que hacer es seleccionar la escala mayor e ir bajando hasta que el polímetro nos dé una medida coherente. Con un multímetro se pueden realizar medidas tanto para corriente continua como para corriente alterna y en varios márgenes de medida cada una.

TENSIÓN CONTINUA	DCV	$V \text{ --- }$
CORRIENTE CONTINUA	DCA	$A \text{ --- }$
TENSIÓN ALTERNA	ACV	$V \sim$
CORRIENTE ALTERNA	ACA	$A \sim$

Tabla 1. Simbología de parámetros en multímetros. Fuente: Harper, G. E. (2009). *Pruebas y mantenimiento a equipos eléctricos*. Mexico : LIMUSA.

La pantalla:

Es parecida a la de una calculadora y la lectura de las diversas medidas se realiza directamente. En la pantalla pueden aparecer hasta 4 dígitos y serán los que se deben interpretar (dependiendo de la posición del selector en la escala) para obtener la medida de la magnitud deseada.

Los bornes de conexión:

Tienen la función de conectar las puntas de prueba. El COM es el borne común o negativo y siempre tendremos que tenerlo conectado, en el insertamos la punta de color negro. La punta de color rojo se conecta a uno de los bornes restantes dependiendo de la magnitud que se quiere medir (tensión continua o alterna, corriente continua o alterna, resistencia, etc.).

Un multímetro digital, tal como hemos visto, está constituido por los siguientes elementos:

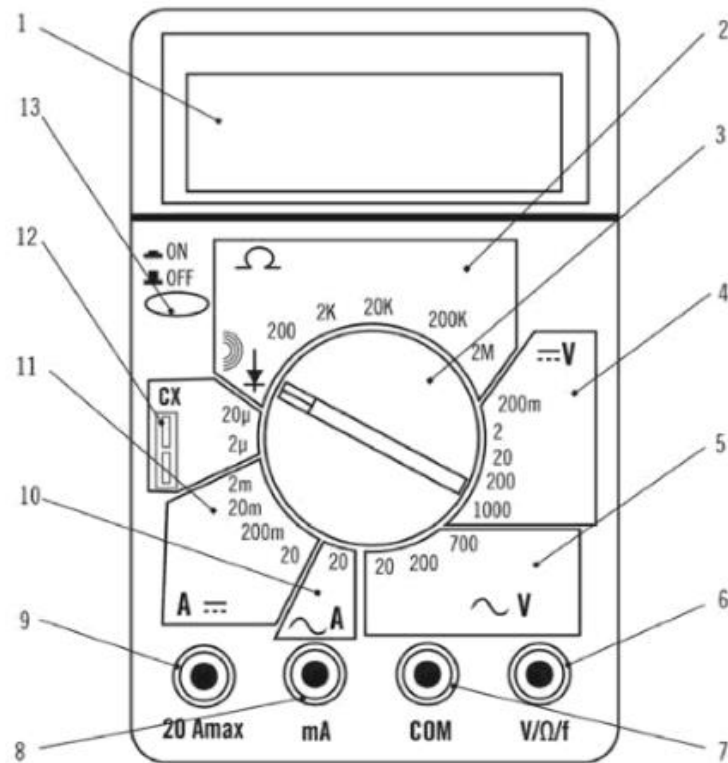


Imagen 5. Multímetro digital. Fuente: Harper, G. E. (2009). *Pruebas y mantenimiento a equipos electricos*. Mexico : LIMUSA.

1.- Display de cristal liquido

2.- Escala o rango para medir resistencia.

3.- Llave selectora de medición.

4.- Escala o rango para medir tensión en continua (puede referirse DC en vez de una línea continua y otra punteada)

5.- Escala o rango para medir tensión en alterna (puede indicarse AC en vez de la línea ondeada).

6.- Borne de conexión para la punta roja, cuando se quiere medir tensión, resistencia y frecuencia (si tuviera), tanto en corriente alterna como en continua.

- 7.- Borne de conexión negativo para la punta negra
- 8.- Borne de conexión para poner la punta roja si se va a medir mA. (miliamperios), tanto en alterna como en continua.
- 9.- Borne de conexión para la punta roja, cuando se elija el rango de 20 A máximo, tanto en alterna como en continua.
- 10.- Escala o rango para medir corriente en continua (puede venir AC en lugar de una línea senoidal).
- 11.- Escala o rango para medir corriente en continua (puede venir DC en lugar de una línea continua y otra punteada).
- 12.- Zócalo de conexión para medir capacitores o condensadores.
- 13.- Botón de encendido y apagado.

Para la realización de las distintas mediciones, se configura el aparato de la siguiente forma: continuidad, prueba de diodos y resistencias.

Se tiene en cuenta que para utilizar un multímetro es esta escala, el componente a medir no debe recibir corriente del circuito al cual pertenece, debe encontrarse desconectado. Los valores indicados en la respectiva escala, pueden ser los que se ven en la siguiente figura:

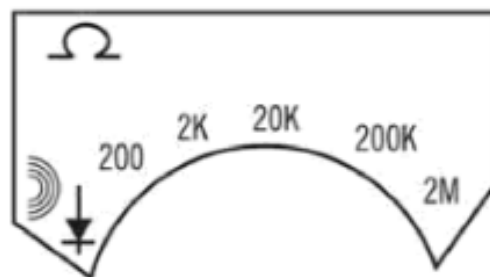


Imagen 6. Escala de Ohms. Fuente: Harper, G. E. (2009). *Pruebas y mantenimiento a equipos eléctricos*. Mexico : LIMUSA.

Según la posición de la llave selectora, indica que se puede medir continuidad mediante la señal acústica, por ejemplo, cuando en un mazo de cables se busca con las puntas de prueba un extremo y el correspondiente desde el otro lado, en caso de que la resistencia sea inferior a 300 Ohms (aproximadamente) se producirá un zumbido indicando que los cables están conectados. Si la resistencia es despreciable (como debería ocurrir en un conductor), no solo sonara la señal acústica, también el display indicara 000. Cuando existe resistencia la indicación que aparece en el display es en milivoltios de caída de tensión, debido a la resistencia detectada, a mayor resistencia mayor será el valor indicado.

Por esto cuando se prueba diodos, en un sentido (el inverso a su polaridad) indica el número "1" a la izquierda del display. Esto significa que está bloqueando la corriente (con una resistencia muy elevada), y, por lo tanto, no se encuentra en corto circuito. En cambio, en la polaridad correcta, el display indica unos milivolts que dependen del tipo de diodo que se esté probando, ya que sin bien el diodo conduce conectando las puntas en la polaridad correcta, lo hace con resistencia apreciable, en polaridad inversa. Por lo general el instrumento fija una corriente de prueba de 1 mA.

Cuando se busca un valor de la resistencia, se tiene que elegir escalas o rangos con un máximo de 200 Ohm, 2K (2 kilosOhms o 2000 Ohm), 20 K (20000 Ohm) y 2M (2 MegaOhms o 2 millones de Ohm). En algunos multímetros figura un fondo de escala de 20 M e indica que se puede medir hasta 20 MegaOhms o 20 millones de Ohm.

Si el valor a medir supera el máxima de la escala elegida, el display indicara "1" a su izquierda. Por lo tanto, habrá que ir subiendo de rango hasta encontrar la correcta.

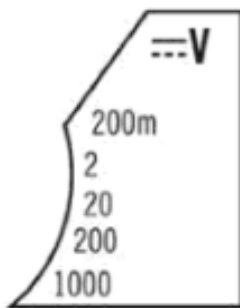


Imagen 7. Escala de voltios en corriente continua. Fuente: Harper, G. E. (2009). *Pruebas y mantenimiento a equipos electricos*. Mexico : LIMUSA.

Tension en corriente continua

La diferencia de potencial entre elementos de un circuito se mide en paralelo al elemento objeto de medición, por lo que al utilizar un voltímetro, sus pinzas de conexión se deben conectar en paralelo a dicho elemento indicando así la diferencia de potencial existente entre sus puntas.

Si se seleccionas 200 m el máximo valor a medir es de 200 milivoltios (0,2V), el resto se comprende tal cual están expresados por sus cifras. Por lo tanto, para medir tensiones por ejemplo en servomotores con la indicación de 12 Vcc, se debe elegir como valor en el fondo de escala 20 V. Si se están buscando caídas de tensión en terminales o conductores podemos elegir una escala como un máximo mas pequeño, y después de arrancar con un rango mas elevado y así tener una lectura aproximada. Siempre hay que empezar por un rango alto, para ir bajando y obtener de esta forma mayor precisión, Cuando el valor a medir supere el máximo elegido, también indicara "1" en el lado izquierdo del display.

Intensidad en corriente continua

Para medir esta magnitud hay que tener mucha precaucion porque como amperímetro el polímetro se conecta en serie. Por lo tanto, toda la corriente a medir se conducirá por su interior, con el riesgo de quemarlo si se superan los valores nominales. En los manuales de uso, el fabricante aconseja no solo el máximo de corriente que puede soportar sino además el tiempo en segundos para no deteriorar el aparato.

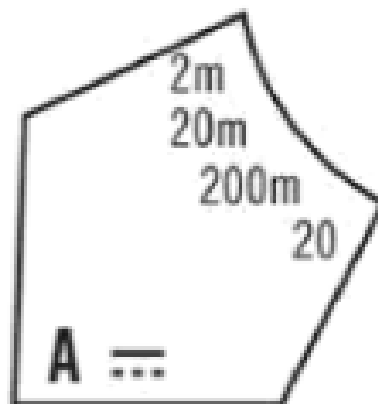


Imagen 8. *Escala de amperaje en corriente continua.* Fuente: Harper, G. E. (2009). *Pruebas y mantenimiento a equipos electricos.* Mexico : LIMUSA.

Por lo general vienen tabulados según el siguiente rango: 2m es 2 mA (0,002^a); 20 m es 20 mA (0,02 A); 200 m es 200 mA (0,2 A) y por lo tanto 20 es 20 A.

Otras magnitudes

Hay multímetros genéricos que además miden frecuencia en Kilo Hercios (KHz) y otros mediante zócalos adicionales, pueden medir temperatura.

La frecuencia en Khz generalmente tiene un rango único de 20 KHz (20 000 Hz), que para determinadas aplicaciones es poco sensible o resulta una escala demasiado grande.

Algunos multímetros también agrega otro zocalo para la prueba de transistores, indicado como hFE. Esto determina el estado de la base y el emisor de dicho semiconductor.

¿Qué es el voltaje, corriente y potencia?

La electricidad estatica es energía eléctrica en reposo. Aunque esta forma de electricidad puede ser muy útil, no puede poner en funcionamiento a cargas como lámparas, calentadores, motores y otros dispositivos. Esto lo realiza la electricidad dinámica o activa.

La electricidad dinámica implica la transferencia de energía de una fuente a una carga. Esto se realiza con el movimiento de los electrones a lo largo de un circuito. La fuerza electromotriz es la energía que impulsa a los electrones en un circuito. Esta fuerza abreviada FEM, se mide en una unidad de voltaje llamada volt. Por esta razón, con frecuencia se le denomina voltaje. Entonces voltaje es la fuerza que mueve a los electrones en un circuito. Cuando los electrones fluyen atravez de la carga, su energía cambia a alguna otra forma de energía. En una parrilla eléctrica por ejemplo, los electrones que fluyen atravez del alambre calefactor o elemento, entregan su energía en forma de calor. Asi es como los electrones en movimiento pueden emplearse para transferir energía de una fuente a una carga. Puesto que los electrones son partículas cargadas negativas, son atraídos por cargas positivas

y repelidos por cargas negativas. Si dos objetos cargados se conectan por medio de un material conductor como un alambre, una corriente de electrones fluirá del objeto negativo al positivo. Para producir una corriente eléctrica continua en un alambre, la energía debe suministrarse continuamente.

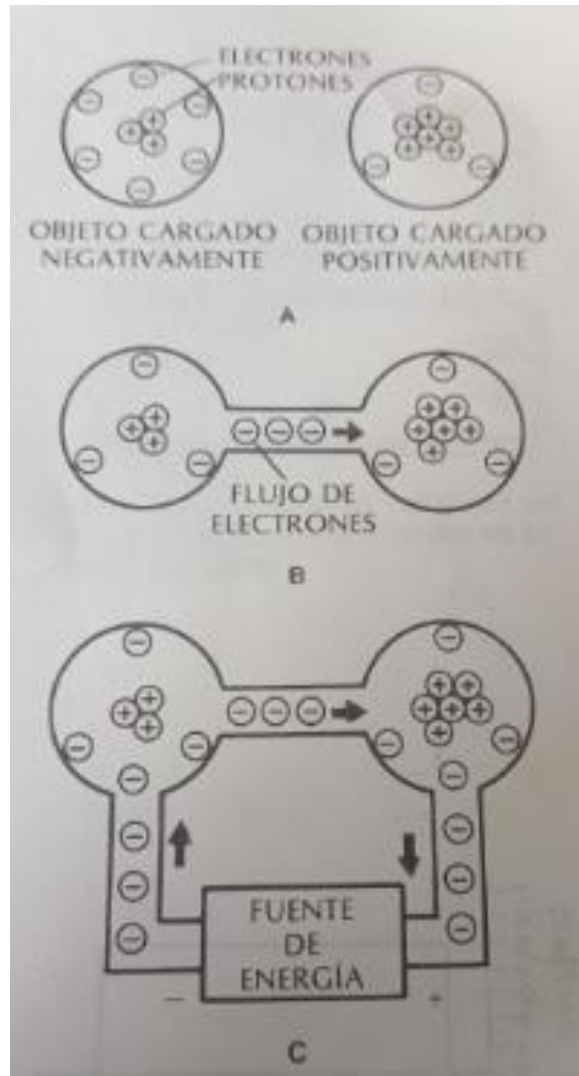


Imagen 9. (A) Dos objetos cargados; (B) el objeto cargado positivamente atrae a los electrones; (C) una fuente de energía proporciona un suministro continuo de electrones. Fuente: Schmit, P. B. (1992).

Electricidad y electronica basicas conceptos y aplicaciones . Mc Graw Hill.

En un circuito esta energía la proporciona una fuente que puede ser una pila seca, una batería o un generador. Los electrones no se agotan cuando se mueven a lo largo de un circuito. Por lo tanto, el número de electrones que regresa a la terminal

positiva [+] de una fuente de energía es igual al numero de electrones que abandonan la terminal negativa [-] de la fuente de energía.

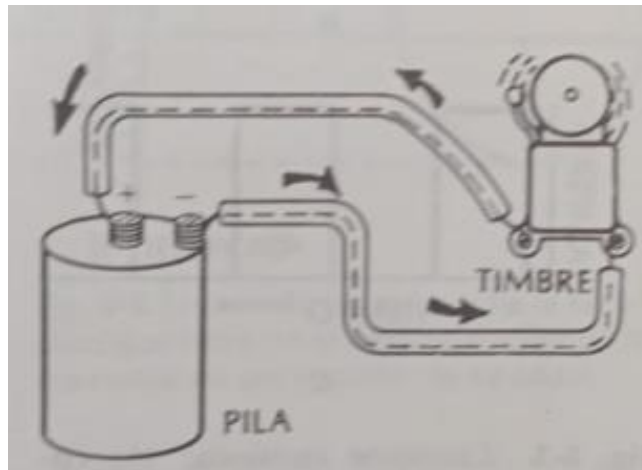


Imagen 10. Los electrones no se consumen cuando circulan al largo de un circuito. Fuente: Schmit, P. B. (1992). *Electricidad y electronica basicas conceptos y aplicaciones* . Mc Graw Hill.

El volt y el amper

La unidad básica del voltaje es el volt, nombre dado en honor a Alejandro Volta, profesor italiano que vivio de 1745 a 1798. La mayor parte de los equipos eléctricos y electrónicos domesticos funcionan aproximadamente a 120 volts. Una pila seca para linterna común produce 1.5 volts; una batería de automóvil produce 12 volts. El voltaje empleado para que funcione un cinescopio de televisión puede alcanzar los 27 500 volts. El símbolo literal para el voltaje es "E". La unidad básica de la corriente es el ampere, nombre dado en honor a André Marie Ampere, físico matemático francés que vivio de 1775 a 1836. Un ampere de corriente equivale al movimiento de 6 280 000 000 000 000 000 electrones que pasan por un punto ddo de un circuito, en un segundo de tiempo. Utilizando la notación científica, este numero tan grande puede escribirse como 6.28×10^{18} .



Imagen 11. *Alejandro volta*. Fuente: <https://museovirtual.csic.es/salas/magnetismo/biografias/volta.htm>



Imagen 12. *André Marie Ampere*. Fuente: <https://museopostalytelegrafico.es/andre-marie-ampere-creador-de-las-bases-de-la-electrodinamica/>

Un foco de 100 watts requiere alrededor de 0.8 ampere de corriente para funcionar. Un motor eléctrico de ¼ de caballo de potencia necesita alrededor de 4.6 amperes de corriente para operar. El motor de arranque de un automóvil puede emplear mas de 200 amperes, cuando el interruptor de arranque se enciende. El símbolo literal para la corriente es "I".

Requerimientos de voltaje y corriente

Si un dispositivo eléctrico trabaja en forma correcta, la fuente de energía debe ser capaz de hacer dos cosas; primero, debe suministrar el voltaje; segundo, debe de entregar la corriente para la cual fue diseñado. Por ejemplo si se conectan 8 pilas secas para linterna, de manera que forme una batería que produzca 12 volts. Sin embargo con esta batería no podría encender una maquina de automóvil. Esto se debe a que la batería no tiene la capacidad para entregar la cantidad de corriente necesaria para accionar el motor de arranque eléctrico del automóvil. Para lograrlo, debe usarse una batería mas grande, que produzca los mismos 12 volts pero que tenga una mayor capacidad de entrega de corriente. Por lo tanto, es importante conocer tanto los requerimientos de voltaje como de corriente de los aparatos y herramientas electricas. Con frecuencia, estos requerimientos se presentan en la placa de características que se fija en dichos productos; también puede encontrarse en la literatura técnica que los acompaña.

Prefijo y simbolo	Equivalente numérico	Potencias de diez
giga (G)	1 000 000 000	= 10^9 (miles de millones)*
mega (M)	1 000 000	= 10^6 (millones)
kilo (K)	1 000	= 10^3 (miles)
mili (m)	0.001	= 10^{-3} (milésimos)
micro (μ)	0.000 001	= 10^{-6} (millonésimos)
nano (n)	0.000 000 001	= 10^{-9} (billonésimos o mil millonésimos)
pico (p)	0.000 000 000 001	= 10^{-12} (trillónesimos o millón millonésimos)

Tabla 2. Prefijos numéricos comunes usados en el sistema métrico y otras unidades. Fuente: Schmit, P. B. (1992). *Electricidad y electronica basicas conceptos y aplicaciones*. Mc Graw Hill.

Prefijos

Los valores muy grandes y muy pequeños del voltaje y la corriente se expresan comúnmente en forma abreviada. Esto se hace por medio de un sistema de prefijos decimales. En la tabla se presentan los prefijos mas utilizados en la electricidad y electrónica, así como su valor numérico. Como se muestra en esta tabla, el prefijo mili [m] significa un milésimo [0.001]. Una corriente de 0.001 ampere puede entonces expresarse como una corriente de 1 miliampere; o de manera mas simple, 1 mA. En la misma forma, un voltaje de 1000 volts puede expresarse como 1kilovolt o 1 kV.

Corriente continua

La corriente continua [cc] se produce en un circuito con una fuente de voltaje constante o estacionario. Es decir, las cargas en las terminales (o polos) positiva y negativa de la fuente de voltaje no cambian con el tiempo. Se dice que estas terminales tienen polaridad fija. Por lo tanto, la dirección de la corriente no cambia en ningún momento. Las celdas electricas, baterías y generadores de cc proporcionan un voltaje de este tipo. El valor de la corriente puede ser constante o estacionaria. Puede variar o cambiar o variar el valor, la corriente puede ser pulsante o interrumpida. El voltaje aplicado y la naturaleza de la carga determinan el tipo de corriente continua que se suministra.

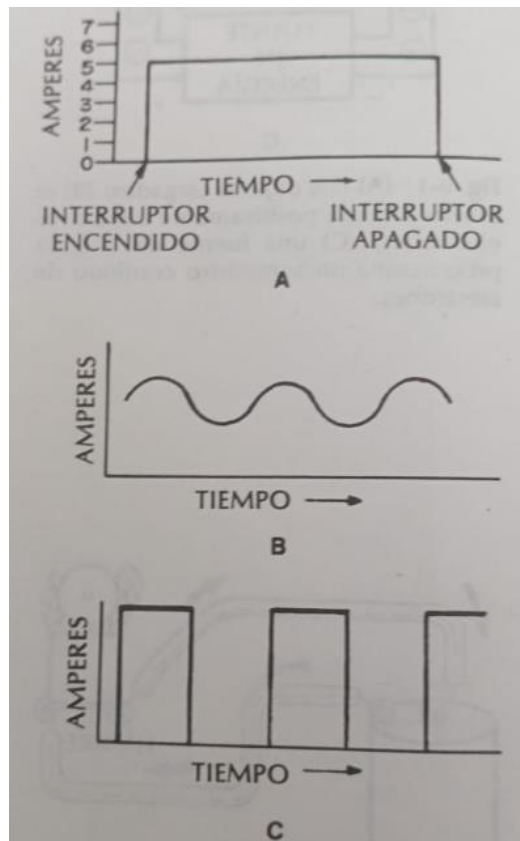


Imagen 13. Corriente continua: (A) corriente continua constante; (B) corriente continua variable; (C) corriente continua pulsante. Fuente: Schmit, P. B. (1992). *Electricidad y electronica basicas conceptos y aplicaciones*. Mc Graw Hill.

Corriente alterna

La corriente alterna [ca] se produce con una fuente de voltaje cuya polaridad cambia o se alterna con el tiempo. Esto causa que la corriente en un circuito fluya en un sentido y posteriormente en otro. Los generadores de corriente alterna o alternadores son la fuente mas común de voltajes alternos.

Ademas de cambiar de dirección, casi todos los tipos de corrientes alternas cambian de valor con el tiempo. Por ejemplo, la variación de la corriente con el tiempo, puede seguir la forma de una onda seno. Esto se llama corriente alterna senoidal. La mayor parte de las compañías electricas proporcionan corrientes y voltajes alternos senoidales a sus usuarios.

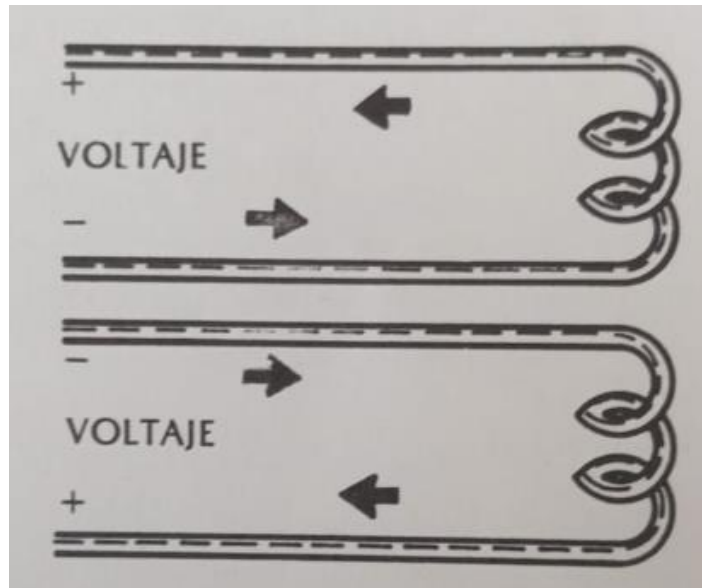


Imagen 14. La polaridad del voltaje en un circuito de ca se alterna o cambia en intervalos regulares. Fuente: Schmit, P. B. (1992). *Electricidad y electronica basicas conceptos y aplicaciones* . Mc Graw Hill.

Onda seno

La grafica denominada onda seno muestra la dirección y el valor de la corriente que pasa a través de un punto dado en un circuito, durante un periodo determinado. Una onda completa es un ciclo de corriente alterna. El tiempo que toma completar un ciclo es el periodo de la onda.

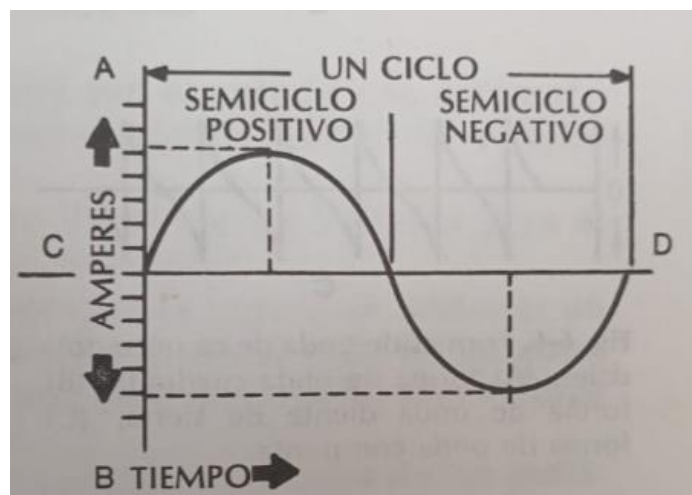


Imagen 15. Una onda seno describe la variación que sufre en el tiempo el valor de la corriente en un circuito de ca usual. Fuente: Schmit, P. B. (1992). *Electricidad y electronica basicas conceptos y aplicaciones* . Mc Graw Hill.

Las marcas en la línea AB representan los valores de la corriente. La línea horizontal CD es la línea del tiempo. La línea curva, la onda seno, muestra como la corriente cambia de valor durante un ciclo. La parte de la onda seno sobre la línea horizontal representa el movimiento de la corriente en una dirección; la parte de la onda seno de bajo de la línea horizontal representa el movimiento de la corriente en otra dirección.

Durante una alternación o un medio del ciclo de la onda seno, la corriente que se mueve en una dirección aumenta desde cero hasta el valor máximo, y posteriormente regresa a cero. Desde ese momento, la corriente empieza aumentar otra vez, pero en dirección opuesta. De nuevo aumenta hasta el valor máximo, y luego disminuye a cero. De esta forma se completa un ciclo.

Frecuencia

Al número de veces que un ciclo de corriente alterna puede repetirse en un segundo se le denomina frecuencia de corriente. La unidad básica de la frecuencia es el Hertz [Hz], nombre dado en honor a Heinrich Rudolph Hertz, físico alemán que vivió de 1857 a 1894. El Hertz reemplazó a los ciclos por segundo (cps) como la unidad de frecuencia. Sin embargo, los cps aun aparecen en algunos libros antiguos y en otras publicaciones.



Imagen 16. *Heinrich Rudolph Hertz.* Fuente: <https://historia-biografia.com/heinrich-rudolf-hertz/>

En estados unidos la frecuencia suministrada por las compañías electricas generalmente es de 60 Hz, aunque en algunas áreas s ocupan 50 Hz. En laa transmisiones de radio y televisión y en la comunicación por microondas, se usan frecuencias de miles y millones de Hertz. Comunmente estas frecuencias se expresan en términos de kilohertz [KHz], megahertz [MHz] y gigahertz [GHz].

Empleo de la corriente continua y de la corriente alterna

Con mayor frecuencia, la energía eléctrica se suministra en forma de corriente alterna, Por lo tanto, la mayor parte de los productos eléctricos y electrónicos se diseña para operar con ella. Sin embargo, muchos de estos productos trabajan con corriente alterna y con corriente continua. Esto se comprueba por ejemplo, en las lámparas comunes y en casi todos los equipos con elementos calefactores, como tostadores y planchas. Desde luego, se debe aplicar el voltaje correcto a estos dispositivos.

La corriente continua es necesaria para accionar dispositivos como transistores y tubos electrónicos. Los radios que no funcionan con baterías deben contar con una fuente de corriente directa. Un circuito especial en el radio cambia la corriente alterna de la línea de alimentación en la corriente continua necesaria. Este circuito se le denomina circuito rectificador. La corriente continua debe usarse también en algunos procesos electroquímicos como la carga de baterías y electroplastia.

Las fuentes de alimentación de corriente continua se diseñan para proporcionar salidas de tensión continua que puedan variarse con frecuencias de cero hasta cierto voltaje máximo. Estas fuentes de alimentación se usan siempre que se necesita un voltaje variable controlado, como sucede en el trabajo experimental y en la prueba de circuitos.

La corriente alterna debe usarse para hacer funcionar el motor de inducción que se emplea en aparatos como maquinas lavadoras y refrigeradores. Otros motores, llamados universales, pueden accionarse con corriente alterna o con corriente continua. Los transformadores deben operarse con corriente alterna o corriente continua variable o pulsante. Los inversores se usan para convertir la corriente continua en corriente alterna.

Corrientes alternas no senoidales

Las corrientes y voltajes alternos pueden tener formas de ondas que no sean como las de las ondas seno. Estas son formas de onda no senoidales. Los aparatos de televisión, computadoras electrónicas y otros dispositivos pueden tener dispositivos en los cuales se presentan estas formas de onda de voltaje.

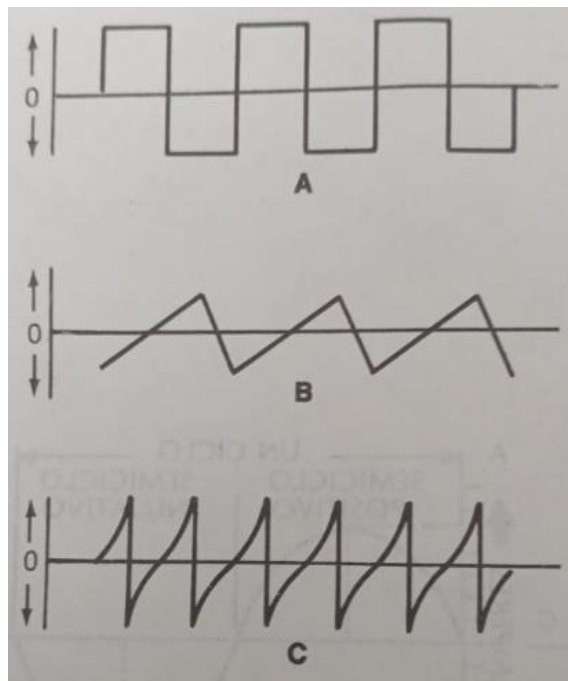


Imagen 17. Formas de onda de ca no senoidales: (A) forma de onda cuadrada; (B) forma de onda diente de sierra; (C) forma de onda con punta. Fuente: Schmit, P. B. (1992). Electricidad y electronica basicas conceptos y aplicaciones . Mc Graw Hill.

Potencia eléctrica y energía

La potencia es la velocidad con la que se realiza un trabajo. En un circuito eléctrico, la potencia puede definirse también de dos maneras: primera, es la velocidad a la cual la energía eléctrica se entrega aun circuito; segunda, es la velocidad a la cual un circuito eléctrico realiza el trabajo de convertir la energía. La unidad básico de potencia es el wat [W], nombre dado en honor a James Watt, inventor escoses que vivio de 1736 a 1819. La mayor parte del equipo eléctrico que utilizamos se especifica en términos de la potencia o watts que utiliza. Asi, una lámpara se especifica por 60W, 100 W, 200 W, etc. Los tostadores, planchas, secadoras de ropa y otros aparatos tienen un determinado consumo nominal. Puesto que la potencia eléctrica es la velocidad a la cual se entrega energía al circuito, es fácil calcularla simplemente se multiplica la potencia por alguna unidad de tiempo. Esto

dara la energía total entregada al circuito. Casi siempre la unidad de tiempo que se emplea es la hora. La mayor parte de las veces, la unidad de potencia se da en términos de kilowatts- hora [kWh] es la unidad de energía en la que la mayor parte de las compañías electricas basan sus recibos de luz.

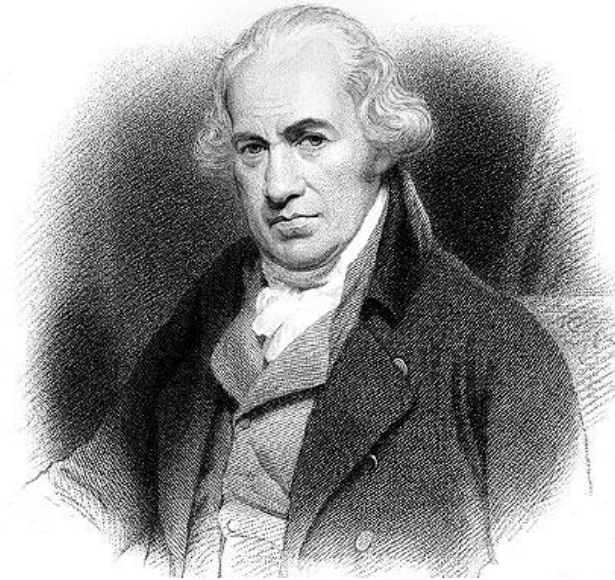


Imagen 18. *James Watt.* Fuente: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/w/watt.htm>

La tensión distribuida para conexión de motores en la empresa es desde 400 Voltios en corriente alterna y de ahí se subdivide a 220 Voltios seguido de 120 Voltios. Tambien se cuenta con motores de corriente alterna y corriente continua. En este caso se enfocara la atención a los motores de corriente continua que son los que predominan en un 80% del total de los motores.

¿Qué es un motor eléctrico?

Un motor eléctrico es una maquina eléctrica rotativa esto quiere decir que es una maquina capaz de convertir la energía eléctrica en mecánica. El motor es capaz de realizar esto gracias a la acción de los campos magnéticos que generan las bobinas que se encuentran dentro del motor.

Los motores eléctricos cuentan con componentes principales:

1.- Estator: se trata de la parte fija de la parte rotativa. Es uno de los elementos fundamentales para transmitir la potencia en el caso de los motores eléctricos, o la corriente alterna en el caso de los generadores eléctricos.

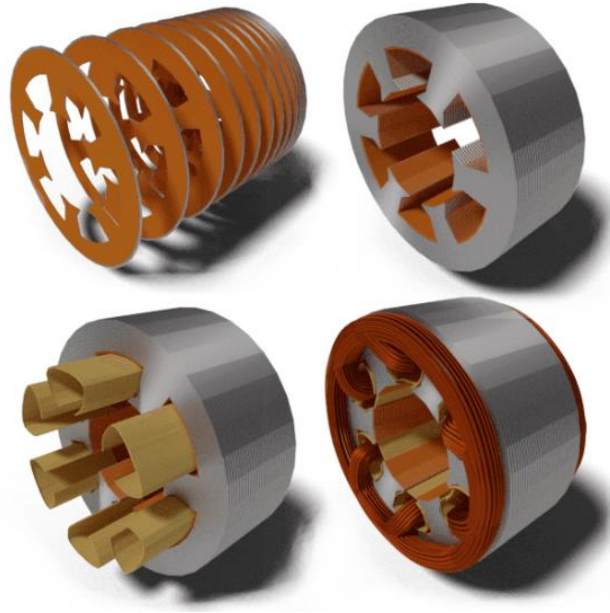


Imagen 19. Estator de motor de jaula de ardilla. Fuente: www.electronicafacil.top/motor/motor-induccion-tres-fases/motor-de-induccion-de-jaula-de-ardilla-principio-de-funcionamiento-y-aplicaciones/

2.- Rotor: Se trata de la parte que gira o rota dentro de una maquina eléctrica, ya sea un motor o un generador eléctrico. Consiste en un eje que soporta un juego de bobinas enrolladas sobre piezas polares estáticas

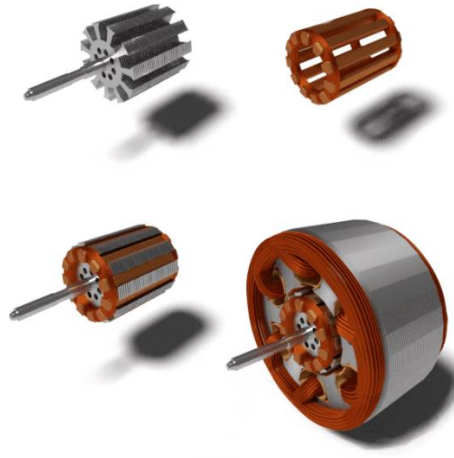


Imagen 20. Rotor de motor de jaula de ardilla. Fuente: www.electronicafacil.top/motor/motor-induccion-tres-fases/motor-de-induccion-de-jaula-de-ardilla-principio-de-funcionamiento-y-aplicaciones/

3.- Fan: Un ventilador esta conectado a la parte trasera del rotor para proporcionar intercambio de calor, por lo tanto mantiene la temperatura del motor bajo un limite.



Imagen 21. Fan de motor tipo jaula de ardilla. Fuente: www.electronicafacil.top/motor/motor-induccion-tres-fases/motor-de-induccion-de-jaula-de-ardilla-principio-de-funcionamiento-y-aplicaciones/

4.- Rodamientos: Los cojinetes se proporcionan como base para el movimiento del rotor, y los cojinetes mantienen la suave rotación del motor.



Imagen 22. Rodamientos de motores tipo jaula de ardilla. Fuente: www.motor.mapfre.es/coches/noticias-coches/motor-asincrono/



Imagen 23. Motor de inducción tipo jaula de ardilla. Fuente: www.motor.mapfre.es/coches/noticias-coches/motor-asincrono/

¿Qué es un motor eléctrico tipo jaula de ardilla?

Un motor de inducción trifásico de jaula de ardilla es un tipo de motor de inducción trifásico que funciona basado en el principio de electromagnetismo. Se llama motor jaula de ardilla porque el rotor que lleva adentro, conocido como rotor jaula de ardilla, se parece a una jaula de ardilla. Este rotor es un cilindro de laminas de acero, con metal altamente conductor (típicamente de aluminio o cobre) incrustado en su superficie. Cuando una corriente alterna se ejecuta a través de los bobinados del estator, un campo magnético rotativo se produce. Esto induce una corriente en el bobinado del rotor, que produce su propio campo magnético. La interacción de los

campos magnéticos producidos por los bobinados del estator y del rotor produce un par en el rotor de jaula de ardilla.

Una gran ventaja del motor de jaula de ardilla es la facilidad con la que se pueden cambiar sus características de velocidad y par. Esto se puede hacer simplemente ajustando la forma de las barras del rotor. Los motores de inducción de jaula de ardilla se usan mucho en la industria ya que son confiables, auto arrancables y fáciles de ajustar.

Principio de funcionamiento del motor de inducción de jaula de ardilla

Cuando se le da un suministro trifásico al bobinado del estator, se establece una rotación campo magnético en el espacio. Este el campo magnético rotativo tiene una velocidad que se conoce como velocidad sincronica.

Este campo magnético giratorio induce al voltaje en la barras del rotor y por tanto el corto circuito de corrientes empiezan a fluir en las barras del rotor. Estas corriente del rotor generan un campo auto-magnetico que interactuara con el campo del estator. Ahora el campo del rotor tratara de oponerse a su causa, y por tanto el rotor comience a seguir la rotación campo magnético.

En el momento en que el motor atrapa el campo magnético rotativo, la corriente del rotor cae a cero, ya que no hay mas movimiento relativo entre el campo magnético rotativo y el rotor. Por lo tanto, en ese momento el rotor experimenta una fuerza tangencial nula. Por lo que el rotor desacelera por el momento.

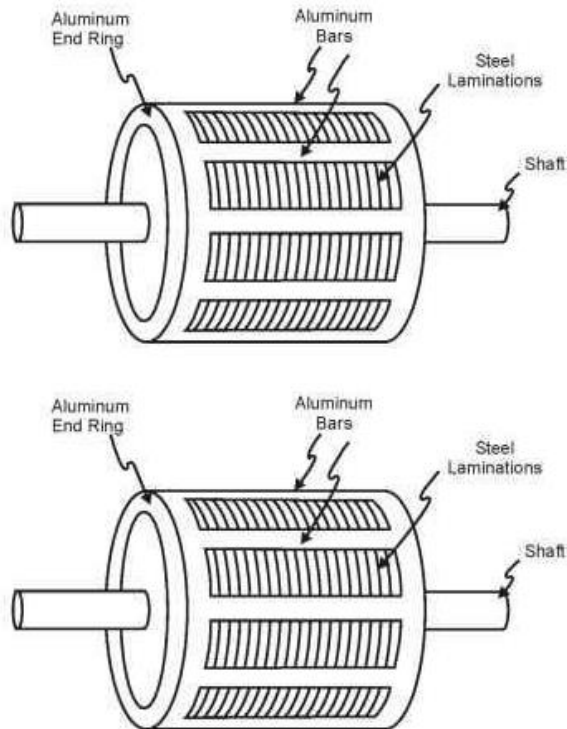


Imagen 24. Rotor de motor de jaula de ardilla. Fuente: www.electronicafacil.top/motor/motor-induccion-tres-fases/motor-de-induccion-de-jaula-de-ardilla-principio-de-funcionamiento-y-aplicaciones/

Después de la desaceleración del rotor, el movimiento relativo entre el rotor y el campo magnético rotativo restablece, por lo tanto, la corriente del rotor es inducida de nuevo. Así pues, de nuevo, la fuerza tangencial para la rotación del rotor se restablece, y por lo tanto de nuevo el rotor comienza a seguir el campo magnético rotativo, y de esta manera, el rotor mantiene una velocidad constante que es justo menor que la velocidad del campo magnético rotativo o la velocidad sincrónica.

El deslizamiento es una medida de la diferencia entre velocidad del campo magnético giratorio y la velocidad del rotor. La frecuencia de la corriente del rotor = frecuencia de suministro del deslizamiento.

Conexión en motores eléctricos de inducción trifásicos con rotor tipo jaula de ardilla hasta 600 voltios

En los motores eléctricos trifásicos con rotor Jaula de Ardilla podemos encontrar la conexiones siguientes:

SIMBOLOGÍA DE LA CONEXIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA CONEXIÓN	OBSERVACIONES
Y	ESTRELLA	Generalmente usada en motores NEMA para la tensión más alta y en potencias hasta 20 HP. Usada en motores IEC para la mayor tensión.
YY	ESTRELLA DOBLE O ESTRELLA PARALELA	Generalmente usada en motores NEMA para la menor tensión y potencias hasta 20 HP y en motores IEC para la menor tensión y en potencias hasta 9 HP.
	TRIÁNGULO	En motores IEC usada para la menor tensión en cualquier potencia para motores NEMA usada para la mayor tensión y en potencias mayores que 20 HP.
	TRIÁNGULO DOBLE O TRIÁNGULO PARALELO	En motores IEC usada para la tensión menor y potencias mayores que 9 HP y en motores NEMA para la menor tensión y potencias mayores que 20 HP.

Tabla 3. Simbología de la conexión. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*. Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

Conexión de motores. Los fabricantes efectúan combinaciones de estas conexiones para que los motores puedan funcionar con las dos tensiones de servicio a las cuales fueron diseñados.

SIMBOLOGÍA DE LA CONEXIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA CONEXIÓN	OBSERVACIONES
 Y	TRIÁNGULO PARA LA MENOR TENSIÓN ESTRELLA PARA LA MAYOR TENSIÓN	Muy poco usada en motores NEMA y muy frecuente en motores IEC. Posibilita que el motor pueda arrancar en Estrella Triangulo en la menor tensión. También usada en motores de una sola tensión de servicio que arrancan en estrella triangulo.
YY / Y	ESTRELLA DOBLE PARA LA MENOR TENSIÓN ESTRELLA PARA LA MAYOR TENSIÓN	Usada en motores NEMA hasta 20 HP e IEC hasta 9 HP.
  / 	TRIÁNGULO PARA LA MAYOR TENSIÓN TRIÁNGULO DOBLE PARA LA MENOR TENSIÓN	Usada en motores IEC con potencias mayores que 7.5 HP y motores NEMA con potencias mayores que 20 HP

Tabla 4. *Combinacion de conexiones.* Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*. Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

Cantidad de terminales de conexión

La cantidad de terminales de conexión varia de acuerdo con los diseños específicos realizados por los fabricantes y con las formas en las cuales pueden ser arrancados los motores (directo, estrella, triangulo, entre otros).

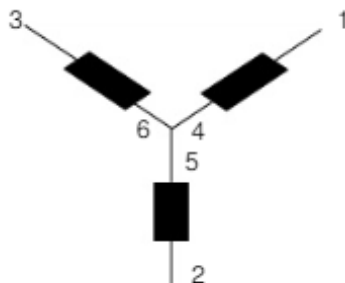
ITEM	CONEXIÓN	CANTIDAD DE TERMINALES DE CONEXIÓN
1	INTERIOR	3
2	$\triangle$	6
3	$\triangle / Y$	6
4	YY / Y	9
5	$\triangle \triangle / \triangle$	9
6	YY / Y	12
7	$\triangle \triangle / \triangle$	12

Tabla 5. Terminales de conexiones. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*. Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

Marcacion de terminales de conexión

a) Seis terminales

Conexión Y : Norma NEMA



Unir 4-5-6 y aislar
Conectar L1-L2 y L3 a los
terminales 1-2-3

Imagen 25. Conexión Y; Norma NEMA. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*. Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

Conexión triángulo: Norma NEMA

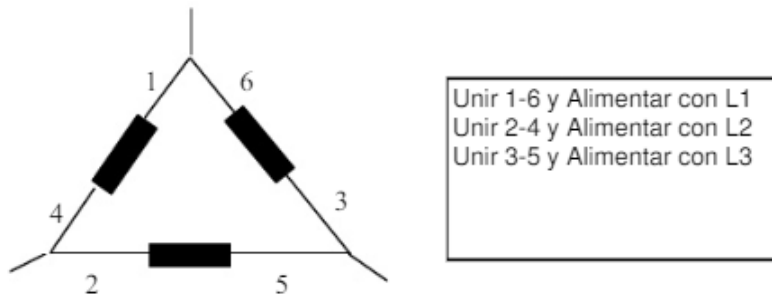


Imagen 26. Conexión triángulo; Norma NEMA. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*. Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

b) Nueve terminales
Conexión YY: Norma NEMA

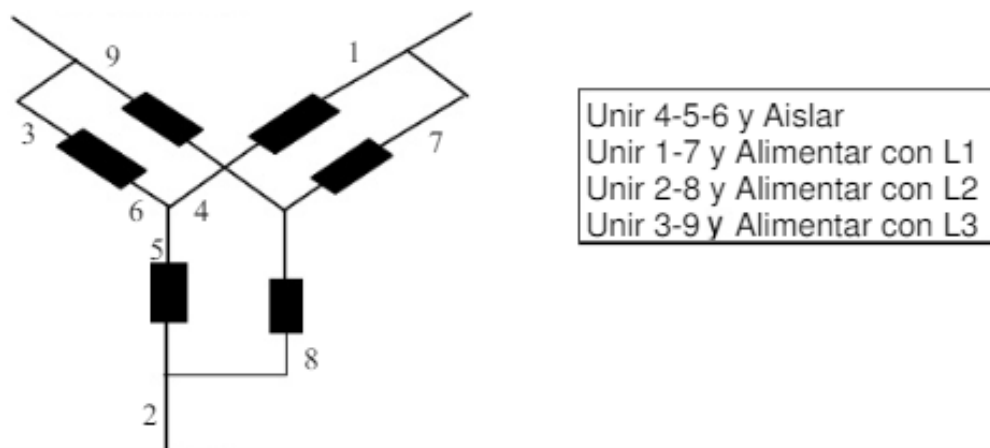


Imagen 27. Conexión triángulo YY; Norma NEMA. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*. Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

Conexión Y: Norma NEMA

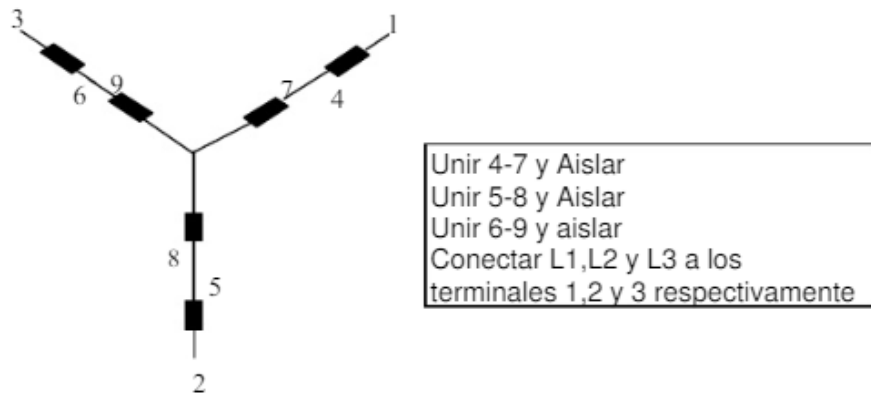


Imagen 28. Conexión Y nueve terminales; Norma NEMA. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*. Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

Conexión triángulo: Norma NEMA

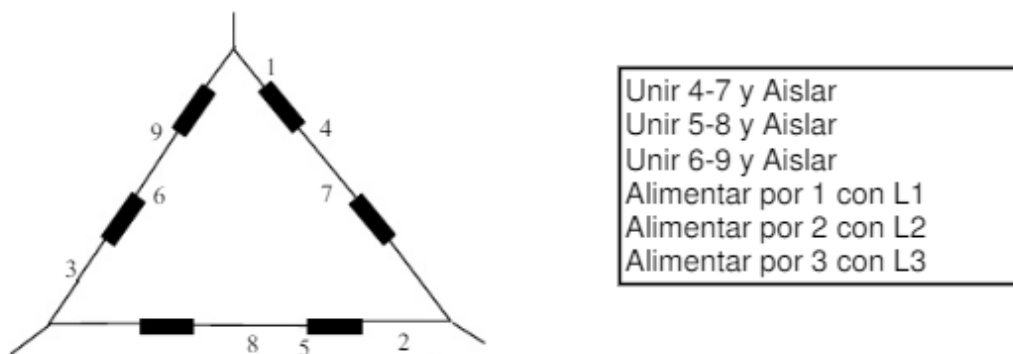
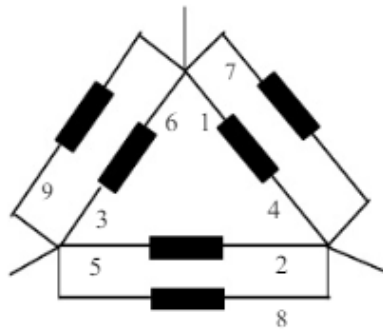


Imagen 29. Conexión triángulo nueve terminales; Norma NEMA. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*. Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

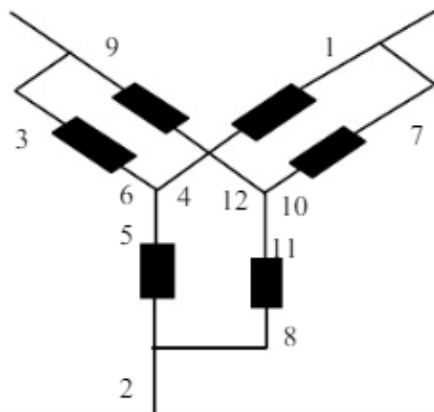
Conexión doble triángulo: Norma NEMA



Unir 1-6-7 y Alimentar con L1
Unir 2-4-8 y Alimentar con L2
Unir 3-5-9 y Alimentar con L3

Imagen 30. Conexión doble triángulo; Norma NEMA. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*.
Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

c) Doce terminales
Conexión YY: Norma NEMA



Unir 4-5-6 y Aislar
Unir 10-11-12 y Aislar
Unir 1-7 y Alimentar con L1
Unir 2-8 y Alimentar con L2
Unir 3-9 y Alimentar con L3

Imagen 31. Conexión YY doce terminales; Norma NEMA. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*.
Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

Conexión Y: norma NEMA

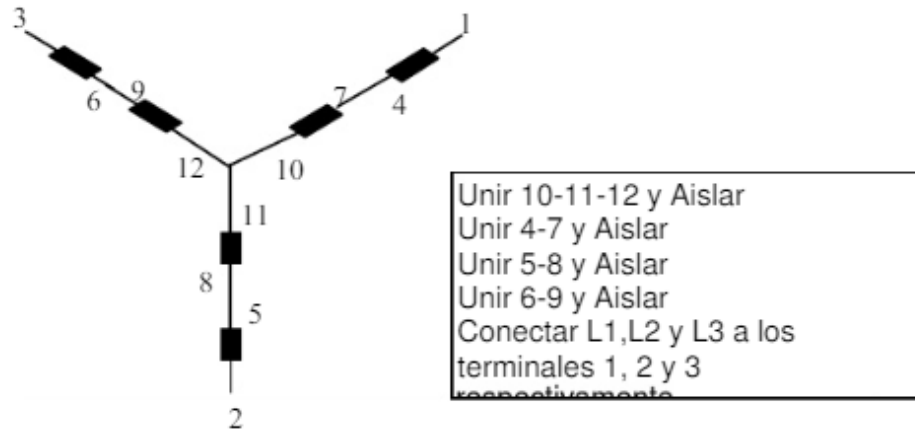


Imagen 32. Conexión Y doce terminales; Norma NEMA. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*.
Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

Conexión doble triángulo: Norma NEMA

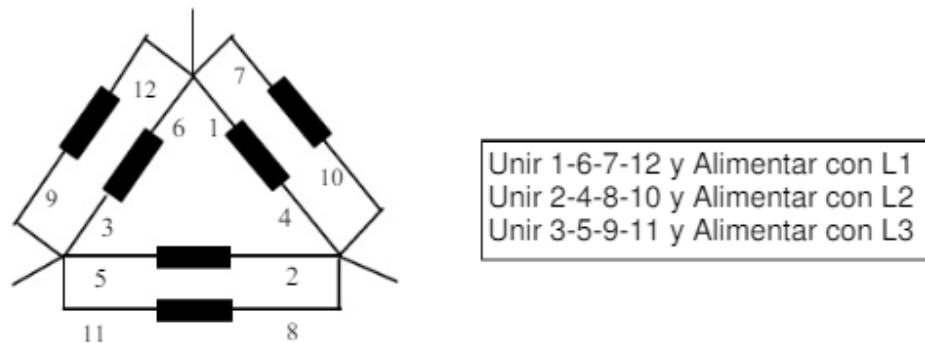


Imagen 33. Conexión doble triángulo doce terminales; Norma NEMA. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*.
Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

Conexión triángulo: Norma NEMA

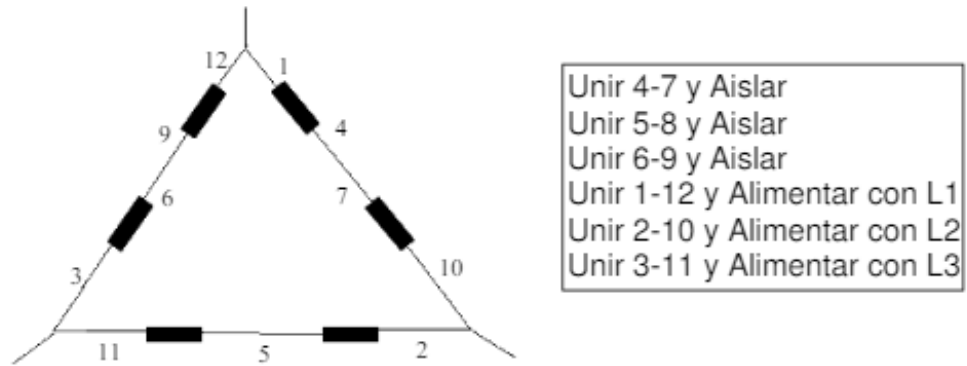


Imagen 34. Conexión triángulo doce terminales; Norma NEMA. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*. Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

Equivalencias

Para efectos de equivalencias, un simil entre la marcación de terminales según norma NEMA MG-1 y según norma IEC-34-8.

Devanados con seis terminales- norma IEC

Equivalencia entre normas

NORMA	MARCACIÓN DE TERMINALES					
NEMA	1	2	3	4	5	6
IEC	U1	V1	W1	U2	V2	W2

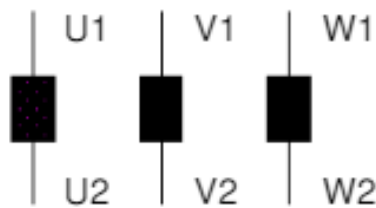


Tabla 6. *Equivalencia en Normas seis terminales.* Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*.
Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

Devanados con nueve terminales-NORMA IEC

Equivalencia entre normas

NORMA	MARCACIÓN DE TERMINALES								
NEMA	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IEC	U1	V1	W1	U2	V2	W2	U5	V5	W5

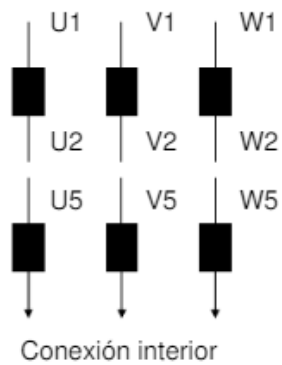


Tabla 7. *Equivalencia en Normas nueve terminales.* Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*.
Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

Devanados con doce terminales-NORMA IEC

Equivalencia entre normas

NORMA	MARCACIÓN DE TERMINALES											
NEMA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IEC	U1	V1	W1	U2	V2	W2	U5	V5	W5	U6	V6	W6

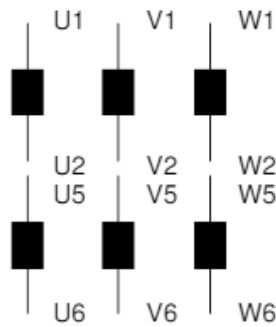


Tabla 8. *Equivalencia en Normas doce terminales.* Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*.
Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

En la mayoría de los motores utilizados en la empresa son aplicables las normas:

- NOM-016-ENER-2016:

La presente norma oficial mexicana establece los valores de eficiencia nominal, el método de prueba para su evaluación, los criterios de aceptación y las especificaciones de información mínima a marcar en la placa de datos de los motores eléctricos de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencial nominal de 0,746 KW, abiertos y cerrados, con tensión eléctrica de hasta 600 V, de una sola frecuencia(velocidad de giro en el eje o flecha del motor) de rotación, de posición de montaje horizontal o vertical, enfriados por aire y régimen continuo; que se comercialicen en los Estados Unidos Mexicanos y permite, además de responder a las necesidades de promover el

ahorro de energía, contribuir a la preservación de recursos naturales no renovables de la nación.

- IEC 60034-1: 2022

Esta norma es aplicable a las maquinas eléctricas rotativas, excepto a las maquinas eléctricas rotativas maquinas para vehículos ferroviarios y de carretera.

¿Qué es un UDI 1700 digital Panel Indicator rockwell?

El indicador de panel digital UDI 1700 brinda una amplia variedad de funciones a los usuarios y es el compañero ideal para otros instrumentos Honeywell montados en panel. El pequeño tamaño DIN de 1/8 del indicador de panel permite que encaje fácilmente en un espacio de panel pequeño, mientras que su gran pantalla LED de cuatro dígitos de 14mm permite a los operadores leer información vital a distancia. Las placas opcionales sin puentes del indicador de panel digital y la tecnología plug-and-play permite a los usuarios agregar sus funciones. Las opciones como la salida de rele de alarma doble y la retransmisión de salida lineal se pueden actualizar en campo. Esta capacidad permite al usuario pagar solo por las opciones que se requieren para satisfacer los requisitos de la aplicación individual.



Imagen 35. Panel Indicator rockwell. Fuente: Honeywell. (2022). *Honeywell Process Solutions*. Obtenido de Honeywell Process Solutions: <https://process.honeywell.com/us/en/products/process-instruments/controllers-and-programmers/panel-indicators/udi-1700-digital-panel-indicator>

Cuenta con: 1 entrada universal, 0, 1% de precisión, hasta 5 alarmas y 5 relés de alarma, pantalla de dos colores (rojo/verde), 1 entrada digital, comunicación Modbus RS485, protección frontal nema 3/IP65, tamaño horizontal 1/8 DIN, configuración sin puentes, se puede actualizar fácilmente en campo, compatibilidad con dos versiones anteriores con aplicaciones y cableado UDI1500 existentes, puede operar en cualquier voltaje de línea de 90 Voltios en corriente alterna a 264 voltios en corriente alterna en 50/60 Hz y también esta disponible en una solución de baja tensión 24/48 Voltios en corriente directa y alterna, tiene todos los tipos de entrada como termopares, RTD y DC lineal son configurables como estándar.

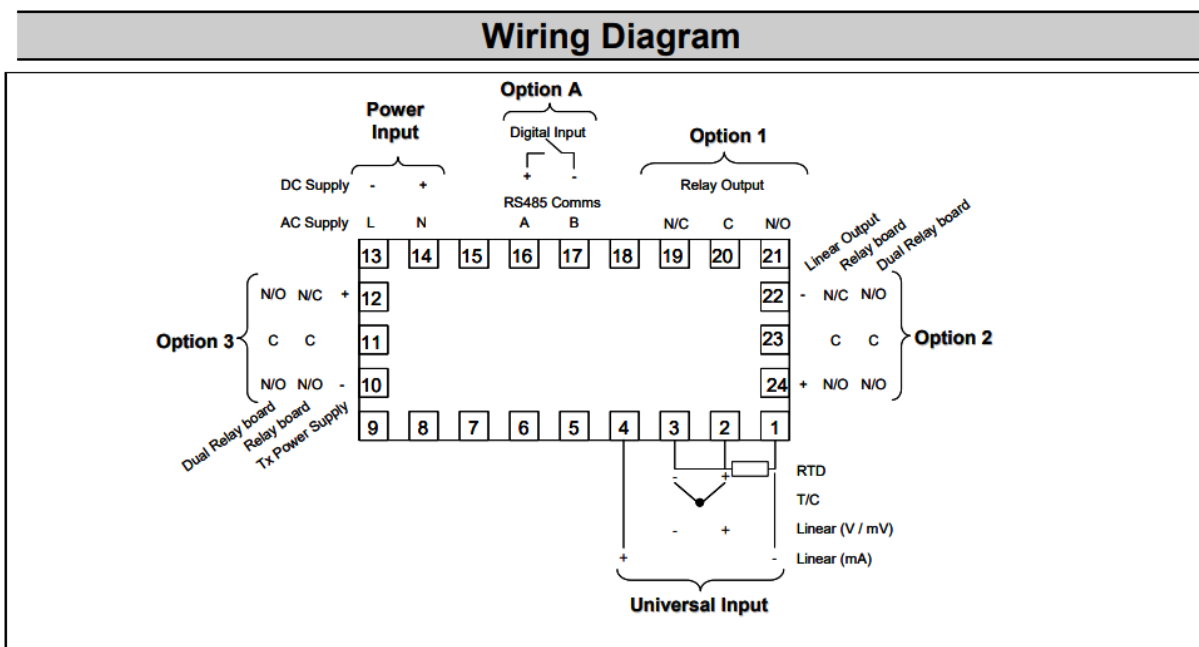


Imagen 36. Diagrama de cableado. Fuente: Honeywell. (2022). *Honeywell Process Solutions*. Obtenido de Honeywell Process Solutions: <https://process.honeywell.com/us/en/products/process-instruments/controllers-and-programmers/panel-indicators/udi-1700-digital-panel-indicator>

Specifications	
Accuracy	Measurement: 0.1 % of Span $\pm$ 1 LSD Linearization for T/C & RTD: Better than $\pm$ 0.2 °C for decimal range; Better than $\pm$ 0.5 °C for integer range Cold junction compensation (T/C only): Better than $\pm$ 0.7 °C
Temperature Stability	0.01 % of span per °C
Input Signal Failure	For Thermocouple and RTDs : Upscale burnout For linear input: Downscale burnout (only applicable to 4-20mA)
Input Sampling Rate	Four samples per second
Input Filter	Digital filter: 0.0 (off), from 0.5 to 100.0 seconds in 0.5s increment
Input Isolation	Universal input isolated at 2500V from all outputs and from power supply
Stray Rejection	Common mode rejection: >120dB at 50/60Hz with negligible effect at 264V Serial mode rejection: >500% of span at 50/60Hz with negligible effect
Approvals	UL and CE approved
Environmental	EMI immunity: Complies with EN61326 Safety considerations: comply with EN61010-1 & UL3121
Front Panel Sealing	IP66 / NEMA3
Power consumption	100 to 240Vac, 50/60z : 7.5VA 20 to 48Vac, 50/60Hz : 7.5VA 22 to 65Vdc : 5W
Physical	Weight: 210 grams max. Width: 96mm/3.78 inches, Height: 48mm/1.89 inches, Depth: 100mm/3.94 inches Wiring connection: Screw terminals on the rear of the case (combination head)
Alarms	Up to five soft alarms with 5 SPDT relay outputs Alarm types: PV high or low with direct or reverse acting Up to five alarm hysteresis : From 1 LSD to 10% of span Combination alarms : Logical "OR" or "AND" Alarm 1 can be latched requiring specific acknowledgment
Output type	Output 1 : - Electromechanical relay output SPDT Output 2 : - Electromechanical relay output SPDT - Linear DC for PV retransmission - Dual electromechanical relays (2 SPST) Output 3 : - Electromechanical relay output SPDT - Dual electromechanical relays (2 SPST) - Transmitter power supply Linear DC output : Accuracy: $\pm$ 0.25% (mA @ 250Ohms, V @ 2Kohms) Resolution: 8 bits in 250ms (10 bits in 1 second typical, >10 bits in >1 second) Electromechanical relay : SPDT contact with 2 A at 120 V or 240 V (resistive load) Life time: > 500 000 operations at rated voltage/current. Dual electromechanical relays : Single pole single throw (SPST) with 2 A at 120 V or 240 V (resistive load) Life time: > 200 000 operations at rated voltage/current. Transmitter power supply : Voltage output: 20-28 Vdc with 24Vdc nominal Minimum load impedance: 910 ohms (22 mA and 20 Vdc)
Remote Reset Input	Voltage free or TTL compatible (External relay contact or TTL logic signal) To reset the latched alarm output 1
Communication Interface	RS485: ASCII or Modbus, selectable. Baud Rate: 1200, 2400, 4800, 9600, 19.2K Baud Link Characteristics: 32 drops maximum, ASCII protocol, two wires

Tabla 9. Especificaciones. Fuente: Honeywell. (2022). *Honeywell Process Solutions*. Obtenido de Honeywell Process Solutions: <https://process.honeywell.com/us/en/products/process-instruments/controllers-and-programmers/panel-indicators/udi-1700-digital-panel-indicator>

Input Actuations

		°F	°C
Thermocouple types (Fixed decimal)	R	32-3198	0-1759
	S	32-3204	0-1762
	J	-328-2192	-200-1200
	J	-199.9-999.9	-128.8-537.7
	T	-400-752	-240-400
	T	-199.9-752.0	-128.8-400.0
	K	-400-2503	-240-1373
	K	-199.9-999.9	-128.8-537.7
	L	32-999.9	0-537.7
	L	32-1403	0-762
	B	211-3315	100-1824
RTD : (3 wires connection) PT100 (IEC) $\alpha = 0.00385$ (Fixed decimal)	N	32-2551	0-1399
	C	32-4208	0-2320
	PtRh20% vs 40% Pt100 Pt100	32-3362 -328-1472 -199.9-999.9	0-1850 -199-800 -128.8-537.7
DC linear :		0-20mA, 0-50mV, 0-5V, 0-10V	4-20mA, 10-50mV, 1-5V, 2-10V

Tabla 10. Actualización de entradas. Fuente: Honeywell. (2022). *Honeywell Process Solutions*. Obtenido de Honeywell Process Solutions: <https://process.honeywell.com/us/en/products/process-instruments/controllers-and-programmers/panel-indicators/udi-1700-digital-panel-indicator>

Operating Conditions

	Reference conditions	Operative limits	Transportation and storage
Ambient temperature	20°C±2°C (68°F±4°F)	0°C to 55°C (32°F to 131°F)	-20°C to 80°C (-4°F to 176°F)
Relative Humidity	60-70%	20-95% non condensing	
Voltage	90-264Vac ±1%	90-264Vac 20-50Vac or 22-65Vdc	
Frequency	50Hz	50-60Hz	
Source resistance	<10 ohms for thermocouple	1000 ohms max for thermocouple	
Lead resistance for RTD	<0.1 ohm/lead (PT100)	50 ohms per lead maximum balanced (PT100)	

Model Selection Guide

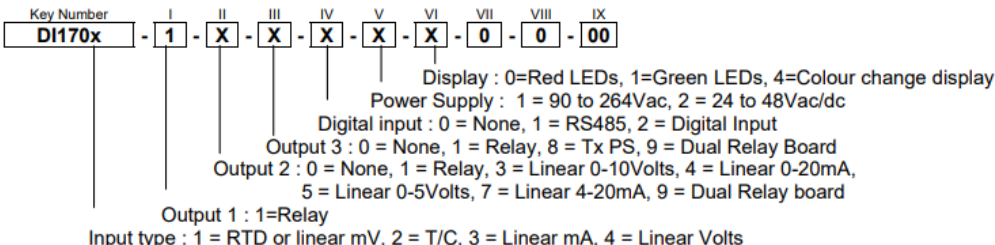


Tabla 11. Condiciones de operaciones. Fuente: Honeywell. (2022). *Honeywell Process Solutions*. Obtenido de Honeywell Process Solutions: <https://process.honeywell.com/us/en/products/process-instruments/controllers-and-programmers/panel-indicators/udi-1700-digital-panel-indicator>

¿Qué es un variador de frecuencia?

El variador de frecuencia es la solución eficaz para mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono.

Los motores eléctricos juegan un papel muy importante en los negocios y vidas ya que controlan básicamente todo lo que necesitamos para el trabajo y actividades de ocio. Todos los motores funcionan con electricidad y necesitan una cantidad determinada de energía eléctrica para poder realizar su trabajo de proporcionar par y velocidad. La velocidad de un motor debería coincidir exactamente con la que exige el proceso en cuestión, y usar solo la energía necesaria.

El variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor ajuste la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%.

Un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor. La energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que esta llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento.

Los variadores de frecuencia para el control inteligente de los motores tienen muchas ventajas financieras, operativas y medioambientales ya que se supone una mejora de la productividad, incrementa la eficiencia energética y a la vez alarga la vida útil de los equipos, previniendo el deterioro y evitando paradas inesperadas que provocan tiempos de inproductividad.

El variador de frecuencia también es conocido como convertidor de frecuencia de corriente alterna, convertidor de velocidad variable, variador de velocidad, VSD, VFC o VFD por sus siglas en inglés o simplemente variador o convertidor. A menudo hay confusiones sobre la diferencia entre variador de velocidad y variador de frecuencia o convertidor de frecuencia. Si se toma como referencia las siglas más ampliamente usadas a nivel internacional (“VFD” del inglés “Variable Frequency Drive”), y se traduce literalmente, coincidirá a “Accionamiento de Frecuencia Variable”. Sin embargo, los términos más utilizados actualmente en nuestro país son convertidor de frecuencia y variador de frecuencia.

Los variadores de frecuencia constan de 4 pasos para su correcto funcionamiento, son los siguientes:

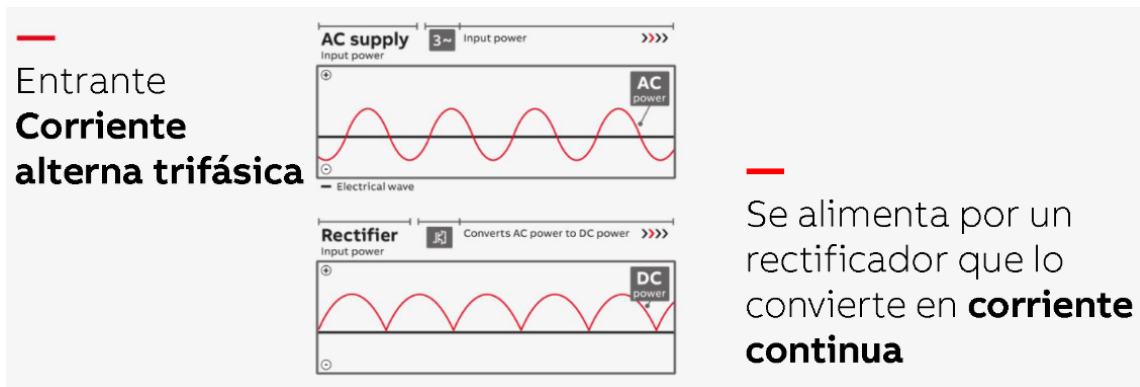


Imagen 37. Convertir CA entrante en CC. Fuente: ABB VFD. Obtenido de ABB VFD:
<https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>

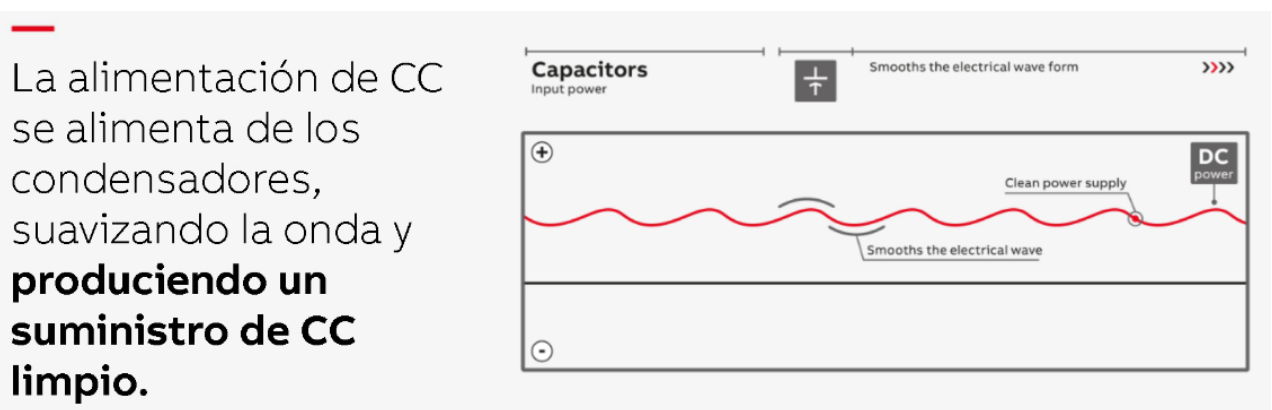


Imagen 38. Suavizar la onda DC. Fuente: ABB VFD. Obtenido de ABB VFD:
<https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>



Imagen 39. Convertir la onda CC a la variable de CA. Fuente: ABB VFD. Obtenido de ABB VFD:
<https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>



Imagen 40. Calcular y repetir. Fuente: ABB VFD. Obtenido de ABB VFD: <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>

¿Qué es una bomba centrífuga?

Una bomba centrífuga es una maquina que tien un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una coraza. Las paletas proporcionan energía al fluido el cual es impulsado por la fuerza centrífuga hacia la coraza en donde gran parte de la energía de movimiento es transformado a presión.

La bomba centrífuga es el dispositivo mas utilizado para casi cualquier sistema en el que se tengan que mover o desplazar fluidos por tuberías o canalizaciones. Lo simple de su construcción, su habilidad para producir un flujo relativamente suave en condiciones variadas de operación, y el hecho de que sus espacios o huelgos entre el impulsor y la carcasa visualmente eliminan el peligro de daños en caso de que se cierre la valvula de descarga, hacen de este tipo de bombas, el mas deseable para la mayoría de las aplicaciones. Incluso en ocasiones, aunque la capacidad de la carga estatica de succion no es una característica favorable en este tipo de equipos, usualmente no es un requerimiento limitativo.

Cuando un sistema presurizado es en circuito cerrado, se elimina también la carga estatica de la descarga, haciendo mas favorable su uso. Aun en aquellos sistemas que son parcialmente cerrados, como es el caso de las torres de enfriamiento, la bomba centrífuga puede seleccionarse de tal modo que produzca la carga estatica de descarga requerida.

El comportamiento de las bombas centrifugas tiene el mismo principio que los ventiladores centrifugos utilizados para mover masa de aire y otros gases, y su funcionamiento sigue las mismas leyes generales. Este tipo de bombas son equipos de velocidad relativamente elevada y generalmente van acopladas directamente el elemento motriz también pueden ser accionadas mediante poleas y bandas trapezoidales, reductores o multiplicadores de engrenes. El fluido entra al impulsor por su centro (alrededor de la flecha), fluye radialmente hacia afuera y abandona la periferia del impulsor a una velocidad que es resultante de la velocidad periférica del álabe del impulsor y de la velocidad relativa del liquido.

En la envolvente o carcasa de la bomba, en cuyo interior, en cuyo interior gira el impulsor, la velocidad del fluido (generalmente agua) va decreciendo gradualmente y la energía de movimiento se transforma en energía de presión. El liquido que se bombea se presuriza y sale de la bomba venciendo la resistencia que encuentra a su paso.

La forma tipo caracol que tiene la coraza de una bomba centrifuga esta encaminada a convertir con el minimo de perdidas, la energía cinetica en energía potencial, reduciendo la friccion de la rotación del impulsor, y equilibrando los empujes laterales desarrollados en el eje o flecha.

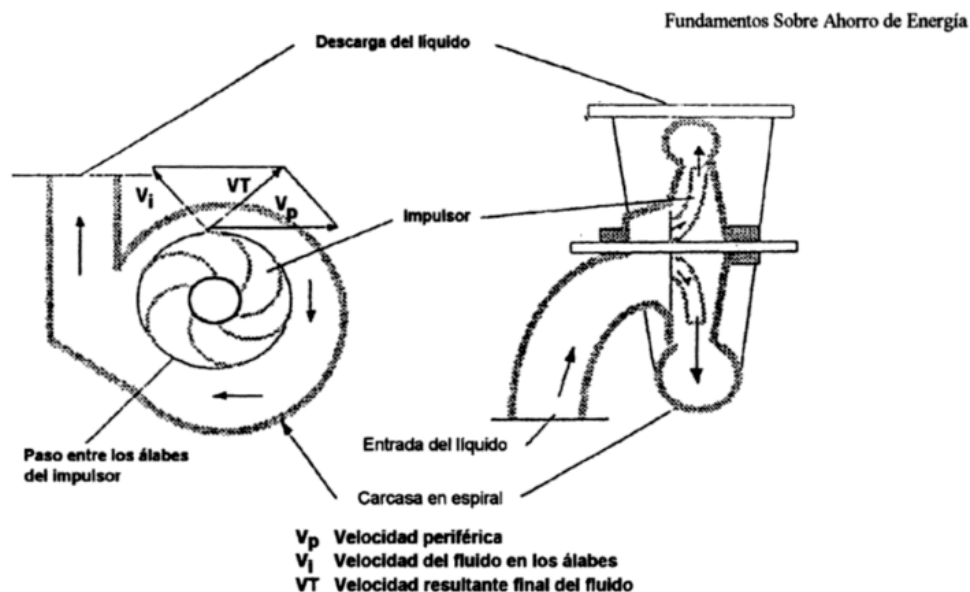


Imagen 41. Velocidad resultante del fluido en una bomba centrifuga con succión simple y un solo impulsor
 . Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

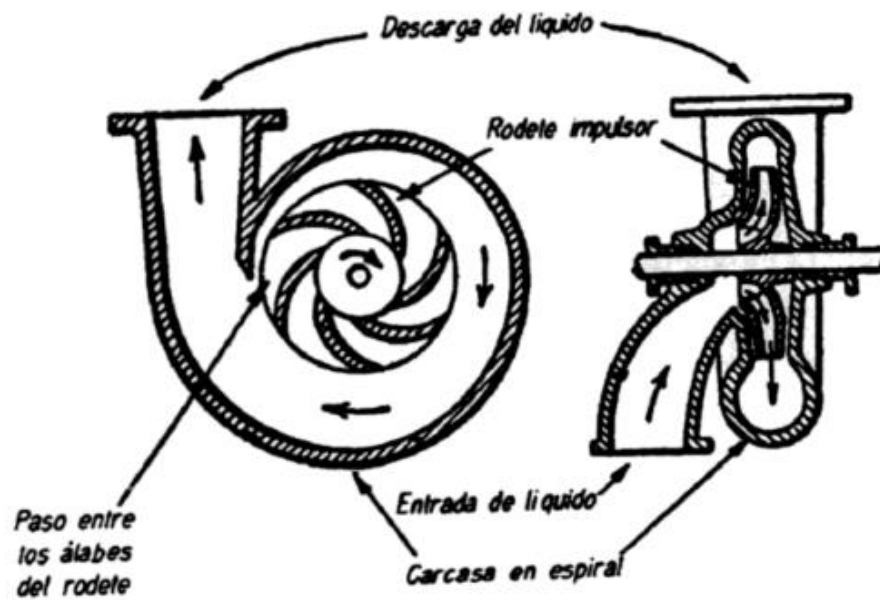


Imagen 42. Sección transversal de una bomba centrífuga típica.

Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

Tipos de bombas centrífugas

Las bombas centrífugas están constituidas, esencialmente por un impulsor con paletas o aspas fijas, con el que se imparte un incremento de la energía cinética que se bombea, una coraza y una flecha, que soporta el impulsor.

Las bombas centrífugas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) Flujo radial
- b) Flujo mixto
- c) Flujo axial

La diferencia básica en cada caso, es el ángulo con el cual el fluido entra o sale del impulsor.

Velocidad Específica N_s . Es un concepto íntimamente ligado a la configuración del impulsor de una bomba. Su importancia radica en que permite predecir a partir de

curvas teóricas, el rendimiento que la bomba puede desarrollar para unas condiciones determinadas de gasto y carga, una velocidad de rotación dada.

La N_s , Se define por la siguiente expresión:

$$N_s = NQ^{1/2} / H^{3/4}$$

Imagen 43. *Formula de velocidad especifica.*

. Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

Donde:

N = velocidad de rotación de la bomba en rpm

Q = gasto nominal que se va a bombear en m³/seg

H = Carga total de presión que será creada por la bomba en mts.

N_s = velocidad especifica de la bomba en (m/seg o ft/seg)

Eficiencia E_p . Es la relación entre a potencia útil de salida de la bomba y su potencia de entrada, expresándose usualmente en %, esta se calcula:

$$E_p = \text{salida/entrada} = \frac{SPQH_i}{P_i} * 100$$

Imagen 44. *Eficiencia de bomba.*

. Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

Donde:

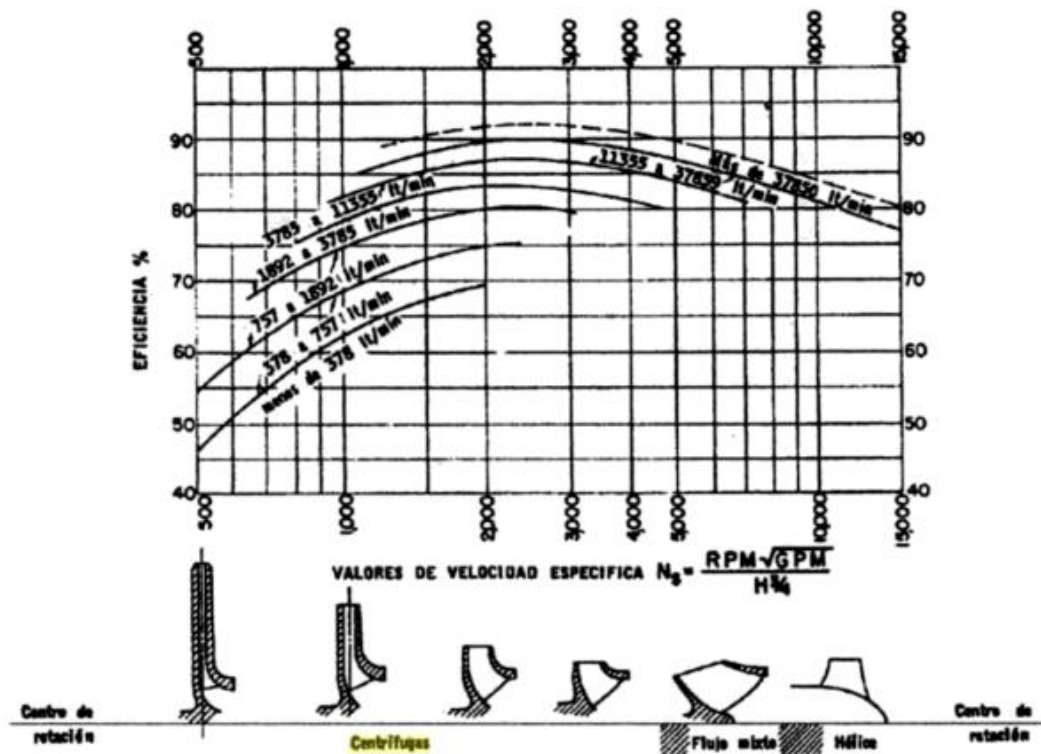
E_p = Eficiencia de la bomba en %

P_i = Potencia de entrada en Kg-m/seg

SP = Peso específico del agua en Kg/m³

Q = Gasto o capacidad en m³/seg

H_t = Carga dinámica total en mts



Grafica 1. Valores de velocidad específica según centro de rotación. Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

Eficiencia de las distintas bombas centrífugas con respecto a su velocidad específica y la influencia que tiene cada uno de los álabes que tiene cada impulsor sobre la eficiencia de las mismas.

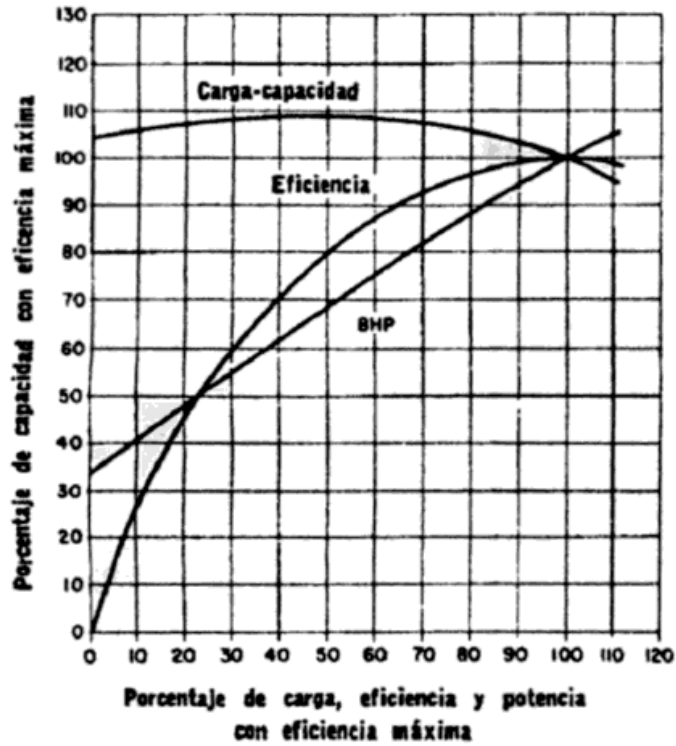
Funcionamiento de las bombas centrífugas

La capacidad de una bomba, se expresa generalmente por la cantidad de líquido descargado por ella, en lts/min. En las bombas centrífugas, el gasto es directamente proporcional a su velocidad de rotación. Una instalación de bombeo se compone básicamente por:

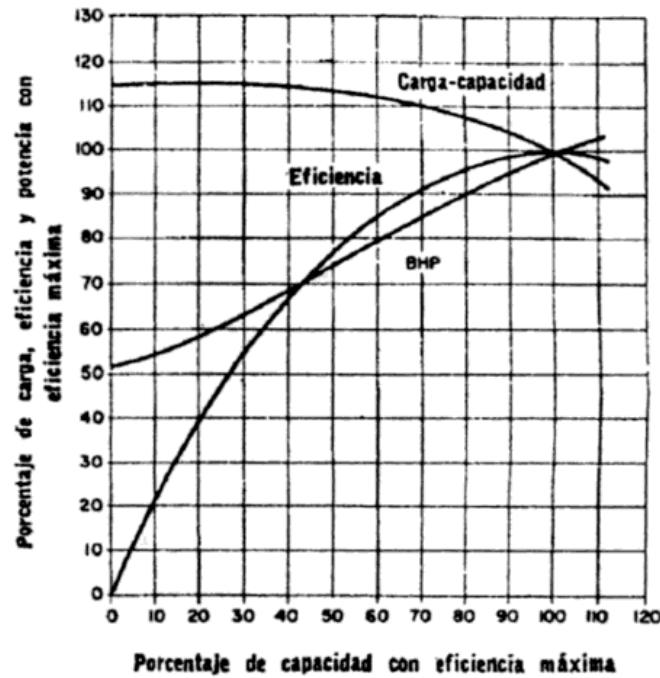
- a) La succión
- b) La bomba
- c) La descarga

Todo lo anterior con los elementos y accesorios que se determinan para cada caso. Cuando se desea diseñar y dimensionar uno de estos sistemas, se pueden presentar dos situaciones: que no se tenga ninguno de los componentes preestablecidos o que se disponga de alguna parte de la instalación. El objetivo, en cualquier caso, es conseguir que la instalación cumpla su cometido correctamente con un consumo energético óptimo, para lo cual se debe realizar un estudio detallado del conjunto succión-bomba. Para lograr lo anterior, es necesario efectuar un análisis de los parámetros que intervienen en el cálculo de una instalación de bombeo, estos son:

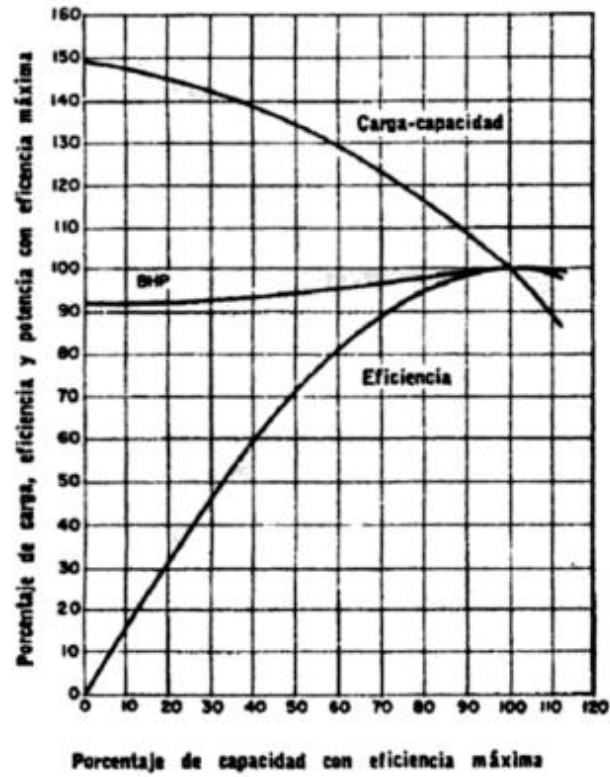
- a) Carga total
- b) Carga estática de succión
- c) Carga estática de descarga
- d) Pérdida de carga en la tubería de succión y descarga por fricción.



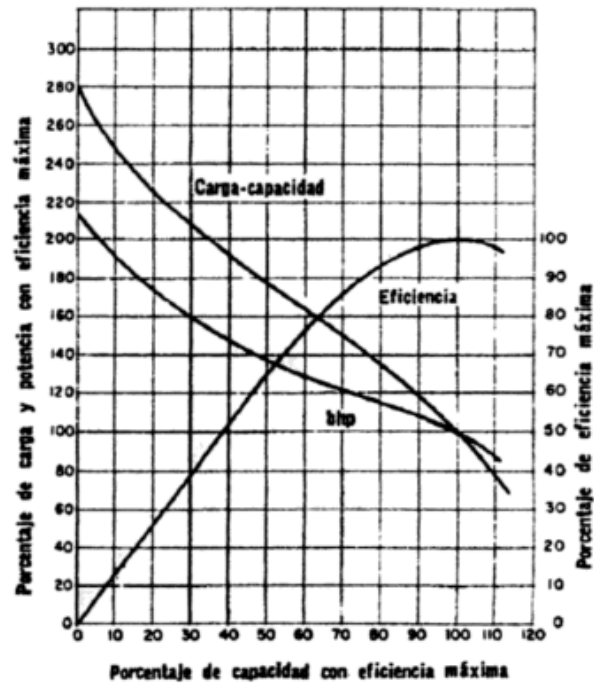
Grafica 2. Características para impulsor de admisión sencilla y $N_s = 600$. Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.



Grafica 3. Características para impulsor de admisión sencilla y $N_s = 1550$. Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.



Grafica 4. Características para impulsor de admisión sencilla y $N_s = 4000$. Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.



Grafica 5. Características para impulsor de admisión sencilla y $N_s = 10000$. Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

Carga estática de succión

La parte principal que se debe analizar con mucho cuidado en cualquier instalación de bombeo, es la succión, ya que para que una bomba centrífuga de el caudal o gasto que por diseño le corresponda, es necesario que este al impulsor con las condiciones de presión mínima que requiere la bomba.

La bomba será la encargada de incrementar la energía del fluido de acuerdo con sus características de funcionamiento. Pero para que el líquido llegue al impulsor, se requiere de una fuente externa de energía, ajena a la bomba y dependiente exclusivamente de la instalación.

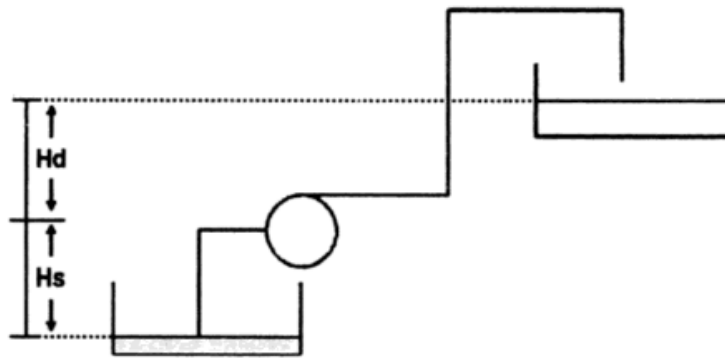


Imagen 45. Diagrama indicativo de la instalación típica.

Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

La altura o carga estática de succión, es la distancia vertical entre el nivel del agua que se ha de bombear y el nivel medio de la bomba. Cuando la bomba aspira desde un nivel inferior al del nivel medio de la bomba, la presión en la tubería de succión es menor que la atmosférica, por lo que resulta negativa. Si el nivel del agua está por encima del nivel medio de la bomba, entonces esta recibe el agua con una presión estática por encima de la atmosférica y H_s se considera positiva.

En los casos en que el fluido se tome de un depósito sometido a presión diferente de la atmosférica, esta se suma a la diferencia de niveles.

Carga estática de descarga

Es la distancia vertical entre el nivel medio de la bomba y el nivel al cual se eleva el agua.

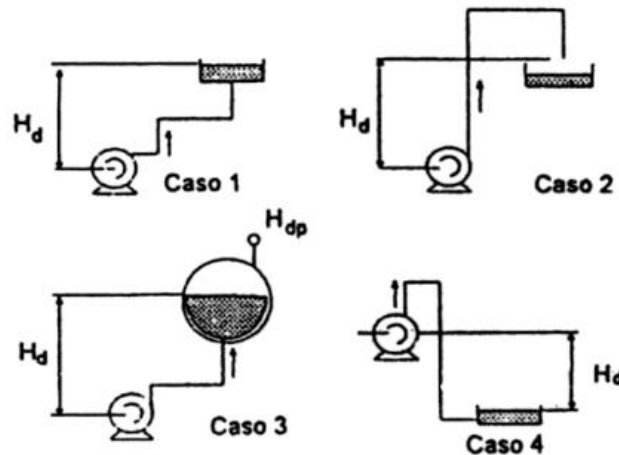


Imagen 46. Carga estática de descarga.

Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

Perdidas de carga por fricción

La carga estática de succión y descarga se verán afectadas por las pérdidas por fricción que se presentan cuando se establece el flujo en el sistema, dichas pérdidas se pueden determinar mediante manuales o textos de hidráulica en los cuales se indican las pérdidas por fricción correspondientes a tuberías, accesorios y válvulas. Estas pérdidas son forzosamente aproximadas y dependen del estado de la tubería (rugosidad), fluido manipulado, duración del periodo de servicio, tipo de válvulas y radio de las curvas.

Cabe notar que, como parte de las pérdidas por fricción se debe incluir la pérdida por entrada a la tubería de succión y la de la salida de la tubería de descarga al final de la trayectoria.

Para simplificar el cálculo de las pérdidas de carga por fricción, se puede utilizar para agua o similares, en las cuales se han tabulado aproximadamente los metros de tubería recta a que equivalen las pérdidas de carga en distintos accesorios.

Una vez determinada la longitud equivalente de los accesorios por medio del cuadro, teniendo en cuenta la longitud de la tubería recta, se obtienen la pérdida de

carga total en forma aproximada. Se dan los valores exactos para tubería de fierro ced. 40.

Carga total

La carga total, en tubería de fierro ced.40 y tubería de cobre, es la que debe vencer la bomba, es la diferencia entre el estado final e inicial del liquido, y se le suele denominar también “altura diferencial”. De esta manera, considerando H_t como la altura diferencial, se tiene que:

$$H_t = H_d - H_s$$

Imagen 47. *Carga total.*

Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

Diámetro del tubo	Conos difusores	Codo de 45°	Codo de 90°	Curva de 90°	Válvula de pie	Válvula de retención	Válvula de compuerta			
							abierta	cerrada 1/4	cerrada 1/2	cerrada 3/4
25	5 m	0.5	1.0	0.1	5	4		1	5	20
32	A	0.5	1.0	1.0	6	5		1.5	6	25
40	p	1.0	1.5	1.0	8	7		1.5	8	30
50	r	1.0	1.5	1.0	9	8	0.5	2.0	10	40
60	o	1.0	2.0	1.5	12	10	0.5	2.5	12	50
80	x	1.5	2.5	1.5	15	13	0.5	3.0	16	60
100	i	1.5	3.0	2.0	18	16	1.0	4.0	20	80
125	m	2.0	4.0	2.5	23	20	1.0	5.0	25	100
150	a	2.5	5.0	3.0	28	25	1.0	6.0	30	120
200	d	3.0	6.5	4.0	35	30	1.5	8.0	40	160
250	a	3.5	8.0	5.0	45	40	2.0	10.0	50	200
300	m	4.5	9.5	6.0	55	50	2.0	12.0	60	240
350	e	5.5	11.0	7.0	70	60	2.5	14.5	70	280
400	n	6.0	13.0	8.0	80	70	3.0	16.0	80	325
500	te	7.0	16.0	10.0	90	80	3.5	20.0	100	400

Tabla 12. *Perdida de carga en accesorios en metros de tubería recta equivalente.* Fuente: Palencia, O. G. (21

de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

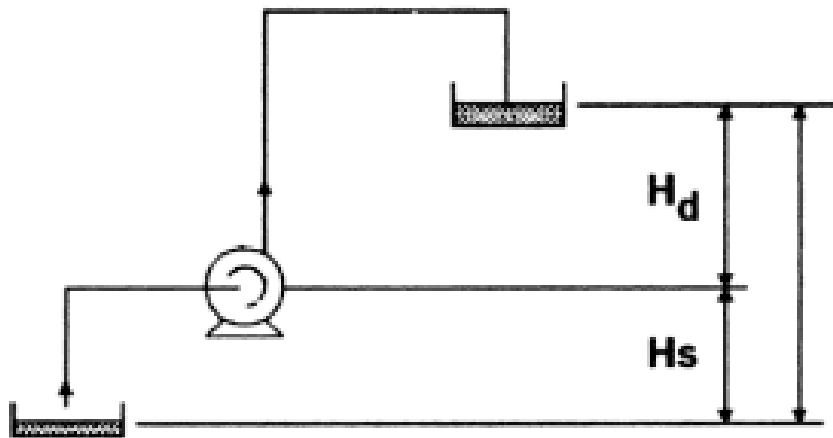


Imagen 48. Diagrama de *carga estática total*.

Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

Si considermos lo anterior:

$$H_{ft} = H_{fd} - H_{fs}$$

$$H_t = H_d - H_s$$

Imagen 49. *Carga estática total*.

Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

Tendremos :

$$H_t = H_d - H_s + (H_{fd} + H_{fs})$$

$$H_t = H_d - H_s + H_{fs}$$

Imagen 50. *Carga estática total 2.*

Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

Donde:

H_t = Carga total (m)

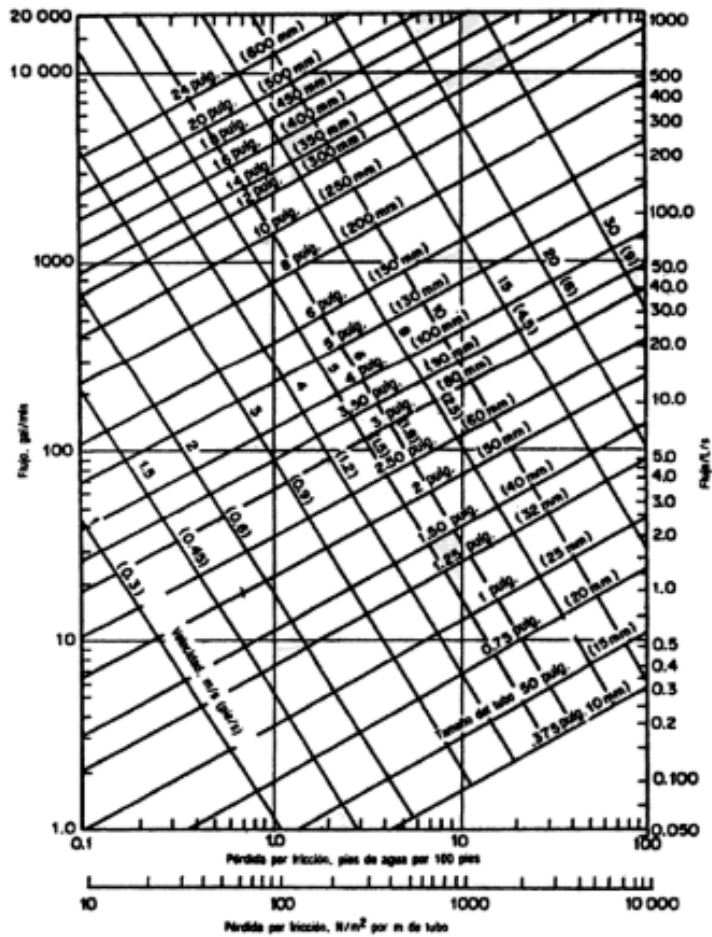
H_s = Carga estatica de succion (m)

H_d = Carga estatica de descarga (m)

H_{fd} = Perdidas de carga por friccion en la descarga (m)

H_{fs} = Perdidas de carga por friccion en la succion (m)

H_{ft} = Perdidas de carga por fricción en toda la tubería (m($H_{fd} + H_{fs} + (H_{fd} + H_{fs})$)



Grafica 6. *Perdida de carga por fricción en tubería recta nueva.* Fuente: Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL. Santiago de Chile, Colombia.

En la mayoría de las bombas utilizadas en la empresa es aplicable la norma oficial mexicana;

NOM-001-ENER-2014:

Esta norma oficial mexicana fija los valores mínimos de eficiencia energética que deben cumplir las bombas verticales tipo turbina con motor externo vertical y

establece el método de prueba para verificar en laboratorio dicha eficiencia. Esta norma aplica únicamente a bombas, distribuidas y vendidas en los Estados Unidos Mexicanos, para el manejo de agua limpia con las propiedades que se especifican.

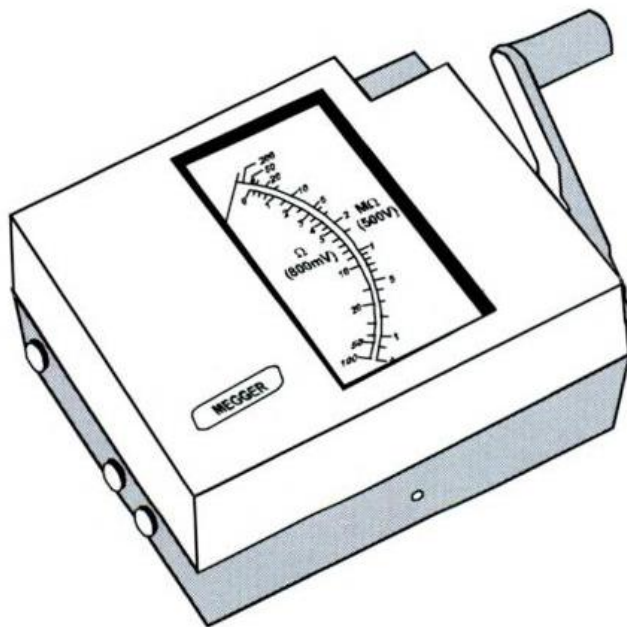
Prueba MEGGER

La prueba de resistencia de aislamiento es una prueba no destructiva que se aplica entre el conductor y la carcasa de una maquina o aparato, el valor de resistencia se puede medir directamente del Megohmetro conocido también como Megger, o bien usando el método del voltmetro y el ampermetro. La resistencia de aislamiento indicada por el megger en cualquier instante de tiempo, es la relación del voltaje del megger a la corriente de prueba de megger. (Ley de ohm).

$$R_{indicada} = \frac{V_{Megger}}{i_{megger}}$$

Imagen 51. Formula de *ley de Ohm*. Fuente: Gonzalez, I. (2011). *PREDICTIVA21*. Obtenido de PREDICTIVA21: <https://predictiva21.com/el-mantenimiento-y-su-evolucion/#:~:text=1950.,tiempo%20de%20cuidar%20las%20m%C3%A1quinas>.

Antes de efectuar una prueba de resistencia de aislamiento, el aparato o cable a probar se debe desconectar de la línea de alimentación y de otros equipos, tales como: switches, interruptores, capacitores, cables (cuando se prueba equipos o maquinas) y apartarrayos, se debe conectar a tierra para asegurar que se descargue cualquier carga electrostática acumulada que pudieran introducir algún error en la lectura.



evolucion/#:~:text=1950.,tiempo%20de%20cuidar%20las%20m%C3%A1quinas.

Los megóhmetros tienen rangos de 1000 MΩ o mayores, están equipados con una terminal de guarda para prevenir corriente de fuga, causadas por suciedad o humedad. El megger tiene una terminal de guarda, y la diferencia en la conexión, con o sin terminal de guarda.

VOLTAJE NOMINAL DEL EQUIPO O APARATO (DE LÍNEA A LÍNEA) (VOLTS)	VOLTAJE DE PRUEBA EN C.D. (VOLTS)
Arriba de 100	100-250
240 a <1000	500
1000 a 2500	500-1000
2501 a 5000	1000-2500
5001 a 12,000	2500-5000
>12,000	5000-10,000

Tabla 12. *Voltaje de referencia para las pruebas de resistencia de aislamiento.* Fuente: Gonzalez, I. (2011). *PREDICTIVA21*. Obtenido de PREDICTIVA21: <https://predictiva21.com/el-mantenimiento-y-su-evolucion/#:~:text=1950.,tiempo%20de%20cuidar%20las%20m%C3%A1quinas>.



Imagen 53. Ejemplo de prueba megger. Fuente: Gonzalez, I. (2011). *PREDICTIVA21*. Obtenido de PREDICTIVA21: <https://predictiva21.com/el-mantenimiento-y-su-evolucion/#:~:text=1950.,tiempo%20de%20cuidar%20las%20m%C3%A1quinas>.

¿Qué es el analizador de vibraciones?

Es un aparato capaz de utilizar una técnica para identificar y predecir anomalías mecánicas en maquinaria industrial, midiendo la vibración e identificando las frecuencias involucradas. Estas vibraciones son registradas por uno o varios sensores y los datos son procesados por un analizador de espectro.

Analizador de vibraciones FLUKE 810

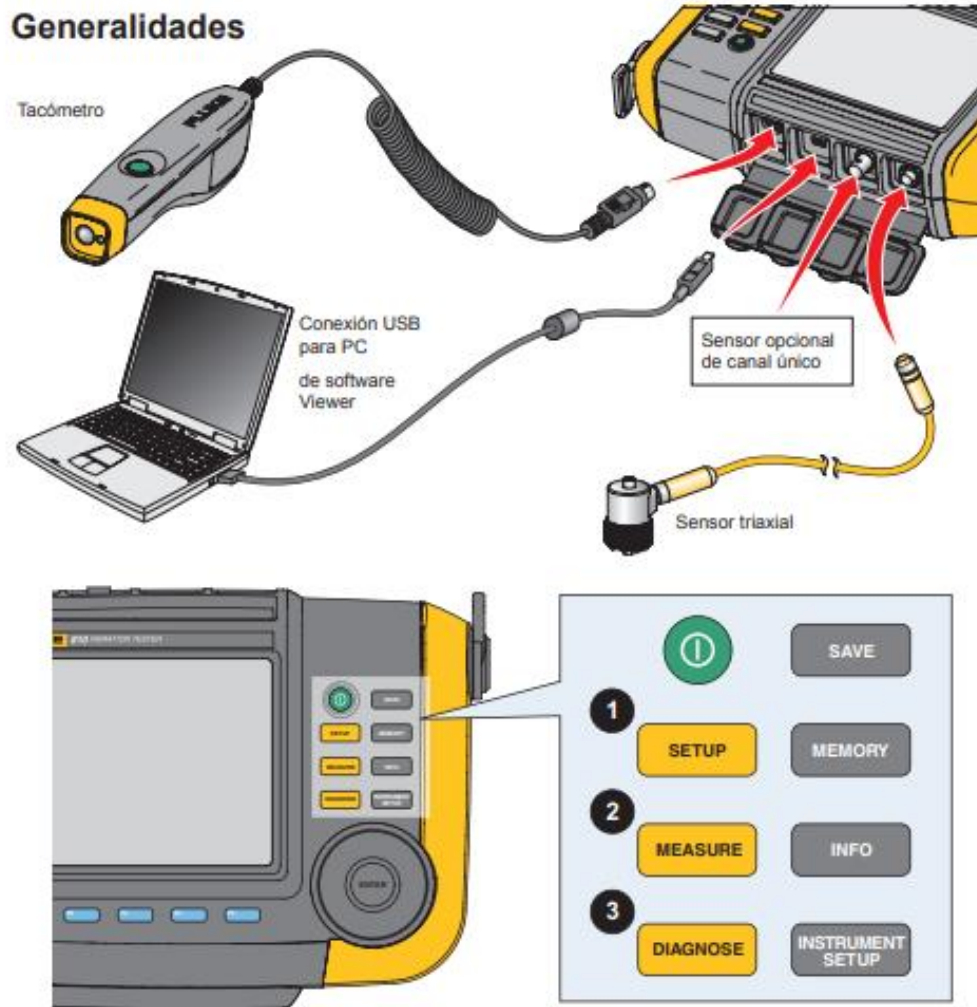


Imagen 54. Generalidades de FLUKE 810. Fuente: FLUKE. (10 de Junio de 2010-2015). 810 VIBRATION TESTER. Spain, Spain.

1

SETUP

Responda a las preguntas para describir la máquina

Crear una nueva configuración de máquina	Explicaciones y diagramas
1. Presione SETUP o bien, en la pantalla de inicio seleccione Nueva máquina. 2. Introduzca un nombre de máquina. Introduzca un nombre descriptivo para la máquina.	Utilice el dial para seleccionar e introducir los caracteres. Máximo de 15 caracteres. Por ejemplo: Vent 3 fuent B5
Preguntas de configuración de la máquina	
1. Seleccionar tipo de motor: AC DC 2. Motor CA con VFD: Sí - con variador de régimen No - régimen constante 3. Introducir régimen en RPM: Introduzca el régimen de la placa de características del motor o el tacómetro. 4. Introduzca la potencia nominal (kW): Introduzca los caballos o kilovatios que figuran en la placa de características del motor. Pulse Página siguiente. 5. Instalación del motor: Horiz - eje del motor en horizontal Vert - eje del motor en posición vertical. 6. Tipo de rodamientos: Rodillos - Los cojinetes de rodillos distribuyen la carga entre elementos de rodillo. Lisos - Los cojinetes lisos distribuyen la carga sin elementos circulares. En caso de duda, seleccione Cojinetes de rodillos.	Cojinetes lisos o de rodillos:  Rodamiento de rodillos  Rodamiento liso
7. ¿Está el motor separado de la transmisión? Sí - Se compruebe un motor independiente. Asegúrese de que no hay componente en el eje del motor. No - Se comprueba el motor y los componentes En la mayoría de los casos, seleccione No y vaya al paso 8. Si selecciona Sí no se eliminará la vibración de los componentes en el eje del motor.	Motor desmontado:  

Imagen 55. Generalidades de FLUKE 810 (2). Fuente: FLUKE. (10 de Junio de 2010-2015). 810 VIBRATION TESTER. Spain, Spain.

8. ¿Acoplamiento directo del motor?

(También llamado *de transmisión directa* o *de salida directa*.)

Sí - Si ambas opciones son verdaderas:

- El eje del motor acciona los componentes de transmisión directamente.
- Los únicos cojinetes están en el eje del motor. (Por ejemplo, cuando el motor está atornillado directamente a un ventilador, una bomba o un compresor).

No - Todos los demás casos.

Si duda, seleccione **No** y vaya al paso 9.

Un motor es "de transmisión directa" si:

- No hay rodamientos en la unidad que recibe la transmisión
- Hay un único eje que gire a una velocidad



9. ¿Hay acoplamiento entre el motor y el siguiente componente?

Sí - Hay material flexible entre las bridas del acoplamiento. Si el siguiente componente es una multiplicadora, vaya al paso 11. De lo contrario, vaya al paso 12.

En caso de duda, seleccione **Acoplamiento flexible**.



Acoplamiento flexible

Acoplamiento rígido o flexible

Independiente del tipo de acoplamiento:

- Hay rodamientos tanto en el eje del motor como en el de transmisión, y los dos giran a la misma velocidad



No - El acoplamiento es rígido y las bridas están atornilladas entre sí, sin ningún material flexible o sin acoplamiento. Si el siguiente componente es una correa de transmisión, vaya al paso 10. Si el siguiente componente es una multiplicadora, vaya al paso 11. De lo contrario, vaya al paso 12.



Acoplamiento rígido

Imagen 56. Generalidades de FLUKE 810 (3). Fuente: FLUKE. (10 de Junio de 2010-2015). 810 VIBRATION TESTER. Spain, Spain.

10. **Siguiente componente:**

Pulse **Intro** en el centro del dial, gire la rueda y, a continuación, seleccione **Correa de transmisión**. Realice estas selecciones:

a. **Velocidad del eje de entrada:**

Introduzca el régimen del eje del motor.
(Normalmente será el mismo que en el paso 3.)

b. **Régimen de salida del eje:**

Introduzca el régimen del eje de la unidad de transmisión.

c. **Régimen de rotación (opcional):**

Utilice una luz estroboscópica o póngase en contacto con un tacómetro para medir el régimen de giro de la correa.

d. **Siguiente componente al que está unida la multiplicadora:**

Si el siguiente componente es una multiplicadora, vaya al paso 11. De lo contrario, vaya al paso 12.

Máquina accionada por correa

- Rodamientos en el eje del motor y de la transmisión
- Dos ejes con distintos regímenes



11. **Siguiente componente:**

Pulse **Intro** en el centro del dial, gire la rueda y, a continuación, seleccione **Multiplicadora**. Realice estas selecciones:

a. **Tipo de rodamientos: Rodillos / lisos**

Seleccione rodamientos de rodillo o lisos.

En caso de duda, seleccione Rodillos.

b. **Número de marchas: 1 / 2 / 3**

Desplácese y seleccione el número de marchas.

En caso de duda, seleccione 1.

c. **Elementos conocidos: Velocidades del eje / Relaciones de cambio / Numero de dientes del engranaje**

Realice una selección e introduzca los datos correspondientes.

En caso de duda, seleccione Relaciones de cambio y utilice los regímenes de entrada y salida para calcular la relación.

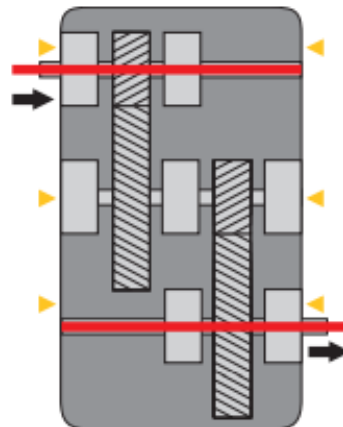
d. **¿Hay un acoplamiento flexible entre la multiplicadora y el siguiente componente? Sí / No**

e. **El siguiente componente al que está unida la multiplicadora:**

Si el siguiente componente es una correa de transmisión (sólo disponible si d. es **No**), vaya al paso 10. De lo contrario, vaya al paso 12.

Máquina accionada por correa

- Rodamientos del motor, la multiplicadora y ejes de transmisión
- El eje del motor, el de los engranajes y el de transmisión giran a diferentes regímenes



Utilice siempre el número uno en la relación: 4,25:1 (reducción) o 1:4,25 (aumento).

Imagen 57. Generalidades de FLUKE 810 (4). Fuente: FLUKE. (10 de Junio de 2010-2015). 810 VIBRATION TESTER. Spain, Spain.

12. Siguiente componente:

Pulse **Intro** en el centro de la rueda, gírela y seleccione **Unidad con transmisión: bomba, ventilador, compresor, soplador o husillo**.

- a. **Tipo de rodamiento (bomba) del componente de transmisión: Rodillos / lisos**

Seleccione rodamientos de rodillo o lisos.

- b. **La unidad de transmisión (bomba) está sujeta por:**

Dos rodamientos - La bomba tiene apoyo en en ambos lados (consulte el diagrama, en la parte superior derecha).

Voladizo - La bomba está montada en el extremo de este eje y no tiene apoyo en un lateral (consulte el diagrama, en la parte inferior derecha).

- c. **No. Bomba de paletas [opcional]:**

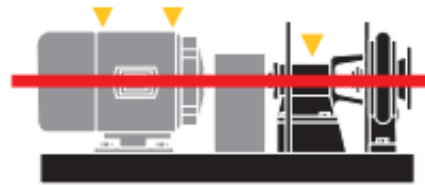
Si conoce el número de paletas, introdúzcalo.

Si no, déjelo en blanco.

- d. Cuando haya terminado, seleccione **Página siguiente** y, a continuación, seleccione **Listo**.

En caso de duda, seleccione Husillo en todas las transmisiones que no sean una bomba, un ventilador, un compresor o un soplador.

Componente con soporte o en voladizo



Ventilador - Tipo Hoffman (ruedas centrífugas multietapa) o tipo Roots (lóbulos). Para un soplador que sea un ventilador con palas, seleccione **Ventilador**.

Compresores de tornillo - Seleccione rodamientos de rodillos incluso si tiene rodamientos lisos.

Imagen 58. Generalidades de FLUKE 810 (5). Fuente: FLUKE. (10 de Junio de 2010-2015). 810 VIBRATION TESTER. Spain, Spain.

2

MEASURE

Medición: Colocación y orientación del sensor

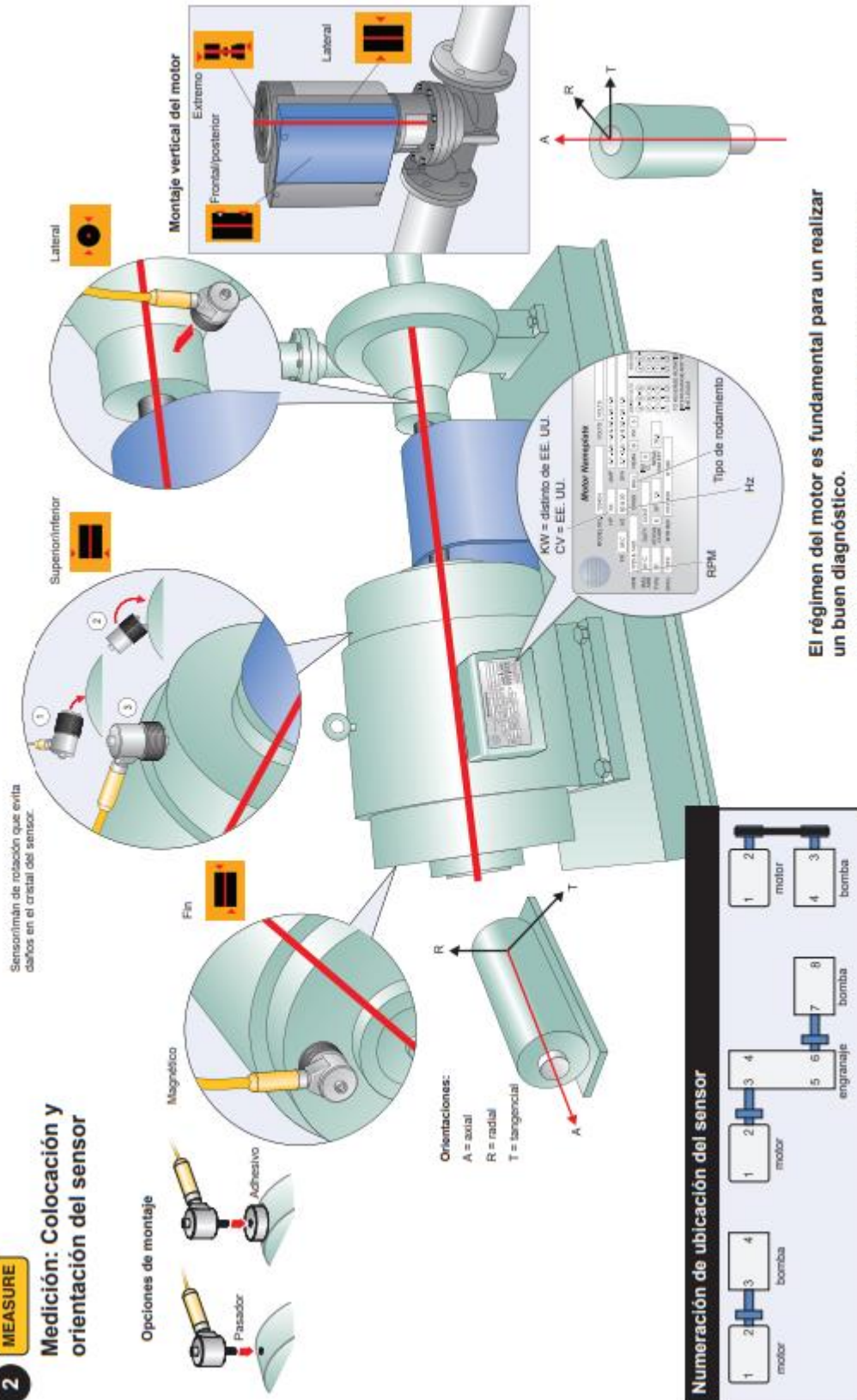


Imagen 59. Generalidades de FLUKE 810 (6). Fuente: FLUKE. (10 de Junio de 2010-2015). 810 VIBRATION TESTER. Spain, Spain.

3

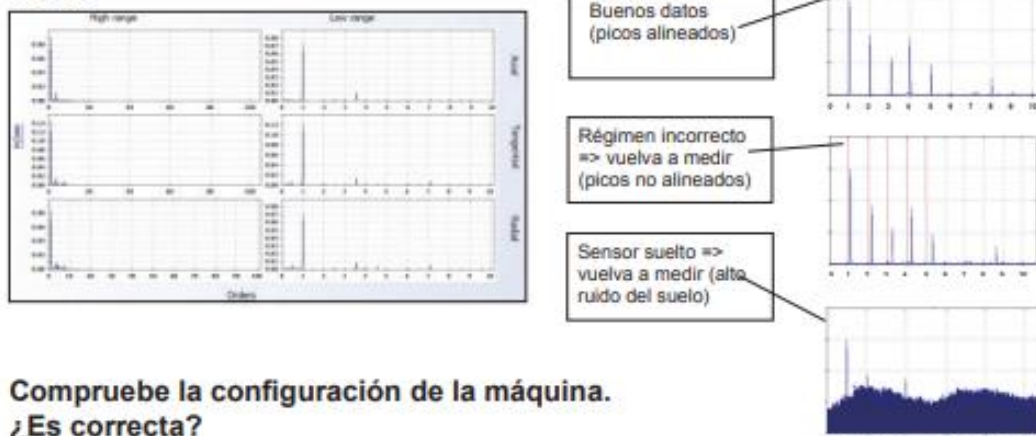
DIAGNOSE

Diagnóstico: Revise los elementos, realice un informe y haga recomendaciones

Transfiera los datos y los resultados al software Viewer del PC para su análisis



Compruebe la validez de los datos mediante el software Viewer



**Compruebe la configuración de la máquina.
¿Es correcta?**

Imagen 60. Generalidades de FLUKE 810 (7). Fuente: FLUKE. (10 de Junio de 2010-2015). 810 VIBRATION TESTER. Spain, Spain.

Machine Setup Name : K196

Setup Field	Input
Motor type	AC
AC motor with VFD	No
Speed in RPM	3570
Normal hp	250
Motor mounted	Horizontal
Motor has	Roller Bearing
Motor detached from drive train	No
Motor close-coupled	No
Setup Field	Yes
Coupling between motor and next component	Compressor
Driven component bearing type	Roller bearing
Compressor type	Screw compressor

Buena configuración = buenos resultados

Mala configuración = malos resultados

- Régimen incorrecto
- Tipo de máquina incorrecto
- Falta información
- Número de paletas, palas, etc.

Informe de diagnóstico - Cómo leer el informe de estado de la máquina y cuándo se requiere realizar acciones.

A ¿Cómo de grave es el problema?		Escala de gravedad	Recomendación	Prioridad	Descripción de prioridad
Baja	No se recomienda ninguna acción de reparación. Vuelva a comprobar el equipo y supervise la situación después del mantenimiento.	0-25	No hay ninguna acción	1	Ninguna recomendación
Moderada	(Meses, incluso hasta un año). No es necesaria ninguna acción de reparación inmediata. Aumente la frecuencia de las mediciones y supervise la situación de la máquina.	26-50	Controle la vibración No repare todavía	2	Sería deseable
Seria	(Semanas): realice una acción de mantenimiento durante el siguiente tiempo de inactividad o período de mantenimiento planificado.	51-75	Programe la reparación	3	Importante
Extrema	(Días): es necesaria una acción inmediata. Puede apagar el equipo y repararlo ahora para evitar un fallo.	76-100	Repare de forma inmediata Evite averías catastróficas y paradas de la producción	4	Obligatoria

B ¿Dónde está el problema?

Motores (CA/CC)

Ventiladores y sopladores

Transmisiones de correa y cadena

Multiplicadoras y acoplamientos

Bombas (centrífugas, de pistones, de paletas deslizantes, de hélice, de tornillo, rosca/engranaje/lóbulo en rotación)

Compresores (de pistón, centrífugos, de tornillo)

Máquinas con transmisión directa

Husillos

Imagen 61. Generalidades de FLUKE 810 (8). Fuente: FLUKE. (10 de Junio de 2010-2015). 810 VIBRATION TESTER. Spain, Spain.

C ¿Dónde está el problema?

Desgaste de los rodamientos	Desequilibrio
Alineación incorrecta	Holgura

D Seleccione los detalles de la reparación para las recomendaciones

DIAGNOSIS: Recommendations

Monitor Pump Drive End Bearing For Increased Vibration

810 Vibration Tester Diagnostic Report Date: 10/26/2016 7:50 PM

Device: Serial Number: 10110020
 Machine: Status Name: A001-0 P-12016
 Measurement Date/Time: 10/26/2016 11:20:20

Drive Train

Maximum Peak: 4.0842 mm/sec at 10.000 Hz 3T in High Range
 10.000 Hz
 Overall Vibration: 0.52 g (RMS)

Diagnosis

Test Name	Test Result	Priority	Severity
Location Input Shaft Loose/On P-12016	Pass	1	100/100
Location Ball Bearing Wear	Serious	2	100/100
Location Oil Possible Coupling Wear On	Serious	3	100/100
Motor Drive End Bearing Wear	Moderate	4	100/100
Motor Free End Bearing Wear	Slight	5	100/100
Motor Free End Bearing Loose/On	Slight	6	100/100

Recommendations

Recommendation	Priority	Severity
Inspect Location Input Shaft Bearings And	4	Mandatory
Substitute Maintenance/Replace Location	3	Important
Ball Bearings	2	Critical

- Nombre de la máquina probada
- Ubicaciones de rodamientos medidas
- Confirme que 1X, pico máximo y el nivel general están OK.
- Fallos, gravedad, puntuación de gravedad y escala de gravedad
- Recomendaciones, prioridad y descripción de la prioridad

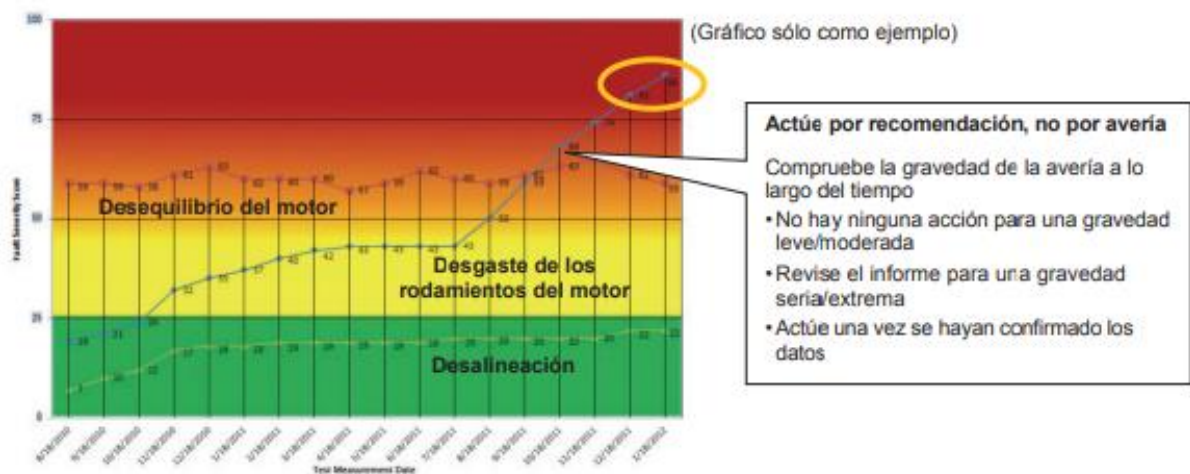


Imagen 62. Generalidades de FLUKE 810 (9). Fuente: FLUKE. (10 de Junio de 2010-2015). 810 VIBRATION TESTER. Spain, Spain.

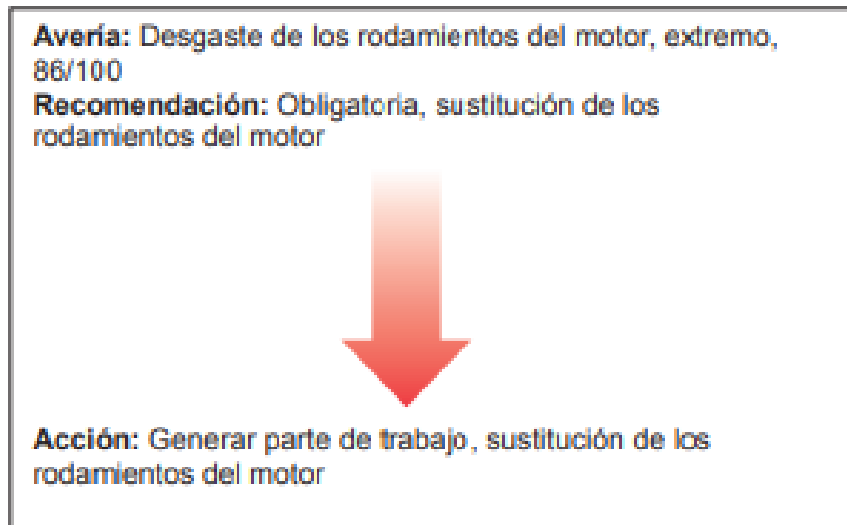


Imagen 63. Generalidades de FLUKE 810 (10). Fuente: FLUKE. (10 de Junio de 2010-2015). 810 VIBRATION TESTER. Spain, Spain.

CAPÍTULO III

DESARROLLO

Trabajo #1

En el 21 de Septiembre del 2022 el grupo al cual pertenecía el “estudiante” se encontraba en el segundo turno cuando el departamento de fundición reporto una falla en el riego de los moldes de nave #2 de los lingotes de aluminio que se producen.

De un inicio se creía que la falla era eléctrica ya que el primer indicio del problema era el indicador de flujo de agua del proceso en el tablero de control.



Imagen 64. Pantalla de indicador digital Rockwell. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 65. Pantalla de indicador digital Rockwell 2. Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Cuando el operador mueve el potenciómetro de velocidad de flujo de caudal el indicador incrementa o decrementa su valor o según se mueva dicho potenciómetro



Imagen 66. Potenciómetro de indicador digital Rockwell. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 67. Potenciómetro de indicador digital Rockwell 2. Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Al observar que el valor del indicador no se modificaba el segundo paso a seguir fue verificar el valor del variador de frecuencia en el tablero de control de las bombas en la torre de enfriamiento #1.

El proceso del vaciado de aluminio lleva agua a temperatura baja para enfriar el mismo. Como el agua ocupada en cada proceso es demasiada, la misma agua es reutilizada solo es enviada a la torre de enfriamiento donde hay dos fosas. Una fosa es para el agua después del proceso “agua caliente” y la otra fosa es para el agua antes del proceso “agua fría”, así que el “agua caliente” es succionada y llevada por 5 bombas centrifugas de succión negativa.



Imagen 68. Bombas de torre de enfriamiento nave #1. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 69. Bombas de torre de enfriamiento nave #1. Fuente: fotografía tomada y editada por estudiante.



Imagen 70. Torre de enfriamiento nave #1. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 71. Torre de enfriamiento nave #1. Fuente: fotografía 2 tomada por estudiante.

Dicha agua caliente es elevada a subtorres de enfriamiento compuestas por filtros y ventiladores que extraen el vapor para así bajar la temperatura, también en dichas subtorres al agua se le agrega un agente químico (pastillas de cloro de 3 pulgadas) que evita la aparición de alga, bacterias, hongos y materia orgánica. Luego de que el agua es succionada y elevada a las subtorres de enfriamiento el agua cae por gravedad a la segunda fosa una vez bajada su temperatura, es ahí donde se considera que ya es “agua fría” la cual es succionada y llevada a los moldes de los lingotes de aluminio y se realiza el subproceso de riego en el proceso de vaciado de aluminio. El flujo de riego es controlado por el operador.

Ya una vez ubicados en el panel de control de la torre de enfriamiento #1 donde se encuentra el variador de frecuencia que controla el motor de la bomba se verificó que aumentara y disminuyera el valor del flujo del agua al mismo tiempo que se mueve la perilla del potenciómetro y se observó que si cambia su valor de acuerdo a como se moviera el potenciómetro entonces ahí fue donde la falla cambio de origen eléctrico a mecánico. Ya que se verificó el buen funcionamiento del variador de frecuencia, del indicador digital y del potenciómetro. Todo el control y lo eléctrico estaba trabajando bien.



Imagen 72. *Gabinete de control de torre de enfriamiento nave #1. Fuente: fotografía tomada por estudiante.*



Imagen 73. Variador de riego de mesa de vaciado DC-16. Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se revisaron físicamente las dos bombas y se observó que uno de los dos manómetros de cada bomba no estaba trabajando así que se abrió la válvula de alivio de la bomba que no le funcionaba el manómetro y no tenía nada de salida de agua, se iba a proceder a purgar el tubo de la bomba pensando que la pichancha estaba obstruida o bloqueada pero se observó que el motor de la bomba estaba siendo alimentado con 440 volts de corriente alterna pero el ventilador de dicho motor no giraba por lo que se procedió a desmontar el motor de la bomba. Primero se desconectan los cables de alimentación del variador de frecuencia por seguridad. Para poder ver el estado de la flecha del motor, se encontró rota antes del rotor por ende en motor se tuvo que mandar a reparación, pero mientras tanto se tenía que actuar de manera rápida para encontrar la solución al problema ya que si no se solucionaba el proceso no iba a ser eficaz y solo iba a causar scrap o chatarra.



Imagen 74. *Desmontaje de bomba de riego DC-16.* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 75. *Voluta de bomba de riego DC-16.* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 76. *bomba de riego DC-16 dañada.* Fuente: fotografía tomada por estudiante

La única solución que se encontró al momento más eficaz fue buscar y encontrar un motor con las mismas características para montarlo en la bomba.



Imagen 77. Placa de datos de bomba de riego DC-16. Fuente: fotografía tomada por estudiante

El motor que encontró el equipo también contaba con su bomba respectiva ya montada. Así que se procedió a llevar la bomba nueva desde nave #5 a la torre de enfriamiento #1 con eslingas y el montacargas con su extensión.

Primeramente, se pusieron sus cuatro puntos de sujeción a la base de la bomba, que constan de 4 tornillos de 5/8" x 3" de cabeza hexagonal con su tuerca y sus respectivas rondanas planas y rondanas de presión. Luego se procedió a conectar la brida que conectara la bomba con la válvula check, para empalmar las bridas ya mencionadas se tenían que colocar 8 tornillos de 5/8" x 3" de cabeza hexagonal con sus respectivas rondanas plana y sus tuercas. Seguido de empalmar las bridas de la bomba con el tubo de la pichanca que de igual manera lleva 8 tornillos 5/8" x 3" de cabeza hexagonal con sus respectivas rondanas y tuercas, dicho tubo lo dejamos cargando por una garrucha o polipasto



Imagen 78. Bomba nueva de riego DC-16, puntos de sujeción. Fuente: fotografía tomada por estudiante



Imagen 79. Bomba nueva de riego DC-16, tornillos sujetadores de bridas bomba- válvula check. Fuente: fotografía tomada por estudiante



Imagen 80. Bomba nueva de riego DC-16, tornillos sujetadores de bridas bomba- tubo de pichancha. Fuente: fotografía tomada por estudiante



Imagen 81. Montaje de bomba nueva de riego DC-16. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 82. Montaje de *bomba nueva de riego DC-16 (2)*. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 83. Montaje de *bomba nueva de riego DC-16* (3). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 84. Montaje de *bomba nueva de riego DC-16* (4). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 85. Montaje de bomba nueva de riego DC-16 (5). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

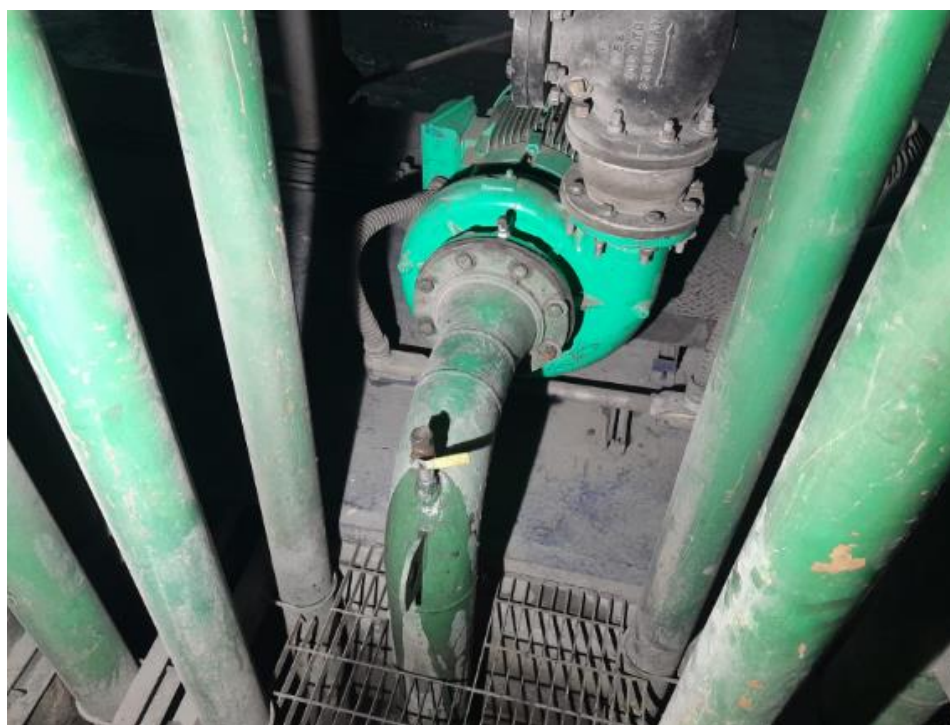


Imagen 86. Montaje de *bomba nueva de riego DC-16 (6)*. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 87. Montaje de *bomba nueva de riego DC-16 (7)*. Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Después de la instalación de las partes mecánicas de la bomba. Solo falta la conexión del motor y la alimentación de voltaje. Para saber primero el tipo de conexión del motor se debe identificar de cuantas puntas es el motor que en este caso es de 9 puntas, ¿Cómo se identificó que el motor es de ese número puntas? Solo se quitó la tapa de las puntas eléctricas y se contaron los cables que hay en existencia que son 9, estos cables son conocidos como puntas y están identificadas con números del 1 al 9. El segundo paso para realizar la conexión del motor se debe saber el voltaje de alimentación que es 440 volts en corriente alterna “AC”.

¿Cómo saber el voltaje de alimentación del motor? Se mide el voltaje en los cables de salida del variador de frecuencia. En conclusión, el motor es de 9 puntas y es alimentado por 440 volts “AC” así que el tipo de conexión es en “estrella”.



Imagen 88. *Conexiones de motor de bomba.* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 89. *Conexiones de motor de bomba (2).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 90. *Conexiones de motor de bomba (3).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 91. *Conexiones de motor de bomba (4).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

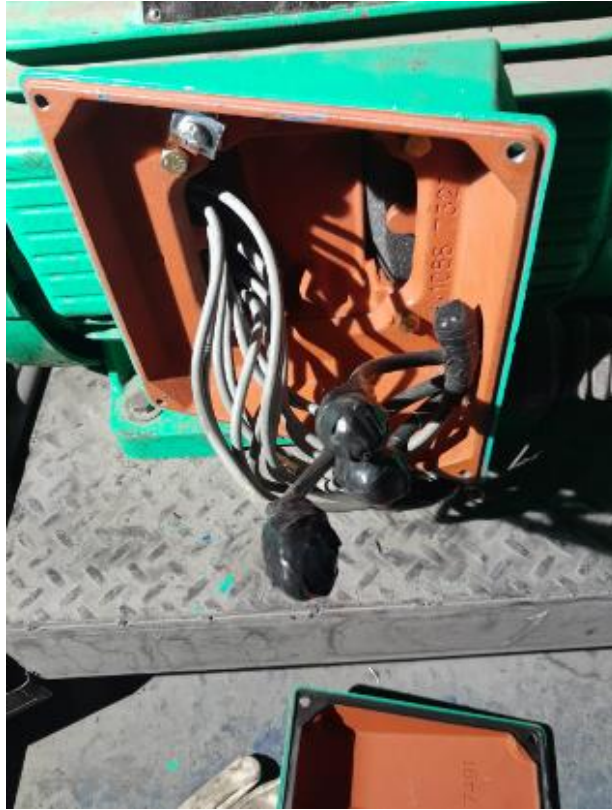


Imagen 92. Conexiones de motor de bomba (5). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 93. VDF de motor de bomba de riego. Fuente: fotografía tomada por estudiante.

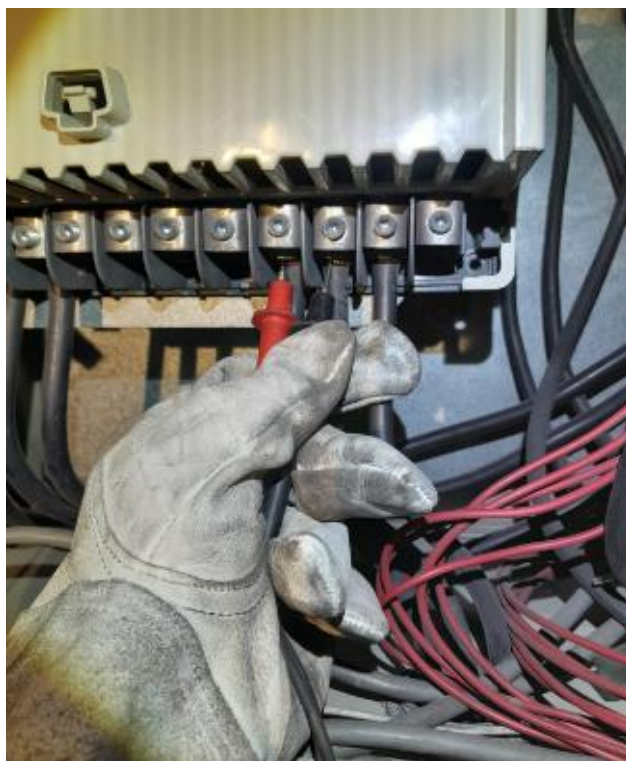


Imagen 94. *Bornera de conexiones de VDF de motor de bomba de riego.* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

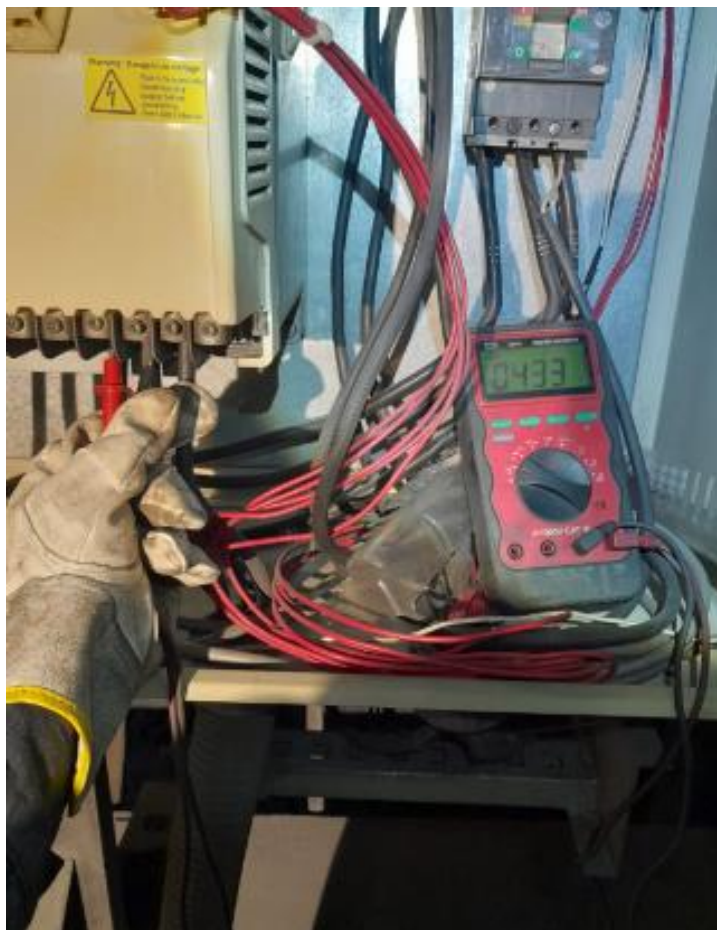


Imagen 95. Toma de lectura de voltaje de bornera de conexiones de VDF de motor de bomba de riego.
Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 96. Toma de lectura de voltaje de bornera de conexiones de VDF de motor de bomba de riego (2).
Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Recordando que la conexión estrella es a 440v CA y en un motor de 9 puntas el arreglo es de la siguiente manera:

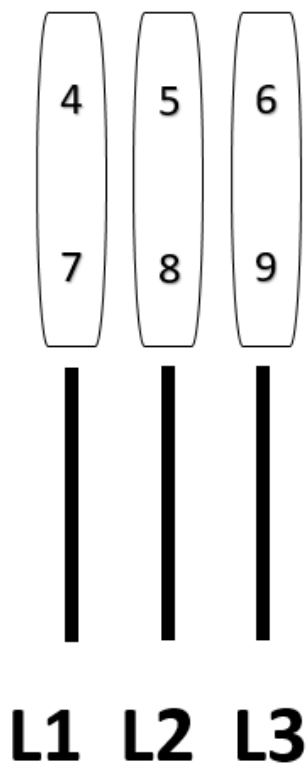


Imagen 97. Conexión de motor de 9 puntas en Y 400V. Fuente: Imagen editada por estudiante.



Imagen 98. Conexiones de motor de bomba (6). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

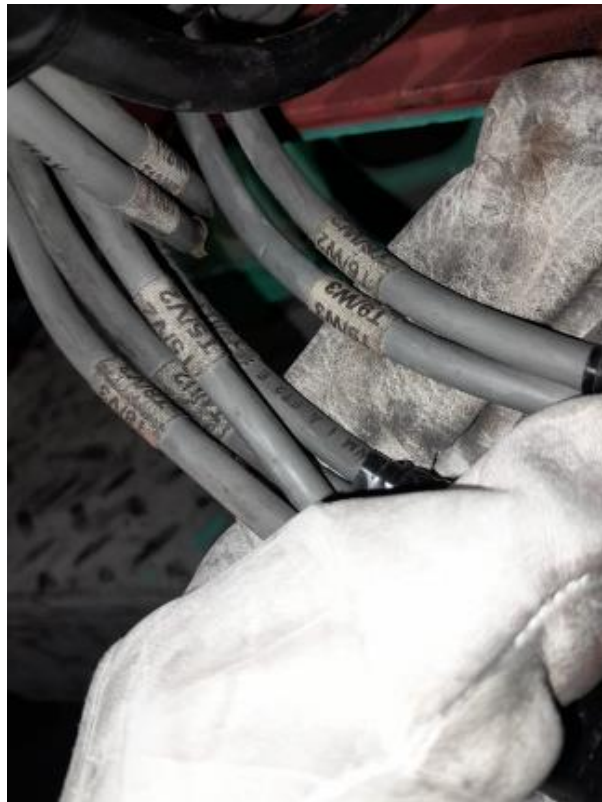


Imagen 99. Conexiones de motor de bomba (7). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 100. Conexiones de motor de bomba (8). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 101. *Conexiones de motor de bomba (9).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 102. *Conexiones de motor de bomba (10).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 103. *Conexiones de motor de bomba (11).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Una vez teniendo el arreglo y verificando que sea correcto se aíslan los empalmes de las puntas y se cierra la tapa de las puntas. Y se hecha en marcha para verificar que la rotación sea correcta.



Imagen 104. *Rotación de motor de bomba.* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

En este caso la rotación estaba en sentido anti horario así que estaba en sentido contrario. Se invirtió la rotación del motor solo cambiando de posición 2 cables de líneas de salida del variador de frecuencia.



Imagen 105. *Bornera de VDF de alimentación hacia el motor de bomba.* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 106. Cambio de rotación en bornera de VDF de alimentación hacia el motor de bomba. Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Solucionando así la falla de falta de caudal de agua fría en el proceso de riego en fundición.

Trabajo #2

El miércoles 22 de noviembre de 2022 se llevaba a cabo un mantenimiento mayor a la maquina más importante de la dependencia que es el laminador 221 “L-221” por lo cual los 4 grupos de mantenimiento correctivo y el grupo de mantenimiento preventivo se enfocaron en realizar las diferentes tareas a desarrollar.

Así que se reagrupó al personal de mantenimiento, entonces al “estudiante” se le mandó al grupo de eléctricos. Primeramente, las tareas a desarrollar fueron la revisión de motores en su mayoría de corriente alterna “AC”.

Al concluir con la revisión y reparación o en su caso sustitución de motores en el laminador 221 se continuo dando servicio preventivo a motores de combustión y

motores de cortina de aire en los hornos de homogenizado en los hornos “H-244”, “H-254”, “H-222”, “H-223”, “H-240” y “H-241”.

El motor es alimentado a 440 V de corriente alterna “AC”, así que se procedió a su desmontaje empezando por la desenergización del mismo desde su contactor (se desconectaron las 3 puntas de alimentación del contactor y se colocó una señalización con tarjeta para que no sea alimentado por alguien más). Después se desconectaron las puntas de alimentación desde la caja de puntas del motor para así tener 100% seguridad que el motor no está alimentado ni energizado por alguien del personal eléctrico de mantenimiento, para así poder ser intervenido. Seguido de destapar la parte del filtro de aire donde lleva una tuerca que sostiene la tapa sujetada por un esparrago de 3/8” x 2”. Para así continuar y poder quitar la tapa de la base del filtro, que lleva 24 tornillos de 1/4” x 2” cabeza hexagonal alrededor de la misma y poder quitar así la turbina que va sujeta a la flecha del motor con una cuña de 3/8” x 3 1/2”.



Imagen 107. Base de filtro de aire motor de combustión. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 108. Turbina de motor de combustión. Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se extrae la turbina y se le dio una limpieza profunda con desengrasante de la marca metraton seguido de retirar 4 tornillos sujetadores de 1/2" x 2 1/2" cabeza hexagonal. Una vez "suelto" el motor se retira de la base y de la voluta o "caracol".

Al motor de combustión del horno "H-240" se realizó una prueba a tierra utilizando el multímetro y revisando cada una de las puntas del motor y checar que no dé continuidad a tierra para descartar que el motor no esté a lo que se le conoce como "estar aterrizado".

El motor no dio continuidad en ninguna punta con tierra, el siguiente paso es realizar la prueba megger donde a cada una de las puntas del motor se le suministra un voltaje de 500 Voltios en corriente directa "DC" ya que el motor trabaja con una alimentación de 440 Voltios de corriente alterna "AC" así que el voltaje suministrado con el megger debe de ser lo más "parecido" aunque se esté hablando de las dos diferentes tipos de corriente. La punta del positivo de megger se conecta con cada una de las puntas del motor y la punta del negativo se conecta en cualquier punto a tierra del motor (un tornillo que esté haciendo contacto con la carcasa del motor o con la misma carcasa del motor).



Imagen 109. Megger de la empresa. Fuente: fotografía tomada por estudiante.

El valor en Ohms de la resistencia del embobinado del motor paso la prueba megger. Se considera en buenas condiciones la resistencia del embobinado cuando el valor refleja Mega Ohms, cuando dicho valor está representado en Kilo Ohms se considera en malas condiciones. Por lo cual se procede a desarmar el motor para cambio de baleros y barnizado de embobinado.



Imagen 110. *Tapa de fan de motor de combustión.* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 111. *Tapa de fan y tapa lateral de carcasa de motor de combustión.* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 112. *Servicio de mantenimiento preventivo a motor de combustión.* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

El motor se arma con sus tapas y se pinta de color azul holandés, se verifica que la flecha de motor gire libremente para proceder a montar motor, turbina y filtro de aire.



Imagen 113. *Servicio de mantenimiento preventivo a motor de combustión (2).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 114. *Servicio de mantenimiento preventivo a motor de combustión (3).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 115. Servicio de mantenimiento preventivo a motor de combustión (4). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Trabajo #3

En el mes de enero de 2023 se comenzó con el mantenimiento mayor al laminador 224 "L-224". En ese momento el estudiante fue movido al equipo de mantenimiento preventivo por lo cual se comenzó a darle mantenimiento preventivo a motores de bombas de maggiesol que se encuentran en la fosa más profunda del mismo laminador, la fosa tiene 8 metros de profundidad por lo cual el equipo de mantenimiento preventivo se tuvo que ir a tomar la presión cardiaca para ver si son aptos a trabajar en ese espacio confinado, el examen de la presión se realiza en el departamento de enfermería.

Almexa EVALUACIÓN TRABAJOS ESPECIALES
 VALORACIÓN TRABAJO EN ESPACIOS CONFINADOS
 SERVICIO MÉDICO CUAUTITLÁN
 FECHA: 23 01 2023

NOMBRE: Jesús Ernesto Mendez Pardo

EMPRESA: ☒ INTERNO: ☐ EXTERNO: ☐

PULSO 1	PRUEBA ROMBERG + PRUEBA DE ESFUERZO	PULSO 2	PRESIÓN ARTERIAL INICIAL
73	negativo	72x	118 / 66
PULSO 3	INDICE RUFFIER	PRESIÓN ARTERIAL AL TÉRMINO	APTITUD
84x	(2-9)	118 / 66	APTO

Representante de Salud: Andrés Recio

Imagen 116. Evaluación de trabajos especiales para espacios confinados. Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Una vez aprobado por servicio médico se procedió a bajar a la fosa a desmontar los motores de las bombas para brindarles el mantenimiento en una mesa de trabajo por lo cual se quitó el acople falk de diámetro interno de 2" y de diámetro externo 4".



Imagen 117. *Motores de bombas de fosa “L-224”.* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 118. Tapas de *motores de bombas de fosa "L-224"*. Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Las tapas del acople falk tiene 6 tornillos de cabeza alen 3/16 " y el tornillo es de 1/4" x 1" con tuerca de seguridad por lo cual se retiran con la llave alen de 5/16" y con la llave española 7/16" sujetando dicha tuerca de seguridad, luego se quitaron las dos rejillas de del acople y se procedió a desconectar las líneas de alimentación desde la caja de puntas de los motores.



Imagen 119. Tapa de conexión de *motores de bombas de fosa "L-224"*. Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Luego se quitaron los tornillos sujetadores del motor que son de cabeza hexagonal de 3/4" y el tornillo es de 1/2" x 3" ya que dichos motores tienen 4 placas como calzas de espesor de 1".

Para así quitar los motores de las bases y arrastrarlos con una eslinga a las escaleras de dicha fosa y empezar con la maniobra para sacarlos.



Imagen 120. Rejillas de acople falk de *motores de bombas de fosa "L-224"*. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 121. Extracción de *motores de bombas de fosa "L-224"*. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 122. Extracción de *motores de bombas de fosa “L-224”* (2). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 123. Extracción de *motores de bombas de fosa “L-224”* (2). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 124. Extracción de *motores de bombas de fosa “L-224”* (3). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 125. Extracción de *motores de bombas de fosa “L-224”* (4). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 126. *Escalera de fosa “L-224” (1).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 127. Escalera de fosa "L-224" (1). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Los motores para subirlos y bajarlos se deben parar de manera vertical de manera que la tapa del fan del motor quede abajo para así abrazar el motor con una eslinga y una cadena alrededor que sujete el motor para después colocar una eslinga de manera vertical con un grillete que se sujete desde el gancho del polipasto manual.

Se colocaron 2 polipastos de manera vertical uno colgando del otro y el polipasto de arriba sujetado a un cable tensor con unos ahorcadores de 1/2".

Se sube el motor, primero subiendo el gancho del primer polipasto ya que llega a su tope de alto se procede a subir el gancho del segundo polipasto, ya una vez que el motor este en lo mas alto del segundo polipasto se procede a colocar el tercer polipasto sujetado del mismo cable tensor de 1/2" y el gancho del mismo tercer polipasto se sujeta del grillete que esta colocado en la eslinga que abraza al motor para así terminar sacándolo sin complicaciones.

Se colocan los motores a servicio en una mesa de trabajo para empezar a desarmar los motores.



Imagen 128. Desarme de motores de fosa "L-224" (1). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se quita la tapa trasera para extraer el fan del motor, para esto se quitan 4 tornillos de 1/4" x 1" de cabeza hexagonal, así sale la tapa trasera y se procede a extraer el fan.



Imagen 129. *Desarme de motores de fosa "L-224" (2).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 130. *Desarme de motores de fosa "L-224" (3).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Luego se procede a marcar las tapas a quitar con la carcasa para no perder posición, con una punta de impacto.

Se quitan los tornillos de las tapas que son 4 de cabeza hexagonal de 3/4" con cuerpo de 1/2" x 1 1/2" para extraer las tapas laterales. Y se saca el rotor.



Imagen 131. *Desarme de motores de fosa "L-224" (4).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 132. *Desarme de motores de fosa "L-224" (5).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Como las tapas cuentan con graseras donde periódicamente se lubricaban baleros, anteriormente se lubricaron de más. Quedando la grasa de la siguiente manera en el embobinado.

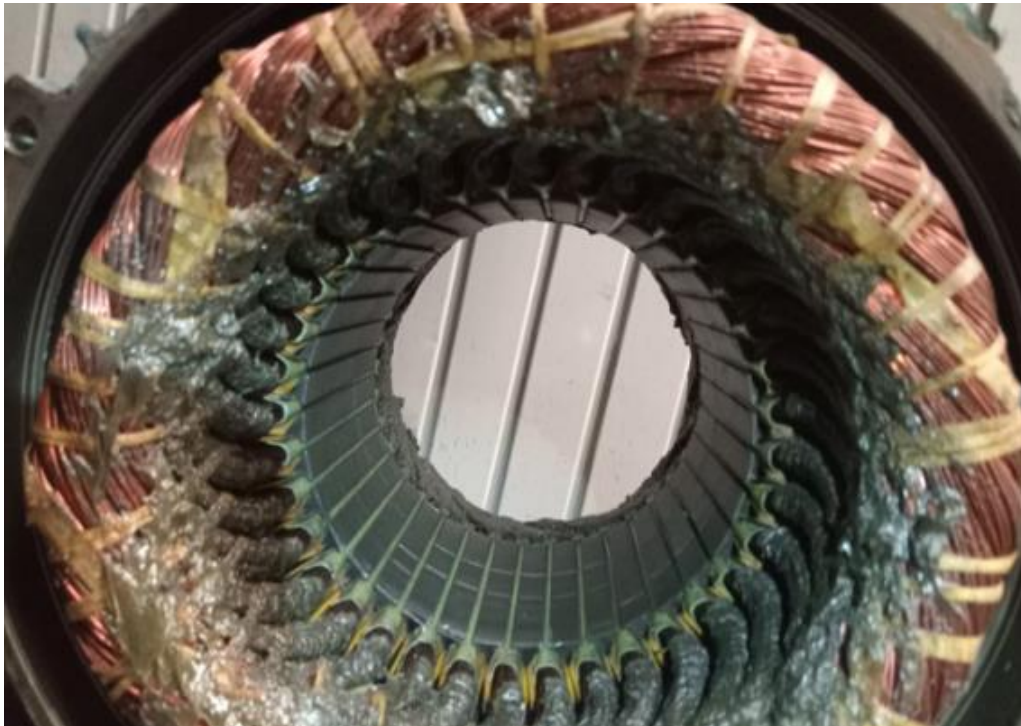


Imagen 133. Desarme de motores de fosa "L-224" (6). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 134. Desarme de motores de fosa "L-224" (7). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

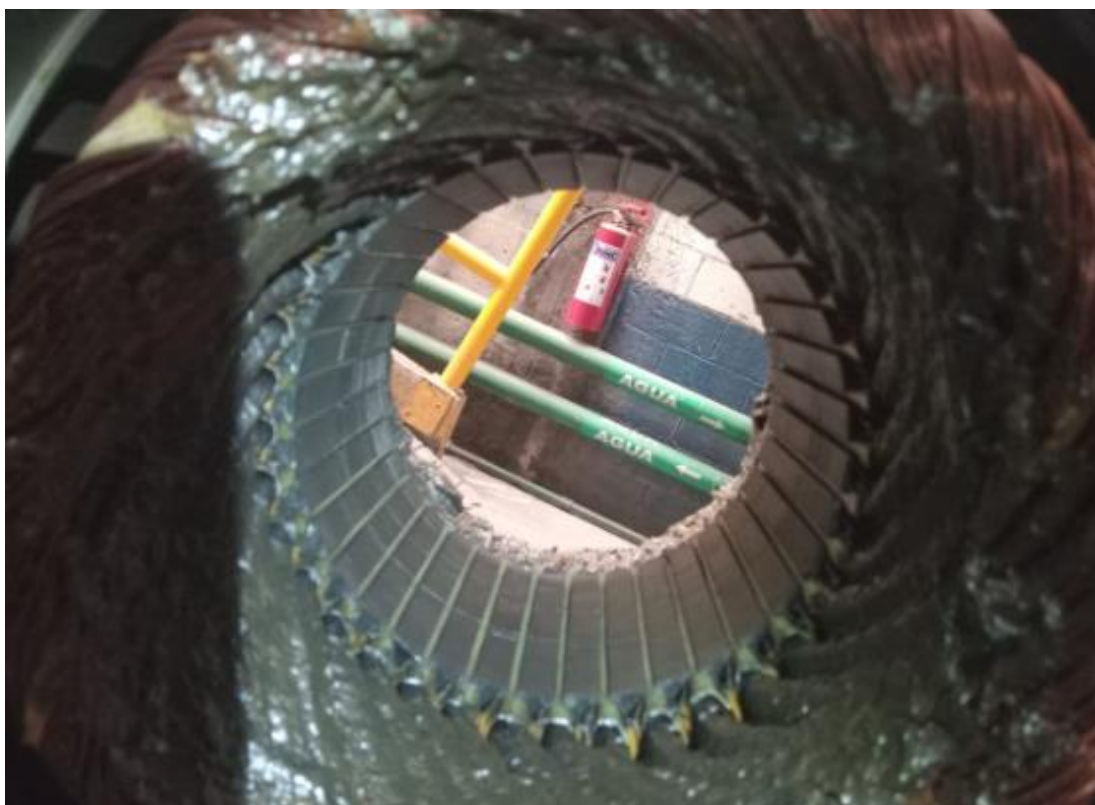


Imagen 135. *Desarme de motores de fosa "L-224" (8).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

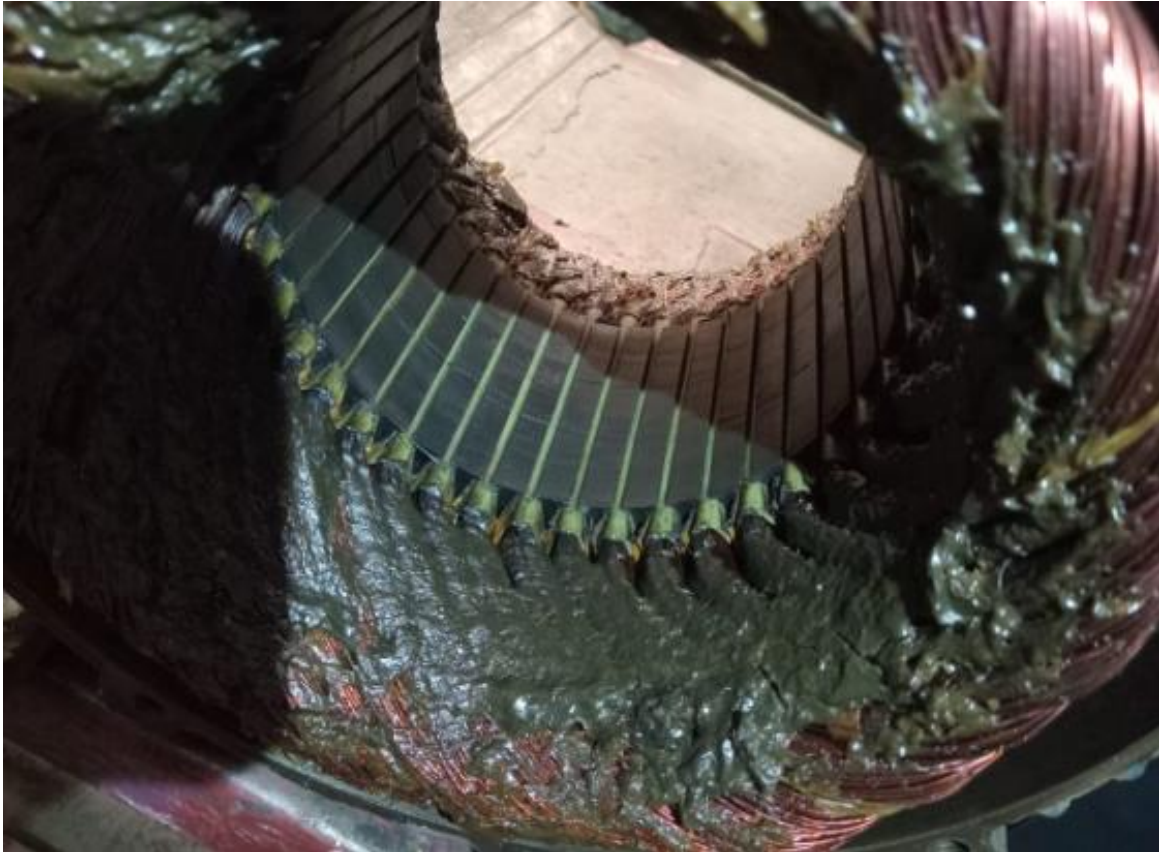


Imagen 136. *Desarme de motores de fosa "L-224" (9).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se limpió la grasa en el embobinado para después ser lavado con solvente dieléctrico y ser secado con aire comprimido. Ya una vez totalmente seco se pintó con barniz para embobinados.



Imagen 137. Barniz para motores. Fuente: conductorescaesa.com/producto/barniz-dolphs

Se cambiaron baleros nuevos que eran de las siguientes medidas:

- Balero delantero: 6312- C3
- Balero trasero: 6212- C3

Se volvió armar el motor, para ser pintado de color azul holandés y de nuevo ser llevado a la entrada de la fosa para empezar de nuevo con la maniobra de bajar el motor.

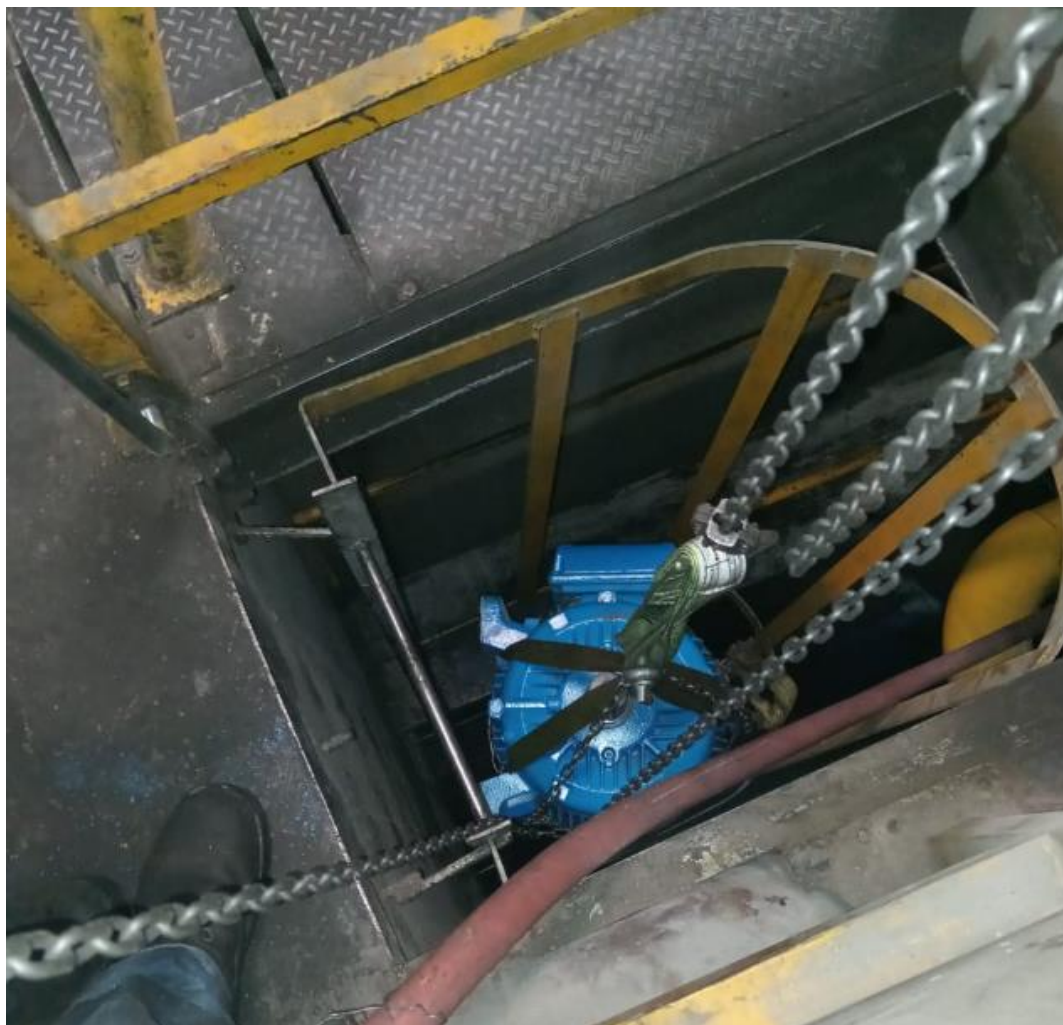


Imagen 138. Maniobra para bajar motores de fosa “L-224” (1). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 139. *Maniobra para bajar motores de fosa “L-224” (2).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se procede a montar los dos motores de las bombas de maggiesol.



Imagen 140. *Maniobra para montar motores de fosa “L-224” (1).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Una vez el motor montado en las calzas se busca alinear el motor con la bomba para así montar las rejillas del acople falk.



Imagen 141. Maniobra para montar rejillas de motores de fosa “L-224” . Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Ya direccionado el motor con la bomba se cierran las tapas del acople para ser engrasado con la grasa EP 2 Mobil.



Imagen 142. *Grasa mobil EP2.* Fuente: articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-762352253-mobilux-ep-2-_JM



Imagen 143. *Tornillos de sujeción de motores de fosa "L-224"* . Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se ponen los tornillos sujetadores del motor a la base se colocan con rondana plana y rondana de presión para evitar que gire la tuerca con la vibración que podría llegar a tener el motor con respecto a la base.



Imagen 144. *Tornillos de sujeción de motores de fosa “L-224” (2).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 145. Puntas de motores de fosa “L-224” (1). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Los motores son de 12 puntas por lo cual el arreglo de conexión es en “**delta**”. Recordando que la conexión en norma NEMA es de la siguiente manera;

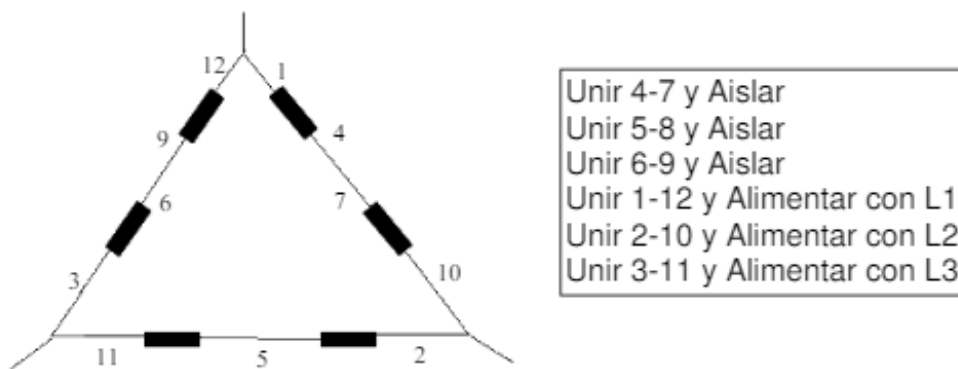


Imagen 146. Conexión triángulo nueve terminales; Norma NEMA. Fuente: Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*. Obtenido de *WORLD PDF SLIDE*: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>



Imagen 147. *Conexión de puntas de motores de fosa “L-224” (2).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 148. *Conexión de puntas de motores de fosa “L-224” (3).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 149. Placa de datos de motores de fosa "L-224". Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se aíslan las puntas del arreglo que se realizó para una alimentación de 440V. Para colocar el licuatite de 2" nuevo que sustituyo el viejo roto en la caja de conexiones para así cerrar la misma. Se coloca la guarda de protección del acople falk.



Imagen 150. Motores de fosa “L-224” (1). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 151. *Motores de fosa "L-224" (2).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 152. Motores de fosa "L-224" (3). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 153. Motores de fosa “L-224” (4). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 154. Motores de fosa “L-224” (5). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 155. Motores de fosa “L-224” (6). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 156. Motores de fosa “L-224” (7). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Una vez terminando la limpieza del área se concluye el servicio preventivo a motores de bombas de maggiesol del laminador 224.

Trabajo #4

En el área de mantenimiento preventivo se tiene un calendario de servicio a los equipos y maquinas de la empresa, el día jueves 3 de Diciembre de 2022 el calendario marcaba darle servicio al horno 223 “H-223”. Uno de los mantenimientos preventivos al horno es realizar un análisis de vibraciones a motores del mismo. Por lo cual se procedió a realizar dicho análisis al motor de aire de combustión.



Imagen 157. Horno 222. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 158. *Tester vibrator (1).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 159. *Tester vibrador (2).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 160. *Tester vibrador (3).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 161. *Tester vibrator (4).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 162. *Tester vibrator (5).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se identifica el sensor triaxial al igual que sus componentes.



Imagen 163. *Tester vibrator (6).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 164. *Tester vibrator (7).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 165. *Tester vibrator (8).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se conecta el sensor triaxial al puerto numero 4.



Imagen 166. *Tester vibrador (9).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 167. *Tester vibrador (10).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 168. *Tester vibrador (11).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 169. *Tester vibrador (12).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se enciende el equipo para comenzar el análisis de vibraciones.



Imagen 170. *Tester vibrator (13).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 171. *Tester vibrador (14).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 172. Selección de equipo a diagnosticar Tester vibrador. Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se selecciona "inicio" y se busca la maquina a analizar en el historial de maquinas.



Imagen 173. Selección de equipo a diagnosticar Tester vibrador (2). Fuente: fotografía tomada por estudiante

Se selecciona “H-223”-COM, esto da referencia al Motor de combustión del horno 223 “h-223”. Al momento de seleccionarlo dara los datos en automatico del motor a revisar.



Imagen 174. *Tester vibrator (15).* Fuente: fotografia tomada por estudiante.



Imagen 175. *Tester vibrador (16).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Para comenzar el análisis el tester de vibraciones debe de detectar el tipo de sensor el cual se está conectando.



Imagen 176. Tester vibrador (17). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se selecciona ultimas orientaciones, para realizar el ultimo mismo análisis.



Imagen 177. Tester vibrador (18). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

Se selecciona en la posición número uno.



Imagen 178. *Tester vibrador (19).* Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 179. Se comienza a colocar el sensor en la trapa del motor. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 180. Se comienza a colocar el sensor en la tapa del motor. Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 181. Tester vibrator(20). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

El tester comienza el analisis de vibraciones con respecto a ese punto.



Imagen 182. Resultados del Tester vibrador. Fuente: fotografía tomada por estudiante

El diagnostico arrojado en el punto numero 1 son 2 problemas donde el tester marca los dos fallos como serios, uno desequilibrado y el otro con holgura. Un problemas serio el manual recomienda una accion de mantenimiento durante las siguientes semanas de tiempo de inactividad o periodo de mantenimiento planificado

El desequilibrio se debe al desgaste de los rodamientos.

La holgura se debe a una alineacion incorrecta.



Imagen 183. Resultados del Tester vibrador (2). Fuente: fotografía tomada por estudiante



Imagen 184. Resultados del Tester vibrator (3). Fuente: fotografía tomada por estudiante

Se seleccionan los graficos a representar.



Imagen 185. Resultados del Tester vibrator (4). Fuente: fotografía tomada por estudiante



Imagen 186. Resultados del Tester vibrador (5). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 187. Resultados del Tester vibrador (6). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 188. Resultados del Tester vibrator (7). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 189. Resultados del Tester vibrator (8). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

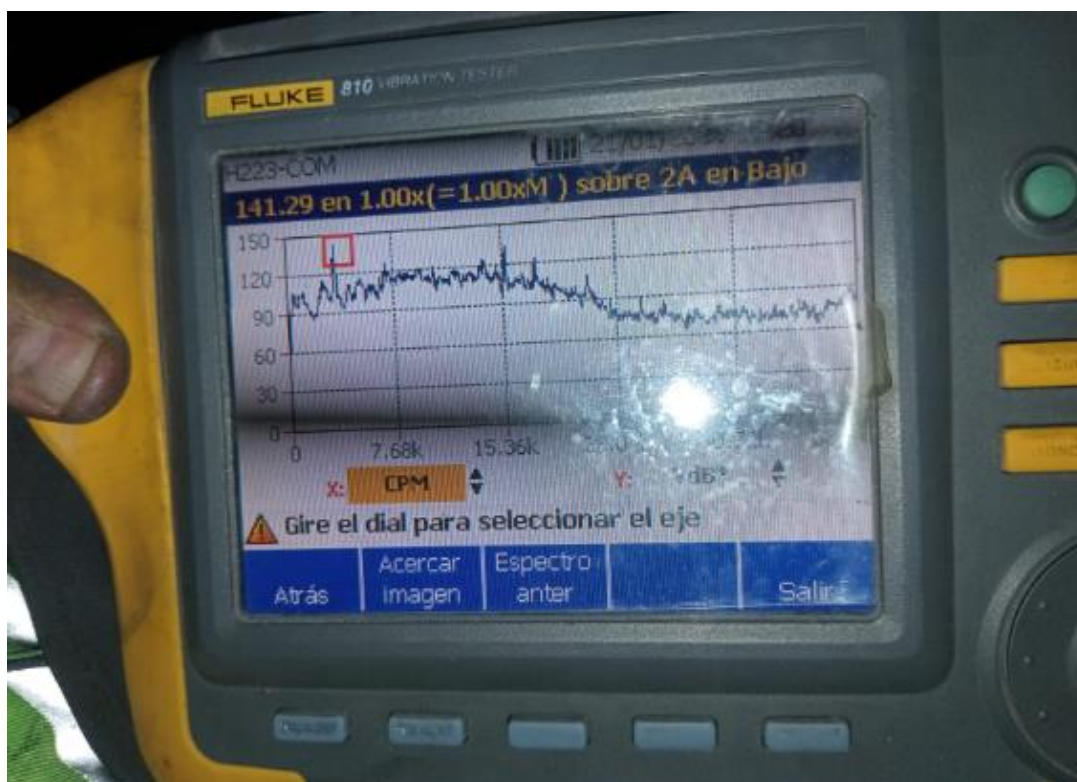


Imagen 190. Resultados del Tester vibrator (9). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

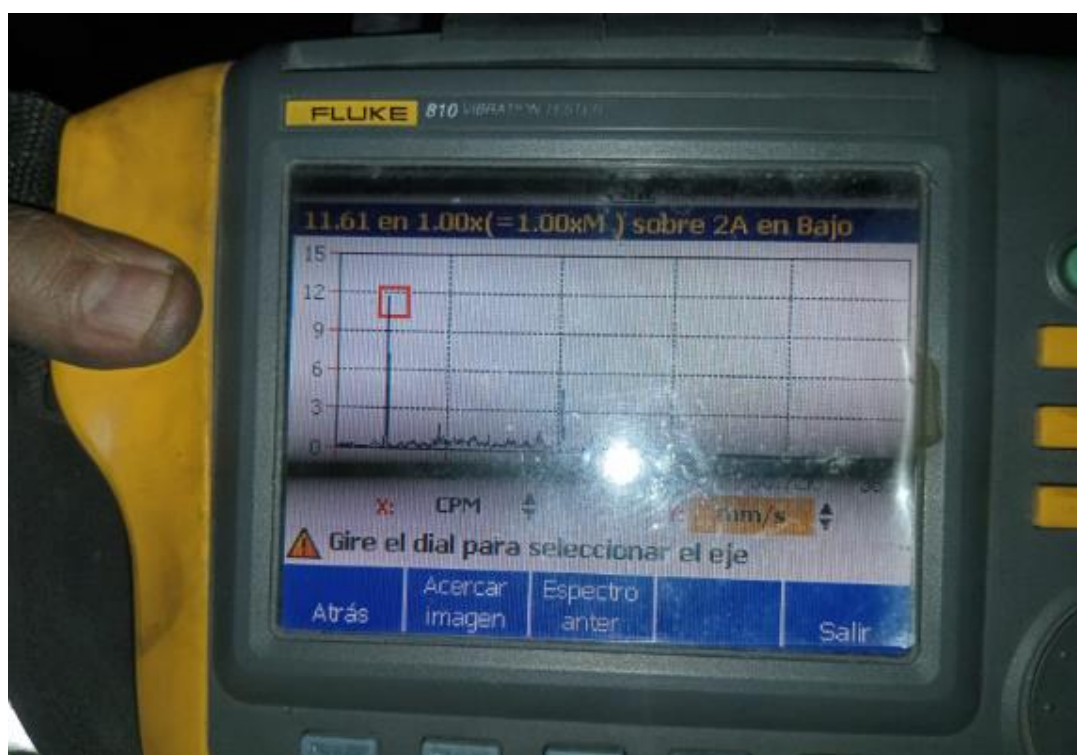


Imagen 191. Resultados del Tester vibrator (10). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 192. Resultados del Tester vibrador (11). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 193. Resultados del Tester vibrador (12). Fuente: fotografía tomada por estudiante.



Imagen 194. Resultados del Tester vibrator (13). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

El tester al terminar de arrojar los gráficos se sale de los resultados dados y se puede continuar con otro análisis de vibraciones de otro equipo.



Imagen 195. Resultados del Tester vibrador (14). Fuente: fotografía tomada por estudiante.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

El riego del trabajo #1 quedo solucionado tomando acciones necesarias de tipo mantenimiento correctivo, cabe resaltar que el departamento de fundición no tuvo paro total por esta falla que era necesaria corregir.

Cuando se tiene tiempo de intervención como en el caso del trabajo 2 se evitan paros no programados y se aprovechó para brindar el servicio preventivo de manera eficaz con atención a detalles, para que dicho motor tenga más tiempo de vida útil.

El dar servicio a motores de bombas en fosa debería ser en su mayoría preventivo, pero por la carga de trabajo hacia el laminador normalmente este tipo de mantenimiento es correctivo así que en cada paro programado como fue el caso del “L-224” se interviene para dar servicio de manera completa y los motores no fallen en poco tiempo.

Las medias predictivas sirvieron en este caso para poder realizar el servicio preventivo al motor de “H-223” de combustión y tener resultados efectivos.

Aunque el predictivo tarde aproximadamente 20 minutos en tomar lectura es muy necesario para quitar de la lista de mantenimiento paros por fallos correctivos.

CONCLUSIONES

En el trabajo #1 fue el riego de agua fría en el proceso que no permitía seguir con el mismo de manera efectiva, tras realizar la identificación del problema, la búsqueda de materiales, la ejecución de maniobra y acción y comprobación de reparación se llegó al objetivo de aumento de caudal de agua fría en dicho proceso.

De manera que a primera idea se llegó a pensar que el problema solo era el potenciómetro del riego el que estaba fallando, ya que se observaba un led rojo en el indicador de “Alarm”, por lo que se buscaba quitar esa alarma, luego se revisó la pantalla del variador de frecuencia en otras palabras solo el equipo se fue con el concepto de que la falla era generada de naturaleza de control.

Pero hasta la alimentación de voltaje al motor de la bomba estaba correcto y ahí fue donde el equipo se percató que el manómetro de la bomba no levantaba presión de fluido.

Una vez identificando paso por paso la falta de riego el equipo llegó a la conclusión que el problema no era de naturaleza de control, sino que era de fuerza, donde primeramente los eléctricos intervinieron, pero al llegar a la última conclusión fue necesario la intervención también de los mecánicos para encontrar la falla al igual que para encontrar la solución.

Al momento de la notificación de la falla, el departamento de fundición comentó que se necesitaba un eléctrico para buscar la solución, pero finalmente el trabajo fue la unión del equipo de eléctricos y mecánicos.

Trabajo #2

Como un mantenimiento mayor a una cierta máquina o equipo es mayor a un día se aprovecha para brindar mantenimiento preventivo a motores de combustión los cuales con anterioridad en el registro de mantenimiento preventivo ya se tienen contemplados darles servicio, cabe resaltar que no todos los motores están programados para mantenimiento, si no que para avanzar los trabajos eléctricos se aprovecha para cambiar rodamientos viejos en motores por rodamientos nuevos y así garantizar un mayor tiempo de uso útil. También al brindar limpieza a motores en su interior se gana un mayor lapso de vida útil del mismo.

Lo que se busca siempre en un mantenimiento preventivo y predictivo es identificar los problemas o fallos que se podrán tener y así tomar acciones para evitarlos y no

parar el equipo o maquina por mantenimiento correctivo, ya que es más pérdida de mano de obra, tiempo y dinero.

Es decir que si el tiempo para una nueva falla en ese motor es de por ejemplo de 6 meses con este servicio se incrementó a 10 meses. Evitando paros de producción.

Trabajo #3

En este trabajo se buscó y se encontró el mismo objetivo en la parte eléctrica a motores que cuando se le brindo un mantenimiento mayor al laminador 221 “L-221”.

Que es aprovechar el tiempo de reparación del equipo principal para así brindar servicio preventivo a equipos auxiliares tales como los motores de las bombas de maggiesol, por defecto el equipo de preventivo sabe que cuando los motores de las bombas están en alguna fosa son susceptibles a que la fosa se puede inundar del fluido a transportar provocando humedad en los equipos y hasta accionamientos de protecciones ante corto circuito de cada uno de los motores, recordando que dichos fluidos son conductores.

Sin embargo, el tener una fosa de 8 metros aproximadamente complica más el servicio preventivo ya que para la extracción de estos motores se debe hacer una maniobra un poco difícil, por lo cual por lo menos para poder realizar dicha maniobra se debe contar con un personal de 3 personas mínimo, esto se traduce en más tiempo de servicio y más mano de obra.

El equipo de mantenimiento preventivo cuenta con cierto conocimiento al desarmar motores tipo jaula de ardilla por lo que el tiempo de maniobra viene siendo casi igual al tiempo de servicio como tal.

A este tipo de bombas es más complicado que se le dé servicio preventivo programado ya que las bombas están continuamente en uso todo el año, así que aprovechando el mantenimiento mayor al laminador 224 “L-224”. Se puede decir que el servicio se dio con más atención a los detalles.

Trabajo #4

El mantenimiento predictivo ya está programado para este tipo de motores de combustión de hornos de homogenizado o fundición.

Solo que trata de programar el servicio al mismo tiempo que se le de mantenimiento al horno, sin embargo, este sí y no fue el caso. Los servicios de preventivos se tenían brindar, pero se aprovechó que el laminador 221 “L-221” se le estaba dando mantenimiento mayor por ende el horno que surte de lingotes a dicho laminador también estaba parado listo para darle servicio.

El análisis de vibraciones en los equipos puede ser para algunos una pérdida de tiempo, pero si se le da la seriedad que debe tener, puede ahorrar al ultimas estancias dinero y seguido de la mano de obra.

Si se prevé que un motor tiene holgura o desequilibrio se programa un mantenimiento preventivo al motor para así tomar las acciones necesarias para que en el peor de los casos algún motor no se aterrice o de estropee ya que uno de estos equipos mínimo cuesta de \$20,000.00 mexicanos para arriba, y las horas de intervención de mano de obra. Así que si es una buena inversión necesaria el tener el testar de vibraciones en el departamento de preventivo.

OBJETIVOS EDUCACIONALES

Los atributos educacionales para ingeniería mecatrónica se hicieron presentes aplicándolos en las actividades que se realizaron tanto en correctivo como en preventivo, a continuación, se muestra un cuadro donde se identifican claramente dichos objetivos y en que situaciones se aplicaron.

Numero	Descripción	Aplicación
AE3	Desarrollar y dirigir experimentación adecuada; analizar e interpretar los datos obtenidos y utilizar el juicio ingenieril para establecer conclusiones	En la falla del riego se identificó que hacía falta flujo volumétrico, esto hizo que se revisara las dos bombas de riego. Al revisar la primera y verificar que se encontraba en buen estado se procedió a verificar primero el voltaje de alimentación en el variador, seguido de verificar la presión en el manómetro de salida, para proceder a aplicar unos golpes con un pequeño lingote de aluminio al tubo para así verificar la pichanca no este bloqueada, al observar que no estaba bloqueada y que estaba bien alimentada de voltaje sin presión de salida, se llegó a una conclusión que tenía dos opciones. La primera era que el elemento de la bomba o cople estaban en mal estado y la segunda era la que fue la falla que era la flecha rota del rotor del motor de la bomba.
AE4	Comunicarse de manera efectiva con diferentes audiencias, de forma oral y escrita.	Al realizar el mantenimiento preventivo del motor de combustión del H-240, después de realizarla prueba a tierra y la prueba megger se procedió a conseguir el barniz que se aplica a los bobinados de los motores, se habló con el área del almacén para la localización de del barniz pero no se encontró, así que se tomó la decisión de proceder a hablar con el ingeniero encargado del personal

		eléctrico y después con el ingeniero encargado de compras de mantenimiento para solicitar dicho barniz de manera directa para que se trajera de manera rápida para su aplicación.
AE5	Reconocer sus responsabilidades éticas y profesionales en situaciones relevantes para la ingeniería y realizar juicios informados que deben considerar el impacto de las soluciones de ingeniería Mecatrónica en los contextos global, económico, ambiental y social.	Una de las responsabilidades ambientales es la ubicación de restos en sus contenedores especiales. En el caso de realizar limpieza de motores se ocupó el desengrasante metraton que sin ser tan toxico se juntó el restante después de estar “sucio”, se colocó en un contenedor “tambo” y se le puso su etiqueta de residuos peligrosos para después ser llevado al almacén de residuos peligrosos, pero como este desengrasante era nuevo dentro de la planta, el departamento de seguridad e higiene reviso la etiqueta y el residuo para ser seleccionado en su respectiva categoría.
AE6	Reconocer la necesidad permanente de incorporar conocimiento adicional y tener la habilidad para identificar, aplicar, integrar y evaluar este conocimiento adecuadamente.	Las características de los diferentes tipos de variadores de frecuencia son bastas como para confundir parámetros, esto se debe a las diferentes marcas que se manejan en la empresa, pero algunas de las características son realmente parecidas, asi que si se desea dominar la programación de variadores de diferentes marcas se deben obtener el conocimiento de los parámetros específicos de cada uno de estos para asi también descartar desde el variador que la falla no se encuentre ahí.

AE7	Trabajar en forma eficaz y eficiente en equipos que establecen metas, planean tareas, cumplen fechas límite y analizan riesgos e incertidumbre.	Las fallas en correctivo, son fallas que resultan aparecer en turno y la solución se debe de dar en el mismo turno lo más pronto posible así que el objetivo se pone y el plazo se alcanza, en el caso de la falla de riego los integrantes del grupo consideran los riesgos que están presentes y entre ellos como individualmente se cuidan un ejemplo de ello es que al hacer maniobra para colocar la bomba se cuenta del 1 al 3 y después del 3 se levanta, empujan o jalen los componentes o equipos que se desean mover y así este método evita el que ocurran accidentes en el grupo. En caso de preventivo se cuenta con un calendario de mantenimientos que se realiza día con día durante todo el año, así que se busca realizar la tarea u objetivo al día.
-----	---	---

Los objetivos educativos que se adquieren y se aplican en este reporte son los siguientes dos de acuerdo a las fallas y problemáticas presentes en su mayoría en mantenimiento de la empresa:

Numero	Descripción de los objetivos educativos.	Aplicación
OE2	Los egresados y las egresadas desarrollan conocimiento especializado en áreas de la ingeniería mecatrónica y/o áreas afines, mediante la actualización profesional y/o la superación académica.	El tener conocimiento tanto de la parte eléctrica como del área mecánica hace que se tenga un poco más de visión al resolver las fallas y así ya no se pauta el trabajo para esperar al eléctrico si es una falla eléctrica o viceversa. El conocimiento del uso del analizador de vibraciones es una aplicación de prueba de ingeniería para el mantenimiento predictivo en la planta.

OE3	Los egresados y las egresadas participan en grupos multidisciplinarios como líderes o coordinadores en el contexto de su campo profesional.	Durante el mantenimiento mayor que se le daba al laminador 221 “L-221” cuando el supervisor a cargo de la parte eléctrica estaba en otra planta o se salía conseguir refacciones, el estudiante procedía a hacerse cargo de la parte eléctrica durante el turno, estando en contacto con los demás supervisores de mantenimiento para cualquier falla eléctrica.
-----	---	--

El perfil de egreso de ingeniería mecatrónica es sinónimo en varios puntos de los trabajos realizados en la planta ya que este menciona “Formar profesionistas en la ingeniería mecatrónica con capacidad analítica que le permita proyectar sistemas mecatrónicas en el sector productivo, así como integrar, operar y mantenerlos con compromiso ético en un marco de desarrollo sustentable”. En estos puntos ya mencionados es sinónimo el perfil de egreso con los trabajos realizados ya anteriormente explicados y detallados.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Referencias

- ABB. (2021). *ABB VFD*. Obtenido de ABB VFD: <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>
- ALUMINIO, U. (2019). *UCIN ALUMINIO*. Obtenido de UCIN ALUMINIO:
<https://www.ucinaluminio.com/fabricacion-de-bandas-y-laminas-de-aluminio/#:~:text=Las%20placas%20de%20aluminio%20son,sucesivas%20pasadas%20hasta%20convertirse%20en>
- AUTOMOTIVE, J. (2022). *JG AUTOMOTIVE YOUR PARTNER IN METAL SOLUTIONS*. Obtenido de JG AUTOMOTIVE YOUR PARTNER IN METAL SOLUTIONS:
<https://jgautomotive.com/portfolio/fundicion-aluminio/>
- Barrón, M. M. (2015). *Análisis de distribución de gases internos de un horno tipo shuttle con sección circular*.
- C.V., A. S. (s.f.). *Acerca de Almexa*. Obtenido de Acerca de Almexa: Acerca de Almexa
- Commission, I. I. (2006). *WEBSTORE*. Obtenido de WEBSTORE:
<https://webstore.iec.ch/publication/96>
- CONSULTING, S. (2021). *Seguridad alimentaria*. Obtenido de Seguridad alimentaria:
<https://www.scsconsulting.es/iso-22000-seguridad-alimentaria/>
- Cruz, I. J. (1996). *FUNDAMENTOS SOBRE AHORRO DE ENERGIA*. Merida: Ediciones de la Universidad Autonoma de Yucatan.
- Euroelectricamx. (2022). *Euroelectricamx*. Obtenido de Euroelectricamx:
<https://euroelectrica.com.mx/producto/tubo-licuaflex-de-19mm-3-4-marca-tubos-mexicanos-flexibles/>
- Facil, E. (2022). *Electronica Facil top*. Obtenido de Electronica Facil top :
<https://www.electronicafacil.top/motor/motor-induccion-tres-fases/motor-de-induccion-de-jaula-de-ardilla-principio-de-funcionamiento-y-aplicaciones/>
- FLUKE. (10 de Junio de 2010-2015). 810 VIBRATION TESTER. Spain, Spain.
- FUNCIONA, A. S. (2020). *ALAN SIEMPRE FUNCIONA*. Obtenido de ALAN SIEMPRE FUNCIONA:
<https://www.alanfunciona.com/blog/que-es-una-pichancha>
- Garrido, S. G. (2010). *ORGANIZACION Y GESTION INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO*. Madrid: EDICIONES DIAZ de SANTOS. S. A. .
- GLOBAL, O. D. (s.f.). *¿Que es la IATF 16948?* Obtenido de ¿Que es la IATF 16948?:
<https://www.nqa.com/es-mx/certification/standards/iatf-16949>

- Gonzalez, I. (2011). *PREDICTIVA21*. Obtenido de PREDICTIVA21: <https://predictiva21.com/el-mantenimiento-y-su-evolucion/#:~:text=1950.,tiempo%20de%20cuidar%20las%20m%C3%A1quinas>.
- Gonzalez, V. L. (2017). *Montaje y mantenimiento de instalaciones solares termicas*. Antequera, Malaga: ic editorial .
- GROUP, V. (s.f.). *Direct industry*. Obtenido de Direct industry: <https://www.directindustry.es/prod/rexnord-industries-llc/product-7386-2488104.html>
- Harper, G. E. (2009). *Pruebas y mantenimiento a equipos electricos*. Mexico : LIMUSA.
- HARPER, I. G. (2004). *El abc de las maquinas electricas. II Motores de corriente alterna*. México: LIMUSA.
- HMONG. (2008). *Sociedad Americana para la calidad*. Obtenido de Sociedad Americana para la calidad: https://hmong.es/wiki/American_Society_for_Quality
- Honeywell. (2022). *Honeywell Process Solutions*. Obtenido de Honeywell Process Solutions: <https://process.honeywell.com/us/en/products/process-instruments/controllers-and-programmers/panel-indicators/udi-1700-digital-panel-indicator>
- ICONTEC. (2022). *FSSC 22000, SISTEMA DE GESTICON DE LA INOCUIDAD ALIEMNTARIA*. Obtenido de FSSC 22000, SISTEMA DE GESTICON DE LA INOCUIDAD ALIEMNTARIA: https://www.icontec.org/eval_conformidad/fssc-22000-sistema-de-gestion-de-la-inocuidad-alimentaria/
- INSTRUMENTS, E. (2020). *ERBESSD INSTRUMENTS*. Obtenido de ERBESSD INSTRUMENTS: <https://www.erbessd-instruments.com/es/articles/analisis-de-vibraciones/>
- ISOTools. (s.f.). *PLATAFORMA TECNOLOGICA PARA LA GESTION DE LA EXCELENCIA*. Obtenido de PLATAFORMA TECNOLOGICA PARA LA GESTION DE LA EXCELENCIA: <https://www.isotools.org/normas/calidad/iso-9001/>
- Mantenimiento.win. (s.f.). *Mantenimiento.win*. Obtenido de Mantenimiento.win: <https://mantenimiento.win/historia-del-mantenimiento-industrial/>
- MEXICO, G. D. (06 de MARZO de 2013). *COMISION NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGETICA*. Obtenido de COMISION NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGETICA: <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/normas-oficiales-mexicanas-en-eficiencia-energetica-vigentes>
- Palencia, O. G. (21 de Junio de 2007). *EL SISTEMA PMO: OPTIMIZACIÓN REAL*. Santiago de Chile, Colombia.
- Pérez Porto, J. G. (18 de Diciembre de 2018). *DEFINICION DE* . Obtenido de DEFINICION DE : <https://definicion.de/mantenimiento/>
- Ramirez, C. H. (2010). *WORLD PDF SLIDE*. Obtenido de WORLD PDF SLIDE: <https://pdfslide.net/documents/conexion-de-motores-trifasicos-de-6-9-y-12-puntas.html>

- Rodriguez, A. (17 de Marzo de 2022). *ULBRINOX*. Obtenido de ULBRINOX:
<https://www.ulbrinox.com.mx/blog/conociendo-el-punto-de-fusion-del-aluminio>
- Rodriguez, D. (2019). *Todos expertos*. Obtenido de Todos expertos:
<https://www.todoexpertos.com/categorias/ciencias-e-ingenieria/ingenieria-electrica/respuestas/2111359/los-voltajes-110-220-y-440>
- Sacristán, F. R. (s.f.). Mantenimiento integral en la empresa. En F. R. Sacristán, *Mantenimiento integral en la empresa*.
- Sacristán, F. R. (s.f.). Mantenimiento integral en la empresa. En F. R. Sacristán, *Mantenimiento integral en la empresa*. Madrid: FC EDITORIAL.
- Schmit, P. B. (1992). *Electricidad y electronica basicas conceptos y aplicaciones* . Mc Graw Hill.
- SOLUCIONES, V. (2022). *¿COMO SE CLASIFICAN LAS FALLAS EN MANTENIMIENTO?* Obtenido de
<https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/como-se-clasifican-las-fallas/>
- SOLUTIONS, A. (2016). *Foshan Hongfadu Machinery Equipment Co., Ltd*. Obtenido de Foshan Hongfadu Machinery Equipment Co., Ltd: <http://aluminum-solutions.com/homogenizing-furnace.html>
- SUMATEC. (12 de Junio de 2019). *SUMATEC*. Obtenido de SUMATEC:
<https://sumatec.co/polipasto-de-cadena/>
- Transelec. (2021). *TRANSELEC UNA EMPRESA PARA EMPRESAS* . Obtenido de TRANSELEC UNA EMPRESA PARA EMPRESAS : <https://www.transelec.com.ar/soporte/18450/que-es-un-motor-electrico-y-como-funciona/>
- WEB, R. (2017). *REABILITY WEB A CULTURE OF RELIABILITY*. Obtenido de REABILITY WEB A CULTURE OF RELIABILITY: <https://reabilityweb.com/sp/articles/entry/indicadores-de-confiabilidad-propulsores-en-la-gestion-del-mantenimiento>

ANEXOS

Para la correcta aplicación de esta norma oficial mexicana deben consultarse y aplicarse las siguientes normas oficiales mexicanas vigentes o las que la sustituyan:

- a) NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida.
- b) NOM-106-SCFI-2000, Características de diseño y condiciones de uso de la contraseña oficial.
- c) IEC 60027-6: 2006, Letras y símbolos usados en tecnologías eléctricas y control eléctrico.
- d) NEMA MG 1-2011; Información para estándares de motores de inducción de jaula de ardilla, pequeños y medianos de CA industriales de propósito general.

GLOSARIO

- Pichancha:

Es un accesorio para la cisterna, su función es evitar el vaciado de la tubería en forma vertical, permitiendo así que el flujo quede en un solo sentido y esto sin permitir que el flujo. Normalmente se puede encontrar en el fondo de una cisterna que donde trabajan, impidiendo que se vacíe la tubería con el fin que la bomba no tenga contacto con el aire al momento de succionar y así evitar tener que purgarla.

- Polipasto:

Es un dispositivo mecánico que sirve para el levantamiento y traslación de diferentes tipos de cargas pesadas. Este hace que la fuerza que tengas que aplicar para levantar algo sea mucho menor al peso que debes mover.

-Proceso de fundición de aluminio:

La fundición de aluminio se trata del proceso de llenado de un molde con la cantidad de metal fundido requerido según requerimientos, con la finalidad de extraer, una vez el líquido haya solidificado, una pieza con la medida y forma del molde empleado. Dependiendo de la técnica empleada y el tipo de molde usado (metálico, arena, coquilla) se obtendrán unas ventajas de colabilidad, acabado superficial, porosidad o geometría diferentes, existiendo siempre una combinación óptima para el número de piezas a fabricar y las especificaciones técnicas a satisfacer. El aluminio tiene un punto de fusión que es alrededor de los 660°C.

-Proceso de laminación de aluminio:

Después del proceso de fundición se obtienen lingotes de aluminio y de ahí son cepillados por sus dos superficies de arriba y abajo por una rectificadora para empezar con el proceso de laminación en caliente donde estos lingotes son introducidos en un horno de gas, y se calientan a temperatura de forja durante horas hasta alcanzar su estado óptimo, dicho proceso mediante cilindros de trabajo se reduce el espesor del lingote hasta hacerlo lamina en sucesivas pasadas hasta convertirse en rollo. Seguido de que el rollo esta frio se vuelve a

laminar la lámina de aluminio con rodillos más finos para alcanzar las propiedades mecánicas y espesores deseados.

-Horno de homogenizado:

Es un horno que se utiliza típicamente para el tratamiento de la palanquilla de aluminio después del proceso de fundición, tiene como objetivo eliminar el estrés residual producido durante la fundición y mejorar los resultados metalúrgicos. Es una unidad crucial para mejorar la calidad de los perfiles de aluminio. Después de ser homogenizado, los elementos internos de la palanquilla de aluminio son consistentes.

-Proceso de combustión de hornos:

La combustión es un proceso de conversión, donde la energía de enlaces químicos es transformada en energía térmica. Durante el proceso, el combustible reacciona con el oxígeno del aire para formar principalmente dióxido de carbono y agua a través de las reacciones químicas.

-Licuatite:

Tubo metálico flexible engargolado de forma helicoidal de PVC para proporcionar protección mecánica y hermética al cableado de instalaciones eléctricas de difícil acceso y que requieran tubería conduit muy flexible. El diseño de su engargolado permite flexibilidad para instalaciones con movimientos repetitivos; asegura conexión a tierra de la instalación y blindaje contra corrientes parasitas originadas por campos magnéticos.

-Acople Falk:

Es un acoplamiento de rejilla Steelflex, es un diseño de doble flexión, de acoplamiento estrecho de uso general, ideal para velocidades de funcionamiento más altas. Cuenta con una cubierta dividida verticalmente que permite la sustitución de la rejilla sin mover el equipo conectado.

-Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento:

Los indicadores de mantenimiento y los sistemas de planificación empresarial asociados al área de efectividad permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos, dispositivos y componentes de esta manera será posible implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento.

Estos indicadores son;

a) Tiempo promedio para fallar (TPPF)- Mean time to fail (MTTF).

Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del periodo considerado; este constituye un indicador indirecto de la confiabilidad del equipo o sistema. El tiempo promedio para fallar también es llamado “Tiempo Promedio Operativo” o “Tiempo Promedio hasta la falla”.

b) Tiempo promedio para reparar (TPPR)- Mean time to repair (MTTR);

Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones optimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un periodo de tiempo determinado. El tiempo promedio para reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. La mantenibilidad, definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos de diagnóstico, es una función del diseño del equipo (factores tales como accesibilidad, modularidad, estandarización y facilidades de diagnóstico, facilitan enormemente el mantenimiento). Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal calificado y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de reparación depende de la naturaleza del fallo y de las mencionadas características de diseño.

c) Disponibilidad:

Es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el TPF y el TPPR, es posible para la gerencia evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad.

d) Utilización:

También llamada factor de servicio, mide el tiempo efectivo de operación de un activo durante un periodo determinado.

e) Confiabilidad:

Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un periodo determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se tiene un equipo sin fallo, se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que

tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno. Al realizar un análisis de confiabilidad a un equipo o sistema, se obtiene información valiosa acerca de la condición del mismo: probabilidad de fallo, tiempo promedio para fallo, etapa de la vida en que se encuentra el equipo.

- f) Tiempo Promedio entre fallos (TMEF)- Mean Time Between Failures (MTBF):

Indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento "fallo". Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo. Uno de los parámetros más importantes utilizados en el estudio de la confiabilidad constituye el MTDF, es por esta razón que debe ser tomado como un indicador más que represente de alguna manera el comportamiento de un equipo específico.