

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
CARRERA DE ELECTRICIDAD



PROYECTO DE GRADO

PLAN DE MANTENIMIENTO, PREVENTIVO Y  
CORRECTIVO, EN LAS MÁQUINAS ROTORICAS DE LA  
BARRACA JUAN PABLO 2<sup>DO</sup>, CIUDAD DE TARIJA

Proyecto de grado presentada para la obtención del Grado de Licenciatura

POR: ZENÓN FERNÁNDEZ MARTÍNEZ.  
TUTOR: NÉSTOR MAMANI

LA PAZ – BOLIVIA  
2017

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
CARRERA DE ELECTRICIDAD

Proyecto de grado:

CONCIENCIA MÍTICA Y CULTURA

Presentada por: Univ. Zenón Fernández Martínez

Para optar el grado académico de licenciatura en Electricidad.

Nota numeral.....

Nota literal.....

Ha sido Aprobado con distinción.

Director de la carrera de Electricidad: Ing. Eugenio Zenteno.

Tutor: Ing. Néstor Mamani

Tribunal: Ing. Eduardo Quinteros.

Tribunal: Ing. Rolando Salinas

Tribunal: Ing. Ruperto Aduviri

## **DEDICATORIAS**

Dedico este trabajo, a mis padres Eusebio  
Fernández que está en el cielo y Silveria  
Martínez, a quién los quiero mucho.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por su bendición y por darme salud, en todo el camino de mi vida, a los tribunales quienes me ayudaron a concluir este proyecto.

## RESUMEN

Con la evolución del mantenimiento, toda industria requiere de un plan de mantenimiento, estas vienen a ser preventivas, correctivas, que a todas las maquinas se las debe realizar para evitar paros de producción.

A principio del año 2013 se identificó que estas máquinas no se hicieron mantenimiento preventivo, algunas veces solo correctivo.

El siguiente trabajo, que se presenta, ofrece un plan de mantenimiento en la barraca Juan Pablo 2do, donde se da algunos parámetros de resultados por medio de entrevistas, al empresario y operarios de las maquinas.

Gracias a las entrevistas logradas por los operarios y administración, se pudo llegar a realizar el cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo para la empresa. Con estas actividades de mantenimiento se logrará prolongar la vida útil de los motores rotóricas, por un lapso no indefinido.

Con este plan lograremos realizar los mantenimientos preventivos, correctivo en las maquinas sinfín, múltiple, cepilladora, croceadora, Tupi, cinta Lijadora y Torno, además se hará un seguimiento a las máquinas con fichas de control o cronograma de actividades, para la mantenibilidad y confiabilidad de la empresa.

Se logrará implantar un departamento de mantenimiento y un almacén, para el seguimiento y control de los mantenimientos en la barraca, asimismo el personal de mantenimiento deberá tener conocimientos en mecánica y electricidad, que estas personas puedan dar solución a las máquinas en mantenimiento

# INDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.

Agradecimientos.

Lista de figuras.

Lista de fotografías.

Lista de mapas conceptuales.

Lista de tablas.

	Página
<b>CAPITULO I</b>	1
ANTECEDENTES DEL PROYECTO	2
ESTRUCTURA ORGÁNICA	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
OBJETIVOS DEL PROYECTO	5
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVO ESPECIFICO	5
JUSTIFICACIÓN	6
DELIMITACIONES O ALCANCES	7
ENTREVISTAS	8
ENTREVISTA ESTRUCTURADA	9
<b>CAPITULO II</b>	10
MARCO TEÓRICO	11
LA INDUSTRIA	11
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	11
DIFERENTES TIPOS DE MANTENIMIENTO	13
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	14

MANTENIMIENTO CORRECTIVO CONTINGENTE.	14
MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMABLE	15
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	16
MANTENIMIENTO PROACTIVO.	18
OTRAS TECNICAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO	18
LA TERMOGRAFIA COMO TÉCNICA PREDICTIVA	20
ASPECTOS DE MANTENIMIENTO QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE MOTORES.	22
COJINETE DE RODAMIENTO.	23
LUBRICACIÓN.	24
MOTORES ELÉCTRICOS.	25
CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES	26
MOTORES ASÍNCRONOS	27
CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES ASÍNCRONOS	27
MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.	28
ESTRUCTURA DEL MOTORES ASINCRONO.	28
INSPECCIÓN DE MOTORES CORRIENTE ALTERNA.	32
PARTES AISLADAS DE USO GENERAL.	33
DEVANADO DEL ESTATOR.	33
CÓMO SE DETERMINAN LOS NIVELES DE FALLA DE UN MOTOR	33
SI UN MOTOR ALCANZÓ NIVELES DE FALLAS, ¿QUE ACCIÓN SE DEBE TOMAR?	33
ZONAS DE FALLA EN UN MOTOR.	34

FALLAS MECÁNICAS.	35
FUENTE DE DESBALANCE	35
FALLAS EN LOS RODAMIENTOS.	35
COJINETE DE RODAMIENTO.	35
CAUSAS COMUNES DE FALLAS EN LOS RODAMIENTOS.	36
FALLAS ELÉCTRICAS.	36
FALLAS EN LA SIMETRIA DE LOS BOBINADOS DEL ROTOR (JAULA DE ARDILLA).	37
BOBINAS DEL ESTATOR	37
BOBINAS DEL ESTATOR	38
CORTOCIRCUITO ENTRE ESPIRAS.	39
FALLA POR DESBALANCES DE VOLTAJE.	39
FALLA POR SOBRECARGA.	40
FALLA POR ROTOR BLOQUEADO	41
FALLA POR PICO DE VOLTAJE.	
41	
BOBINADOS DEL ESTATOR SUELTOS.	42
RANURAS DEL ESTATOR Y RANURAS DEL ROTOR.	42
INSPECCIÓN Y AVERIAS DE LOS MOTORES.	43
CALENTAMIENTO DEL MOTOR.	43
EL MOTOR NO SE PONE EN MARCHA.	43
ARRANCA EL MOTOR, NO ADMITE CARGA.	43
EL MOTOR ARRANCA A SU VELOCIDAD, PERO TOMA MAYOR AMPERARJE.	44

EL MOTOR ARRANCA, PERO SE CALIENTA INMEDIATAMENTE UN GRUPO DE BOBINA.	44
EL MOTOR TRABAJA BIEN; PERO NO TIENE FUERZA.	44
CONDUCTORES ELÉCTRICOS	44
AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS.	46
AMPACIDAD ESTANDAR Y DEGRADACIÓN POR TEMPERATURA.	47
COMPONENTES ELÉCTRICOS.	47
PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN.	48
ELEMENTOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	51
CONCEPTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	51
ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	52
INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE MOTORES.	52
ARRANQUE DE LOS MOTORES.	58
ARRANQUE CON IMPEDANCIA EN EL ESTATOR.	59
ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR	60
ARRANQUE ESTRELLA-TRIÁNGULO.	60
ARRANQUE POR INSERCIÓN DE RESISTENCIAS EN EL CIRCUITO ROTÓRICO.	61
<b>CAPITULO III</b>	<b>63</b>
MARCO PRÁCTICO	64
SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN LA BARRACA JUAN PABLO SEGUNDO.	64
SISTEMA OPERATIVO	64
IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO.	77

METODOLOGÍA DEL DIAGNÓSTICO APLICADO A LA BARRACA	78
IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN	80
APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE OBSERVACIÓN DIRECTA.	81
APLICACIÓN DE LA TECNICA DE ENTREVISTA ESTRUCTURADA.	82
APLICACIÓN DEL MODELO DESARROLLADO	91
MEJORAMIENTO DE LA BARRACA JUAN PABLO SEGUNDO	98
TIPOS DE MANTENIMIENTO EN LA BARRACA.	99
EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMABLE.	100
FALLAS MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DE LOS MOTORES ELECTRICOS DE LA BARRACA.	102
IMPLEMENTACIÓN DE UN ALMACEN	102
CREACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.	103
CALCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS MOTORES ASINCRONOS, MEDIANTE TABLAS.	107
<b>CAPITULO IV</b>	<b>114</b>
ANALISIS ECONÓMICO.	115
COSTOS FIJOS	116
COSTOS VARIABLES.	116
COSTOS FINANCIEROS.	116
COSTO DE FALLO.	117
GENERALIDADES.	117
COSTO DE MATERIALES Y REPUESTOS PARA LOS EQUIPOS	118
COSTO DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.	121
COSTO DE MANO DE OBRA DEL PROYECTO.	122

INVERSIÓN DE ACTIVOS FIJOS.	123
COSTO TOTAL DEL PROYECTO.	123
<b>CAPITULO V</b>	124
CONCLUSIONES	125
RECOMENDACIONES	126

#### LISTA DE FIGURAS.

- Figura 2.1 Mantenimiento correctivo.
- Figura 2.2 Mantenimiento predictivo.
- Figura 2.3 Resistivo falso, contacto severo.
- Figura 2.4 tipos de cámaras termográficas.
- Figura 2.5 Niveles de radiación.
- Figura 2.6 Punto critico de una máquina.
- Figura 2.7 Motor de un inducción trifasico.
- Figura 2.8 Falla fase- tierra
- Figura 2.9 Falla fase- fase
- Figura 2.10 Circuito entre espiras
- Figura 2.11 desbalance de voltaje.
- Figura 2.12. Falla por sobre carga.
- Figura 2.13. Falla por rotor Bloqueado
- Figura 2.14. Falla por pico de voltaje.
- Figura 2.15. Sección de un conductor.
- Figura 2.16 Tipos de fusibles.
- Figura 2.17 Tipos de termomagnéticos.
- Figura 2.18 Arranque por impedancias del estator.
- Figura 2.19 Arranque por autotransformador.

Figura 2.21 Arranque por estrella- triangulo.

Figura 2.22 Arranque y conexión de control de un motor.

#### LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 3.2 Maquina sin fin.

Fotografía 3.3 Máquina Multiple.

Fotografía 3.4 Máquina Cepilladora.

Fotografía 3.5 Máquina Groceadora.

Fotografía 3.6 Máquina Tupy

Fotografía 3.7 Máquina Lijadora.

Fotografía 3.8 Máquina Torno.

#### LISTA DE MAPA CONCEPTUAL .

Mapa conceptual 1.1 estructura orgánica

Mapa conceptual 3.1 Distribución del sistema de producción.

Mapa conceptual 3.9 Modelo de diagnóstico de los mantenimientos.

Mapa conceptual 3.10 Entrevista al operario de la máquina sinfín.

Mapa conceptual 3.11 Entrevista al operario de la máquina multiple.

Mapa conceptual 3.12 Entrevista al operario de la máquina cepilladora

Mapa conceptual. 3.13 Entrevista al operario de la máquina gorceadora.

Mapa conceptual 3.15 Entrevista al operario de la máquina tupi.

Mapa conceptual 3.16 Entrevista al operario de la máquina lijadora.

Mapa conceptual 3.17 Entrevista al operario de la máquina torno.

#### LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Potencia Instalada

Tabla 2.1 intensidad de corriente.

Tabla 3.1 Calificación al personal.

Tabla 3.2 Calificación administración

Tabla 3.3 Programa de administración

Tabla 3.4 Control.

Tabla 3.5 Resultados de calificación.

Tabla 3.6. Codificación de las máquinas rotóricas.

Tabla 4.1 Costo de material fungible.

Tabla 4.2 Costo de instrumento de medida.

Tabla 4.3 Mano de obra del proyecto.

Tabla 4.4 Presupuesto de mano de obra.

Tabla 4.5 Costo total de activos fijos.

Tabla 4.6 Costo total del proyecto.

#### LISTA DE CUADROS.

Cuadro 3.1 ficha de control y averías.

Cuadro 3.2 Orden de trabajo.

Cuadro 3.3 Cronograma de mantenimiento preventivo.

Cuadro 3.4 Formato inventario de herramientas fungible.

Cuadro 3.5 Formato efectivo en custodia





**CAPITULO I**  
**ANTECEDENTES**

## 1.0. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El Departamento de Tarija (provincia cercado) fue fundado en 1574 por Luis de fuentes, con 298,857 habitantes, actualmente con 483,518 (censo 2012).

El Departamento más pequeño de Bolivia, con seis provincias, un Departamento lleno de diversos paisajes, una ciudad tranquila, con una variedad de fauna silvestre, y flores aromáticas.

La barraca, tuvo su origen en el centro minero de pulacayo de la Provincia Sud Chichas del Departamento de Potosí.

Con el decreto supremo gubernamental 21060 de la relocalización en los centros mineros en 1986. La barraca llega a Tarija al barrio Juan Pablo Segundo de la zona tabladita II, de donde lleva el nombre la barraca.

Esta barraca, brinda servicio a la población Tarijeña con cortes de madera, en forma de listones y tablones, para la construcción de viviendas, por otro lado se dedica a la fabricación de muebles para el hogar y otras necesidades para la población Tarijeña.

Según el diagnóstico realizado, las máquinas, no presentan ningún tipo de mantenimiento y con este proyecto lograremos dar a conocer a los propietarios y operarios la importancia que tiene estos mantenimientos.

La elaboración de este proyecto tiene como propósito principal, dar a conocer a los representantes de la barraca, la importancia de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

Con este plan de mantenimiento será beneficiado la barraca y a su vez, la prolongación de la vida útil de las máquinas eléctricas rotoricas.

Ésta barraca está ubicada camino a San Andres y cruce alto Senac de la zona tabladita II de la ciudad de Tarija, la empresa actualmente cuenta con siete motores en producción. Las cuales cumplen diferentes actividades de producción, en el rubro de la carpintería. Uno de los grandes dificultades que tiene la barraca, es la no poder conseguir madera, para satisfacer las necesidades de la construcción de viviendas y edificaciones en la ciudad de Tarija y en diferentes zonas, como es el caso de zona tabladita II, según estudio de campo la población tarijeña tiene dificultad de construir sus viviendas por falta de madera.

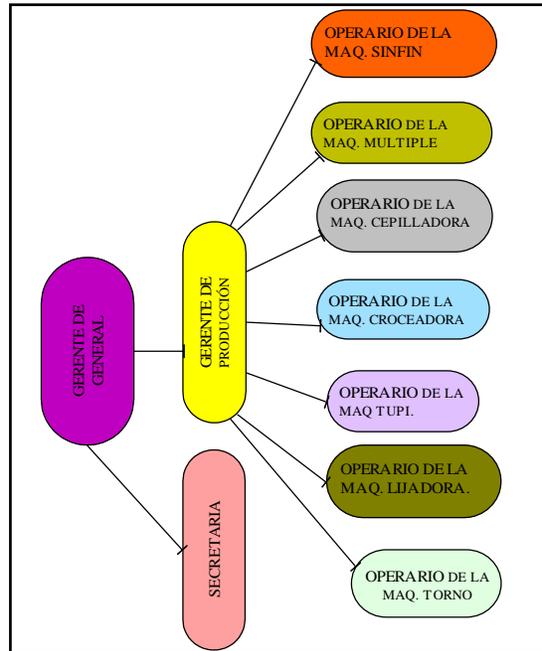
Lo alarmante de esta situación, es no contar con una barraca en la zona tabladita II. Se puede apreciar que el problema de la construcción de viviendas y edificaciones se identifica con más frecuencia en viviendas a media construcción por falta de una barraca en la zona.

#### 1.1 ESTRUCTURA ORGÁNICA.

La estructura orgánica de la barraca ésta conformada de la siguiente forma un Gerente General (propietario), Gerente de producción, secretaria, personal de mano de obra.

Esta estructura organizacional se muestra en el siguiente mapa conceptual.(Véase MAPA CONCEPTUAL 1.1)

Mapa conceptual. 1.1 Estructura orgánica  
Fuente:Elaboración propia



## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Fundamentalmente la barraca Juan Pablo 2do presenta diversas dificultades en sus diferentes máquinas rotóricas, este problema es por falta de un plan de mantenimiento preventivo y correctivo.

La barra se dedicada a cortes de madera para la construcción de viviendas, edificios y cualquier trabajo relacionado con el arte de la construcción.

Para realizar trabajos, es necesario que la maquinaria e instalación con las que cuenta se encuentre en condiciones óptimas y obtener trabajos de calidad.

Debido a la complejidad en sus procesos, tamaño de la empresa; tanto física como administrativa, es necesario llevar a cabo acciones de mantenimiento industrial con la finalidad de mejorar el mantenimiento preventivo y correctivo,

acciones que la empresa en la actualidad no realiza. La falta de mantenimiento en las máquinas eléctricas rotóricas de la barraca Juan Pablo 2do, ocasiona paros inesperados, razón por la cual existe un decremento en la producción y elaboración del material.

Con el objeto de incrementar la efectividad de los equipos y permitir, al Departamento de mantenimiento, planificar y programar oportunamente las labores de intervención sistemática, se desarrollará un plan de mantenimiento industrial que permita ejecutar, dirigir las actividades diarias relacionadas al buen funcionamiento de las máquinas en la barraca.

### 1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

#### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Elaborar un “plan de mantenimiento preventivo y correctivo”, para las máquinas eléctricas rotoricas de la barraca Juan Pablo 2do. Asentando bases teóricas que permitan llevar a cabo el diagnóstico en la empresa y de la cuales se basarán las propuestas para un plan de mantenimiento.

#### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Elaborar hojas u fichas de mantenimiento, para el control y seguimiento de las máquinas rotoricas

Elaborar estadísticas de las diferentes máquinas en proceso productivo.

Entrevistas a los propietarios y operarios de las diferentes máquinas, mediante formulario preparada, para elaborar el plan de mantenimiento.

Crear un departamento de mantenimiento y almacenaje

#### 1.4. JUSTIFICACIÓN.

A comienzo del año 1994, se instala la barraca en la zona tabladita II, después de ocho años, de la relocalización en los centros mineros, donde no se tiene datos de producción en la actualidad, considerando estas maquinas como elemento precarico.

Al observar las carencias de mantenimiento preventivo y correctivo en la Barraca Juan Pablo 2do, se tiene la necesidad de desarrollar propuestas para mejorar el mantenimiento, mediante un diagnóstico previo que nos permitirá detectar áreas de oportunidades para desarrollar tales propuestas.

Para el caso particular de la barraca, se decide aplicar las propuestas de mantenimiento preventivo y correctivo, que traerá beneficios a la empresa, al personal y a la gerencia en particular.

La ejecución del proyecto en la barraca es necesaria, porque los indicadores de la construcción nacional, nos indican numerosas necesidades en la construcción de viviendas y edificios. Según el Institución Nacional de Estadísticas (INE) En Tarija la construcción supero, del total de viviendas ocupadas en el Censo 2012, 83.122 tienen la condición de una vivienda propia, cifra superior en 49,7% a la registrada en el Censo 2001 cuando el número de casas propias llegó a 55.518. De estas viviendas, es decir las que fueron empadronadas el año 2012.

Debido a la falta de una barraca, muchas familias quedan rezagadas al no poder construir su propia vivienda. Esto se presenta como una problemática necesaria de resolver, con la instalación de una barraca en la zona, como una forma de remediar a la construcción de viviendas y edificios. (Véase ANEXO 1).

Para La instalación eléctrica en la barraca se dispone un voltaje de 380 voltios, para el sistema de fuerza en los motores trifásicos y 220 voltios para el sistema de alumbrado en interior y exterior

La potencia activa instalada en la empresa es de 39.5 KW, para el sector de los motores y alumbrado 5.46 KW, alcanzando a un total de 5.736 KW, con una superficie de 12 m x 20 m, un total de 240m<sup>2</sup>.(Véase TABLA 1.1)

Tabla 1.1 potencia instalada en kw

Nº	Designación	Cantidad	Potencia W	Total KW
1	Reflexor de sodio (HM) Haluro Metalico	6	250	1.5
2	Iluminación interior tubo fluorescente	12	80	0.96
3	Toma corriente	15	200	3
4	Motor trifasico (380 VOL.)	7	39,500	0.277
	Total			5.736

#### 1.5. DELIMITACIONES O ALCANCES.

Con este plan de mantenimiento se establecen los procedimientos y normas para el mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas rotativas en la barraca. Por lo que con estos se tomaran decisiones, basados en el control y seguimiento de los mantenimientos.

Con el diseño de las hojas u fichas de control, lograremos planificar los mantenimientos, indudablemente a mejorar, el buen funcionamiento de las máquinas eléctricas rotoricas de la empresa, logrando obtener confiabilidad y mantenibilidad de las diferentes maquinarias.

Para tener un dignóstico de los mantenimientos en la empresa logramos entrevistar al personal, Administrarivo de la barraca con formularios, para la elaboracion de los mantenimientos de las maquinas eléctricas rotóricas.

De esta forma lograr con el proyecto de los mantenimientos para la empresa en cuestión

#### 1.6. ENTREVISTAS

La entrevista, es una de las técnicas más común de las ciencias sociales. El uso de informantes, el estudio de casos, las biografías y los cuestionarios se realizan propiamente, a través de entrevistas. Bajo el concepto de entrevista, directa que se establece entre el investigador y su objeto de estudio a través de individuos o grupos con el fin de obtener testimonios orales. La entrevista puede ser individual o colectiva. Por la forma en que está estructurada puede clasificarse como: entrevista estructurada.<sup>1</sup>

Con esta investigación, se logrará observar y explorar todas las máquinas rotoricas de la barraca. Principalmente las más críticas, de esta manera tener un criterio definido para la elaboración del plan de mantenimiento.

---

<sup>1</sup>Teoría, Método y Técnicas en la Investigación Social (Alfredo Tecla Jiménez ) 1996 Pg.56

### 1.6.1. ENTREVISTA ESTRUCTURADA

Esta entrevista, nos proporcionará una solución al problema de las máquinas más críticas, donde el operario responderá a las preguntas formuladas mediante la base de un formulario previamente preparado.

De la misma forma se dispone de un formulario, para los administrativos de la empresa, donde puedan dar información libremente sobre las máquinas de la barraca. Este formulario se entrega al Gerente General, Gerente de producción y a un operario mas antiguo.





## 2.0. MARCO TEÓRICO.

### 2.1. LA INDUSTRIA ACTUAL.

Con el continuo desarrollo de nuevas tecnologías, se crean y agudizan los problemas relacionados con el mantenimiento en las empresas. Teniendo como causas, precisamente a las máquinas que han sido desarrolladas para tener un elevado volumen de producción, teniendo como consecuencia la ampliación de los efectos de cualquier causa que produzca una interrupción en el proceso de producción, aun siendo la más mínima. Además, la tendencia hacia la realización de las operaciones en línea, la automatización y el sistema de fabricación establece una profunda relación entre las máquinas, tanto de manera física como por medio de sistema de información que hacen depender el funcionamiento de cada una de las máquinas, teniendo como consecuencia principal de esta dependencia, que toda una línea sea detenida debido a la falla de una sola pieza, sin importar que ésta sea muy insignificante pero sin ello no se puede continuar el proceso de producción.

#### 2.1.2. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

El mantenimiento se refiere a los trabajos que son necesarios realizar con la finalidad de proporcionar un servicio de calidad estipulada. Es importante hacer notar que, basados en el servicio y calidad deseada, se deben escoger los equipos que nos aseguren obtener este servicio; el equipo queda en segundo término, pues si no proporciona lo que se pretende, debe ser cambiado por el

adecuado. Por ello, hay que recordar que el equipo es el medio y el servicio es el fin que deseamos conseguir.

El mantenimiento se define como un conjunto de normas y técnicas establecidas para la conservación de la maquinaria e instalaciones de una planta industrial, para que proporcione mejor rendimiento en el mayor tiempo posible.

El mantenimiento ha sufrido transformaciones con el desarrollo tecnológico; a los inicios era visto solo como actividades correctivas para solucionar fallas.<sup>2</sup>(Chapman, 2007).

Las actividades de mantenimiento eran realizadas por los operarios de las máquinas; con el crecimiento y el desarrollo de las máquinas se organiza los departamentos de mantenimiento con el fin de solucionar fallas sino de prevenirlas, actuar antes que se produzca la falla en esta etapa, se tiene ya personal dedicado a estudiar en qué período se produce, como prevenirlas y a su vez garantizar eficiencia para evitar los costes por averías. <sup>3</sup>(Chapman, 2007)<sup>4</sup>

A veces se considera como una actividad secundaria y realizada sólo en las ocasiones en que es necesario, no siempre se ha dado a la función del mantenimiento la importancia, que tal función merece. Tal parece que las actividades de mantenimiento manifiestan su gran importancia, cuando se presenta alguna avería o falla en alguna máquina, es entonces cuando las

---

<sup>4</sup> Maquinas eléctricas Chapman 2007  
Creuss, Antonio fiabilidad y seguridad Marcombo, Boixareu editors impreso en España 1992 p 276

pérdidas ocasionadas por los paros de las máquinas o los servicios brindados conllevan a problemas y preocupación en el personal.

Algunas definiciones son:

Conjunto de acciones necesario para realizar inspecciones periódicas o para reparar un aparato dispositivo, que al fallar se pone de nuevo en estado de funcionamiento para que continúe dando servicio.

Administración de todos los activos que posee una compañía, basada en la maximización del rendimiento sobre inversiones en activos.

Es la actividad que conserva la calidad del servicio que prestan las máquinas, instalaciones y edificios en condiciones seguras, eficientes y económicas.

De una manera más concreta se puede decir que el mantenimiento es la actividad realizada por el ser humano que permite garantizar un servicio dentro de una calidad esperada. Cualquier clase de trabajo hecho en cualquier clase de sistemas, subsistemas, equipos, máquinas, etc., para que éstos continúen o regresen a proporcionar el servicio con calidad requerida, son trabajos propiamente del mantenimiento, ya que se busca cuáles son los eslabones más débiles de la cadena de servicio que conforman a la organización productiva, con la finalidad de reforzarlos.

## 2.2. DIFERENTES TIPOS DE MANTENIMIENTO.

Mantenimiento, se divide en dos ramas: mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo.

### 2.2.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Es la actividad humana desarrollada en los bienes de una empresa, cuando a consecuencia de una falla han dejado de proporcionar la calidad de servicio esperada para la que fueron diseñados, debido al mal estado de la máquina. En la mayoría de los casos, si se deja que la máquina llegue hasta el punto de avería, pueden resultar necesarias reparaciones largas, costosas y revisiones de mucho tiempo.

Por lo tanto, los trabajos que deben llevarse a cabo tiene por finalidad la recuperación inmediata de la calidad del servicio, es decir, que esta se coloca dentro de los límites esperados (superior e inferior), ya sea que para tal efectos se hagan arreglos provisionales o definitivos.

### 2.2.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO CONTINGENTE.

El mantenimiento correctivo contingente (posibilidad de que algo suceda o no suceda) se refiere a las actividades que se realizan en forma inmediata, debido a que algún equipo que proporciona servicio vital ha dejado de hacerlo, cualquier causa y se tiene que actuar de manera emergente y en el mejor de los casos, bajo un plan de contingente.

Las labores que en este caso deben realizarse, tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad de servicios: así, el personal de mantenimiento debe efectuar trabajos indispensables, evitando arreglar otros elementos de la máquina o hacer otro trabajo adicional, que quite tiempo para volverla a poner en

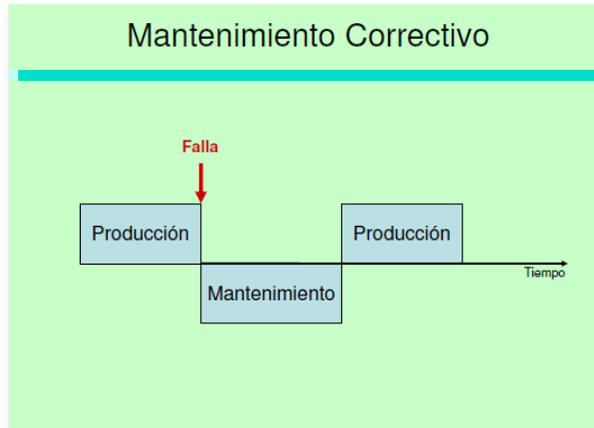
funcionamiento con una adecuada fiabilidad, que permite la atención complementaria cuando el mencionado servicio ya no se requiera o la importancia de este sea menor y , por lo tanto, al ejecutar estos trabajos se reduzcan las pérdidas.

### 2.2.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO PROGRAMABLE.

El mantenimiento correctivo programable se refiere a las actividades que se desarrollan en los equipos o máquinas que están proporcionado un servicio trivial (que carece de importancia, interes o novedad), por lo que es mejor programar su atención, por cuestiones económicas, de esta forma, pueden realizar estos trabajos con los programas de mantenimiento o preservación.

**Planificado.** Se sabe con antelación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla el mantenimineto correctamente.(Vease FIGURA. 2.1)

Fig. 2.1 Mantenimiento correctivo  
Fuente: Maestría Mantenimiento UPGM



**No planificado** .Es el mantenimiento correctivo de emergencia que debe llevarse a cabo con la mayor celeridad para evitar que se incrementen costos e impedir daños materiales y/o humanos. Si se presenta una avería imprevista, se procederá a repararla en el menor tiempo posible para que el sistema, equipo o instalación siga funcionando normalmente sin generar perjuicios; o se reparará aquello que por una condición imperativa requiera su arreglo (en caso que involucre la seguridad, o por peligro de contaminación, o por la aplicación de normas, etc.)

#### 2.2.4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Ésta es la segunda rama del mantenimiento y se puede definir como: la actividad humana desarrollada en los bienes físicos de una empresa, con el fin de garantizar que la calidad de servicios proporcionen servicio o continuidad dentro los límites establecidos, esto basándose en el conocido principio de que es mejor prevenir que curar. Con esta definición se concluye que toda labor de mantenimiento realizada en los bienes físicos de la fábrica, sin que dejen de ofrecer la calidad de servicio esperada, deben catalogarse como mantenimiento preventivo. Al cambio periodico de componentes eléctricos, mecánicos, lubricación

y/o reparación del sistema de protección, basados en registros históricos del mismo o recomendaciones de (los) fabricantes. Los principales factores a tomar en cuenta son la emisión de ruido, las vibraciones, los cambios de temperatura y la producción defectuosa, además de un análisis de los registros anteriores de rendimiento.

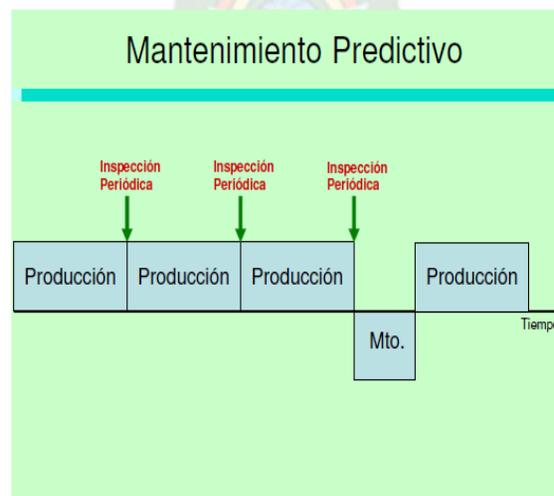
## 2.2.5. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El Mantenimiento Predictivo basado en la utilización de equipos para el análisis de fallas es la respuesta conveniente para la conservación económica de los equipos y la minimización de las paradas.

El sistema Mantenimiento Predictivo se define como el conjunto de actividades, programadas para detectar las fallas de los equipos por revelación antes que sucedan, con los equipos en operación y sin perjuicio de la producción, usando aparatos de diagnóstico y pruebas no destructivas. (Véase FIGURA 2.2)

Fig. 2.2 Mantenimiento predictivo

Fuente: Maestría Mantenimiento UPGM.



#### 2.2.6. MANTENIMIENTO PROACTIVO.

Se refiere al control de contaminantes mediante la medición en tamaño y cantidad, de contaminantes y otros fluidos (aceites, lubricantes, fluidos hidráulicos refrigerantes).

El mantenimiento proactivo exige acciones correctivas para atacar las causas, raíz de la avería y no solamente las síntomas. Por ejemplo, un nivel excesivo (por encima de una cierta cantidad y tamaño)

#### 2.2.7. OTRAS TECNICAS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

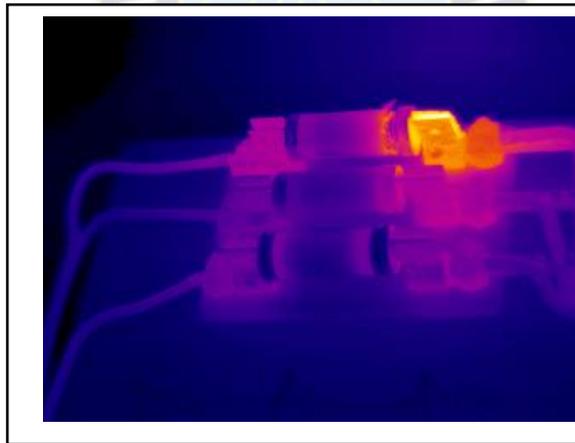
Existen diversas técnicas adicionales en el Mantenimiento Predictivo como la Radiografía, la Termografía y otras pruebas no destructivas, se ha generalizado que el Mantenimiento Predictivo está basado en la medición y análisis de vibraciones, y que toma como principio el hecho de que si una máquina se encuentra en buenas condiciones de operación no debe ser intervenida. Las vibraciones representan una medida excelente para evaluar las condiciones mecánicas de un equipo, la vibración es un síntoma de una falla potencial, cuyo origen se puede determinar mediante el análisis espectral de la frecuencia de vibración.

El nivel de vibración es un indicador tan importante del estado de la maquinaria, como lo es la temperatura del cuerpo para el ser humano; cualquier cambio o anomalía.

En el nivel de vibración indica sin lugar a dudas cambio y posible deterioro. Por lo tanto los niveles de vibración son confrontados con patrones preestablecidos, a través de una técnica confiable, lógica y probada, diagnosticar el defecto específico.

Generalmente en los circuitos eléctricos y motores, los falsos contactos han sido una amenaza para la quema de un sistema eléctrico, parcial o total por lo que aunque muchas veces el motor este en excelente estado,(Véase FIGURA 2.3)

Fig.2.3 Resistivo- falso, contacto severo  
Fuente: grupo termogran, san jose, costa rica



Típicamente las conexiones de alta resistencia son causadas por:

- Terminales corroídos
- Cables sueltos
- Barras sueltas
- Prensa fusibles corroídos
- Hilos abiertos

- Conexiones entre Aluminio – cobre
- Diferentes tamaños de conductores.

## 2.2.8. LA TERMOGRAFIA COMO TÉCNICA PREDICTIVA

Las técnicas de la termografía son las estrellas del mantenimiento predictivo. Las inspecciones termográficas se basan en que todo equipo y/o elemento emite energía desde su superficie. Esta energía se emite en forma de ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz a través del aire o por cualquier otro medio de conducción. La termografía infrarroja es la técnica de producir una imagen visible a partir de radiación infrarroja invisible para el ojo humano, emitida por objetos de acuerdo a su temperatura superficial.

La cámara termográfica, como la mostrada en la figura 2.4 es la herramienta que realiza esta transformación. La cantidad de energía está en relación directa con su temperatura. Cuanto más caliente está el objeto, mayor cantidad de energía emite, y menor longitud de onda tiene esa energía. (Véase FIGURA 2.4)

Fig.2.4 Tipos de cámaras termográficas  
Fuente: [www.renovete.com](http://www.renovete.com)

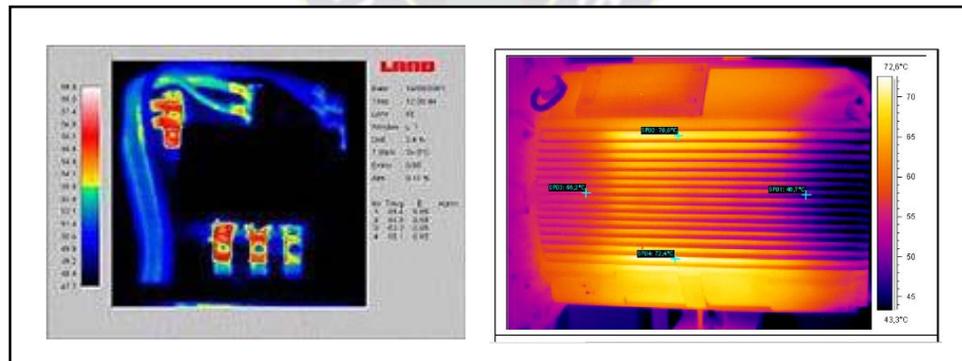


En general, esa emisión se hace en longitudes de onda mayor que la correspondiente al color rojo, que es la mayor, que es capaz de captar el ojo humano.

La termografía permite detectar, sin contacto físico con el elemento bajo análisis, cualquier falla que se manifieste en un cambio de la temperatura, midiendo los niveles de radiación dentro del espectro infrarrojo. (Véase FIGURA 2.5).

En general, un fallo electromecánico antes de producirse se manifiesta generando e intercambiando calor. Si es posible detectar, comparar y determinar dicha variación, entonces se pueden detectar fallos que comienzan a gestarse y que pueden producir en el futuro cercano o a mediano plazo una parada de planta y/o un siniestro afectando personas e instalaciones.

Fig. 2.5 Niveles de radiación  
Fuente: 1º congreso mexicano de confiabilidad y mantenibilidad.

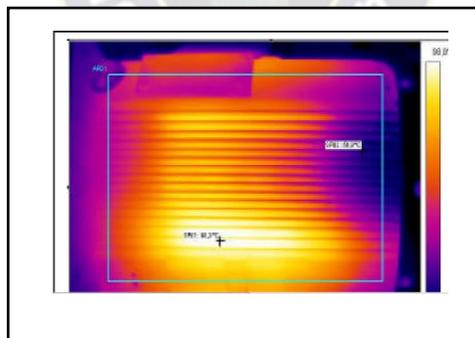


El descubridor de la radiación infrarroja fue Sir Frederick William Hershel, nacido en Alemania 1738, quien se interesó en verificar cuanto calor pasaba por filtros de diferentes colores al ser observados al sol. Sir Willian pudo determinar que los filtros de diferentes colores dejaban pasar diferente nivel de calor. Posteriormente hizo pasar luz del sol por un prisma de vidrio y con esto se formó un espectro (el

arco iris). Llevando un control de la temperatura en los diferentes colores del espectro encontró que más allá del rojo, fuera de la radiación visible, la temperatura es más elevada y que esta radiación se comporta de la misma manera desde el punto de vista de refracción, reflexión, absorción y transmisión que la luz visible. Era la primera vez que se demostraba que había una radiación invisible al ojo humano.

En termografía usualmente se asocian los colores claros a altas temperaturas y los colores oscuros a bajas temperaturas. En este caso; la termografía afirmará la existencia de un problema, de alineación, o daño en la pista interna del rodamiento o en un problema de excentricidad, (Véase FIGURA 2.6) se nota los puntos claros o críticos, de una máquina rotórica.

Fig. 2.6 puntos criticos de una máquina  
Fuente:1º congreso mexicano de confiabilidad y mantenimiento.



### 2.3. ASPECTOS DE MANTENIMIENTO QUE INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DE MOTORES.

Los principales aspectos de mantenimiento que pueden influir en la selección de un motor son:

- a) La dimensión de la empresa, su política de mantenimiento y estructura funcional.
- b) La media edad de las maquinas, no sólo de los motores sino tambien de las máquinas accionadas; de la red de alimentación y dispositivos asociados (transformadores, disyuntores, cuadros de mando, etc).
- c) La localización de la empresa desde el punto de vista de recambio, talleres de reparaciones mecánicas especializados y del mismo fabricante de los motores.
- d) La disponibilidad de la mano de obra calificada para operaciones más elaboradas de mantenimiento correctivo.

Los motores eléctricos tienen una gran variedad de detalles constructivos, que varían según el fabricante. Deben considerarse siempre las instrucciones y recomendaciones de mantenimiento emitidas por el fabricante de cada motor, teniendo en cuenta las condiciones ambientales de la instalación y las peculiaridades del accionamiento. El mantenimiento empieza en la selección del motor, considerando factores que puedan afectan al momento de realizar el mantenimiento como ser:

### 2.3.1. COJINETE DE RODAMIENTO.

La mayoría de los motores eléctricos utilizan cojinetes de rodamientos, la vida útil de un rodamiento puede ser de varios años. Aproximadamente 70% de los fallos en los motores resultan de problemas en cojinete de rodamientos; sin embargo, la

gran mayoría de estos fallos se debe al montaje inadecuado de los rodamientos, la lubricación incorrecta o esfuerzos excesivos.

Se debe evitar desmontar el motor para comprobar el estado de los rodamientos, procediéndose a esa comprobación durante el funcionamiento del motor por la “auscultación” del rodamiento. Se puede hacer esto con un astetoscopio, un pedazo de madera dura o incluso un destornillador. Un ruido continuo, de baja intensidad, indicará un funcionamiento normal; por el contrario un ruido agudo, penetrante indicará falta de lubricación y un ruido irregular alto, indicará que las esferas, rodillos o pistas están dañadas, también se pueden detectar utilizando analizador de vibración.

#### 2.4. LUBRICACIÓN.

Es común que los cojinetes de deslizamiento sean siempre lubricados con aceite y los de rodamiento con grasa. Sin embargo, hay situaciones en que los rodamientos se lubrican con aceite. Esto ocurre cuando grandes velocidades periféricas originan un calentamiento alto del rodamiento. La selección de la grasa debe hacerse según las recomendaciones de los fabricantes del motor y del rodamiento, de la experiencia del usuario y de las condiciones ambientales de temperatura y de limpieza, se debe prestar particular atención a los motores instalados en ambientes de baja temperatura (por ejemplo al interior de cámaras frigoríficas), pues las grasas inadecuadas se pueden congelar.

## 2.5. MOTORES ELÉCTRICOS.

Se llama motor eléctrico al dispositivo capaz de transformar la energía eléctrica en energía mecánica, es decir, puede producir movimiento al convertir en trabajo la energía eléctrica proveniente de la red o almacenada en un banco de baterías.

Básicamente, un motor está constituido por dos partes, una fija denominada Estator, y otra móvil denominada Rotor. Ambas están fabricadas en material ferromagnético (chapas magnéticas apiladas), y disponen de una serie de ranuras en las que se alojan los hilos conductores de cobre que forman el devanado eléctrico.

En todo motor eléctrico existen dos tipos de devanados: el inductor (estator), que origina el campo magnético para inducir las tensiones correspondientes en el segundo devanado, que se denomina inducido (rotor), puesto que en él aparecen las corrientes eléctricas que producen el par de funcionamiento deseado (torque).

El espacio entre el rotor y el estator es constante y se denomina entrehierro. Por efecto de las intensidades que atraviesan el rotor y el estator; se crean campos magnéticos en el entrehierro. La interacción de estos campos magnéticos con las intensidades que atraviesan los conductores del rotor produce unas fuerzas tangenciales que hacen girar el rotor produciéndose de este modo la energía mecánica.

Desde su invención hasta nuestros días, el uso de los motores eléctricos ha sido creciente debido a:

Gran versatilidad de utilización y potencias que hacen posible su uso en el hogar, la industria, el transporte, etc.

Altos rendimientos: un motor diesel 18.5 HP a 1500 rpm tiene una eficiencia del orden del 36%, mientras que uno eléctrico de la misma potencia a 440 V tiene una eficiencia del 87%.

Larga duración: Con buena utilización y mantenimiento su vida útil es superior a 20 años.

### 2.5.1. CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES.

Los motores eléctricos, desde el punto de vista de su utilización industrial, suelen clasificarse en:

Corriente continúa:

- a) Derivación.
- b) Independiente.
- c) Serie.
- d) Compound (Compuesto).

Corriente alterna

- a) Asíncronos.

Rotor en corto circuito.

Rotor bobinado.



b) Síncronos.

Generadores

Alternadores

## 2.6. MOTORES ASÍNCRONOS

Los motores asíncronos basan su funcionamiento en la creación de un campo magnético giratorio en el entre hierro, debido a la circulación de corriente alterna trifásica en el estator.

### 2.6.1. CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES ASÍNCRONOS

Los motores asíncronos se clasifican de acuerdo a la forma constructiva del rotor. Dicha clasificación es la siguiente:

- Jaula de ardilla: El rotor está compuesto por un conjunto de barras conductoras de cobre unidas en sus extremos por dos anillos.
- Rotor bobinado: El rotor está compuesto por un arrollamiento (devanado) introducido en ranuras similares a las del estator. Los extremos de cada fase se conectan a unos anillos colectores montados sobre el eje, aislados eléctricamente de él. Lo anterior, permite conectar al devanado rotórico resistencias adicionales externas para reducir la corriente de arranque. Una vez finalizado el periodo de arranque se corto circuitan los anillos y se levantan las escobillas.

El motor asíncrono suministra cualquier potencia hasta los límites de su capacidad de sobrecarga.

## 2.6.2. MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.

Se diseñan dos tipos básicos de motores para funcionar con corriente alterna polifásica: los motores síncronos y los motores de inducción. El motor síncrono es en esencia un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo, y hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna.

Los motores síncronos pueden funcionar con una fuente de potencia monofásica mediante la inclusión de los elementos de circuito adecuados para conseguir un campo magnético rotatorio.

El más simple de todos los tipos de motores eléctricos es el motor de inducción de jaula de ardilla que se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en seis bobinas fijas.

## 2.6.3. ESTRUCTURA DEL MOTORES ASINCRONO.

Para comprender mejor cómo está estructurado un motor asíncrono trifásico, proporcionamos a continuación una breve descripción de las principales partes que componen el mecanismo de rotación y en las que se generan los fenómenos eléctricos de los que deriva su funcionamiento.

El primer elemento que describimos es el estátor, que se puede definir como el conjunto de las partes fijas cuya función es sostener, al menos parcialmente, a la máquina, pero fundamentalmente constituye la parte del circuito magnético que contiene los devanados inductores alojados en las ranuras adecuadamente.

El estátor representado (Véase FIGURA 2.7 (a)) está constituido por láminas de una aleación de acero al silicio o de acero macizo aisladas entre sí. De su estructura depende todo lo concerniente a los flujos magnéticos variables en el tiempo que provocan pérdidas por histéresis (ligadas a la magnetización no lineal del material) y por corrientes parásitas inducidas.

En las ranuras se insertan los devanados (cada uno de ellos constituido por más devanados interconectados de distinta forma), a los que se aplica la tensión de alimentación y que generan el campo magnético.

Los devanados estatóricos trifásicos pueden conectarse en estrella o en triángulo, algo que es posible con motores dotados de 6 bornes, permitiendo alimentar un mismo motor con tensiones trifásicas de la redes. Por ejemplo, la doble indicación podría ser 230 V $\Delta$  - 400 VY o 400 V $\Delta$  - 690 VY, donde el símbolo Y o  $\Delta$  se refiere a la conexión de los devanados del estátor y se entiende por ejemplo para el segundo caso (400 V $\Delta$ - 690 VY) que los devanados del motor conectados en  $\Delta$  pueden conectarse a una red trifásica a 400 V (tensión concatenada, o sea, entre fase y fase), mientras si para el mismo motor la conexión de los devanados del estátor se realiza en Y, el mismo motor puede conectarse a una red de alimentación a 690 V (los devanados en Y serán sometidos a la tensión de red reducida  $\sqrt{3}$  veces).

El segundo elemento es el rotor, que está alojado en el interior del estátor y constituye el circuito inducido de la máquina. Para un motor de jaula de ardilla, el rotor, tal y como se muestra (Véase FIGURA 2.7 (b)) está constituido por un sistema de barras conductoras (de cobre o aluminio) paralelas al eje de rotación, inyectadas directamente en las ranuras practicadas a lo largo de toda la periferia externa del núcleo ferromagnético.

Fig. 2.7 motor de inducción trifásico  
Fuente: [www.gebrovo.com/productos/motores](http://www.gebrovo.com/productos/motores).

Figura 2.7 (a)

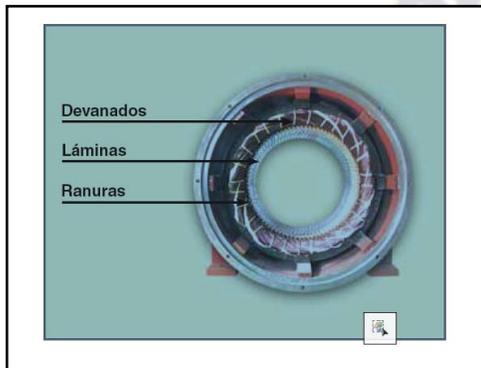
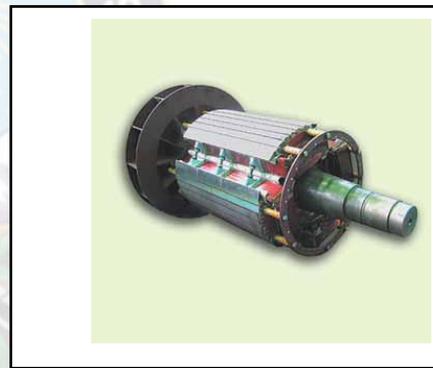


Figura 2.7 (b)



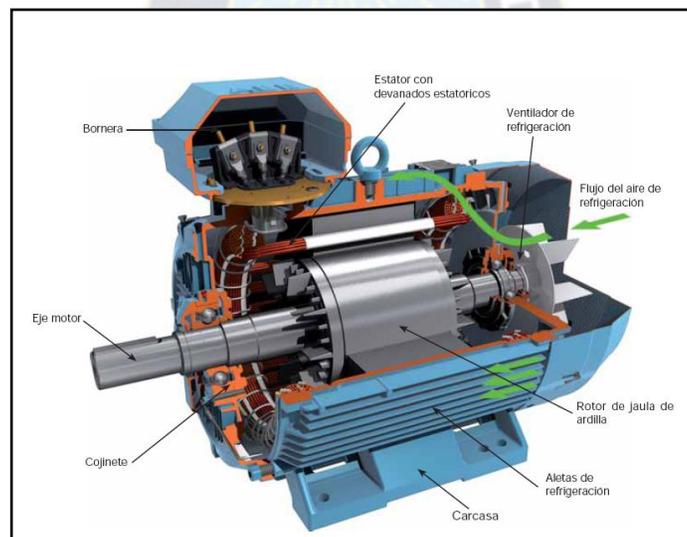
Las barras se cierran en cortocircuito con dos anillos conductores posicionados en los extremos, que constituyen también una fijación mecánica para las propias barras.

Se obtiene así un rotor extremadamente compacto y robusto, al que se fija también el eje del motor. El campo magnético inducido, que constituye el principio funcional del motor, hace girar el eje del motor convirtiendo así la energía eléctrica en energía mecánica.

También existen otros componentes mecánicos que presenta el motor asincrono entre estos tenemos:

- Los dos cojinetes montados sobre el rotor con la función de apoyar el eje del motor;
- La carcasa, que con las aletas, elimina el calor producido sobre todo por el estátor y que contiene también la bornera de conexión.
- El ventilador, que proporciona la refrigeración. (Véase FIGURA 2.7 (c)) se ofrece una vista de conjunto y otras seccionada del motor asíncrono trifásico de jaula de ardilla.

Figura 2.7(c)



Hoy en día se puede decir que más del 80% de los motores eléctricos utilizados en la industria son de este tipo, trabajando en general a velocidad constante. No obstante, y gracias al desarrollo de la electrónica de potencia (inversores y convertidores), en los últimos años está aumentando considerablemente la utilización de este tipo de motores a velocidad variable.

#### 2.6.4. INSPECCIÓN DE MOTORES CORRIENTE ALTERNA.

La selección de los motores a ser inspeccionados depende de un número de factores críticos:

- tamaño del motor
- función del motor
- ciclo de trabajo
- historial de operación y mantenimiento en muchas ocasiones son seleccionados de acuerdo a su nivel de criticidad (asignada por el jefe de planta).

Sí el motor falla, se pierde la producción; sin importar los otros factores críticos en varias ocasiones se ha tenido que analizar las características eléctricas de un motor (usando la termografía) como se mencionó anteriormente donde el monitoreo de vibraciones ha sido capaz de determinar la causa de un problema de alta vibración. Se determinó que la vibración era resultado de un desbalance de corrientes en el estator, que producía un desbalance en el campo magnético que mostraba puntos calientes en el estator, degradando el aislamiento y causando excentricidad entre el rotor - estator. Esta era la causa de la vibración sobre el acople del eje de un conjunto motor-bomba, los intervalos de inspección normalmente inician con una frecuencia de una vez al mes, luego se incrementan a dos, tres, hasta encontrar la frecuencia de inspección óptima.

Se debe recordar que los costos de una falla catastrófica son mucho más elevados que el costo de una inspección, que ayuda a organizar el período de un reemplazo ó reparación de equipo.

### 2.6.5. PARTES AISLADAS DE USO GENERAL.

La aislación esta presente en varias partes de la máquina giratoria, aquí sólo daremos una descripción general de esta compleja estructura.

### 2.6.6. DEVANADO DEL ESTATOR.

El devanado del estator, al igual que sus terminales, son los principales conductores de corriente eléctrica. Las bobinas del devanado estático tiene aislación tanto para tierra como entre conductores. Las cuñas y tapas en ranuras y otros soportes mecánicos aislantes son parte del ensamblado del estator.

### 2.7. CÓMO SE DETERMINAN LOS NIVELES DE FALLA DE UN MOTOR

Para cualquier tecnología, los datos adquiridos deben de ser comparados con valores base y es ideal formar una estadística anual con el fin de evaluar su comportamiento. Cualquier cambio debería de ser investigado para determinar la posible existencia de un problema.

Los datos de placa o recomendaciones del fabricante son un punto de partida muy bueno para formar la base de las inspecciones.

### 2.8. SI UN MOTOR ALCANZÓ NIVELES DE FALLAS, ¿QUE ACCIÓN SE DEBE TOMAR?

Las acciones posibles son:

- Sacar fuera de línea al motor
- Reducción del ciclo de trabajo

- Evitar que trabaje intermitente, permiso de trabajar en forma continua solamente.
- Incrementar su frecuencia de inspección para tenerlo más vigilado. Es importante el chequeo del historial de mantenimiento de este equipo con el fin de verificar que tipos de trabajo se le han hecho últimamente.

## 2.9. ZONAS DE FALLA EN UN MOTOR.

En la mayoría de los motores los conductores y conectores de los sistemas de distribución de energía son causantes de los problemas en la eficiencia de un motor. Muchas veces un nuevo o perfecto motor es instalado en circuitos de distribución problemáticos. Esto causa problemas como armónicas, desbalances de corriente y de voltaje.

Los motores eléctricos de inducción son piezas fundamental en todo proceso industrial, su robustez, bajo costo, fácil mantenimiento y versatilidad los han hecho popular con aplicaciones que van desde artefactos caseros hasta equipos más sofisticados de tipo industrial. Siendo una máquina eléctrica rotatoria y simple en su construcción física, la clasificación del tipo de fallas puede estar dividida en tres grupos:

- Fallas Mecánicas.
- Fallas Eléctricas.
- Fallas de enlace de potencia.

### 2.9.1. FALLAS MECÁNICAS.

El desbalance mecánico es una de las causas más comunes que producen variaciones, el desbalance produce oscilaciones importantes en el par instantáneo requerido por el motor, produciendo la fatiga de los elementos de transmisión tales como correas, poleas, chavetas, rodamientos y ruedas dentadas.

#### 2.9.1.1. FUENTE DE DESBALANCE

Los problemas que pueden producir desbalance son:

- Aglomeración del polvo en los alabes de un ventilador.
- Excentricidad del motor.
- Errores de máquina (defectos constructivos)
- Distribución desigual en las barras de rotor de motores eléctricos o en el embobinado.
- Pesos de balanceo que faltan.

#### 2.9.1.2. FALLAS EN LOS RODAMIENTOS.

Las fallas en los rodamientos son las más comunes en los motores, se manifiestan por vibraciones de alta frecuencia, sin embargo a medida que el daño es mayor las frecuencias van disminuyendo. Una vez detectada la falla el rodamiento debe ser reemplazado, debido a que la falla seguirá incrementándose.

#### 2.9.1.3. COJINETE DE RODAMIENTO.

La mayoría de los motores eléctricos utilizan cojinetes de rodamientos, la vida útil de un rodamiento puede ser de varios años. Aproximadamente 70% de las fallas

en los motores resultan de problemas en cojinete de rodamientos; sin embargo, la gran mayoría de estos fallos se debe al montaje inadecuado de los rodamientos, la lubricación incorrecta o esfuerzos excesivos.

Se debe evitar desmontar el motor para comprobar el estado de los rodamientos, procediéndose a esa comprobación durante el funcionamiento del motor por la “auscultación” del rodamiento. Se puede hacer esto con un astoscopio, un pedazo de madera dura o incluso un destornillador. Un ruido continuo, de baja intensidad, indicará un funcionamiento normal; por el contrario un ruido agudo, penetrante indicará falta de lubricación y un ruido irregular alto, indicará que las esferas, rodillos o pistas están dañadas, también se pueden detectar utilizando analizador de vibración.

#### 2.10. CAUSAS COMUNES DE FALLAS EN LOS RODAMIENTOS.

- Carga excesiva.
- Falta de alineamiento.
- Defectos de asientos del eje y/o de las perfecciones en el alojamiento.
- Montaje defectuoso.
- Lubricación inadecuada o incorrecta.
- Sellado deficiente

#### 2.11. FALLAS ELÉCTRICAS.

Las fallas de la simetría de los bobinados se producen por defectos de construcción, este problema se da especialmente en motores que han sido rebobinados en talleres sin seguir todas las normas técnicas para realizar este tipo

de trabajo. La simetría de los bobinados producen pequeños campos magnéticos que giran en sentido contrario al campo magnético del estator, “este efecto produce esfuerzos que son directamente proporcional al cuadrado de la corriente”, estos esfuerzos alcanzan su máximo valor en el momento de arranque del motor.

#### 2.11.1.FALLAS EN LA SIMETRIA DE LOS BOBINADOS DEL ROTOR (JAULA DE ARDILLA).

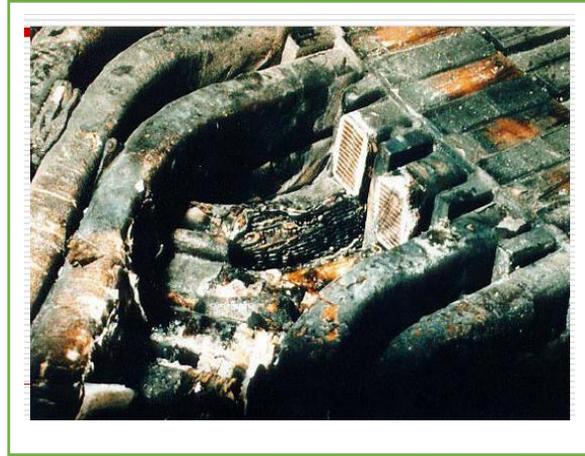
Al igual que en el estator, la simetría de las barras del rotor de un motor de inducción estas se deben a fallas constructivas, barras rotas o agrietadas y barras sueltas, que pueden propagarse a barras vecinas o dañar a los devanados del estator cuando se producen deformaciones, que también pueden afectar a las láminas de material ferromagnéticos que forman el núcleo.

#### 2.11.2.BOBINAS DEL ESTATOR

La mayoría de las fallas que se presenta en un motor están relacionadas con los daños en el estator que se producen por el deterioro del aislamiento de las bobinas.

Estas fallas producen calentamiento, sobretensiones, movimiento de las bobinas, corrientes elevadas, todo esto puede dar como resultado cortocircuitos entre bobinados de diferentes fases o entre los bobinados y tierra. (Véase FIGURA 2.9).

Figura 2.9 falla fase - tierra  
Fuente: [www analisis motor eléctrico.com](http://www analisis motor eléctrico.com)



### 2.11.3. BOBINAS DEL ESTATOR

Esta clase de falla, en el aislamiento es típicamente causada por la presencia de partículas metálicas, materiales abrasivos, vibración o picos de voltaje. (Véase FIGURA 2.10)

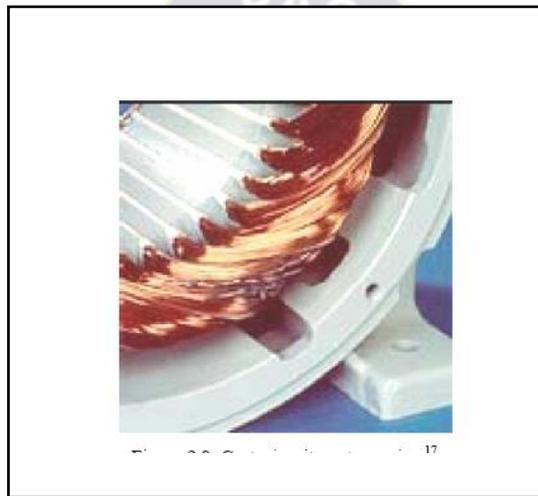
Figura 2.10 falla fase - fase  
Fuente: [www analisis motor eléctrico.com](http://www analisis motor eléctrico.com).



#### 2.11.4. CORTOCIRCUITO ENTRE ESPIRAS.

Esta clase de falla es a consecuencia del aislamiento de los alambres, ya que estos alambres llevan una película de aislamiento dieléctrico, cada vez que pierde su propiedad dieléctrica se provoca corto circuito en las espiras. (Véase FIGURA 2.11)

Fig. 2.11 circuito entre espiras  
Fuente: Electromotores de Costa Rica

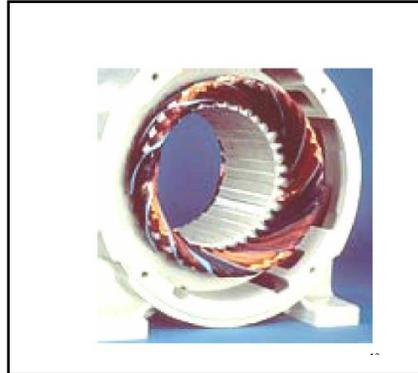


#### 2.11.5. FALLA POR DESBALANCES DE VOLTAJE.

El deterioro térmico del aislamiento en una fase del bobinado puede resultar de voltaje desbalanceado. Esto usualmente es causado por desbalances de carga en el sistema eléctrico, conexiones deficientes en los terminales del motor. Falla por sobrecarga.

El deterioro térmico del aislamiento en las tres fases del bobinado es causado típicamente por demandas de carga que exceden la potencia del motor. (Véase FIGURA 2.12)

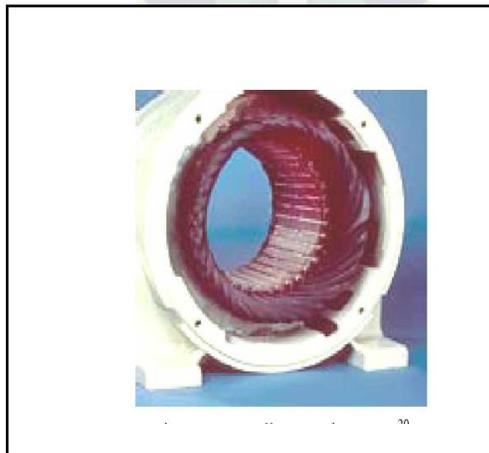
Fig. 2.12. Desbalance de voltaje  
Fuente: electromotores de Costa Rica.



#### 2.11.6. FALLA POR SOBRECARGA.

El deterioro térmico del aislamiento en las tres fases del bobinado es causado típicamente por demandas de carga que exceden la potencia del motor. Nota: Bajo voltaje y sobre voltaje excediendo el estándar de *nema* resultarán en el mismo deterioro del sistema de aislación. (Véase FIGURA 2.13)

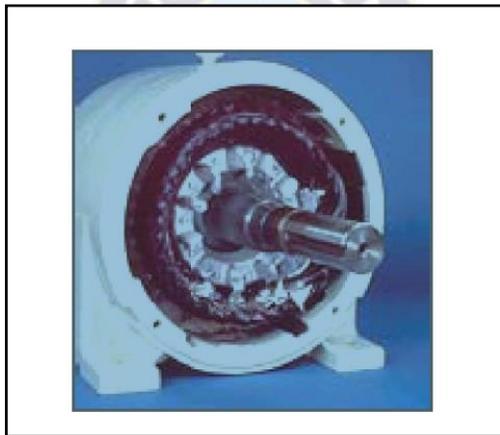
Fig. 2.13 Falla por sobre carga  
Fuente: Electromotores Costa rica



### 2.11.7. FALLA POR ROTOR BLOQUEADO

Un severo deterioro térmico del aislamiento en las tres fases del motor es causado por corrientes excesivamente altas debido a la operación a rotor bloqueado o semi-bloqueado. Esto también puede ocurrir por arranque o reversión de giro excesivo (fuera del rango permitido). (Véase FIGURA 2.14)

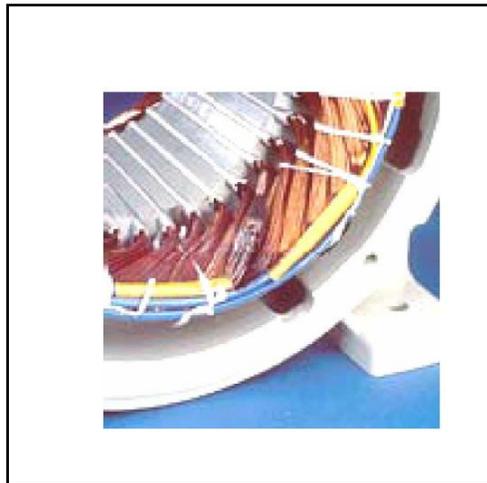
Fig. 2.14. Falla por rotor bloqueado  
Fuente: Electromotores Costa Rica



### 2.11.8. FALLA POR PICO DE VOLTAJE.

Esta falla en el aislamiento es causada por picos de voltaje. Los picos de voltaje son frecuentemente el resultado de “switchero” en los circuitos de potencia, descargas eléctricas (rayos). (Véase FIGURA 2.15).

Fig. 2.15 fallo por pico de voltaje  
Fuente: Electromotores Costa Rica



#### 2.11.9. BOBINADOS DEL ESTATOR SUELTOS.

Si los bobinados eléctricos del estator están sueltos. Los niveles de vibración a dos veces la frecuencia de la red aumentara. Este tipo de falla es muy destructivo, ya que daña el aislamiento de los conductores, provocando cortocircuitos entre los devanados, incluso a tierra y fallo del estator.

#### 2.11.10. RANURAS DEL ESTATOR Y RANURAS DEL ROTOR.

La ranura del estator como del rotor son ranuras o canaletas ubicadas en la superficie o muy cerca de ella del estator.

Las ranuras pueden ser abiertas, semicerradas o cerradas, estas ranuras estan apiladas una tras otras, hechas de un material ferromagneticas que a su vez se alojan los conductores o bobinas para la creación del campo magnetico; pero deben estar aisladas entre si con un material no conductor, para evitar cortocircuitos al momento de crear el campo magnetico.

## 2.12. INSPECCIÓN Y AVERIAS DE LOS MOTORES.

MOTORES DE C.A. ASINCRONOS, POLIFASICOS. El motor falla durante el arranque, zumba, no toma velocidad o tarda demasiado para adquirir velocidad:

### 2.12.1. CALENTAMIENTO DEL MOTOR.

- Como consecuencia de un corto circuito, en una de las fases del bobinado ésta tendrá varios conductores en paralelo por lo tanto menor resistencia que las otras dos fases, provocando desequilibrio en las fases del mismo.
- Por exceso de carga, el motor absorber más corriente lo que origina un calentamiento.
- Cuando el motor es de rotor en cortocircuito o jaula de ardilla, el calentamiento puede producirse por fallo en el contacto entre las barras alojadas, en las ranuras y los aros que los ponen en cortocircuito.

### 2.12.2. EL MOTOR NO SE PONE EN MARCHA.

- Por falta de una de las tres fases.
- Por conexión equivocadas en la placa de bornes.
- Por roce del rotor con el estator.
- Por agarrotamiento de cojinetes.

### 2.12.3. ARRANCA EL MOTOR, NO ADMITE CARGA.

- La conexión está equivocada en alguna de sus fases.

### 2.12.4. EL MOTOR ARRANCA A SU VELOCIDAD, PERO TOMA MAYOR AMPERARJE.

- Este defecto obedece a varias causas: conexión inadecuada falta de alambre en las bobinas o equivocación en el número de alambre en el número de alambre.

#### 2.12.5. EL MOTOR ARRANCA, PERO SE CALIENTA INMEDIATAMENTE UN GRUPO DE BOBINA.

- Se debe a que el grupo que se calienta se encuentra invertido en sus conexiones.
- Motor polifásico funciona como monofásico.
- Fusible quemado o relé de sobrecarga descompuesto.
- Verifíquese si hay carga o conexiones abiertas.
- Reduzcense la carga, aplíquense ventiladores eternos.
- Quitense el polvo, utilizando un ventilador externo.

#### 2.12.6. EL MOTOR TRABAJA BIEN; PERO NO TIENE FUERZA.

- Hay dos causas: conexión inadecuada.
- Barras flojas del rotor.

#### 2.13. CONDUCTORES ELÉCTRICOS

En general la palabra “conductor” se usa con un sentido al del alambre, ya que por lo general un alambre es de sección circular, mientras que un conductor puede tener otras formas (por ejemplo barras rectangulares o circulares), sin embargo, es común que a los alambres se les designe como conductores.

La mayor parte de los conductores usados en las instalaciones eléctricas son de cobre (Cu) o aluminio (Al) debido a su buena conductividad y que comercialmente no tienen un costo alto ya que hay otros que tienen un costo elevado que hacen antieconómicas su utilización en instalaciones eléctricas, aun cuando tienen mejor conductividad.

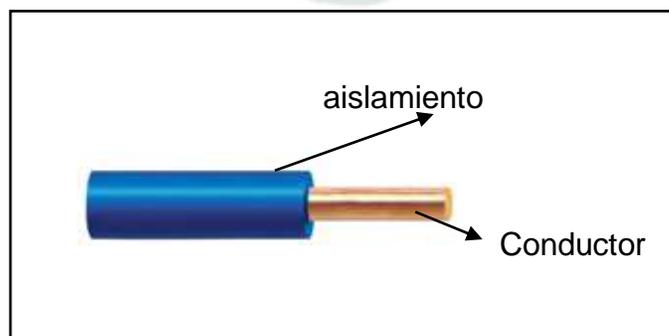
Comparativamente el aluminio es aproximadamente un 16% menos conductor que el cobre, pero al ser mucho más liviano que éste, resulta un poco más económico

cuando se hacen estudios comparativos, ya que a igualdad de peso se tiene hasta cuatro veces más cantidad de conductor que el cobre.

Como se menciona antes, para instalaciones eléctricas se fabrican de sección circular de material sólido o como cables dependiendo la cantidad de corriente por conducir y su utilización, aunque en algunos casos se fabrican en secciones rectangulares o tubulares para altas corrientes. Debido al punto de vista de las normas, los conductores se han identificado por un número, que corresponden a lo que comúnmente se conoce como el calibre y que normalmente se sigue el sistema americano de designación AWG (American Wire Gauge) (ancho de vía de cable estadounidense), siendo el más grueso el número 4/0, siguiendo en orden descendente del área del conductor los números 3/0, 2/0, 1/0, 1,2,3,4,6,8,10,12,14,18,y 20. Ver tabla 1, de conductores en (Véase ANEXO 2).

Para conductores con un área del designado como 4/0, se hace una designación que está en función de su área en pulgadas, para lo cual se emplea una unidad denominada el circular Mil, siendo así un conductor de 250 corresponde aquel cuya sección sea de 250,000CM y así sucesivamente. Se denomina CIRCULAR MIL a la sección de un círculo que tiene un diámetro de una milésima de pulgada (0.001plg). (Véase FIGURA 2.16)

Fig. 2.16 sección de un conductor  
Fuente: Centellas cables de energía y telecomunicaciones.



### 2.13.1. AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS.

Existen una amplia variedad de aislamientos para conductores, satisfaciendo los requerimientos de las distintas aplicaciones. Estos tipos de aislamientos están diseñados sobre una forma estándar y todos los cables están marcados con información sobre su tamaño, ya sea expresado en AWG o KCMIL, su voltaje y su tipo de aislamiento.

El aislamiento de los cables se designan como:

A= Aislamiento de asbesto

MI= Aislamiento Mineral

R= Aislamiento de hule

SA= Aislamientos de Silicio-asbesto

T= Aislamiento termoplástico

V= Aislamiento de Cambray barnizado

X= Aislamiento de polímero sintético barnizado

Los cables también se designan por su medio de operación como:

H= Resistente al calor hasta 75°C

HH= Resistente al calor hasta 90°C

Si no hay designación, significa 60°C

W= Resistente a la humedad

UF= Para uso subterráneo

El tipo indica 75°C, con aislamiento termoplástico para uso en ambientes húmedos.

<sup>5</sup>El tipo XHHW representa un cable con aislamiento sintético de polímetro trenzado para operar hasta 90°C.

#### 2.13.2. AMPACIDAD ESTANDAR Y DEGRADACIÓN POR TEMPERATURA.

La ampacidad de un cable es su capacidad de conducción continua de corriente bajo condiciones específicas. Estos datos sobre ampacidad o capacidad de la conducción de corriente se ven en las tablas 4.1 (Véase ANEXO 3)

#### 2.13.3. COMPONENTES ELÉCTRICOS.

Los elementos y sistemas de protección son dispositivos que permiten detectar condiciones de circulación de corrientes excesivas o anormales, definidas como Sobrecargas, Cortocircuitos, Fallas a Tierra Etc., e interrumpir la conexión de la línea de alimentación u ordenar su interrupción a través de elementos de maniobra (llaves, interruptores, etc.), acoplados al dispositivo de protección.

Existen sistemas de protección que también permiten detectar condiciones de sobretensión o baja tensión, actuando automáticamente sobre los elementos de maniobra.

Estos sistemas tienen dos objetivos fundamentales:

- Proteger de daños a los distintos elementos que constituyen la instalación y a los equipos o dispositivos conectados a ella.
- Proteger a las personas contra accidentes eléctricos.

#### 2.13.4. PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

---

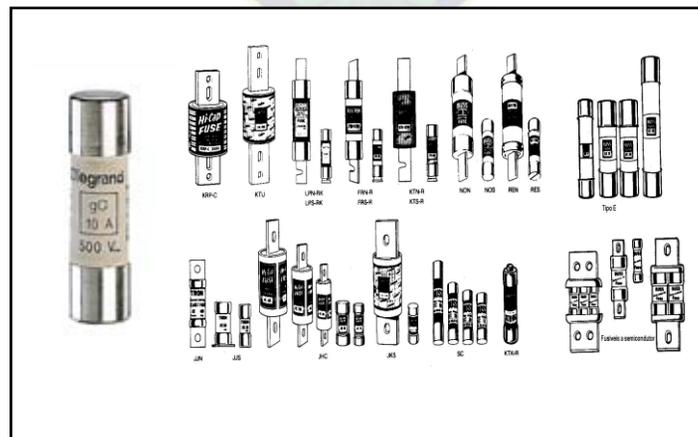
<sup>5</sup> Ing. Gilberto Enriquez Harper. Edición Noriega. Pag. 93-97

En el primer caso, es decir, dispositivos destinados a proteger la instalación (es decir, a los cables conductores), su capacidad de ruptura debe ser tal que evite que los circuitos a los cuales está protegiendo superen los valores de corriente máxima para los cuales han sido calculados, evitando de esta manera que éstos sean dañados por recalentamiento. De esta manera se evitan también los riesgos de incendio por sobrecalentamiento de los conductores, causa muy frecuente de este tipo de accidente.

Dentro de esta clasificación encontramos:

FUSIBLE. La manera más elemental de protección es por medio de un fusible, trozo de alambre o lámina conductora que se fabrica calibrando su punto de ruptura, e intercalándolo en el circuito de manera que se "funda" e interrumpa la circulación de corriente cuando ésta supera los valores normales previstos por el cálculo. (Véase FIGURA 2.17)

Fig. 2.17 tipos de fusibles  
Fuente: Marco Antonio Ribeiro (automatización industrial)



Los interruptores Automáticos termomagnéticos son dispositivos modernos de protección, que reemplazan ventajosamente la tradicional protección con fusibles.

En caso de cortocircuito cortan instantáneamente la corriente por acción electromagnética y en caso de sobrecarga la cortan en forma retardada por efecto térmico, siendo dicho retardo mayor cuando menor es la sobrecarga.

En el mercado se los consigue diferenciados por la cantidad de polos (unipolares, bipolares, tripolares) y además por su distinta característica de interrupción (denominada Curva de Disparo), de acuerdo a la siguiente clasificación:

- Clase "C", utilizados en instalaciones domiciliarias, donde las corrientes son más constantes y uniformes, y en circuitos de iluminación.
- Clase "D", utilizado en los circuitos que alimentan motores, principalmente de gran potencia, ya que estos absorben una mayor corriente en el momento de arranque.

La ventaja de estos interruptores es que no hay que sustituirlos cuando se produce una falla en el circuito. Al actuar interrumpiendo la corriente (y una vez subsanado el inconveniente), simplemente se acciona nuevamente la palanca y vuelven a funcionar, restableciendo el circuito sin pérdida de tiempo.

Además, utilizando unidades bipolares o tripolares, aún cuando la falla se produzca en una sola de las fases, se interrumpen simultáneamente todas las fases protegidas.

Existen interruptores para las siguientes intensidades (valores nominales de la carga de la instalación): (Véase TABLA 1.2) intensidad de corriente.

Tabla 1.2 Intensidad de corriente  
Fuente: Marco Antonio Ribeiro (automatización industrial)

<b>Clase C 10, 15,20,25,35 A</b>
<b>Clase D 10,15, 20, 25,35, 50,70,y 100 A</b>

Existen también interruptores automáticos que permiten proteger la instalación y los artefactos (cuando el voltaje de línea supera los 220-380 V),

Existen tres tipos de termomagnético: unipolar, bipolar, tripolar. (Véase FIGURA 2.18).

Fig. 2.18 Tipos de termo magnético. Unipolar, Bipolar, Tripolar  
Fuente: Prof. Hilton Moreno (manual de instalación industrial).



#### 2.14. ELEMENTOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

El objetivo de una instalación eléctrica es fundamentalmente cumplir con los servicios que fueron requeridos durante la etapa del proyecto, es decir, en esencia proporcionar servicio con el propósito de que la energía eléctrica satisfaga los requerimientos de los distintos elementos receptores que la transformarán según sean las necesidades.

<sup>6</sup>Dentro del concepto genérico de instalación eléctrica se puede catalogar a todo tipo de instalación desde la generación hasta la utilización de la energía eléctrica, pasando por las etapas de transformación, transmisión y distribución siendo así como se clasifican en instalaciones eléctricas de:

- a) Alta tensión (80, 100, 110, 220, 345 kv)
- b) Extra alta (más de 345 kv)
- c) Media tensión (66, 44, 32 kv)
- d) Distribución baja tensión (23, 20, 13.2, 4.16, 0.440, 0.220, 0.127 kv)

Esta clasificación está de acuerdo a las tensiones empleadas en los sistemas eléctricos, ya que el reglamento de obras e instalaciones eléctricas establece otros rangos para un tipo específico de instalaciones eléctricas.

#### 2.15. CONCEPTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

Para los propósitos de este proyecto se entenderá como instalación eléctrica al conjunto de elementos necesarios para conducir y transformar la energía eléctrica para que sea utilizado en las máquinas y aparatos receptores para su utilización final. Cumpliendo con los siguientes requisitos.

- a) Ser segura contra accidentes y incendios.
- b) Eficiencia y económica.
- c) Accesible y fácil de mantenimiento.
- d) Cumplir con los requisitos técnicos que fija el reglamento de obras e instalaciones eléctricas.

---

<sup>6</sup> Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales  
Autor: Enriquez Harper (Lumusa) pag,65

## 2.16. ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

Dado que en esta parte solo se tratarán las instalaciones de baja tensión, se hará mención a los elementos que intervienen en este tipo de instalaciones.

En principio en una instalación eléctrica intervienen como elementos principales para conducir, proteger y controlar la energía eléctrica y los dispositivos receptores entre ellos tenemos:

- a) Conductores eléctricos.
- b) Canalizaciones eléctricas
- c) Conectores para las canalizaciones eléctricas.
- d) Accesorios adicionales.
- e) Dispositivos de protección.

Considerando que las instalaciones eléctricas pueden ser: visibles, ocultas, parcialmente ocultas y a prueba de explosión según sean las necesidades que se requieren en el servicio que se preste.

## 2.17. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE MOTORES.

Las instalaciones industriales son básicamente de dos tipos:

- a) Instalaciones eléctricas para alumbrado.
- b) Instalaciones eléctricas para fuerza.

En esta parte se discutirá fundamentalmente las instalaciones eléctricas para fuerza y en particular para motores eléctricos

En la instalación eléctrica de motores interviene principalmente los elementos que se indican en el siguiente diagrama. (Véase ANEXO 4).

Para describir los elementos de la instalación de un motor es conveniente tener los siguientes conceptos:

1. CORRIENTE NOMINAL DE UN MOTOR. Se denomina <sup>7</sup>corriente nominal de un motor a la corriente que demanda cuando está trabajando a plena carga (potencia nominal).

2. CORRIENTE DE ARRANQUE DE UN MOTOR. Es la corriente que demanda cuando se pone en operación, y su valor es considerablemente mayor que la corriente nominal. La corriente de arranque depende de la reactancia del motor (inductiva), que generalmente se designa por las primeras letra del alfabeto como clave.

ALIMENTADOR (A). El alimentador es el conductor que alimenta a un grupo de motores eléctricos y su calibre se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$I = 1.25 I_{pc} (\text{mayor motor}) + \sum I_{pc} (\text{otros motores})$$

$I_{pc}$  = corriente a plena carga

$\sum I_{pc}$  = suma de las corrientes a plena carga de varios motores

3. PROTECCIÓN DEL ALIMENTADOR (B). La protección del alimentador tiene por objeto proteger al conductor contra sobrecargas, ya sea por medio de fusibles o interruptores automáticos.

Se debe calcular para una corriente que tome en cuenta la corriente de arranque del motor mayor más la suma de las corrientes nominales de los otros motores.

---

<sup>7</sup> Manual de instalaciones eléctricas residenciales  
E industriales ( autor: Enriquez harper ) pag 188

$I = I_{arranq}(\text{motor mayor}) + \sum I_{pc}(\text{otros motores})$   
 $I = \text{corriente para seleccionar la protección del alimentador.}$

$I_{pc} = \text{corriente a plena carga de motores (corriente nominal).}$

4. CIRCUITO DERIVADO (D). Los conductores que alimentan a cada motor de la instalación recibe el nombre de circuito derivado y van desde el tablero de distribución o del alimentador a cada motor. Estos conductores se calculan para una sobre carga de 25%, de manera que el calibre del circuito derivado se calcula con una corriente

$I = 1.25 I_{pc}$   
 $I = \text{corriente del circuito derivado}$

$I_{pc} = \text{corriente a plena carga del motor}$

5. PROTECCIÓN DEL CIRCUITO DERIVADO (C). La protección del circuito derivado se hace por medios de fusibles y se deba calcular para una corriente que puede ser la corriente de arranque o una corriente de cortocircuito.

El objeto de esta protección es de proteger el conductor, no al motor y debe permitir el arranque del motor sin que se abra el circuito. Se selecciona de acuerdo con tablas proporcionadas por fabricantes.

6. DESCONECTOR(E). El desconectador tiene por objeto aislar el motor del circuito derivado con el fin de poder hacer ajustes o reparaciones en el motor sin peligro alguno. Este desconector consiste de un interruptor que debe soportar una corriente mínima.

$I = 1.15 I_{pc}$

7. PROTECCION DEL MOTOR(F). La protección del motor tiene por objeto proteger el motor contra sobrecarga. Para evitar que el motor se sobrecaliente permitiéndose al motor solamente una sobre carga del 25% de manera que la protección del motor se selecciona para una corriente que es 25% mayor que la corriente nominal.

$$I = 1.25 I_{pc}$$

8. CONTROL DEL MOTOR(G). Se denomina control del motor al aparato que sirve para arrancar, controlar, o parar la operación del motor. Este aparato depende del motor; puede ser un simple interruptor de navaja, un desconector manual o automatico con resistencias o reactancias que se pone en serie cuando arranca el motor y luego se desconecta.

9. CONTROL SECUNDARIO DEL MOTOR(H). El control secundario del motor se hace en los motores de rotor devanado y consiste en un reóstato que se conecta al motor, se pone todas las resistencias en serie y se va decreciendo poco a poco hasta que el motor adquiera su velocidad nominal. Con esto se logra que el motor toma una relativamente baja.

#### 2.17.1. ¿ QUÉ ES POTENCIA?

La potencia es la capacidad de producir o demandar energía de una máquina eléctrica, equipo o instalación por unidad de tiempo.

¿Cuántos tipos de potencias existen?. En todo circuito eléctrico, para el funcionamiento de los diferentes equipos y máquinas se encuentran presentes las siguientes potencias:

➤ Potencia Aparente.

- Potencia Ractiva.
- Potencia Activa.

POTENCIA APARENTE (S): es la potencia que determina la prestación en corriente de un transformador y resulta de considerar la tensión aplicada al consumo por la corriente que éste demanda.

La potencia aparente se representa con la letra “S” y su unidad de medida es el volt-ampere (VA). La fórmula matemática para hallar el valor de este tipo de potencia es la siguiente.

$$S = V * I$$

Donde:

S= potencia aparente o total, expresada en (volt).

I = intensidad de la corriente eléctrica expresada en ampere (A).

Unidad de medida: Volt- amper (VA).

POTENCIA ACTIVA (P). es la que se aprovecha como potencia útil en el eje del motor, la que transforma en calor.

La potencia activa se representa con la letra “P” expresada en (W), el valor de esta potencia es la siguiente:

$$P = V * I \cos \phi$$

Donde:

P = potencia de consumo eléctrico, expresada en Watt (W).

I = intensidad de la corriente que fluye por el circuito, en amper (A).

Cos  $\theta$  = valor del factor de potencia o coseno de “Fi”.

Unidad de medida WATTS (W).

POTENCIAS REACTIVA (Q): es la potencia que los campos magnéticos rotantes de los motores o balastos de iluminación intercambian con la red eléctrica sin significar un consumo de potencia útil o activa.

Al igual que las demás, ésta potencia se expresa en (VAr), el valor de esta potencia es la siguiente:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Donde:

Q = valor de la carga reactiva o inductiva, en volt- ampere reactivo (VAr).

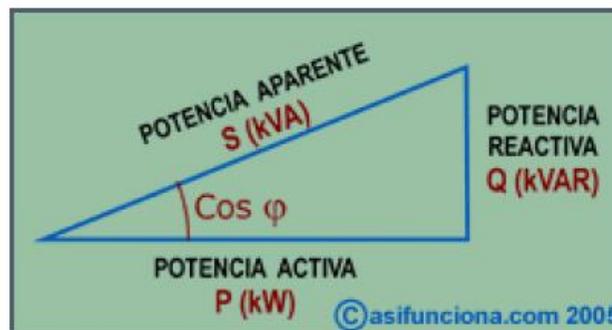
S = valor de la potencia aparente o total, expresada en volt-ampere (VA).

P = Valor de la potencia activa o resistiva, expresada en WATT.

Unidad de medida Volt-ampere reactivo (VAr).

Al coseno del ángulo (coseno  $\theta$ ) que forman los factores de potencia se lo denomina factor de potencia, tomando valores entre 0.80- 0.90 (véase FIG.2.19)

Fig. 2.19 Triangulo de potencia  
Fuente: Mario A. Renzetti (notas sobre electricidad)



## 2.17.2. ARRANQUE DE LOS MOTORES.

Para el arranque de los motores asíncronos se requiere una corriente elevada que puede provocar una caída de tensión en los demás consumidores, de manera especial si la sección de los cables de alimentación del motor no es lo suficientemente grande. Muchas veces, esta caída de tensión resulta perceptible en los aparatos de alumbrado.

En el arranque de motores asíncronos conectados directamente a la red eléctrica la corriente inicial puede llegar a ser 6 veces superior a la nominal, y su par de arranque inicial 1,5 veces mayor que el nominal.

Para evitar este incremento de la corriente y del par se suelen utilizar diversos sistemas de arranque que limitan la corriente en el instante inicial. En el caso de motores de jaula de ardilla, los métodos de arranque que se utilizan se basan en una reducción de la tensión aplicada en los bornes del estator del motor. Estos métodos son:

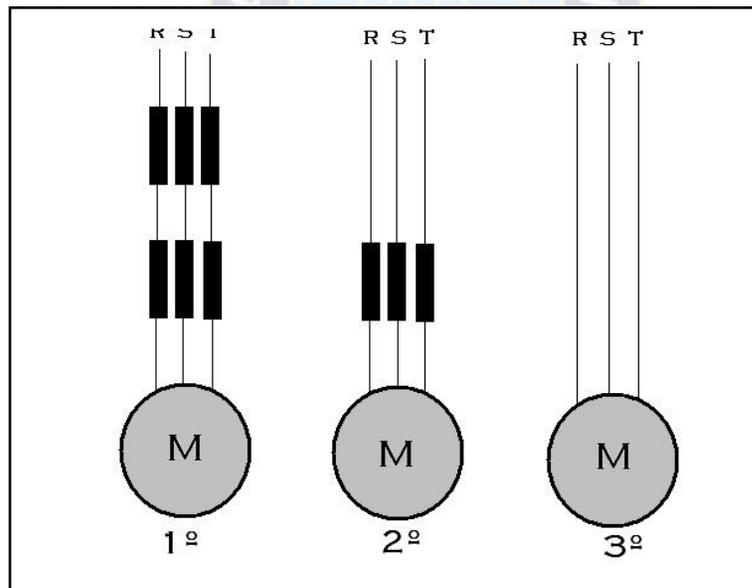
- Inserción de una impedancia estatórica.
- Arranque por autotransformador.
- Arranque estrella-triángulo.
- arranque por tiristores.

En el caso de motores de rotor bobinado, además de los métodos anteriores, la corriente inicial se puede limitar por medio de la inserción de resistencias en el circuito del rotor gracias a los anillos rozantes.

### 2.17.3. ARRANQUE CON IMPEDANCIA EN EL ESTATOR.

En este tipo de arranque se busca disminuir la tensión aplicada a los bornes del estator del motor por medio de la inclusión de resistencias. En el momento del arranque todas las resistencias estarán conectadas y posteriormente, cuando el motor adquiera velocidad, se irán desconectando paulatinamente. En las figuras se representa el arranque de un motor mediante resistencias estáticas en tres tiempos, así como las curvas de la corriente y del par en función de la velocidad para los tres tiempos. (Véase. FIGURA 2.20)

Fig.2.20 Arranque con impedancia del estator  
Fuente: instalaciones eléctricas industriales Joao Mamede Filho.

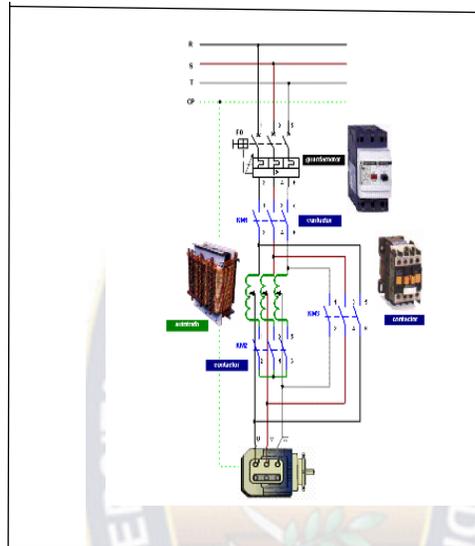


### 2.17.4. ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR

Se intercala un autotransformador entre el motor y la red para modificar la tensión aplicada a los devanados del estator. Un esquema de este tipo de arranque se representa en la figura. Al igual que en el caso anterior, el proceso de arranque puede tener varios tiempos.

Este tipo de arranque precisa de una serie de equipos de maniobra de precio elevado, por lo que su utilización sólo se encuentra justificada en el caso de motores de grandes potencias. (Véase. FIGURA 2.20)

Fig.2.20 Arranque por autotransformador  
Fuente: instalaciones eléctricas industriales Joao Mamede Filho.

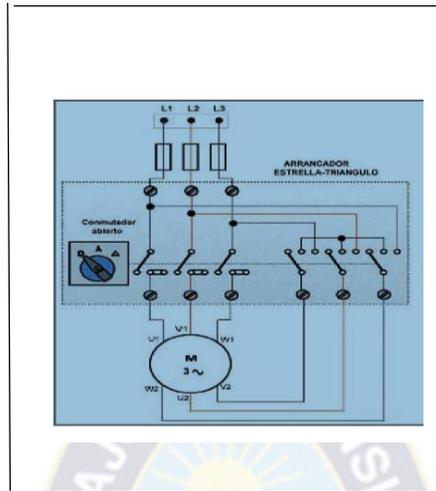


#### 2.17.5. ARRANQUE ESTRELLA-TRIÁNGULO.

Este arranque se lleva a cabo en aquellos motores que, en su caja de conexiones, tienen disponibles los seis terminales correspondientes a los devanados de las tres fases del estator.

Este método consiste en conectar en el momento del arranque los devanados en forma de estrella, de manera que la tensión aplicada a cualquiera de los devanados del motor será la tensión de fase; y cuando el motor adquiera velocidad se conectan los devanados en triángulo, y así la tensión aplicada a cada uno de los devanados del estator es la tensión de línea. (Véase. FIGURA 2.21)

Fig.2.21 Arranque por Estrella - triángulo  
Fuente: instalaciones eléctricas industriales Joao Mamede Filho.

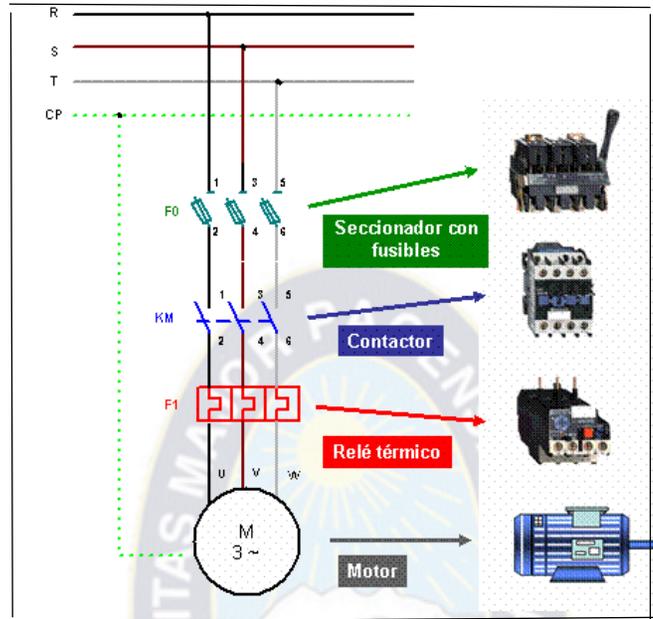


#### 2.17.6. ARRANQUE POR INSERCIÓN DE RESISTENCIAS EN EL CIRCUITO ROTÓRICO.

En los motores de anillos rozantes se puede limitar la corriente de arranque por medio de la inclusión en el circuito rotórico de resistencias, que posteriormente, a medida que el motor gane velocidad, se irán cortocircuitando.

En las figuras se representa un esquema del arranque de un motor en tres tiempos mediante la inclusión de resistencias en el circuito rotórico, así como las curvas de la corriente y del par en función de la velocidad. (Véase. FIGURA 2.22)

Fig. 2.22 Arranque y conexión de control de un motor  
Fuente: instalaciones eléctricas industriales Joao Mamede Filho





**CAPITULO III**  
**MARCO PRÁCTICO**

### 3. MARCO PRÁCTICO.

#### 3.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN LA BARRACA JUAN PABLO SEGUNDO.

La barraca, Juan pablo 2do, se encuentra en etapa de producción, el mismo que actualmente, trabaja en forma insegura propenso, a parar alguna máquina, por la falta de mantenimiento, al momento se hace conocer el proyecto de mantenimiento a los propietarios de la barraca.

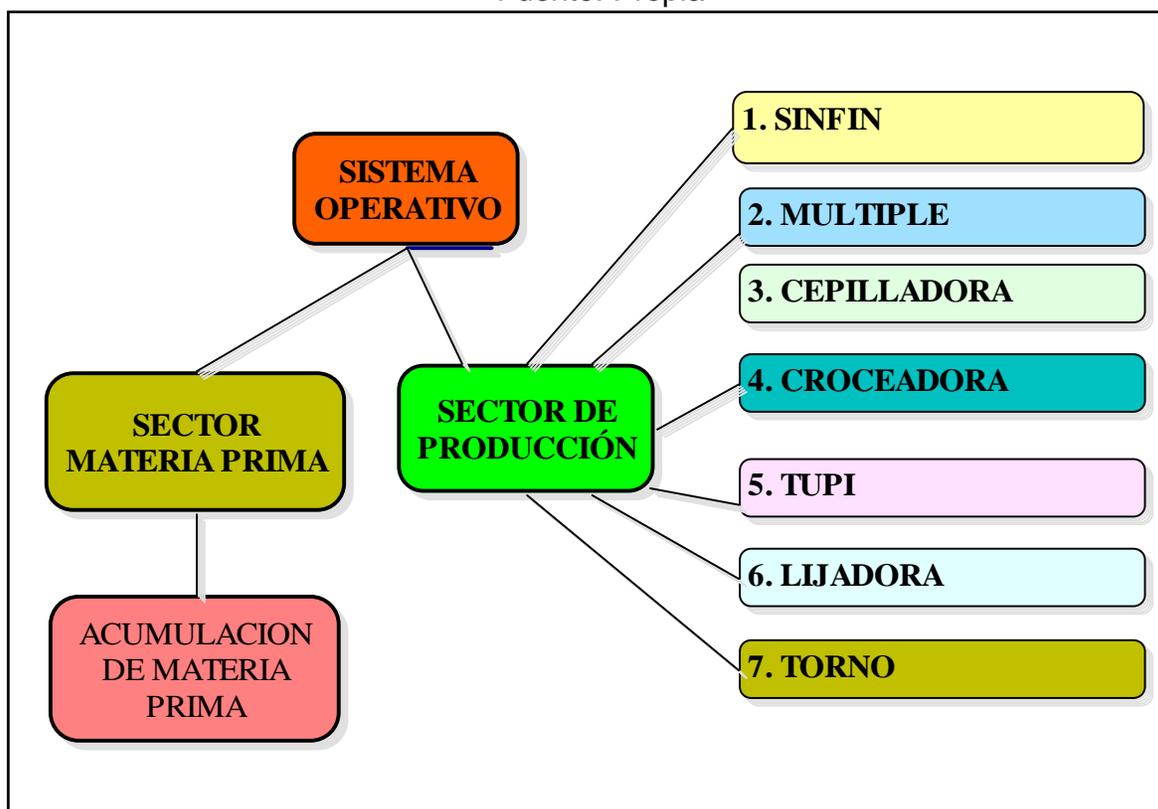
La materia prima a procesar es: cortado de maderas, construcción de puertas, ventanas, listones para la construcción de viviendas. Los cuales tienen diferentes sistemas de proceso que son elaborados de diferentes maneras. Por los años de servicios productivos económicos y sociales prestadas a la comunidad Tarijeña, se deben mejorar los productos que son: puertas, ventanas, muebles, listones para la construcción de viviendas y otros.

La importancia del rendimiento de las maquinarias y equipos de producción, son de mucha preocupación para los propietarios. Otro aspecto importante es la capacitación del operador de maquinaria, preparándolo para el manejo, destreza, habilidad y creatividad, para la elaboración del producto.

#### 3.2. SISTEMA OPERATIVO

El sistema, operativo de producción consta de dos sectores principales, en el esquema, se representa la distribución de las máquinas en cadena de producción.

Mapa conceptual: 3.1 Distribución del sistema de producción  
Fuente: Propia



**SECTOR MATERIA PRIMA.** Sector o depósito de la materia prima, son los tablones provenientes de la región del chaco - Yacuiba, en algunas oportunidades de la provincia de Bermejo del Departamento de Tarija, estos tablones son acumuladas al intemperie de la barraca, con el proyecto se evaluará condiciones adecuadas para la producción, ya que es la economía para la barraca.

**SECTOR DE PRODUCCIÓN.** Lugar donde se elabora listones, ventanas, puertas todo para la construcción de viviendas y otros. La barraca consta de las siguientes máquinas en proceso de producción:

SMP (sector depósito de materia prima)

SPS 01A (sector de producción sinfín)

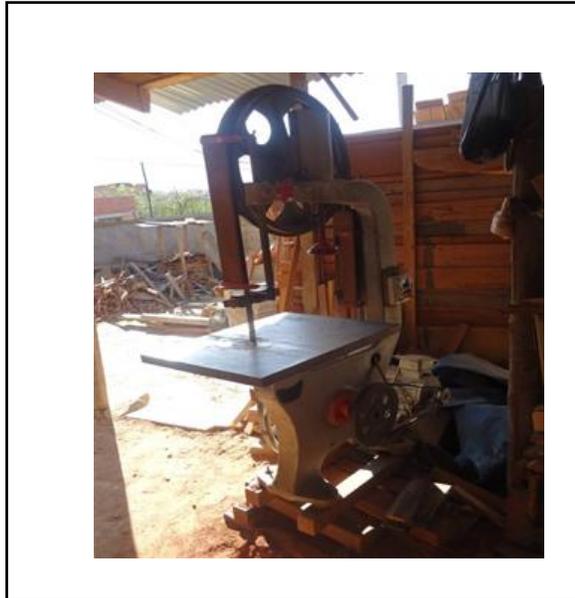
SPM 02B (sector de producción múltiple)  
SPC 03C (sector de producción cepilladora)  
SPG 04D (sector de producción Croceadora)  
SPTU 05E (sector de producción tupi)  
SPACS 06F (sector de producción cinta lijadora)  
SPTO 07H (sector de producción torno).

Para el proceso de producción consideremos los sectores operativos de la distribución del sistema de producción, presentado anteriormente, dividido en dos partes, sector de materia prima, sector de producción.

En el transcurso de la producción de materia terminada, se evidencio que por falta de mantenimiento, no se cumple los requerimientos a entregar, también se detectó, cuando una o dos máquinas están en mantenimiento, o se quema el motor, perjudica la producción del día, al mismo tiempo no producen las demás máquinas ya que están en cadena de producción. Para ello se considera las máquinas en producción como ser las siguientes:

**SINFÍN.** La sierra sinfín es una maquina herramienta para trabajos con maderas, esta máquina se basa en la rotación de una cinta de acero en cuyo borne se han tallado dientes a semejanzas a los dientes de un serrucho, y permite la realización de los más variados cortes, rectos y curvos. La operación más frecuente que se realiza con ella es el contorneado de madera, aunque también puede realizarse cortes rectos.(Véase. FOT0)

Foto 3.2 Máquina Sinfín  
Potencia 7.5 Kw



CARACTERISTICAS TÉCNICAS MAQUINA TUPI	
Motor	7.5 KW
Tipo	Y100L2
rpm	2880
In	14.90 amp
voltaje	380 vol.
Rendimiento %	78
Ciclos por segundos	50 Hz
Factor de potencia	0.90
Kilogramos	33.5
Velocidades de sierra	1450-1800- rpm

Mesa de fundición	700 x 600 mm
Longitud de la cierra dentada	300 cm
peso	150 kg
medidas	Frente 74 cm ancho 50 cm alto 1.80cm

MÚLTIPLE. Esta máquina realiza tres funciones como ser cepillado, groceado, escopleado (realiza huecos u orificios semicírculos), su función principal es hacer orificios, donde el hombre, no alcanza a realizarlo con precisión. En la actualidad solo hace orificios semicirculares.(Véase. FOTO 3.3).

Foto 3.3 Máquina Múltiple  
Potencia 5.5 KW



CARACTERISTICAS TÉCNICAS MAQUINA MULTIPLE	
Motor	5.5 KW
Tipo	ST 90
rpm	1400

In	11.00 amp
voltaje	380
Rendimiento %	69
Ciclos por segundos	50 Hz
Factor de potencia	0.83
Kilogramos	30
Mesa de trabajo	1.80cm x 0.80 cm
Diámetro el del eje	5.0 cm
Altura útil del eje	1.80 cm
peso	550 kg
Medidas	Frente 1.20 cm ancho .080 cm alto 1.10cm
Freno mecánico	

CEPILLADORA. Principalmente esta herramienta realiza trabajos en madera, para rebajar en ambas caras a escuadra, alisado de superficies, cepillado en bisel para sacar cantos. Acabados de buena calidad. Es una operación mecánica con desprendimiento de viruta en la cual se utiliza una máquina llamada cepillo y el movimiento es proporcionado en forma alternativa. (Ver. FOTO 3.4)

Foto 3.4 Máquina Cepilladora  
Potencia 5.5 KW



CARACTERISTICAS TÉCNICAS MAQUINA CEPILLADORA	
Motor	5.5 KW
Tipo	ST 90
rpm	1400
In	11.00 Amp
voltaje	380 voltios
Rendimiento %	0,69
Ciclos por segundos	50 Hz
Factor de potencia	0.83
Kilogramos	34.5
Mesa de fundición	1.20x0.08 cm
Diámetro del rodillo	0.70 cm
Altura útil del eje	0.80 cm

peso	550 kg
Medidas	Frente 1.20 cm ancho .080 cm alto 1.10cm
Freno mecánico	
microinterruptor de seguridad en el acceso de la máquina	
Protección termomagnético del motor	

GROCEADORA. La regruesadora o cepilladora de gruesos, se emplean para obtener una superficie plana paralela a otra anteriormente preparada y a una distancia prefijada de esta. (Véase. FOTO 3.5)

Foto 3.5 Máquina Croceadora  
Potencia 7.5 kw



CARACTERISTICAS TÉCNICAS MAQUINA GROCEADORA	
Motor	7.5KW
Tipo	100L
rpm	1420
In	14.90 Amp

voltaje	380
Rendimiento %	69
Ciclos por segundos	50 Hz
Factor de potencia	0.85
Kilogramos	4.5
Mesa de fundición	1.20x0.08 cm
Diámetro el del eje	5.0 cm
Altura útil del eje	1.80 cm
peso	550 kg
Medidas	Frente 1.20 cm ancho .080 cm alto 1.10cm
Freno mecánico	
microinterruptor de seguridad en el acceso de la máquina	
Protección termomagnético.	

TUPI. La máquina tupie se utiliza para la modificación de perfiles de piezas en madera, creación de ranuras, galces, molduras ,etc. Se encarga de transformar O sacar ranuras, rebajes para tableros, canales, varillas para machimbres, puertas, ventanas y otros afines a la madera(Véase FOTO 3.6).

Foto 3.6 Máquina Tupi  
Potencia 5.5 KW.



CARACTERISTICAS TÉCNICAS MAQUINA TUPI	
Motor	5.5 KW
Tipo	Y100L2
rpm	2880
In	11.00 Amp
voltaje	380 voltios
Rendimiento %	69
Ciclos por segundos	50
Factor de potencia	0.80
Kilogramos	4.5
Variador de velocidades	3000-4000- 6000-8000- 10000 rpm
Mesa de fundición	1.20x0.08 cm

Diámetro del eje	5.0 cm
Altura útil del eje	1.80 cm
peso	550 kg
Medidas	Frente 1.10 cm ancho.085 cm alto 0.90cm
Freno mecánico	
microinterruptor de seguridad en el acceso de la máquina	
Protección termomagnético del motor	

LIJADORA. Un solo motor, esta máquina, se encarga de lijar todo tipo de maderas, existen lijadoras de tipo cinta, de rodillo. El barnizado de esta madera es realizado por un operario. (Véase. FOTO)

Foto 3.7 Máquina Lijadora  
Potencia 4.0 KW

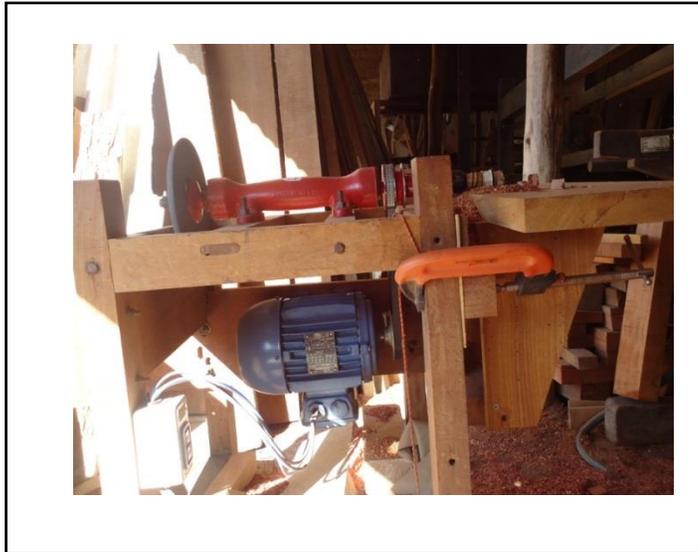


CARACTERISTICAS TÉCNICAS MAQUINA LIJADORA	
Motor	4.0 Kw
Tipo	ST 90

rpm	2860
In	8.13 Amp
voltaje	380 voltios
Rendimiento %	70
Ciclos por segundos	50 hz
Factor de potencia	0.85
Kilogramos	4.5
Velocidad de la máquina	3000-4000- 6000-8000 rpm
Mesa de fundición	1.20x 0.8 cm
Diámetro del eje	5.0 cm
Altura útil del eje	1.80 cm
peso	659 kg
Medidas	Frente 1.20 cm ancho 0.80 cm alto 1.10cm
Freno mecánico	
microinterruptor de seguridad en el acceso de la máquina	
Protección termomagnético del motor	

TORNO. Tornea diferentes formas de moldes y tamaños, de acuerdo al cliente solicitante muy poco su uso en la empresa. (Véase. FOTO 3.8).

Foto 3.8 Máquina Torno  
Potencia 4.0 KW



CARACTERISTICAS TÉCNICAS MAQUINA TORNO	
Motor	4.0 Kw
Tipo	ST 90
rpm	1400
In	8.13 Amp
voltaje	380 voltios
Rendimiento %	70
Ciclos por segundos	50 hz
Factor de potencia	0.85
Kilogramos	4.5
Velocidad de la máquina	800 rpm
Mesa de fundición	1.10x 0.70 cm
Diámetro del eje	20 cm

Altura útil del eje	0.90 cm
peso	345 kg
Medidas	Frente 1.10 cm ancho 0.80 cm alto 0.90cm
Freno mecanico	
microinterruptor de seguridad en el acceso de la máquina	
Protección termomagnetico del motor	

Realizada el seguimiento de las máquinas en proceso de producción, se pude observar; que estas máquinas casi ya terminaron su ciclo de vida, por los años que tiene la empresa, por falta de mantenimiento preventivo y correctivo estas máquinas sufren un paro inesperados, perjudicando la producción de la empresa.

A partir de las fuentes de información, las cuales consideramos las más adecuadas para determinar la situación actual de la empresa, nos fueron de utilidad llevar un adecuado análisis de lo que es la empresa en la actualidad.

### 3.3. IMPLANTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO.

La planificación del mantenimiento está orientado a su control por parte del departamento de mantenimiento y la Dirección jerárquica, elaborando fichas u hojas de control de los tipos de mantenimiento

Saber cuándo reparar en el lugar de la falla o reemplazarlo puede afectar de forma positiva o negativa en el presupuesto y/ o en el tiempo de operación y producción.

Cada máquina tiene un tiempo de vida que viene determinado por las características del fabricante.

Para este plan consideraremos los siguientes pasos:

PASO 1 Metodología del diagnóstico aplicado a la barraca.

PASO 2 Identificación de las fuentes de información.

PASO 3 Aplicación de la Técnica de Observación Directa.

PASO 4 Aplicación de la Técnica de entrevista estructurado

PASO 5 Aplicación del Modelo Desarrollado

PASO 6 Inspección a los motores asíncronos, polifásicos.

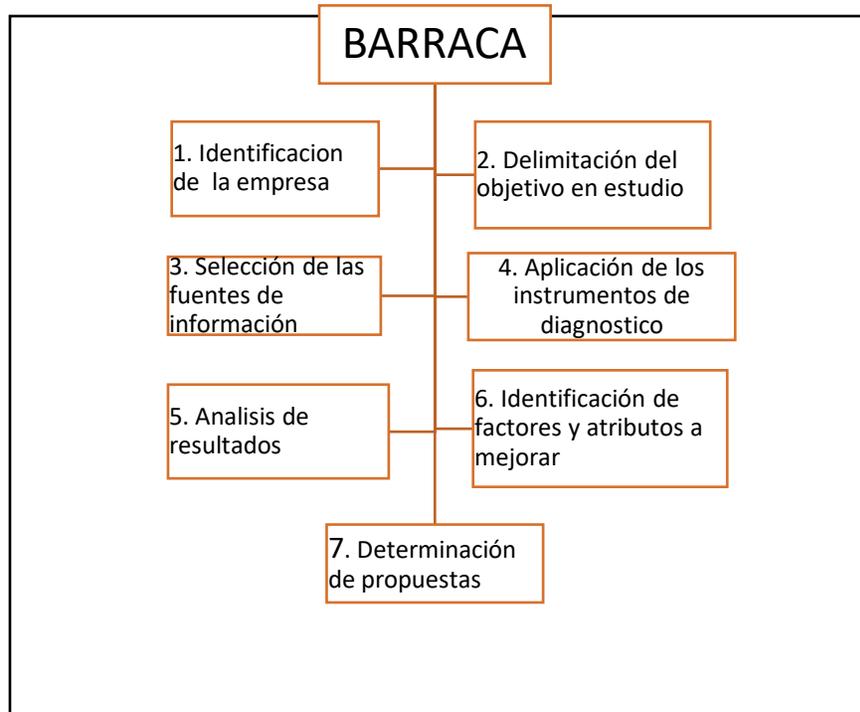
### 3.4. METODOLOGÍA DEL DIAGNÓSTICO APLICADO A LA BARRACA

La metodología a utilizar describe correctamente el diseño de la investigación, señalando cada uno de los pasos a seguir para alcanzar el objetivo del estudio.

A continuación se presenta la representación gráfica, estructurando las ideas y datos necesarios en orden lógico que nos facilitan el desarrollo del trabajo.

Este modelo de diagnóstico consta de siete etapas, de las cuales es desarrollada, para determinar el mantenimiento a las máquinas más críticas, queda definido por los siguientes pasos que se detallan a continuación. (Véase. MAPA CONCEPTUAL 3.9)

Mapa conceptual. 3.9 Modelo diagnóstico de los mantenimientos  
Fuente: Elaboración Propia



1 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA



Para iniciar con nuestro proyecto se seleccionó la empresa en la cual se reconocerá el tamaño, estructura organizacional.

2 DELIMITACIÓN DEL OBJETIVO EN ESTUDIO

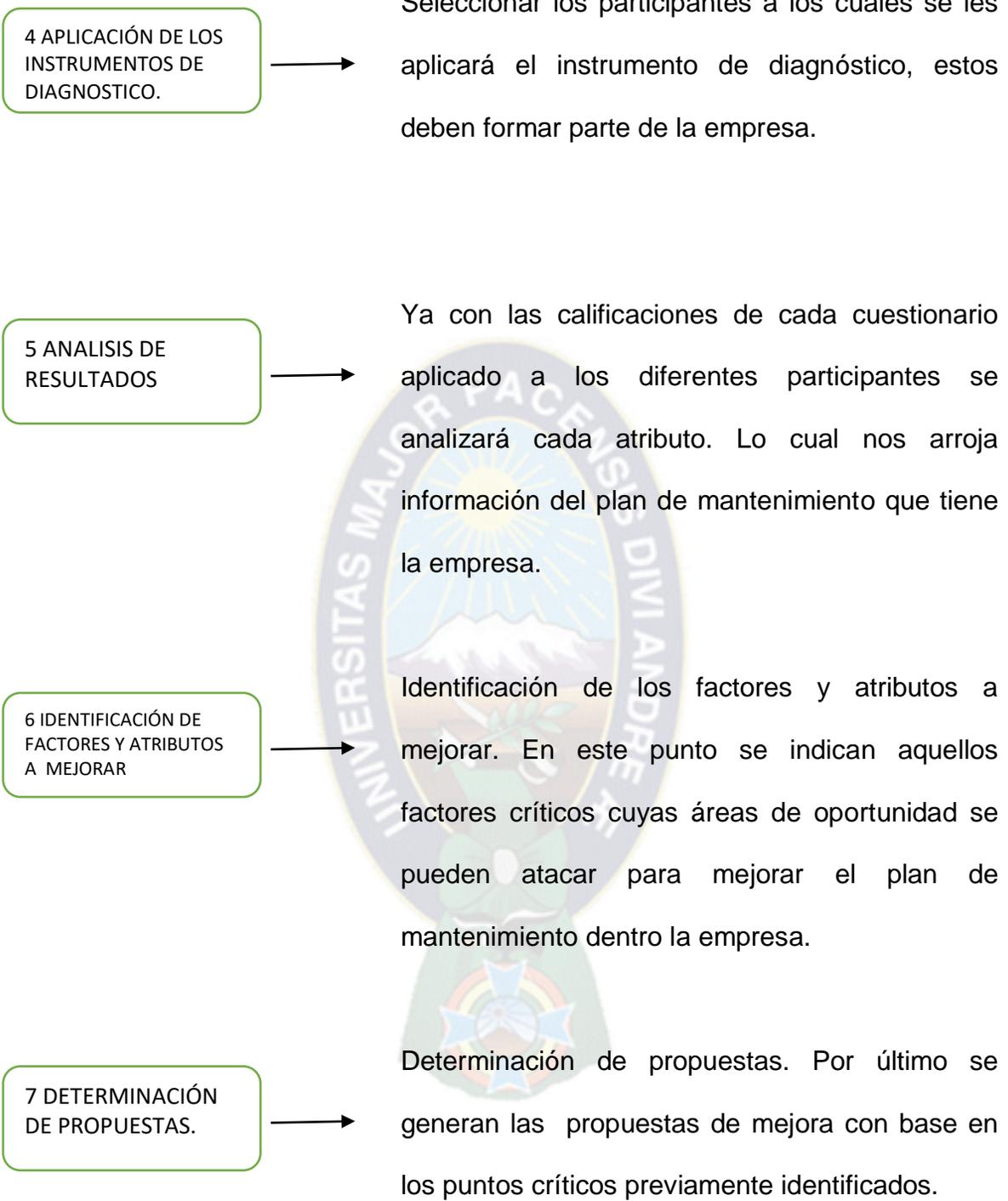


En este punto, después de conocer la situación en la que se encuentra la empresa en términos generales delimitando el objeto de estudio.

3 SELECCIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN



Después de haber delimitado el objeto de estudio se determinan las técnicas de investigación de campo a utilizar para conocer el estado en el que se encuentra la barraca.



### 3.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información utilizadas para la obtención de datos referentes a las acciones relacionadas con la función del mantenimiento.

- ✓ Observación directa.
- ✓ Entrevistas estructuradas
- ✓ Diagnóstico desarrollado.

La observación directa, se realizó a toda la empresa en general.

La entrevista se aplicó a los diferentes operarios de cada una de las máquinas.

El método de diagnóstico desarrollado con sus instrumentos, fueron aplicados a:

- Gerente General.
- Gerente de Producción.
- Personal operativo.

### 3.6. APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE OBSERVACIÓN DIRECTA.

Esta técnica fue desarrollada durante las visitas realizadas en la barraca Juan Pablo 2do, en la cual se observó el trabajo de un turno. Con la cual se obtuvo lo siguiente.

1. Primordialmente se aprecia un desorden general en toda la planta.
2. No existe un área limitada para las máquinas de la empresa.
3. No cuenta con depósitos para la viruta de la madera.
4. Desorganización de herramientas ya que están ubicadas en lugares no especificadas a pesar de no ser utilizadas en estos momentos.
5. Me di cuenta que el mantenimiento que se aplica dentro de la empresa es de tipo correctivo.
6. Las herramientas con las que cuentan los trabajadores son insuficiente para todas las operaciones de reparación de las máquinas.

7. La barraca no cuenta con un stock de materiales.
8. No cuenta con stock de repuestos el mismo operario realiza las actividades de sustitución.
9. Al finalizar la jornada de trabajo, los operarios no realizan la limpieza de las maquinas.
10. Los operarios no inspeccionan su máquina al inicio de su turno y no saben si está en óptimas condiciones para el buen arranque y funcionamiento de las mismas.
11. La barraca no cuenta con un formato para reportar las fallas y averías de las maquinas, generando un mal control de mantenimiento.

### 3.7. APLICACIÓN DE LA TECNICA DE ENTREVISTA ESTRUCTURADA.

Se decidió que este tipo de entrevista es la más adecuada para la obtención de información debido a la desconfianza generada en los trabajadores, a mi llegada y debido a la forma en que se lleva a cabo la entrevista es de una manera más informal, se puede decir que es idónea para la obtención de información de los trabajadores evitando que se sintieran atacados con una serie de preguntas, dejándolos contestar de la manera en que se sintieran más cómodos. Sin embargo; siempre traté de llegar a ciertos puntos de los cuales consideré necesario conocer, para dar un diagnóstico acertado sobre la situación actual del plan de mantenimiento en la barraca, estos son:

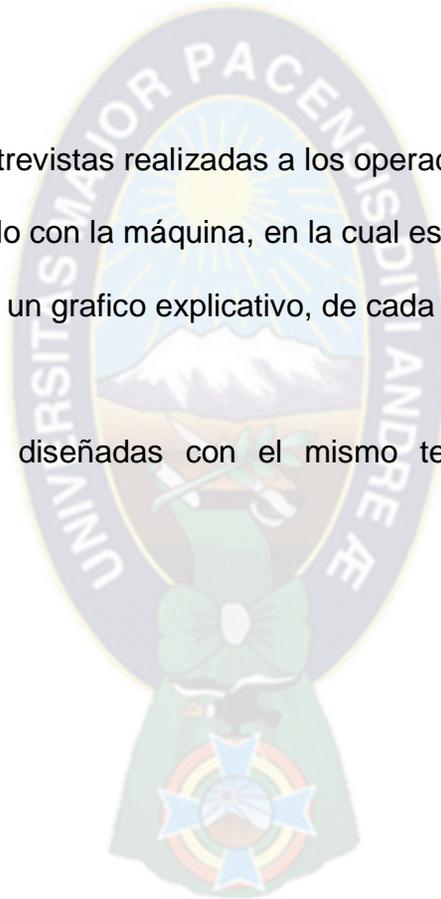
1. ¿Quién se encarga de realizar el mantenimiento en las diferentes máquinas?
2. ¿Cada que tiempo se realiza dicho mantenimiento?

3. ¿Cuáles son las averías que se presentan en esta máquina con más frecuencia?
4. ¿Se cuenta con repuestos para realizar el mantenimiento?
5. ¿Se cuenta con material y herramientas para realizar trabajos de mantenimiento?
6. ¿Qué tipo de material y/o herramienta les ayuda a realizar de mejor manera el mantenimiento?

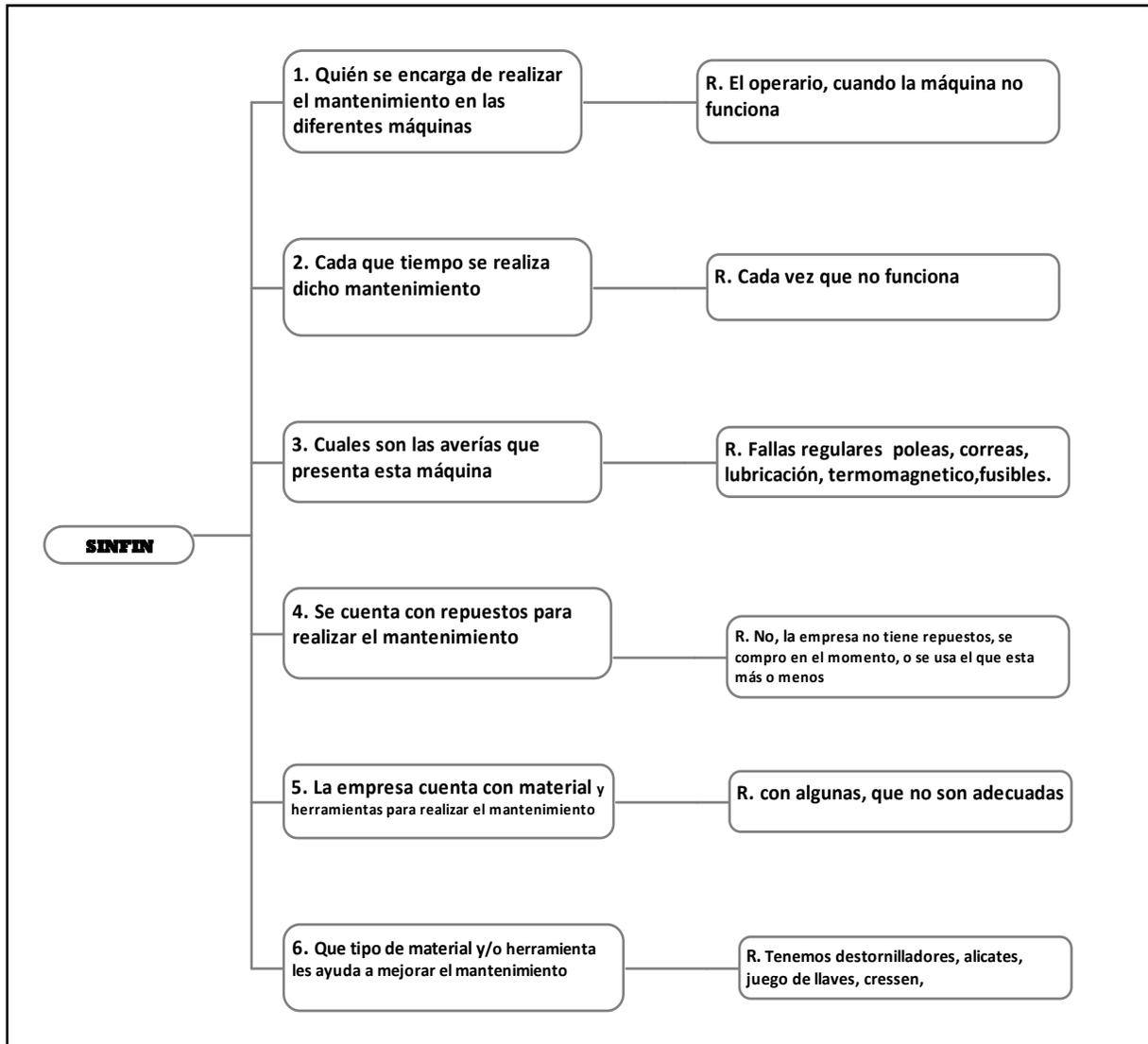
Los resultados, de las entrevistas realizadas a los operadores de las máquinas se han clasificado de acuerdo con la máquina, en la cual están trabajando y se presentan a continuación un gráfico explicativo, de cada una de las máquinas en proceso de producción.

Estas preguntas fueron diseñadas con el mismo tenor, para las siguientes máquinas:

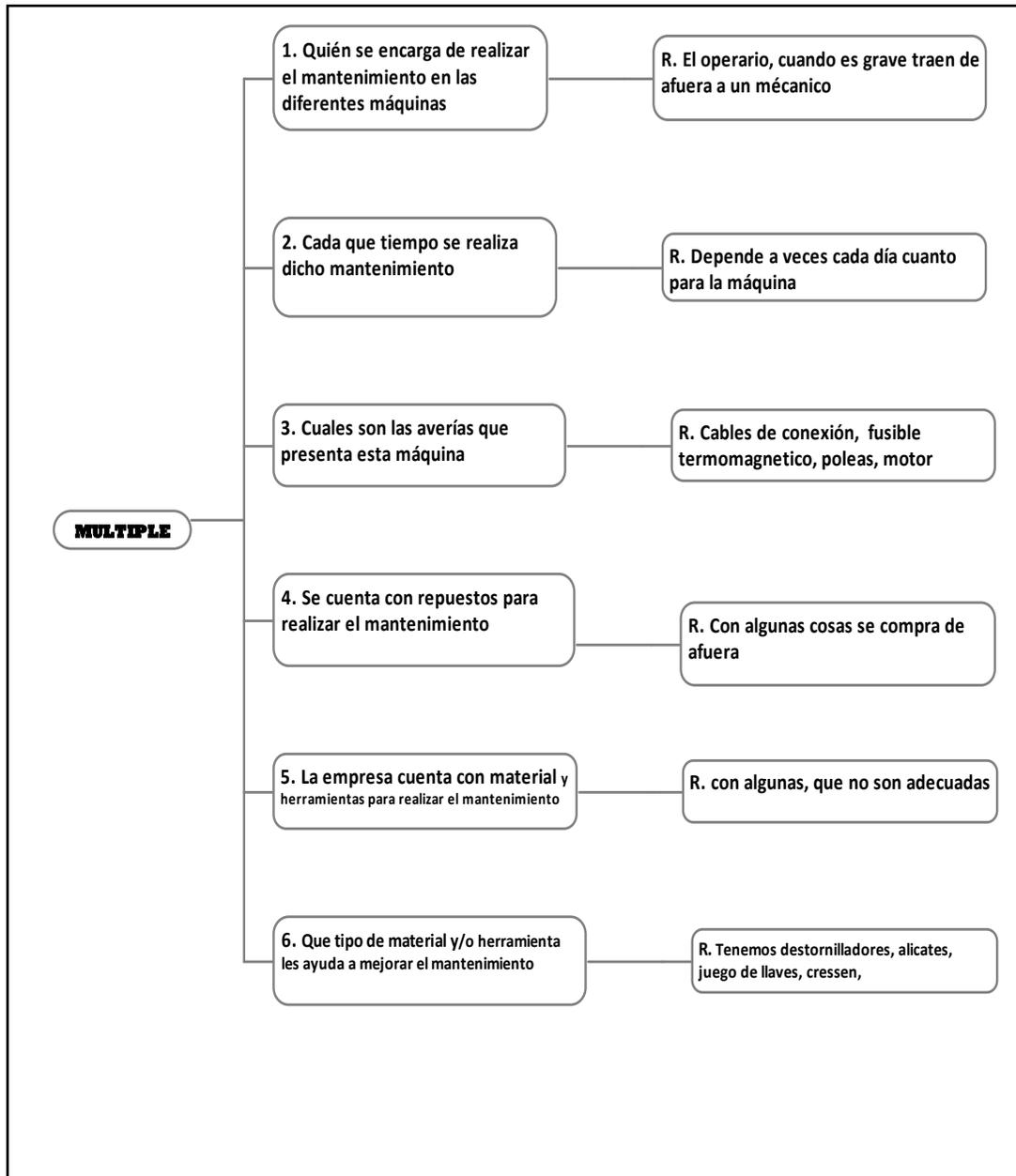
1. Sinfin
2. Multiple
3. Cepilladora
4. Groceadora.
5. Tupi.
6. Lijadora.
7. Torno.



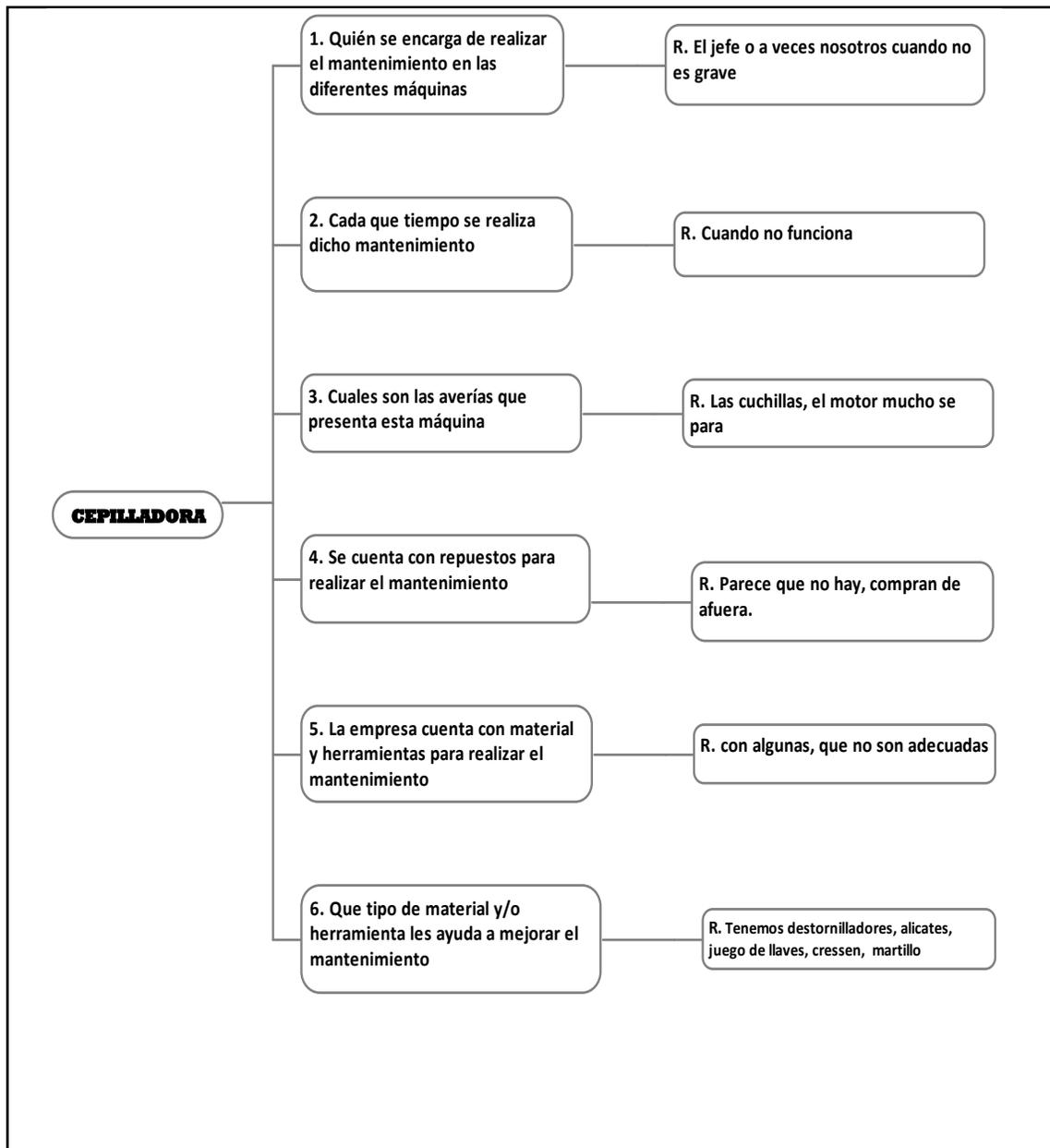
Mapa conceptual. 3.10 Entrevista al operario de la máquina sinfín  
Fuente: Elaboración Propia



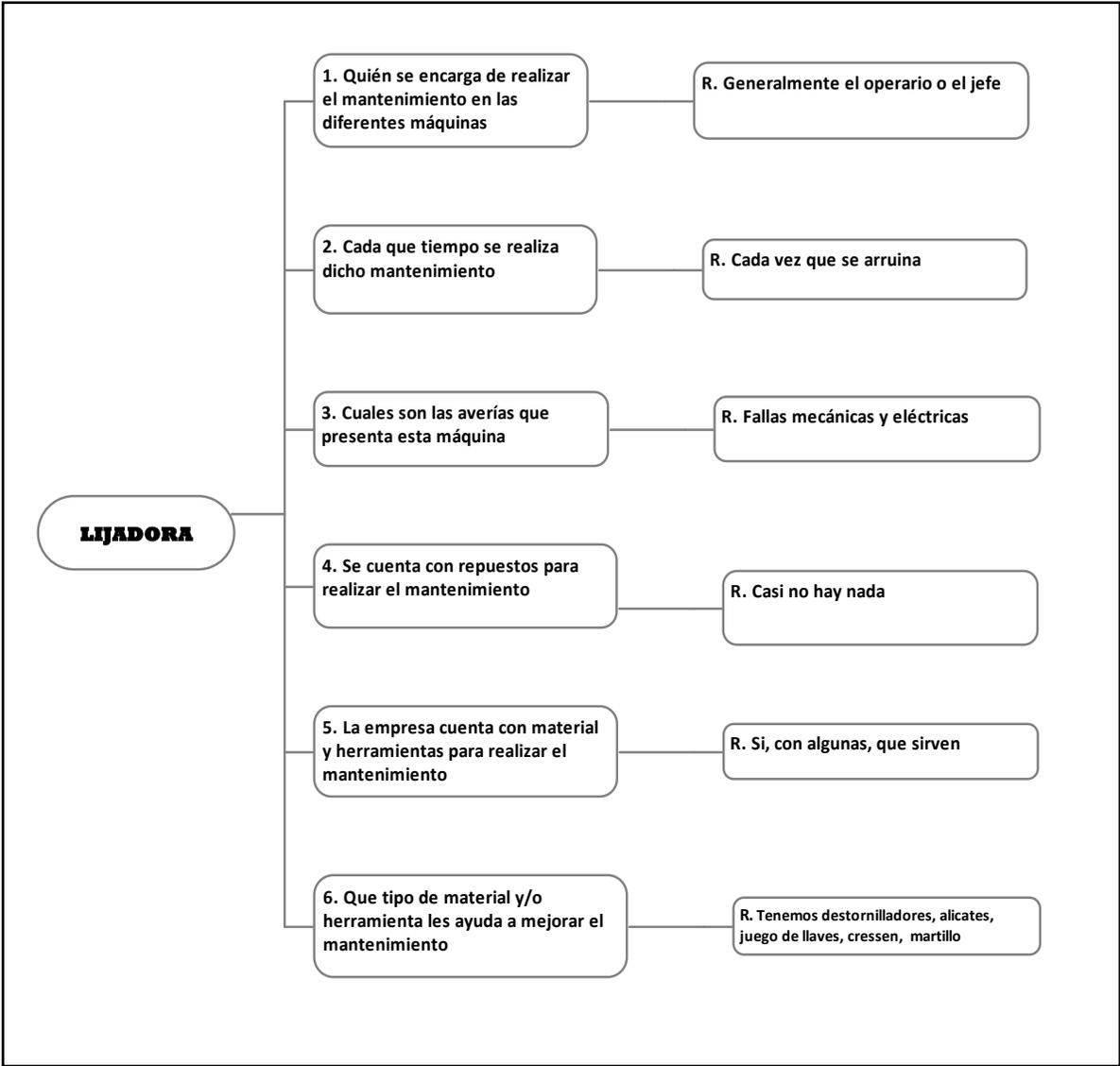
Mapa conceptual. 3.11 Entrevista al operario de la máquina Multiple  
Fuente: Elaboración Propia



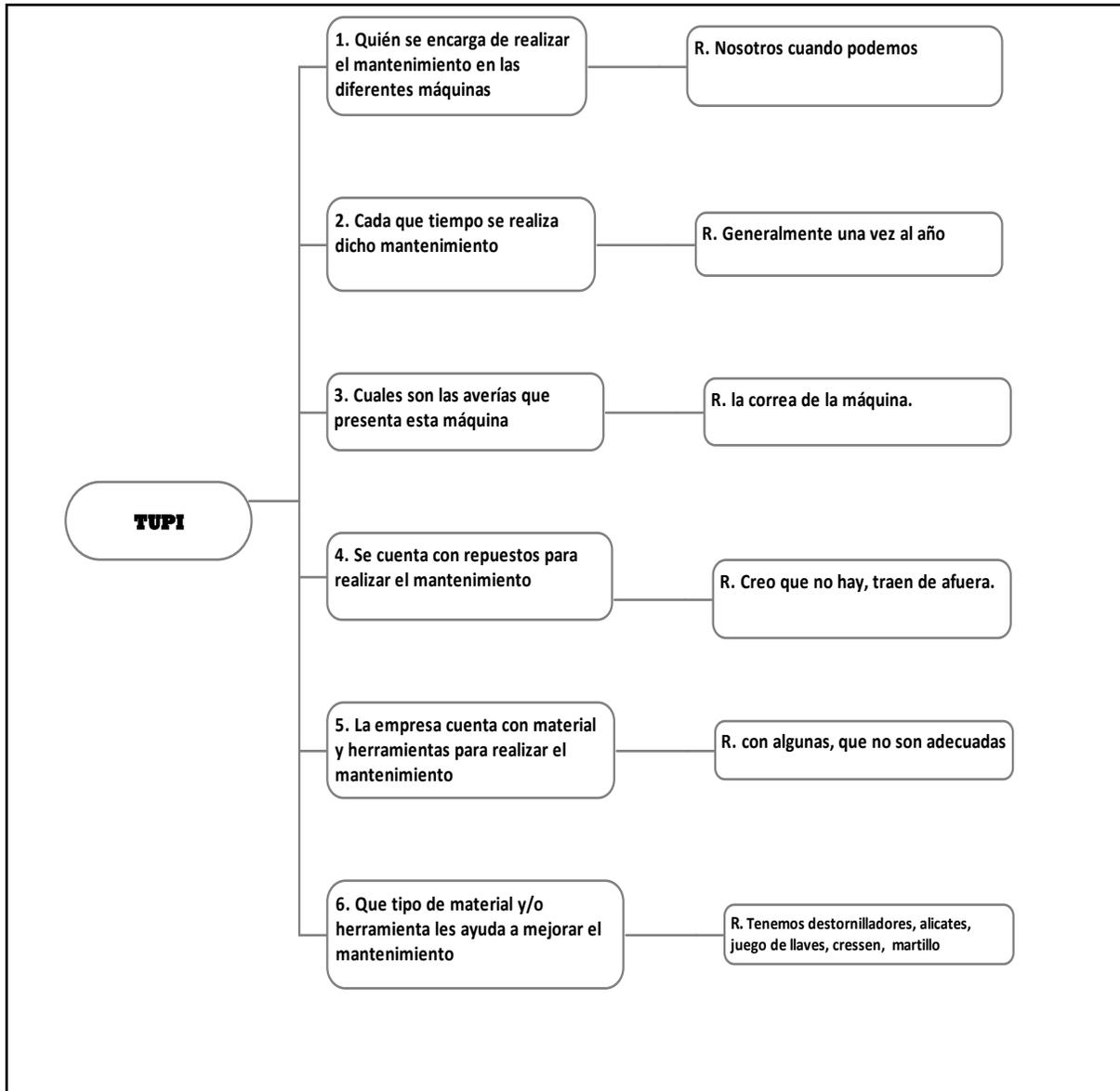
Mapa conceptual.3.12 Entrevista al operario de la máquina cepilladora  
Fuente: Elaboración Propia



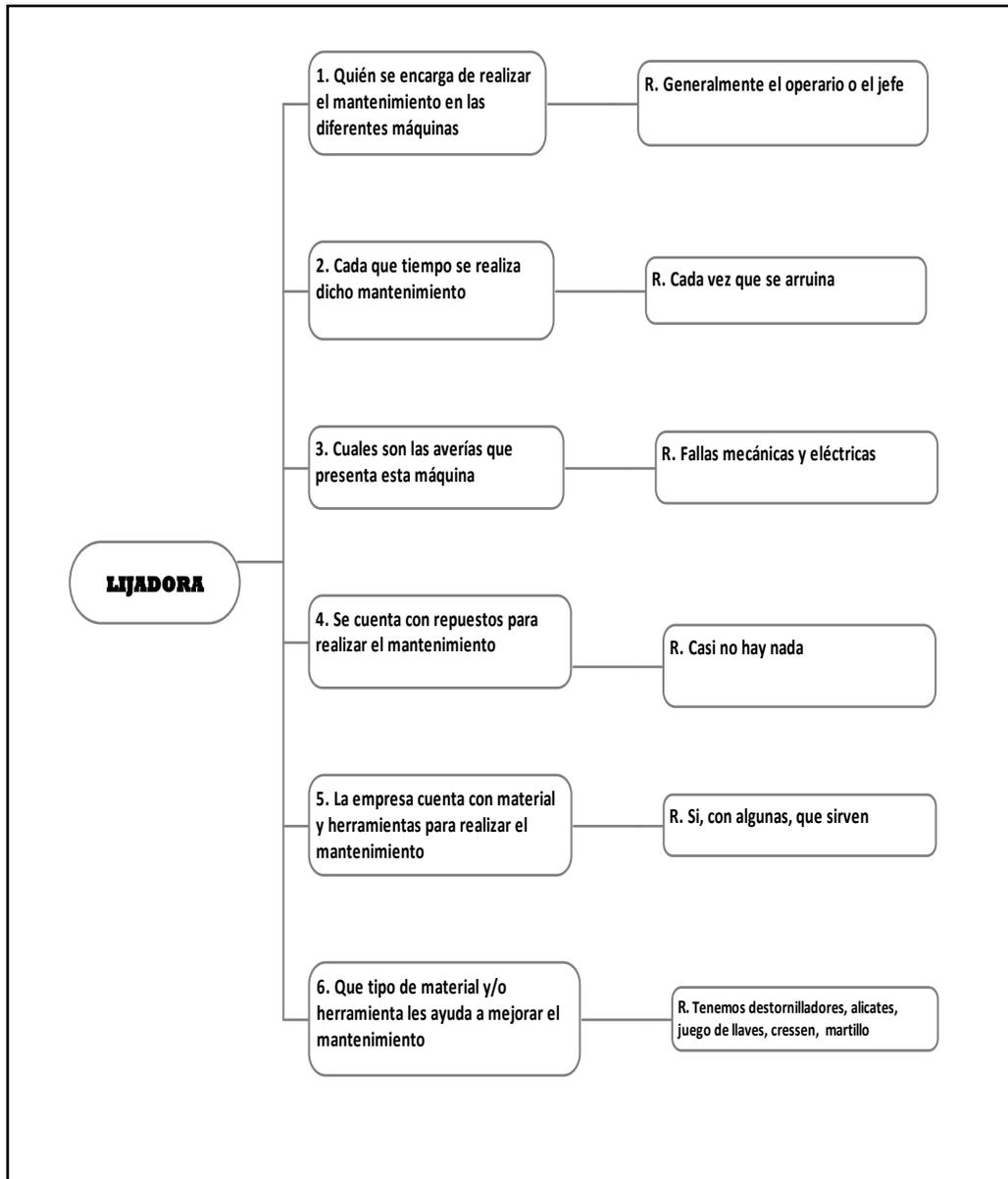
Mapa conceptual. 3.13 Entrevista al operario de la máquina croceadora  
Fuente: Elaboración Propia



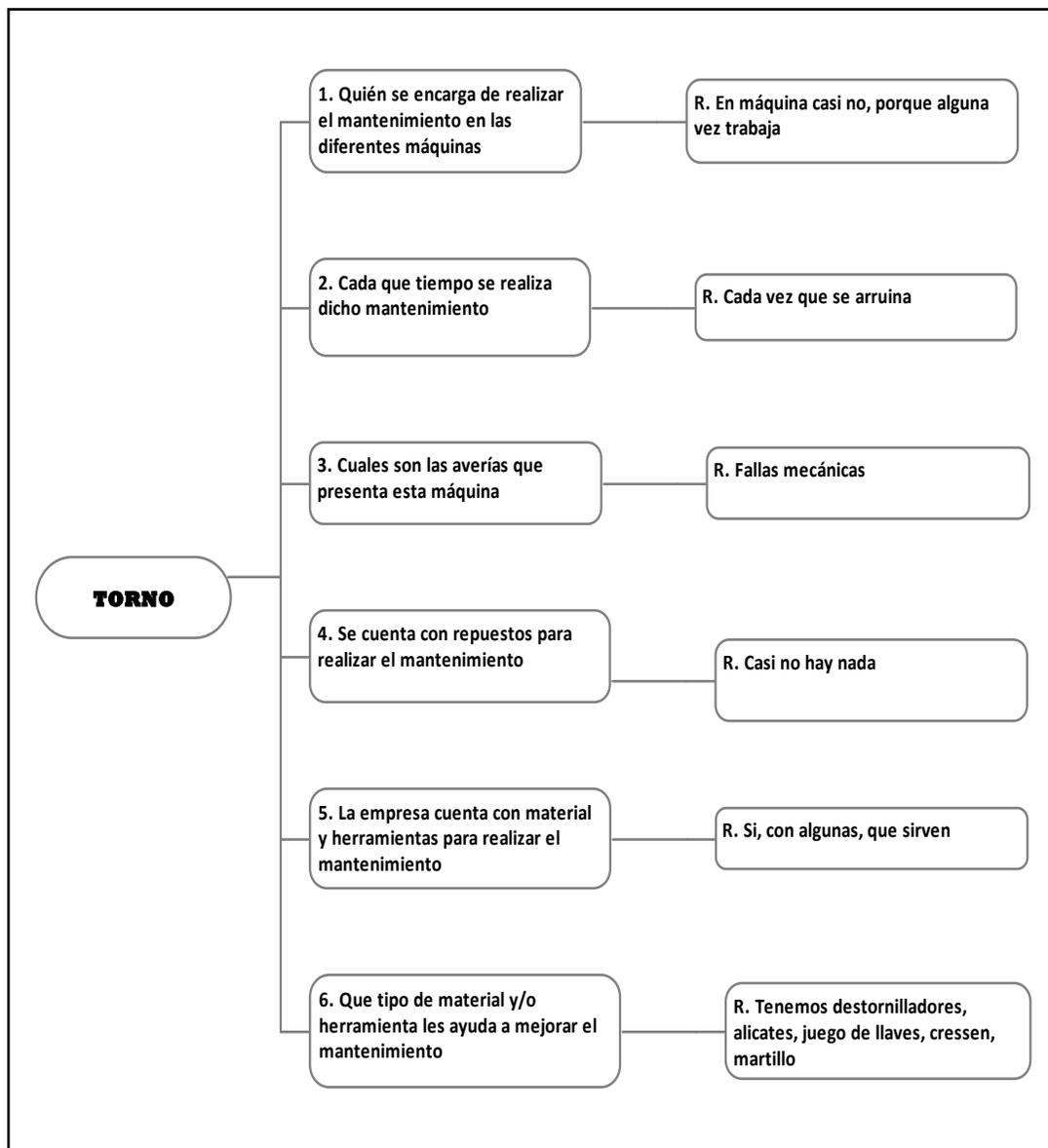
Mapa conceptual. 3.14 Entrevista al operario de la máquina tupi  
Fuente: Elaboración Propia



Mapa conceptual. 3.15 Entrevista al operario de la máquina Lijadora.  
Fuente: Elaboración Propia



Mapa conceptual. 3.16 Entrevista al operario de la máquina Torno  
Fuente: Elaboración Propia



En general, se puede concluir de las respuestas obtenidas de los participantes; es que no se tiene bien definido el alcance de la función del mantenimiento dentro de la empresa por lo cual se hace lo que se puede y cuando se puede, ya que no se cuenta con la herramienta necesaria y de ninguna manera de algún tipo de refacción que evite el tener mucho tiempo la máquina parada. En otras palabras,

no se planifica el mantenimiento, por lo tanto no se prevén las fallas, y por lo que se noto; la herramienta no es adecuada y suficiente para solucionar fallas menores, el equipo es insuficiente para mantener en buen estado las máquinas.

Además de no contar con el herramental necesario, materiales y equipos; también es importante mencionar que no se conoce la cantidad de estos y tampoco se tiene un lugar específico para la herramienta, materiales y equipos necesarios para realizar actividades de mantenimiento.

### 3.8. APLICACIÓN DEL MODELO DESARROLLADO

Este modelo de diagnóstico tiene como finalidad evaluar los factores que considera son los de mayor relevancia en relación con el plan de mantenimiento, de tal manera que permite la sencilla identificación de los puntos que se deben atender de manera inmediata, y hacer más efectiva la función del mantenimiento.

Es necesario resaltar que en la barraca Juan Pablo 2do no existe el departamento de mantenimiento, por lo cual se entenderá por personal de mantenimiento a toda aquella persona que realice funciones de mantenimiento dentro de la empresa.

Este primer instrumento nos da a conocer de manera general las oportunidades de mejora, en las cuales se debe trabajar o atender de manera inmediata para mejorar la función del mantenimiento. De la misma forma se hizo con los propietarios de la empresa, vale decir al Gerente General, Gerente de producción y operario.

Este cuestionario se le aplico a tres personas, entregándoselo y dejando que lo contestaran a su ritmo; pero en un plazo no mayor a tres días, esto debido a la

falta de tiempo y para que se hiciera de manera determinada y consiente, estas tres personas.

Gerente General. Se le aplicó el cuestionario a esta persona para que se de cuenta el estado en el que encuentra su empresa con respecto al mantenimiento, ya que él tendrá la decisión final sobre la implantación de las propuestas que se le hacen.

Gerente de Producción. El motivo para aplicarle el cuestionario a este gerente es que él es el encargado de realizar las órdenes de producción, con lo cual tiene el conocimiento de las máquinas, este encargado es un trabajador más dentro de la empresa; pero por el tiempo de trabajo en la barraca, debido a esto puede saber lo relacionado con la realización del mantenimiento.

Operario. También se decidió que debería ser contestado por un operario con experiencia y de años en la empresa, pues ellos son los encargados de realizar algunos trabajos de mantenimiento sobre todo de cambio de refacciones, por tal motivo es importante conocer lo que ellos o en este caso, este operario en específico calificó sobre la situación de la empresa al respecto.

Los cuestionarios cuentan con cuatro factores a analizar.

Personal. Este primer factor brinda información acerca del perfil de las encargadas de la función del mantenimiento. Para el caso de la barraca no cuenta con personal encargado específicamente del mantenimiento; es por este motivo que se diagnóstica a personas que realizan funciones de mantenimiento.

Organización. Para este factor lo que se diagnóstica es la estructura de la empresa, así como la planeación y los procedimientos que realizan con respecto a

las funciones del mantenimiento; por lo cual se esta calificando en este aspecto las actividades que realizan el personal entorno al tema.

Programación. En lo referente a este factor se tienen todos los elementos relacionados con el inventario físico de refacciones ligadas con los programas establecidos determinados por la importancia de los trabajos de mantenimiento; es decir, conocer cómo se llevan a cabo las órdenes de trabajo desde que se da la orden hasta la conclusión de los trabajos.

Control. Este factor es de gran importancia, por que se derivan de éste la asignación de presupuesto, costos y desde luego la medición de los trabajos.

Para analizar los factores se ha recopilado la información de los cuestionarios en tablas comparativas de los tres diferentes puntos de vista, representados por calificaciones de 1 a 4.

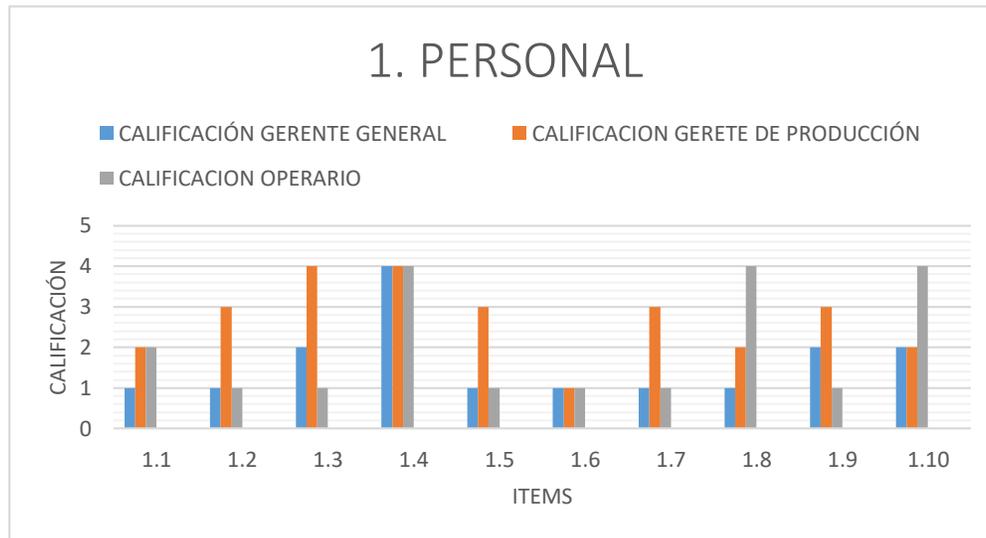
La obtención de la calificación final para cada ítem, es dada mediante el promedio de las tres calificaciones. Estos cuestionarios (Véase ANEXO 5).

## 1. PERSONAL.

Tabla 3.1 calificación al personal

Item	Calificación			Promedio
	Gerente General	Gerente de Produccion	Operario	
1.1	1	2	2	1.7
1.2	1	3	1	1.7
1.3	2	4	1	2.3
1.4	4	4	4	4.0
1.5	1	3	1	1.7
1.6	1	1	1	1.0
1.7	1	3	1	1.7

1.8	1	2	4	2.3
1.9	2	3	1	2.0
1.10	2	2	4	3.0



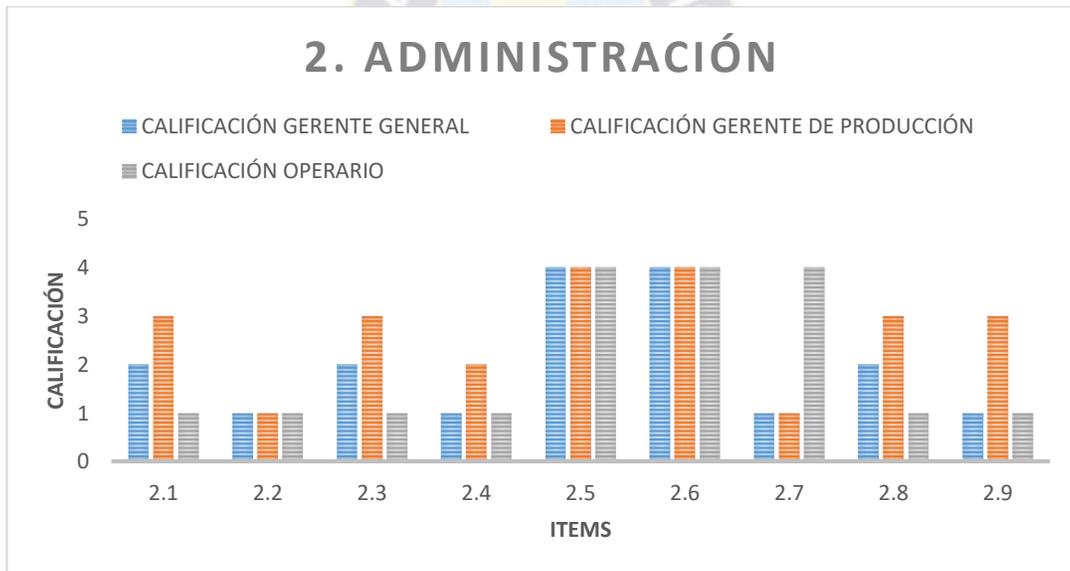
De manera general, debido a las diferentes calificaciones, otorgadas a los ítems; se puede notar claramente que la situación en la que se encuentra la empresa, con respecto al mantenimiento; el personal tiene diferentes criterios con relación al General Gerente de producción, con estas calificaciones no obtenemos una buena calificación, en el ítems 1.4 coinciden con el cuestionario, dándonos a conocer que el mantenimiento es muy importante en la empresa; además de no tener claro las respuestas, habrá que prestar atención al operario, ya que es él personal adecuado para el mantenimiento.

## 2. ADMINISTRACIÓN

Tabla 3.2 calificación admnistracion

ITEM	CALIFICACIÓN			PROMEDIO
	GERENTE GENERAL	GERENTE DE PRODUCCION	OPERARIO	
2.1	2	3	1	2.0

2.2	1	1	1	1.0
2.3	2	3	1	2.0
2.4	1	2	1	1.3
2.5	4	4	4	4.0
2.6	4	4	4	4.0
2.7	1	1	4	3.0
2.8	2	3	1	3.0
2.9	1	3	1	1.7

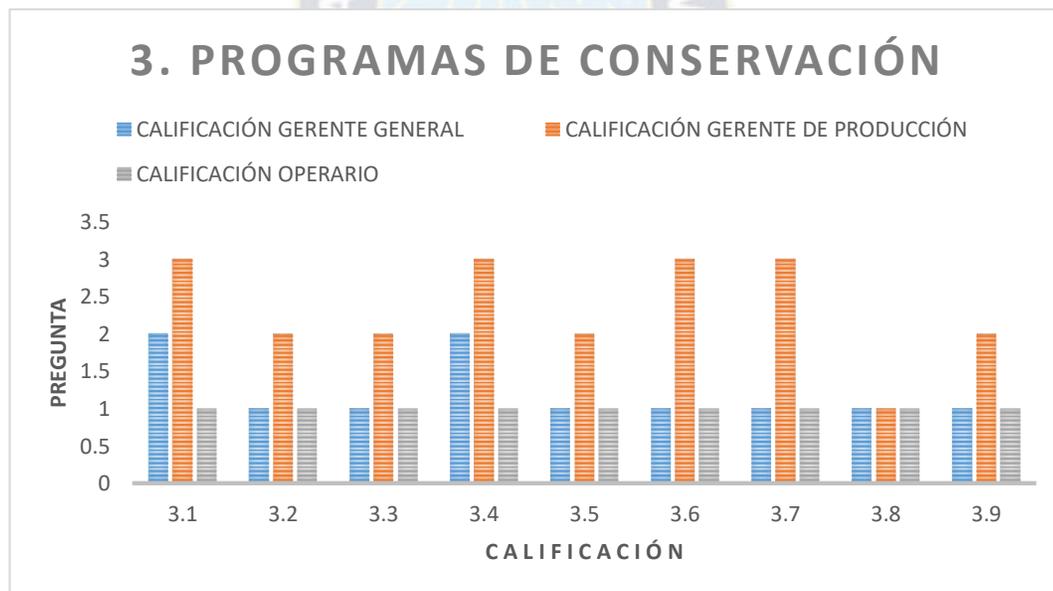


Debido a la carencia de un área bien definida, no se puede dar mantenimiento a las máquinas, la desorganización es algo común en las actividades propias del mantenimiento, este hecho repercute en que no haya planificación para la realización de las actividades, afectando a la producción de la barraca.

### 3. PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN.

Tabla 3.3. Programa de administración

ITEM	CALIFICACIÓN			PROMEDIO
	GERENTE GENERAL	GERENTE DE PRODUCCION	OPERARIO	
3.1	2	3	1	3.0
3.2	1	2	1	1.3
3.3	1	2	1	1.3
3.4	2	3	1	2.0
3.5	1	2	1	1.3
3.6	1	3	1	1.7
3.7	1	3	1	1.7
3.8	1	1	1	1.0
3.9	1	2	1	1.7



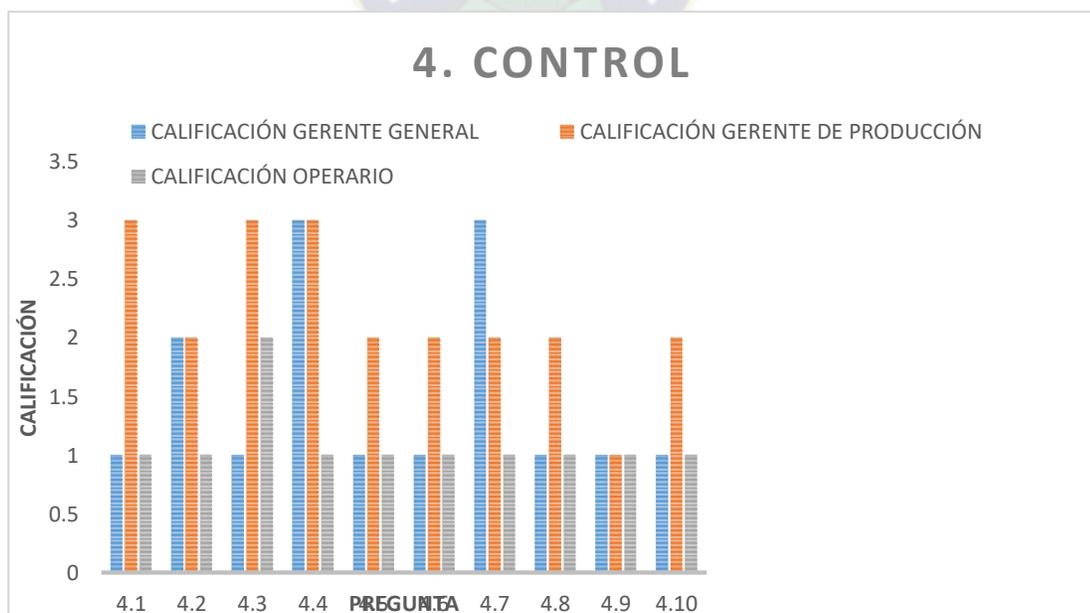
Para poder llevar a cabo la programación de los trabajos de mantenimiento no solo es importante conocer los objetivos, sino también se debe tomar en cuenta las herramientas, materiales, equipos y personal para poder ejecutar tales trabajos; se nota claramente, al analizar las calificaciones de los participantes, no hay ítem que sobre pase los 3 puntos de calificación, a pesar de que el gerente de

producción eleva sus calificaciones de sobre manera, no se logra una situación favorable

ITEM	CALIFICACIÓN			PROMEDIO
	GERENTE GENERAL	GERENTE DE PRODUCCION	OPERARIO	
4.1	1	3	1	1.7
4.2	2	2	1	1.7
4.3	1	3	2	2.0
4.4	3	3	1	2.3
4.5	1	2	1	1.3
4.6	1	2	1	1.3
4.7	3	2	1	2.0
4.8	1	2	1	1.3
4.9	1	1	1	1.0
4.10	1	2	1	1.3

#### 4. CONTROL.

Tabla 3.4 Control.



En lo que respecta a la barraca es difícil encontrar una situación de verificación, pues no se reporta la situación en que cada máquina refleja con calificaciones tan bajas. A continuación se muestra un cuadro en el cual se resumen los resultados obtenidos del análisis de cada factor del instrumento.

Tabla 3.5 Resultado de calificación

	CALIFICACIÓN	MAXIMA PUNTUACIÓN	% DE CUMPLIMIENTO
Personal	2.1	4	52.5
Administración	2.4	4	57.5
Programas de Administración	1.7	4	42.5
Control	1.6	4	42.5
Total	7.8	16	48.75

Es notable en la tabla 3.5 de evaluaciones del mantenimiento presentada, que en los cuatro factores analizados, son necesarias acciones correctivas profundas; de acuerdo con la tabla de significancia que se muestra a continuación. Esto es debido a que los porcentajes obtenidos son menores a 60%, teniendo que ser atendidos los atributos bajos.

En conclusión, el plan de mantenimiento en la barraca es malo pues el porcentaje de cumplimiento es de 48.75%, por lo cual hemos detectado bastantes áreas de oportunidad, es necesario realizar un mantenimiento en la barraca Juan Pablo 2do.

### 3.9. MEJORAMIENTO DE LA BARRACA JUAN PABLO SEGUNDO

Por el diagnóstico que se realizó, se tiene un resultado claro y conciso, a partir de esto se desarrollan las soluciones para un buen mantenimiento de la empresa, que permitan mejorar el desempeño del mantenimiento en la barraca, a través del

análisis realizado en el capítulo anterior y conjuntamente con las técnicas descritas en el marco teórico.

Es importante resaltar que en primer instancia optaremos por propuestas de fácil aplicación, ya que además de ser factibles sentarán la base para posteriores mejoras en el área.

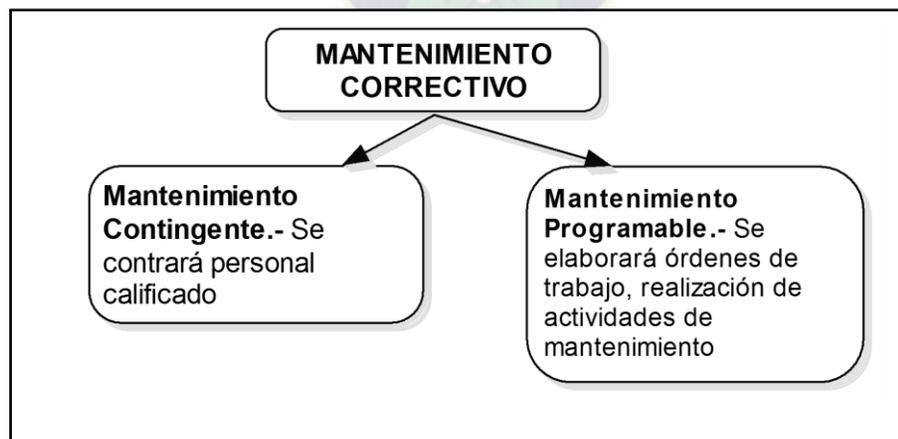
Cabe aclarar que por la situación de la empresa se deben atacar los ítems con calificaciones bajas; pero existen muchos que obtuvieron estas calificaciones.

### 3.10. TIPOS DE MANTENIMIENTO EN LA BARRACA.

Cómo sabemos teóricamente existen dos tipos de mantenimiento: correctivo, preventivo (predictivo).

Para desarrollar estos mantenimientos empezaremos con un mapa conceptual. (Véase MAPA CONCEPTUAL 3.17)

Mapa conceptual 3.17 Mantenimiento correctivo  
Fuente: Elaboración Propia



PERSONAL CALIFICADO. Este personal debe contar con conocimientos de mantenimiento en la industria; tener estudios académicos, con título en Provisión Nacional en el áreas de electricidad y mecánica industrial.

### 3.10.1. EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROGRAMABLE.

Dentro del programa de mantenimiento y los resultados obtenidos de las entrevistas se determina que todas las máquinas requieren de un mantenimiento. Para esto se elaborará un cronograma de mantenimiento para las diferentes máquinas. Para el cumplimiento de lo programado se elaboran las órdenes de trabajo en número correlativo, de acuerdo al tipo de frecuencia de la actividad y las tareas a ser ejecutadas, los trabajos de mantenimiento requeridos, contemplan la actividad de elaborar una lista de las máquinas y estipular los trabajos de mantenimiento, para el efecto se codifico y elaboró la orden de mantenimiento a las siguientes máquinas.

Tabla 3.6 Codificación de las Máquinas Rotóricas

Nº	Codificación	Descripción
1	SPSF 01A	Sector de producción sinfin
2	SPM 02B	Sector de producción Multiple
3	SPC 03C	Sector de producción Cepilladora.
4	SPG 04D	Sector de producción Groceadora.
5	SPT 05E	Sector de producción Tupi.
6	SPL 06F	Sector de producción Lijadora
7	SPT 07G	Sector de producción Torno.

Se hace notar, que la frecuencia a seguir en el proceso del mantenimiento será lo siguiente:

A= ANUAL

T= TRIMESTRAL

S = SEMANAL

Semana de realización del mantenimiento (1-4 semanas)

Día de realización del mantenimiento (1-6 días)

Trimestral de realización del mantenimiento (1-3 trimestral)

Anual realización del mantenimiento (1-12 meses)

A continuación se detallan las actividades de mantenimiento preventivo y las ordenes de trabajo.O fichas de contro, este formato se adoptará para todas las maquinas de la barraca.

Cuadro 3.2 Orden de Trabajo  
Fuente: www. Planillas y gestion de mantenimiento

**ORDEN DE TRABAJO** N° \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

OBJETO		DESCRIPCION DEL TRABAJO SOLICITADO		
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>			
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>			
JUSTIFICACION				
PRIORIDAD	APROBADO	PRORROGADO	FECHA	FIRMA
CONCEPTO	MATERIALES	MANO DE OBRA REQUERIDA		COSTO ESTIMADO
TIPO DE CONTRATISTA	FECHA ESTIMADA FR INICIO		FECHA ESTIMADA DE TERMINACION	
OBSERVACIONES				

### 3.10.2. FALLAS MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DE LOS MOTORES ELECTRICOS DE LA BARRACA.

La barraca, por tener varios años de servicio en el centro minero de pulacayo por los años 1980 en el Departamento de Potosí y actualmente en la ciudad de Tarija, presentando fallas mecánicas y eléctricas, con el cronograma de mantenimiento lograremos los objetivos propuestos en el proyecto, la confiabilidad y mantenibilidad de la producción en la empresa.

### 3.11. IMPLEMENTACIÓN DE UN ALMACEN

Por el desorden y la falta de un almacén se vio la necesidad de crear un alamecén, por la complijidad que atraviesa la barraca, de esta manera contribuir con stock de repuestos, jugando un papel importante en el momento de realizar los mantenimientos preventivo, considero que es muy importante crear un departamento de almacenes, que esto tendrá relación con el departamento de mantenimiento y administración. para llevar acabo los mantenimientos programdos y no programdos.

El departamento, de almacenes debe cumplir un rol importante en la empresa ya que depende mucho para una buena confiabilidad de la producción.

Si no se considera todos los repuestos en stock, no se logrará con el mantenimiento programado.

Para ello se creó formato de inventario de herramientas funjibles, formato de efectivo en custodia, el cual servirá como guía de un almacén.

Cuadro. 3.4 Formato inventario de herramientas fungibles.  
Fuente: Elaboración propia

Nº	Detalle	Estado	Cant.	Unid.	Obser.
1	Destornillador plana de 100x 0.10	Buena	20	Pza	Almacen.
2	mm	Regular	5	Pza	Almacen.
3	Rodamientos de bolas SKL 7410	Malo	3	Pza	Almacen.
	Correa de cuero 80 x 40 mm				

Cuadro. 3.5 formato efectivo en custodia  
Fuente: Elaboración propia

Nº	Cod.	Detalle	Est.	Unid.	Cant.
1	100-01-1001-001	Mesa de madera	B	Pza	4

Codificación

Partida.

Mueble.

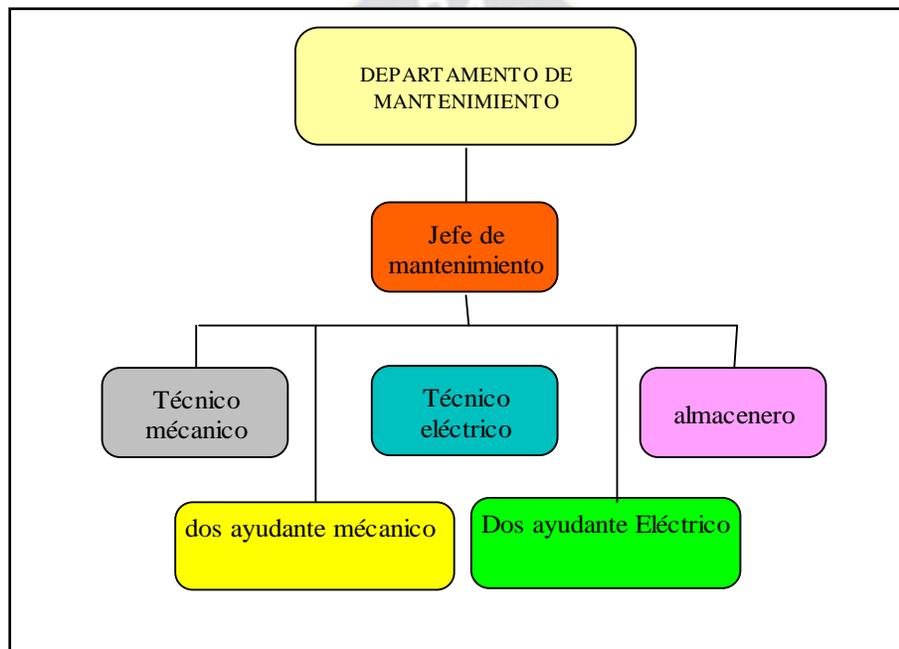
Número.

### 3.12. CREACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

Con la finalidad de extremar, el trabajo en el futuro, se considerará, crear un departamento de mantenimiento, donde se pueda tener personal técnico calificado, en el área de mecánica, electricidad, donde puedan reparar todas las averías que las máquinas presentan durante la producción.

Por el momento, los motores que necesitan reparación se lleva a diferentes talleres, donde la entrega del mismo, no está dentro lo planificado perjudicando así a la producción. Por el diagnóstico que se realizo en capítulos anteriores se considera formar un departamento de mantenimiento, estará conformada de la siguiente forma.

Mapa conceptual 3.18. Conformación del Departamento de Mantenimiento.



El Jefe de mantenimiento, coordinará con el personal, para la realización de los mantenimientos programados, para ello se coordinará con almacenes, donde no debe faltar ningún repuesto macanico y eléctrico.

Con la creación de este departamento, el personal de mantenimiento está comprometido con la empresa, para evitar paros inesperados, llevando un control y haciendo uso de las fichas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Al final de este proceso, se logrará los resultados optimos exigidos por empresa, de esta manera llegar a la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de

producción. De esta forma la empresa tendrá ganancias por producción y creabilidad en su entrega al mercado nacional e internacional.

Por otro lado, el jefe de mantenimiento, deberá tener reuniones una vez al mes con los propietarios de la empresa para el seguimiento y control de los mantenimientos de la barraca Juan Pablo 2do.









TAREAS DE TRABAJO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
	Desmontar el motor principal, revisar el estado de los rodamientos, el devanado del estator, barnizar ajustar borneras de conexión									A			T									T								T																		
Desmontar el motor principal, controlar los devanados del estator, limpiar con aire comprimido,									A			T									T								T																			
revisar y controlar el tablero principal, sustituir los cables dañados									A			T									T								T																			
revisar los termomagneticos, ajustar los pernos de conexión, sustituir el termomagnetico en caso de estar dañada un contacto									A			T									T								T																			
limpiar los contactos de los contactores principales, auxiliares, sustituir en caso de estar dañada									A			T									T								T																			
revisar y controlar el cable principal de llegada al motor , limpiar los terminales de conexión									A			T									T								T																			
Con el instrumento de medida controlar y verificar el voltaje de llega de 380 vol.									A			T									T								T																			
verificar el sistema de mando del motor, reajusta los contactos del rele térmico y otros									A			T									T								T																			
Controlar y cambiar las luminarias del sector de maquinas, caso contrario sustituir por otro									A			T									T								T																			
Controlar el estado de la correa del motor principal. Verificar excentricidad de la polea									A			T									T								T																			
lubricar todas las partes sometidas al movimiento de la maquina									A			T									T								T																			
Limpiar el motor principal y sus partes auxiliares, control de ruidos extraños									A			T									T								T																			

GROCEADORA/ FECHA  
SPG -04D 01/03/2015



















### 3.13. CALCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS MOTORES ASINCRONOS, MEDIANTE TABLAS.

Para el caso típico de la barraca, se considera siete motores de diferentes potencias. Dadas en los párrafos anteriores.

PLANTEAMIENTO TÍPICO DE LOS MOTORES ASINCRONOS. Se tiene un alimentador trifásico de alambre TW (aislamiento termoplástico- resistente a la humedad), en un tubo conduit; que debe suministrar corriente a los motores de inducción a voltaje de 380 vol., 50 hz.

Datos de los motores trifásicos:

Motor N° 1 Sinfín

$P=7.5\text{kw}$ , rotor jaula de ardilla y arranque directo a pleno voltaje,  $\cos \theta = 0.85$ ,  
 $\eta\% = 78$ ,  $V = 380 \text{ vol.}$

Motor N° 2 Múltiple

$P= 5.5\text{Kw}$ , rotor jaula de ardilla y arranque directo a plano voltaje  $\cos \theta = 0.85$ ,  $\eta\% = 69$ ,  $V = 380 \text{ vol.}$

### Motor N° 3 Cepilladora

$P = 5.5 \text{ Kw}$ , rotor jaula de ardilla y arranque directo a pleno voltaje  $\cos \theta = 0.83$ ,  $\eta\% = 69$ ,  $V = 380 \text{ vol.}$

### Motor N° 4 Croceadora

$P = 7.5 \text{ Kw}$ , rotor jaula de ardilla y arranque directo a pleno voltaje  $\cos \theta = 0.85$ ,  $\eta\% = 69$ ,  $V = 380 \text{ vol.}$

### Motor N° 5 Tupi

$P = 5.5 \text{ Kw}$ , rotor jaula de ardilla y arranque directo a pleno voltaje  $\cos \theta = 0.70$ ,  $\eta\% = 69$ ,  $V = 380 \text{ vol.}$

### Motor N° 6 Lijadora

$P = 4.0 \text{ Kw}$ , rotor jaula de ardilla y arranque directo a pleno voltaje  $\cos \theta = 0.85$ ,  $\eta\% = 70$ ,  $V = 380 \text{ vol.}$

### Motor N° 7 Torno

$P = 4.0 \text{ kw}$ , rotor jaula de ardilla arranque directo a pleno voltaje  $\cos \theta = 0.85$ ,  $\eta\% = 70$ ,  $V = 380 \text{ vol.}$

Calcular los conductores y tubos conduit de los circuitos derivados, el del alimentador, calcular las protecciones de los circuitos derivados, y las protecciones del alimentador.

(Véase. ANEXO 6).

➤ Alimentador al motor 1

Corriente a plena carga  $P = \sqrt{3} I.V.COS\theta$

$$\text{Despejando. } I = \frac{p(Kw)}{\sqrt{3} V COS} = \frac{7.5*1000}{1.73*380*0.85*0.78} = 17 \text{ Amp}$$

➤ Calibre del conductor derivado.

$$I = 1.25 * I_{PC} = 1.25 * 17 = 21.25 \text{ Amp}$$

De la tabla 2.7 (Véase ANEXO 9) alambre N° 10 AWG (5.26mm<sup>2</sup>)

De la tabla 2.8 (Véase ANEXO 10) tubo conduit para 3 conductores 19mm (3/4”).

➤ Protección del circuito derivado con interruptor automático (termomagnético).

$$I_{INTERRUPTOR} = I_{PC} = 150\% \text{ de } I_{PC} = 1.5 * 17 = 25.5 \text{ Amp}$$

➤ Protección del motor (elemento térmico)

$$1.25 * I_{PC} = 1.25 * 17 = 21.25 \text{ Amp.}$$

➤ Alimentador al motor 2

Corriente a plena carga  $P = \sqrt{3} I.V.COS\theta$

$$\text{Despejando. } I = \frac{p(Kw)}{\sqrt{3} V COS \eta\%} = \frac{5.5*1000}{1.73*380*0.85*0.69} = 14.2 \text{ Amp}$$

➤ Calibre del conductor derivado.

$$I = 1.25 * I_{PC} = 1.25 * 14.26 = 17.8 \text{ Amp}$$

De la tabla 2.7 alambre N° 12 AWG (3.31mm<sup>2</sup>)

De la tabla 2.8 tubo conduit para 3 conductores 13mm (1/2”).

➤ Protección del circuito derivado con interruptor automático (termomagnético).

$$I_{INTERRUPTOR} = I_{PC} = 150\% \text{ de } I_{PC} = 1.5 * 14.26 = 21.39 \text{ Amp}$$

- Protección del motor (elemento térmico)

$$1.25 * I_{PC} = 1.25 * 14.26 = 17.8 \text{ Amp}$$

- Alimentador al motor 3

$$\text{Corriente a plena carga } P = \sqrt{3} I.V.COS\theta$$

$$\text{Despejando. } I = \frac{p(Kw)}{\sqrt{3} V COS \eta\%} = \frac{5.5 * 1000}{1.73 * 380 * 0.85 * 0.69} = 14.2 \text{ Amp}$$

- Calibre del conductor derivado.

$$I = 1.25 * I_{PC} = 1.25 * 14.26 = 17.8 \text{ Amp}$$

De la tabla 2.7 alambre N° 12 AWG (3.31mm<sup>2</sup>)

De la tabla 2.8 tubo conduit para 3 conductores 13mm (1/2").

- Protección del circuito derivado con interruptor automático (termomagnético).

$$I_{INTERRUPTOR} = I_{PC} = 150\% \text{ de } I_{PC} = 1.5 * 14.26 = 21.39 \text{ Amp}$$

- Protección del motor (elemento térmico)

$$1.25 * I_{PC} = 1.25 * 14.26 = 17.8 \text{ Amp}$$

- Alimentador al motor 4

$$\text{Corriente a plena carga } P = \sqrt{3} I.V.COS\theta$$

$$\text{Despejando. } I = \frac{p(Kw)}{\sqrt{3} V COS} = \frac{7.5 * 1000}{1.73 * 380 * 0.85 * 0.78} = 17 \text{ Amp}$$

- Calibre del conductor derivado.

$$I = 1.25 * I_{PC} = 1.25 * 17 = 21.25 \text{ Amp}$$

De la tabla 2.7 alambre N° 10 AWG (5.26mm<sup>2</sup>)

De la tabla 2.8 tubo conduit para 3 conductores 19mm (3/4”).

- Protección del circuito derivado con interruptor automático (termomagnético).

$$I_{INTERRUPTOR} = I_{PC} = 150\% \text{ de } I_{PC} = 1.5 * 17 = 25.5 \text{ Amp}$$

- Protección del motor (elemento térmico)

$$1.25 * I_{PC} = 1.25 * 17 = 21.25 \text{ Amp}$$

- Alimentador al motor 5

Corriente a plena carga  $P = \sqrt{3} I \cdot V \cdot \text{COS}\theta$

$$\text{Despejando. } I = \frac{p(Kw)}{\sqrt{3} V \text{COS } \eta\%} = \frac{5.5 * 1000}{1.73 * 380 * 0.85 * 0.69} = 14.2 \text{ Amp}$$

- Calibre del conductor derivado.

$$I = 1.25 * I_{PC} = 1.25 * 14.26 = 17.8 \text{ Amp}$$

De la tabla 2.7 alambre N° 12 AWG (3.31mm<sup>2</sup>)

De la tabla 2.8 tubo conduit para 3 conductores 13mm (1/2”).

- Protección del circuito derivado con interruptor automático (termomagnético).

$$I_{INTERRUPTOR} = I_{PC} = 150\% \text{ de } I_{PC} = 1.5 * 14.26 = 21.39 \text{ Amp}$$

- Protección del motor (elemento térmico)

$$1.25 * I_{PC} = 1.25 * 14.26 = 17.8 \text{ Amp}$$

- Alimentador al motor 6

$$\text{Corriente a plena carga } P = \sqrt{3} I.V. \text{COS}\theta$$

$$\text{Despejando. } I = \frac{p(Kw)}{\sqrt{3} V \text{COS}\eta\%} = \frac{4.0 * 1000}{1.73 * 380 * 0.85 * 0.70} = 10.2 \text{ Amp}$$

- Calibre del conductor derivado.

$$I = 1.25 * I_{PC} = 1.25 * 10.2 = 12.7 \text{ Amp}$$

De la tabla 2.7 alambre N° 14 AWG (2.08mm<sup>2</sup>)

De la tabla 2.8 tubo conduit para 3 conductores 13mm (1/2").

- Protección del circuito derivado con interruptor automático (termomagnético).

$$I_{INTERRUPTOR} = I_{PC} = 150\% \text{ de } I_{PC} = 1.5 * 10.2 = 15.3 \text{ Amp.}$$

- Protección del motor (elemento térmico)

$$1.25 * I_{PC} = 1.25 * 10.2 = 12.7 \text{ Amp}$$

Quedando de esta manera el diagrama unifilar de los motores

- Alimentador al motor 7

$$\text{Corriente a plena carga } P = \sqrt{3} I.V. \text{COS}\theta$$

$$\text{Despejando. } I = \frac{p(Kw)}{\sqrt{3} V \text{COS}\eta\%} = \frac{4.0 * 1000}{1.73 * 380 * 0.85 * 0.70} = 10.2 \text{ Amp}$$

- Calibre del conductor derivado.

$$I = 1.25 * I_{PC} = 1.25 * 10.2 = 12.7 \text{ Amp}$$

De la tabla 2.7 alambre N° 14 AWG (2.08mm<sup>2</sup>)

De la tabla 2.8 tubo conduit para 3 conductores 13mm (1/2").

- Protección del circuito derivado con interruptor automático (termomagnético).

$$I_{INTERRUPTOR} = I_{PC} = 150\% \text{ de } I_{PC} = 1.5 * 10.2 = 15.3 \text{ Amp}$$

- Protección del motor (elemento térmico)

$$1.25 * I_{PC} = 1.25 * 10.2 = 12.7 \text{ Amp}$$

- Calculo del alimentador.

$$I = 1.25 * 17 + 14.2 + 14.2 + 17 + 14.2 + 10.2 + 10.2 = 100 \text{ Amp}$$

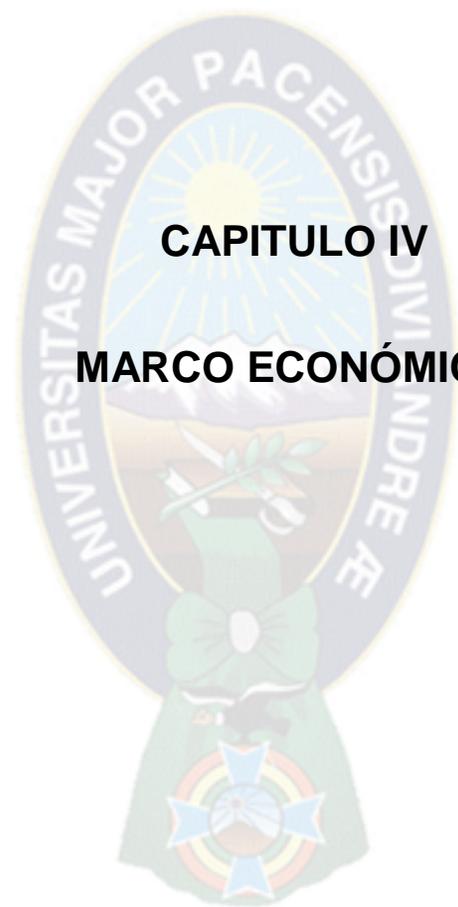
De la tabla 2.7 para corriente 100 amp. Alambre N° 1/0

De la tabla 2.8 tubo conduit para tres conductores N° 1/0, 38mm (1 1/2")

$$I = I_{arranque \text{ motor mayor}} + \sum I_{PC} (\text{otros motores})$$

$$I_{arranque \text{ motor mayor}} = 2 * 17 + 17 + 14.2 + 14.2 + 14.2 + 10 + 10 =$$

113.6 Amp. = 120 amp (valor comercial).



**CAPITULO IV**  
**MARCO ECONÓMICO**

#### 4.0. ANALISIS ECONÓMICO.

La globalización de la información y la economía facilitan cada vez más que las empresas, sin distinción de tamaño y lugar, compitan en el mercado nacional e internacional. Esta situación puede generar nuevas oportunidades para la oferta nacional de muebles y en la carpintería de madera.

En nuestro país, nueve de cada 10 empresas fabricantes de muebles son pequeñas empresas con no más de 10 trabajadores y una producción de bajo volumen, entre 500 a 1,500 pies tablares por mes.

La mayoría de las empresas dirigen su producto al mercado Nacional. Algunas empiezan a participar en el mercado externo a través de su articulación con otras empresas de mayor tamaño.

El desarrollo y la globalización del mercado de muebles y productos de carpintería, se caracteriza por:

1. Costos Fijos.
2. Costos variables.
3. Costos financieros.
4. Costos de Fallo.

#### 4.1. COSTOS FIJOS

Es aquel que no varía aun cuando varíe el volumen de producción, es decir, se mantiene igual independientemente de si producimos poco, mucho o no producimos.

#### 4.2. COSTOS VARIABLES.

Es aquel que aumenta o disminuye en función del volumen de producción.

Ejemplos:

Costos fijos: Sueldos y salario; depreciación de máquinas, mantenimiento de máquinas.

Costos variables: Materia prima, insumos, materiales, remuneración a destajo.

#### 4.3. COSTOS FINANCIEROS.

Los costos financieros asociados al mantenimiento se deben tanto al valor de los repuestos de almacén como las amortizaciones de las maquinas duplicadas para asegurar la producción.

El costo que supone los recambios de un almacén para realizar reparaciones, es un desembolso para la empresa que limita su liquides. Si los recambios son utilizados con cierta frecuencia nos encontramos con un mal menor, dado a que esto es una inversión que hace la empresa para mantener la capacidad productiva de la instalación. Sin embargo, cuando los recambios tardan mucho

tiempo en ser utilizados, estamos incurriendo en un gasto que en principio, no genera ningún beneficio para la empresa.

Dentro de los gastos financieros deben tenerse en cuenta el coste que supone tener ciertas instalaciones o maquinas duplicadas para obtener una mayor disponibilidad.

En determinadas circunstancias que se obliga a una disponibilidad total, es necesario montar en paralelo una máquina similar, que permita la reparación de una de ellas mientras la otra está en funcionamiento.

#### 4.4 COSTO DE FALLO.

El coste de fallo se refiere al coste o pérdidas de beneficio que la empresa soporta por causas relacionadas directamente con el mantenimiento.

Normalmente, este concepto no suele tenerse en cuenta cuando se habla de gastos de mantenimiento; pero su volumen puede ser incluso superior a los gastos tradicionales, costos fijos, costos variables y financieros. Este concepto es aplicable tanto a empresas productivas como a empresas de servicio.

#### 4.5 GENERALIDADES.

Este capítulo comprende el estudio y análisis del costeo económico para el desarrollo y ejecución del mantenimiento del proyecto de estudio.

El costo total del mantenimiento del proyecto en cuestión engloba los siguientes aspectos:

- Costo de materiales y repuestos de los equipos que integran el proyecto
- Costo de mano de obra del desarrollo del proyecto
- Costo total.

#### 4.6. COSTO DE MATERIALES Y REPUESTOS PARA LOS EQUIPOS

Se engloban en este apartado los costos a precio de mercado de todos los materiales necesarios en los equipos utilizados en la puesta en marcha del proyecto de mantenimiento así mismo se realizó una incursión en obtener detalles de dichos elementos.

En la tabla que se presenta a continuación, los costos de los repuestos necesarios para realizar el mantenimiento de la maquinaria en la barraca Juan Pablo 2<sup>do</sup>

Tabla 4.1 Costo de material fungible

<b>INSUMOS</b>					
<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario (Bs)</b>	<b>P. Total (Bs)</b>
1	Focos ahorradores	60 W	10	24.36	243.6
2	Lámpara tubo fluorescente	40 w – 1.2 m	10	37	370

<b>3</b>	Escobas	1.10	5	20.8	104
<b>4</b>	Candado para puerta	5"	1	26	26
<b>5</b>	Gasolina (Gal)		7.57	3.76	28.48
<b>6</b>	Interruptores Térmicos SISSAN	6 x 8Cm(32 A)	10	224	2240
<b>7</b>	Grasa Mobilux EP	kg	16	12	192
<b>8</b>	Conectores eléctricos		20	0.9	18
<b>9</b>	Rodamiento	6204zz	6	38.5	231
<b>10</b>	Rodamiento	6202zz	6	38.5	231
<b>11</b>	Rodamiento	6205zz	6	42	252
<b>12</b>	Rodamiento	6206zz	4	42	252
<b>13</b>	Estopa Blanca	300 gr	20	2.4	48
<b>14</b>	Brocha		15	13	195
<b>15</b>	Lija mecánica 320	25x30 cm	10	1.2	12
<b>16</b>	Waype industrial	120 gr	10	7.0	70
<b>17</b>	Alambre de cu esmaltado AWG 18	1000 gr	5	120	600
<b>18</b>	Alambre de cu esmaltado AWG 16	1000 gr	5	98	490
<b>19</b>	Barniz dieléctrico	1 lt	2	78	156
<b>20</b>	Pasta de soldar	2 gr	1	64	64

<b>21</b>	Estaño para soldadura	5 gr	1	87	87
<b>INSTRUMENTOS DE MEDIDA</b>					
<b>22</b>	Multímetro digital	8x15 cm	1	550	550
<b>23</b>	Pinza amperimétrica 266	12x2cm	1	675	675
<b>HERRAMIENTAS</b>					
<b>24</b>	Juego de destornilladores	60 - 240 mm	2	140	280
<b>25</b>	Juego de llaves universal	6- 24 $\emptyset$ mm	2	180	360
<b>26</b>	Juegos de dados mecánicos	6- 24 $\emptyset$ mm	1	1	458
<b>27</b>	Prensa hidráulica	12"	1	1548	1548
<b>28</b>	Prensa mecánica	6"	1	359	359
<b>29</b>	Taladro eléctrico.		1	260	260
<b>30</b>	Esmeril eléctrico.	6"	1	235	235
<b>31</b>	Martillos de goma	10 mm	2	64	128
<b>32</b>	Martillos mecánicos	8-10 mm	2	55	110
<b>33</b>	Extractor para rodamiento		1	147	147
<b>34</b>	Protector auditiva		4	36	144

<b>35</b>	Busca polo electronico	120x10,3mm	5	7.0	35
<b>36</b>	Protector bucal		4	36.5	146
<b>37</b>	Cautin eléctrico	280x30 mm	1	178	178
<b>TOTAL</b>					<b>11.251 Bs</b>

#### 4.7 COSTO DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

Tabla. 4.2 Costo de instrumento de medida

ELEMENTOS					
<b>Nº</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ARTÍCULO</b>	<b>MEDIDA</b>	<b>PRECIO UNI. BS.</b>	<b>TOTAL BS.</b>
1	1	Multímetro digital	8x15 cm	550	550
2	1	Pinza amperimétrica 266	12x2cm	675	675
3	1	Tacómetro	5x6	150	150
4	1	Computadora Core 5	14"	6500	6500
5	1	Impresora canon 250mp	45x30	3480	3480
<b>TOTAL</b>					<b>11.355 Bs</b>

#### 4.8 COSTO DE MANO DE OBRA DEL PROYECTO.

Tabla 4.3. Mano de obra del proyecto.

<b>DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	
<b>TAREAS</b>	<b>TIEMPO X DIA</b>
Plan mantenimiento maquina.	4 hrs
Mantenimiento del motor en taller	1 hrs
Conexión del tablero	1hrs
Instalación de los equipos	1hrs
Control y verificación del mantenimiento	1hrs
<b>TOTAL DE DÍAS TRABAJADOS</b>	<b>8 hrs</b>

La siguiente tabla muestra el costo por mano de obra empleada, tomando en cuenta la tabla anterior.

Tabla. 4.4. Presupuesto de mano de obra

Personal	sueldo mensua	sueldo x hora	horas de trabajo	costo total
Técnico	2500	10,42	239	2490,38
ayudante	1200	5	240	1200
<b>TOTAL Bs.</b>				<b>3690,38</b>

Tabla de mano de obra por desarrollo del proyecto de mantenimiento.

#### 4.9 INVERSIÓN DE ACTIVOS FIJOS.

Tabla 4.5 Costo total de activos fijos.

Nº	Detalle	Costo activo fijo
1	Material y equipo	11.251,00
2	Instrumentos de Medida	11.355,00
3	Mano de obra	3.690,00
total Bs		26.296,00

#### 4.10 COSTO TOTAL DEL PROYECTO.

De esta forma la tabla siguiente reflejará el presupuesto global del proyecto determinado a partir de los cálculos anteriores.

Tabla 4.6 Costo total del proyecto

Costo total del plan Mantenimiento		
Item	Descripción	Costo
1	Costo del plan Mant.	26.296 Bs.
<b>TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>26.296Bs.</b>



## 5.0. CONCLUSIONES

El proyecto, ha tenido dificultades; al momento de recopilar datos técnicos de las maquinas, ya que esta barraca fue traída del Departamento de Potosí, del centro minero pulacayo, con el decreto supremo 21060, todos los trabajadores fueron despedidos, en la presidencia de Sanchez de Lozada en 1986

Al llegar a la ciudad de Tarija, específicamente a la zona de tabladita II se reinstalo por las necesidades que demandaba las necesidades de la madera, en la construcción de viviendas y otras actividades con la madera.

La falta de información técnica, ha tenido muchas dificultades; específicamente en la producción de muebles, listones, puertas y otros por año de producción, es por esta razón se optó de realizar entrevistas a todo el personal de la barraca y Administración.

Por lo antecedido se pudo tener cooperación de los propietarios y los trabajadores de la barraca, en las entrevistas y cuestionarios formulados; terminada el proyecto a aplicando a la barraca, tendrá buenos resultados en la producción de muebles y otros enseres relacionado con la madera.

Este proyecto puede utilizarse como guía para otras barracas del departamento de Tarija y provincias.

Las necesidades de la madera, a nivel local y nacional son de uso común, en la construcción de viviendas, edificios y todo relacionado con la madera. Lo asombroso y delicado de la madera, es reemplazado por el metal, las construcciones de viviendas se lo realiza con metal.

### 5.1 RECOMENDACIONES

El proyecto finalizado, recomienda cambiar todas las maquinas, ya que llegaron a su vida útil los motores y la instalación eléctricas, al mismo tiempo se recomienda que todas las máquinas deben llevar una ficha de control para el seguimiento de los diferentes mantenimientos, además sugerir a los operarios aplicar la metodología propuesta en este trabajo.

Al gerente, debe estar más de cerca con la empresa, ya que se noto mucho ausentismo.

Además deberán preocuparse por las necesidades, de la fábrica y el personal, asimismo invertir un presupuesto, en un departamento de almacenes para el control y seguimiento de sus repuestos e insumos.

Para la implementación del plan de mantenimiento, se sugiere la adquisición de los instrumenios y herramientas necesarios, para poder cumplir con el objetivo.

Al Subgerente, recomendar que debe automatizarse, las maquinarias; y todo el sistema eléctrico y coordinar con el departamento mantenimiento, para el diseño y ejecución del mismo.

Además, motivar al operario sobre el uso de indumentaria de seguridad, ya que es una fabrica de muebles, donde se produce aserrín, que es daño para la salud.(Implementar un plan de seguridad industrial y salud ocupacional)

Por último se sugiere reuniones el departamento de administración y departamento de mantenimiento, para evaluar el estado de las máquinas y promogramar los tipos de mantenimientos.



## BIBLIOGRAFÍA

- Apuntes Seminario Planeación y Mantenimiento, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2004
- GARRIDO, Santiago García, *Organización y gestión integral de mantenimiento*, España, Ed. Díaz de Santos, 2003.
- MONTECELOS TRASHORRAS, Jesús, *Desarrollo de instalaciones electrotécnicas en los edificios*, España, Ed. Thomson Learning Ibero, 2006.
- Manual HES, Operación y Mantenimiento Hidroabánico, Sipetrol, 2008.
- PRANDO, Raúl, *Manual Gestión de Mantenimiento*, Uruguay, Ed. Piedra Santa, 1996.
- Resumen conferencia modelo gerencial de mantenimiento- Fundamento filosófico, Monterrey, Junio 5al 9 2006.
- Elementos de medición y análisis de vibraciones en máquinas rotatorias. (Evelio Palomino Marin-2002)
- Manual de mantenimiento de instalaciones (José roldan Viloría -2004)
- Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento (Ramiro W. Peralta Uria-2002).
- Electricidad Industrial (José Roldan Viloría-1998)
- Máquinas Eléctricas ( Stephen j. Chapman segunda edición)
- Electro mundo (Colegio de ingenieros electricistas y electrónicos La paz- Bolivia – 2004)

- Principios y fundamentos de la ingeniería de mantenimiento (Ramiro W. Peralta Uria-2002)
- Merino Azcárraga, José María: "Arranque industrial demotores Síncronos . .Ed.Esp.2002.
- Teoría, cálculo y aplicaciones". Ed. McGraw-Hill. Madrid, 1995.
- Apuntes de Máquinas Eléctricas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales: 2000.
- Serrano Iribarnegaray, L; Cervera Vicente, A., Riera Guasp, M.: Motores asíncronos trifásicos. Descripción general y teoría básica.
- D. Keith Denton. Seguridad Industrial. Mc Graw-Hill. 1984. México.
- Grimaldi-Simonds. La Seguridad Industrial Su Administración. Alfaomoga México 1985.
- <http://www.amtce.com.mx/config>.
- <http://www.mantenimiento/mundial>
- <http://www.amtce.com.mx/config>.



**ANEXOS**

# ANEXO 1

FOTOS, CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS Y EDIFICIOS.





## ANEXO 2

TABLA 1.1 CONDUCTORES ELECTRICOS.

275

TABLA DE ALAMBRES DE COBRE  
(Transformadores y motores de inducción)

Nº AUG	Diámetro mm.	Sección mm <sup>2</sup> .	Carga Amperios		Omnios x Km
			Desnudo	Aislado	
0000	11.68	107.19	300	270	0.16
000	10.40	84.95	240	210	0.203
00	9.226	67.43	200	180	0.256
0	8.251	53.51	180	150	0.322
1	7.348	42.47	150	120	0.407
2	6.544	33.59	120	90	0.513
3	5.827	26.69	105	75	0.647
4	5.189	21.16	100	70	0.815
5	4.621	16.76	85	55	1.028
6	4.115	13.33	70	50	1.296
7	3.665	10.55	65	45	1.634
8	3.264	8.36	53	35	2.061
9	2.906	6.63	35	28	2.599
10	2.588	5.27	30	25	3.277
11	2.305	4.16	25	20	4.132
12	2.053	3.30	22	18	5.211
13	1.828	2.68	19	16	6.571
14	1.628	2.09	15	13	8.285
15	1.450	1.65	12	10	10.45
16	1.291	1.307	10	8	13.17
17	1.150	1.039	8	4	16.61
18	1.024	0.823	6	3	20.95
19	0.9116	0.657	4	2	26.42
20	0.8118	0.518	3.6	1.8	33.31
21	0.7230	0.407	3.2	1.5	42.00
22	0.6438	0.325	2.8	1.2	52.96
23	0.5733	0.258	2.4	1.0	66.79
24	0.5106	0.204	2.0	0.8	84.21
25	0.4547	0.162	1.7	0.6	106.2
26	0.4049	0.128	1.5	0.55	133.9
27	0.3606	0.102	1.2	0.45	168.9
28	0.3211	0.081	1.1	0.40	212.9
29	0.2859	0.0642	0.9	0.3	268.5
30	0.2545	0.0509	0.8	0.25	338.6
31	0.2268	0.0404	0.65	0.20	426.9
32	0.2019	0.0320	0.55	0.15	538.3
33	0.1798	0.0254	0.46	0.12	678.8
34	0.1601	0.0201	0.40	0.11	856.0
35	0.1426	0.0159	0.32	0.09	1079.4
36	0.1270	0.0127	0.28	0.07	1361.0
37	0.1131	0.0100	0.24	0.06	1716.9
38	0.1007	0.0079	0.18	0.04	2164.1
39	0.08969	0.0063	0.15	0.03	2728.9
40	0.07987	0.0050	0.13	0.02	3432.5

## ANEXO 3

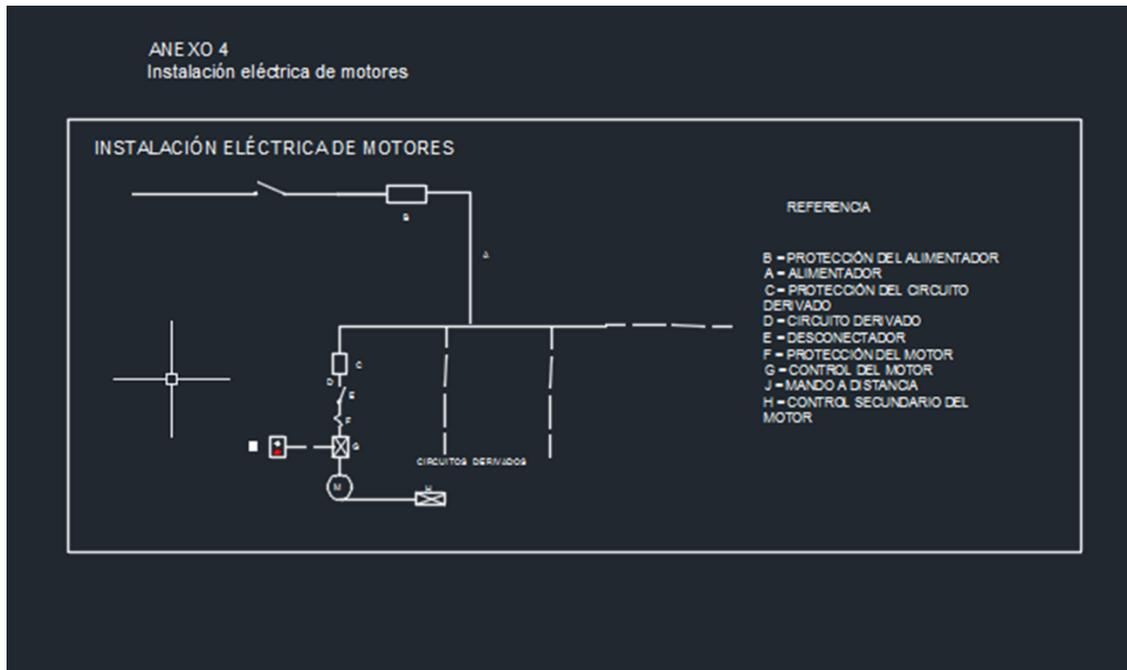
TABLA 2.1 AMPACIDAD DE LOS CONDUCTORES

AMPACIDAD DE CONDUCTORES AISLADOS DE COBRE DE 1 A 3 CONDUCTORES EN CONDUIT (BASADO EN UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30 °C)							
RANGO DE TEMPERATURA DEL CONDUCTOR (VER TABLA C)							
°C °F	60 °C	75 °C	90 °C	110 °C	125 °C	200 °C	250 °C
	140 °F	167 °F	194 °F	230 °F	257 °F	392 °F	482 °F
T I P O S							
CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG MCM	T TW	RR RHW THW THWN	TA TBS RHH RHHN	AVA AVL	AIA	A AA	TFE
18			21				
16			22				
14	15	15	25	30	30	30	40
12	20	20	30	35	40	40	55
10	30	30	40	45	50	55	75
8	40	45	50	60	65	75	95
6	55	65	70	80	85	95	120
4	70	85	90	105	115	120	145
3	80	100	105	120	130	145	170
2	95	115	120	135	145	165	195
1	110	130	140	160	170	190	220
1/0	125	150	155	190	200	225	250
2/0	145	175	185	215	230	250	280
3/0	165	200	210	245	265	285	315
4/0	195	230	235	275	310	340	370
250	215	255	270	315	335		
300	240	285	300	345	380		
350	260	310	325	390	420		
400	280	335	360	420	450		
500	320	380	405	470	500		
600	355	420	455	525	545		
700	385	460	490	560	600		
750	400	475	500	580	620		
800	410	490	515	600	640		
900	435	520	555	---	---		
1000	455	545	585	680	730		
1250	495	590	645	---	---		
1500	520	625	700	785	---		
2000	560	665	775	840	---		

1.- PARA TEMPERATURAS MAYORES VER TABLA C DE FACTORES DE CORRECCION.  
2.- AMPACIDAD PARA LOS TIPOS DE CONDUCTORES RRH, THHN CALIBRE 14, 12 Y 10 DEBE SER EL MISMO PARA CONDUCTORES DE 75 °C EN ESTA TABLA.

# ANEXO 4

## INSTALACIONES ELECTRICAS DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS



## ANEXO 5

### CUESTIONARIO DE DIAGNÓSTICO DESARROLLADO.

#### INSTRUMENTO DE PRIMER NIVEL.

Evalué asignando una puntuación entera del 1 al 4 a cada uno de los siguientes ítems. Asígnese una puntuación máxima de 4 a la situación más conveniente o deseable para su empresa y una puntuación de 1 a la peor situación.

#### 1. PERSONAL

ITEM	ACTIVIDADES	PUNTAJE
1.1	Las actividades que desarrolla el personal de mantenimiento están de acuerdo a sus potencialidades	
1.2	El personal de mantenimiento, es tomado en cuenta para la toma de decisiones en la empresa	
1.3	El personal conoce las normas y políticas que se relacionan con sus actividades	
1.4	Cree Ud. Que el mantenimiento es tan importante en la empresa, para el buen desempeño de la producción	
1.5	Se tienen métodos y procedimientos para evaluar el desempeño del personal de mantenimiento y se cumple.	
1.6	El sistema de contratación y reclutamiento del personal de mantenimiento corresponde a las necesidades del área.	
1.7	La rotación del personal siempre se efectúa de acuerdo a las necesidades del área de mantenimiento.	
1.8	El personal cuenta con mantenimiento a nivel supervisión o coordinación, cree que es adecuado.	
1.9	El personal tiene adiestramiento con relación a los mantenimientos preventivos y correctivos	
1.10	Existen programas o medios para que el personal mejore sus relaciones personales tanto al interior del grupo como con las demás áreas.	

## 2 ADMINISTRACIÓN.

ITE M	ACTIVIDAD	PUN TAJE
2.1	Se tienen bien definidos los objetivos del área de mantenimiento	
2.2	Se tienen bien delimitadas las funciones del área de mantenimiento.	
2.3	La estructura organizativa de la empresa facilita el buen funcionamiento de mantenimiento.	
2.4	El área de mantenimiento tiene bien definidos sus puestos y se respetan	
2.5	Existen procedimientos y se conocen todas las ejecuciones de los trabajos de mantenimiento.	
2.6	Existe compatibilidad entre la toma de decisiones de producción y las de mantenimiento.	
2.7	¿La planeación para las actividades de mantenimiento es una actividad permanente y controlada?	
2.8	Se plantea a corto, mediano y largo plazo el mantenimiento.	
2.9	Conoce los tipos de mantenimientos preventivos y correctivos	

## 3 PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN.

ITE M	ACTIVIDAD	PUNT AJE
3.1	Se tiene un inventario completo de todas las máquinas, que demanda la atención del área de mantenimiento.	
3.2	Se tiene algún criterio para dar prioridad a los trabajos de acuerdo a la importancia del equipo.	
3.3	Se conoce la ubicación física de todas las máquinas, que contiene el inventario de conservación.	
3.4	Cree Ud. Qué normalmente, se conservan las máquinas en buen estado con las refacciones que se realiza	
3.5	Las materias primas que se consumen en mantenimiento son las especificadas por el fabricante o al menos son equivalentes en calidad.	
3.6	¿Se conserva los programas de mantenimiento, con la actividad que realiza del departamento de mantenimiento?.	
3.7	Los programas obedecen a un previo análisis de necesidades de los usuarios por los involucrados.	
3.8	¿Las órdenes de trabajo permiten tener un seguimiento riguroso y	

	conservar estos?	
3.9	¿Los programas describen claramente los tiempos de ejecución de cada trabajo?	

#### 4 CONTROL.

ITEM	ACTIVIDAD	PUNTAJE
4.1	La evaluación en mantenimiento es una norma y es respetada por todos los integrantes del grupo de mantenimiento.	
4.2	La asignación de presupuesto para el mantenimiento, obedece a un análisis de necesidades.	
4.3	Se tiene parámetros confiables para controlar los costos de ejecución de los trabajos de mantenimiento.	
4.4	Se tiene parámetros confiables para medir los trabajos de mantenimiento.	
4.5	Se conoce confiablemente los recursos económicos disponibles, para realizar el mantenimiento en la empresa.	
4.6	Se tiene información acerca de los costos ocasionados por el mantenimiento	
4.7	Se tienen estudios de factibilidad del comportamiento de los equipos más importantes	
4.8	Se tiene un seguimiento confiable de la información que se reporta en mantenimiento.	
4.9	Se tiene un manejo eficiente de los recursos asignados al mantenimiento	
4.10	Reconoce clara y fácilmente la aportación que hace el grupo de mantenimiento.	

## ANEXO 6 TABLA 2.7

TABLA 2.7

CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE CU BASADA EN UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30°C.

CALIBRE	TIPO T.W. 60°C.				VINANEL 900 75 °C			
	1 a 3	4 a 6	6 a 9	1	1 a 3	4 a 6	6 a 9	1
A.W.G.	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	COND. AIRE	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	CONDS. TUBO	COND. AIRE
14	15	12	10	20	15	12	10	20
12	20	16	14	25	20	16	14	25
10	30	24	21	40	30	24	21	40
8	40	32	28	55	45	36	31	65
6	55	44	38	80	65	52	45	95
4	70	56	49	105	85	68	59	125
2	95	76	66	140	115	92	80	170
0	125	100	87	195	150	120	105	230
00	145	116	110	225	175	140	122	265
000	165	132	115	260	200	160	140	310
0000	195	156	132	300	230	184	161	360
250	215	172	150	340	255	204	178	405
300	240	192	168	375	285	228	199	445
350	260	208	182	420	310	248	217	505
400	280	224	196	455	335	268	234	545
500	320	256	224	515	380	304	266	680

## ANEXO 8

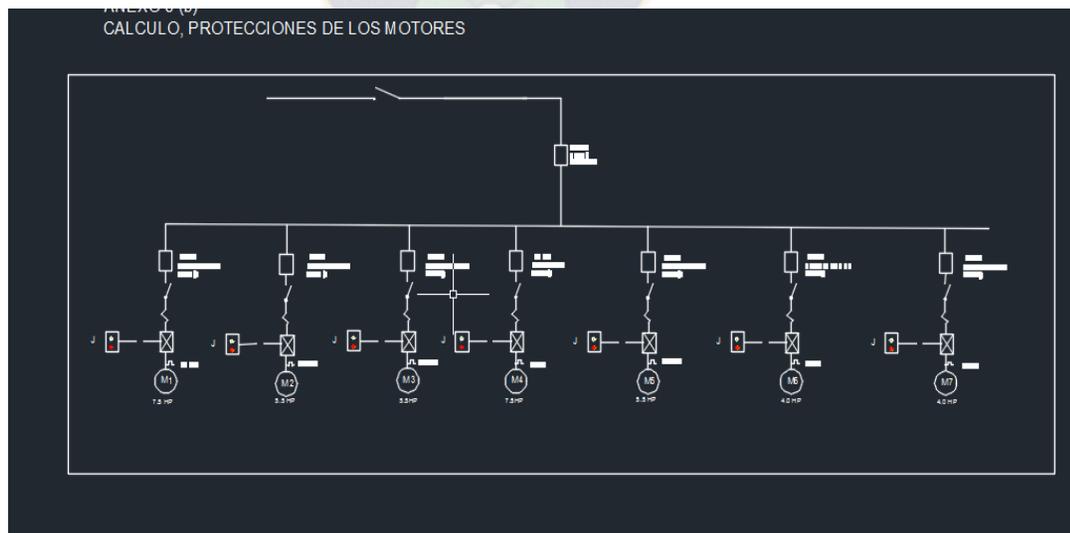
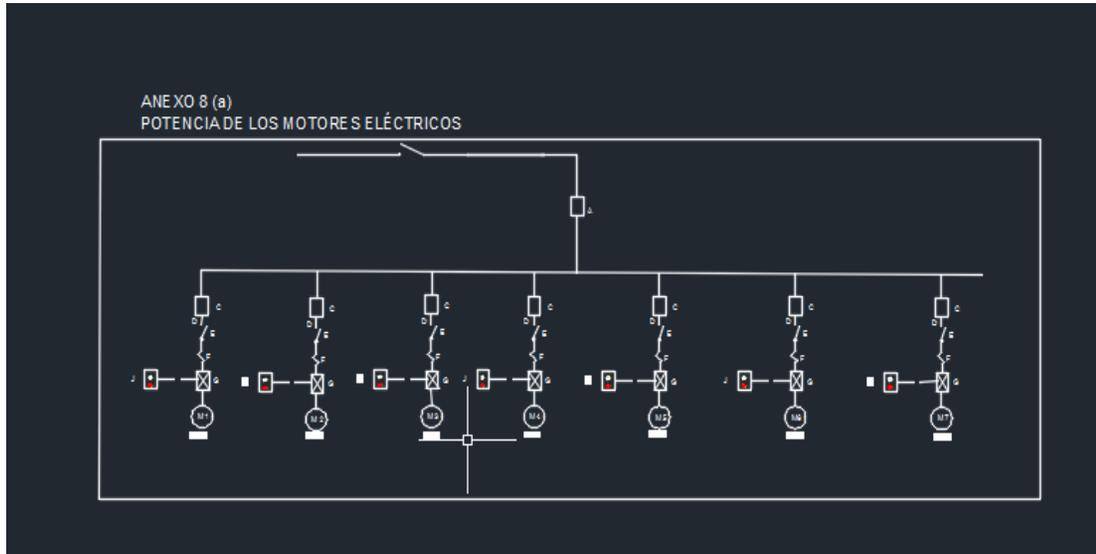
TABLA 2.8

NUMERO DE CONDUCTORES TIPO TW Y WINANEL 900 NORMAL QUE PUEDEN INSTALARSE DENTRO DE UN TUBO CONDUIT DE ACUERDO CON LOS FACTORES DE RELLENO ESTABLECIDOS.

CALIBRE	TAMAÑO DEL TUBO CONDUIT												
	A. W. G.	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "	1"	1 $\frac{1}{4}$ "	1 $\frac{1}{2}$ "	2"	2 $\frac{1}{4}$ "	3"	3 $\frac{1}{2}$ "	4"	5"	6"
M. C. N.	13mm	19mm	25mm	31mm	38mm	51mm	64mm	76mm	89mm	101mm	127mm	152mm	
18	13	24	39	68	92								
16	11	19	31	54	74								
14	9	13	25	44	60	99							
12	7	12	20	34	47	78							
10	5	9	15	26	36	60	85						
8	3	5	8	14	20	32	46	72					
6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62			
4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	46	63		
2	1	1	1	4	5	9	12	20	26	34	54	78	
1	0	1	1	2	4	6	8	14	19	25	39	57	
0	0	1	1	2	3	5	8	12	16	21	33	45	
00	0	1	1	1	3	4	6	10	14	18	28	41	
000	0	0	1	1	1	4	4	9	12	15	24	35	
0000	0	0	1	1	1	3	4	7	10	13	20	29	
250				1	1	2	3	6	8	10	16	23	
300				1	1	1	2	5	7	9	14	20	

# ANEXO 9

## ESQUEMA UNIFILAR DE LOS MOTORES



## ANEXO 10

### REPARACIÓN DE LOS MOTORES EN TALLER EXTERNO





## Visita al taller externo



## ANEXO 10

### CONTROL DE LAS MÁQUINAS EN LA BARRACA JUAN PABLO 2º





