



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**REACONDICIONAMIENTO DE MOTORREDUCTORES Y MOTORES
ELÉCTRICOS EN EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA
CALERA**

Edwin Orlando Pedro Reyes
Asesorado por el Ing. Emilio José Porras Solórzano

Guatemala, octubre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REACONDICIONAMIENTO DE MOTORREDUCTORES Y MOTORES
ELÉCTRICOS, EN EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA
CALERA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDWIN ORLANDO PEDRO REYES

ASESORADO POR EL ING. EMILIO JOSÉ PORRAS SOLÓRZANO
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Soltán Mejía
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Ismael Véliz Padilla
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Anacleto Medina Gómez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**REACONDICIONAMIENTO DE MOTORREDUCTORES Y MOTORES
ELÉCTRICOS, EN EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA
CALERA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 01 de octubre de 2007.



EDWIN ORLANDO PEDRO REYES

Guatemala, 03 de Septiembre de 2009

**Ingeniero
Julio César Campos
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala**

Atentamente me dirijo a usted deseándole éxitos en sus labores cotidianas.

El motivo de la presente, es para informarle que el estudiante Edwin Orlando Pedro Reyes, ha finalizado el trabajo de graduación titulado **REACONDICIONAMIENTO DE MOTORREDUCTORES Y MOTORES ELÉCTRICOS EN EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA CALERA**, y después de realizar las revisiones correspondientes, he encontrado que el mismo es satisfactorio dándole mi aprobación para que pueda realizar los tramites correspondientes.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,



**Emilio José Porrás Solórzano
Ingeniero Mecánico
Colegiado No. 7370**

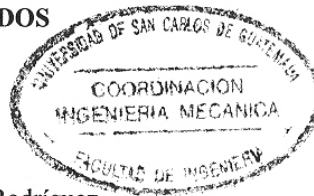
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Coordinador del Área de Materiales de Ingeniería de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado RECONDICIONAMIENTO DE MOTORREDUCTORES Y MOTORES ELÉCTRICOS EN EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA CALERA, del estudiante **Edwin Orlando Pedro Reyes**, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, septiembre de 2009 .

/behdei

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 378.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **REACONDICIONAMIENTO DE MOTORREDUCTORES Y MOTORES ELÉCTRICOS EN EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA CALERA**, presentado por el estudiante universitario **Edwin Orlando Pedro Reyes**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, octubre de 2009

/gdech

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Materiales, al Trabajo de Graduación titulado RECONDICIONAMIENTO DE MOTORREDUCTORES Y MOTORES ELÉCTRICOS EN EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA CALERA, del estudiante Edwin Orlando Pedro Reyes, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, octubre de 2009

JCCP/behdei

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por haberme permitido llegar hasta este momento y compartir esta felicidad con mi familia y amistades.

Mis padres

Por brindarme el apoyo durante mis años de estudio. También por todos aquellos sacrificios personales para darme lo que yo necesitaba.

Mis tíos, Amarilis Reyes, Alfredo Reyes.

Por su apoyo, consejos, sus observaciones y por todo el tiempo dedicado.

El Ing. Emilio José Porras Solórzano

Por su asesoría, por toda la información brindada y por el apoyo que me ha dado.

Cementos Progreso S.A.

Por haber permitido el desarrollo del trabajo de graduación.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS:

Por la bendición, protección, salud y sabiduría regalada durante todo este tiempo. También por ser mi punto espiritual de apoyo, y muy especialmente por la vida.

MIS PADRES:

Blanca Leticia Reyes Maldonado, Antonio Pedro Hernández, por ser siempre mi mejor ejemplo; por su apoyo incondicional, sus consejos y muy especialmente por su gran amor.

MIS HERMANOS:

Missael Ivony, Geovana Ruveli y Ever Yancarlos, por su cariño, comprensión y apoyo en diferentes aspectos de mi vida personal.

MIS ABUELOS:

Catalina Maldonado, con respeto y cariño.

LA FAMILIA ROBLES REYES:

Maritza Reyes, Ervin Robles, Edwin Eduardo, Ronal Gabriel.

TODA MI FAMILIA

Que en una u otra forma han manifestado sus buenas intenciones y mucho cariño hacia mi persona.

MIS COMPAÑEROS, AMIGOS Y CATEDRÁTICOS. A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. FACULTAD DE INGENIERÍA

Que Dios los bendiga y este pequeño éxito se lo dedico a ustedes, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA CALERA	1
1.1. Funcionamiento del sistema o software	3
1.1.1. Ubicación técnica	5
1.1.2. Móvil de los equipos	5
1.2. Diagrama de flujo	6
1.2.1. Características principales	6
1.2.2. Posibles problemas y deficiencia de interpretación	7
1.2.3. Utilización	8
1.3. Mantenimiento preventivo	9
1.3.1. Clasificación de equipos críticos	12
1.3.1.1. Equipo crítico clase “A”	12
1.3.1.2. Equipo crítico clase “B”	13
1.3.1.3. Equipo crítico clase “C”	13
1.3.2. Administración del mantenimiento preventivo	13
1.3.2.1. Personal encargado de administrar el mantenimiento	14

1.3.2.2.	Cómo se obtienen los indicadores de desempeño	14
1.3.3.	Planificación del mantenimiento preventivo	15
1.3.3.1.	Frecuencias del mantenimiento	16
1.3.3.1.1.	Frecuencia catorcenal	17
1.3.3.1.2.	Frecuencia mensual	17
1.3.3.1.3.	Frecuencia trimestral	17
1.3.3.1.4.	Frecuencia semestral	18
1.3.3.1.5.	Frecuencia anual	18
1.3.4.	Plan anual de mantenimiento	18
1.3.5.	Plan maestro de mantenimiento	19
1.3.6.	Plan diario/semanal de mantenimiento	20
1.3.7.	Ejecución del mantenimiento	21
1.3.8.	Retroalimentación en el sistema	22
2.	GENERALIDADES DE LOS MOTORREDUCTORES Y MOTORES ELÉCTRICOS	23
2.1.	Motorreductores	25
2.1.1.	Aplicación industrial	27
2.1.2.	Características del motorreductor	27
2.1.3.	Selección de potencia	28
2.1.4.	Mantenimiento	28
2.1.4.1.	Programa de mantenimiento	29
2.1.4.2.	Lubricación	30
2.1.4.3.	Rodaje inicial	31
2.1.4.4.	Localización de fallas	32
2.1.4.5.	Instalación	32

2.1.5.	Datos específicos de un motorreductor	33
2.1.5.1.	Capacidad nominal	33
2.1.5.2.	Factor de servicio (F.S.)	33
2.1.5.3.	Ajuste y tolerancia	34
2.1.6.	Calidad de fabricación	35
2.2.	Motores eléctricos	35
2.2.1.	Clasificación de los motores eléctricos	36
2.2.1.1.	Motores de corriente directa (CD)	36
2.2.1.2.	Motores de corriente alterna (CA)	37
2.2.1.2.1.	Motores universales	38
2.2.1.2.2.	Motores sincrónicos	38
2.2.1.2.3.	Motores de jaula de ardilla	39
2.2.2.	Factores en la selección de un motor eléctrico	40
2.2.3.	Datos específicos	41
2.2.3.1.	Potencia	41
2.2.3.2.	Dimensiones mecánicas y montaje de un motor eléctrico (FRAME)	44
2.2.3.3.	Grados de protección que ofrece la envolvente en un motor eléctrico (IP)	47
2.2.3.4.	Modelo	52
2.2.3.5.	Velocidad de un motor eléctrico (rpm)	53
2.2.3.6.	Corriente y voltaje	55
2.2.3.7.	Factor de potencia	55
2.2.3.8.	Estándares más utilizados en equipos eléctricos (NEMA)	56
2.2.4.	Sistema trifásico	57

2.2.5.	Tensión de servicio	58
2.2.6.	Conexión de motores trifásicos	59
3.	IMPORTANCIA DE LA LUBRICACIÓN EN LOS MOTORREDUCTORES	63
3.1.	Propiedades de los lubricantes	66
3.1.1.	Número base total (NBT)	66
3.1.2.	Índice de viscosidad	67
3.1.3.	Punto de fluidez	67
3.1.4.	Punto de inflamación y fuego	68
3.1.5.	Antioxidante	69
3.1.6.	Detergente	70
3.1.7.	Dispersante	70
3.1.8.	Propiedades de extrema presión (E.P.)	70
3.1.9.	Emulsibilidad y demulsibilidad	71
3.1.10.	Antiespumante	72
3.2.	Tipos de lubricantes	73
3.2.1.	Aceites lubricantes	74
3.2.1.1.	Aceite base	75
3.2.1.2.	Aditivos	76
3.3.1.2.1.	Propiedades generales de los aditivos	76
3.2.2.	Lubricante sintético	77
3.2.2.1.	Elaboración del lubricante sintético	78
3.2.2.2.	Ventajas de los lubricantes sintéticos	78
3.2.2.2.1.	Ahorro en energía	79

3.2.2.2.2.	Mayor vida del aceite y de los componentes	79
3.2.2.2.3.	Gran protección en altas y bajas temperaturas	80
3.2.2.2.4.	Fluidez superior a	81
3.2.2.2.4.	Fluidez superior a bajas temperaturas	81
3.2.2.2.5.	Desempeño superior	82
3.2.2.3.	¿Cuándo utilizar un lubricante sintético?	82
3.2.2.4.	Lubricante mineral	83
3.2.3.	Grasas lubricantes	83
3.2.3.1.	Viscosidad de las grasas lubricantes	84
3.2.3.2.	Estabilidad mecánica	85
3.2.3.3.	Miscibilidad	85
3.2.3.4.	Bases y jabones	86
3.2.3.4.1.	Bases Parafínicas	86
3.2.3.4.2.	Bases Nafténicas	86
3.2.3.4.3.	Saponificación	87
3.3.	Clasificación de los lubricantes	87
3.3.1.	Clasificación SAE	87
3.3.2.	Clasificación API	88
3.4.	Equivalencia entre sistemas de clasificación de la viscosidad	90
3.4.1.	Sistema AGMA	90
3.4.2.	Sistema ISO	91
3.4.3.	Sistema SAE	92
3.5.	Selección correcta de un lubricante industrial	93

3.5.1.	Parámetros que se deben tomar en cuenta en la selección del aceite para una máquina	94
3.5.2.	Catálogo del fabricante del equipo	94
3.5.3.	Selección del grado ISO del lubricante	96
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL REACONDICIONAMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS Y MOTORREDUCTORES EN UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO	97
4.1.	Modificación de diagramas de flujo de una planta calera	100
4.1.1.	Preparación de la modificación del diagrama	101
4.1.2.	Desarrollo de la modificación	102
4.2.	Forma de la implementación del reacondicionamiento	107
4.2.1.	Diseño de manual físico electrónico	107
4.2.2.	Estudio de lubricación en área producción calera	111
4.2.2.	Recopilación de datos técnicos de los equipos en el campo	116
4.3.	Sostenibilidad del reacondicionamiento	122
4.3.1.	Reuniones	123
4.3.1.1.	Reuniones semanales de evaluación	124
4.3.1.2.	Reuniones mensuales de indicadores	125
4.3.1.3.	Seguimiento a intervalos cortos (SIC)	125
4.3.2.	Reportes	126
4.3.2.1.	Reporte de costo de materiales y repuesto	127

4.3.2.2.	Reporte de costo de mantenimiento	128
4.3.2.3.	Reporte diario	128
4.3.3.	Auditoría	129
CONCLUSIONES		131
RECOMENDACIONES		133
BIBLIOGRAFÍA		135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Orden de trabajo de un equipo crítico, clase A	10
2	Reporte de orden de trabajo	11
3	Elevador de cangilones	25
4	Gusano transportador	26
5	Banda transportadora	26
6	Placa de datos de un motor eléctrico	27
7	Factor de potencia para diferentes tipos de carga	34
8	Esquema de un motor de jaula de ardilla	39
9	Clave para las dimensiones de motores horizontales de inducción de C.A. armazón tipo I	45
10	Clave para las dimensiones de motores horizontales de inducción de C.A. armazón tipo II	45
11	Dimensiones de armazones tipo I	46
12	Dimensiones de armazón tipo II	47
13	Grados de protección indicados por la primera cifra característica	48
14	Grados de protección indicados por la segunda cifra característica	49
15	Descripción de la protección proporcionada por las letras adicionales	50

16	Símbolos utilizados normalmente para los grados de protección	51
17	Designación del modelo de un motor eléctrico	52
18	Designación del modelo de un servomotor	53
19	Velocidades de motores de corriente alterna	54
20	Gráfica del comportamiento de las revoluciones por minuto en un motor CD	54
21	Características de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación en letras NEMA	57
22	Esquema de la tensión de servicio en un sistema trifásico	59
23	Tensión de servicio para sistemas trifásicos	59
24	Conexión de servicio de motores trifásicos y sus potencias nominales	60
25	Conexiones trifásicas de motores eléctricos	60
26	Conexiones trifásicas de motores eléctricos	61
27	Tabla de grados SAE para lubricantes monogrados y multigrados	80
28	Equivalencia entre los diferentes sistemas de clasificación de viscosidad	93
30	Vista de tabla de recopilación de información de manual físico electrónico	111
31	Formato de carta de lubricación de los equipos	117
32	Ficha de recopilación de datos técnicos de equipos	119

LISTA DE SÍMBOLOS

kg	Kilogramo
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas
TM	Tonelada métrica
%	Porcentaje
SAP	Sistemas, aplicaciones y productos para procesamiento de información
Ot	Orden de trabajo
TRT	Tasa de rendimiento total
BDP	Best Demonstrated Practice
rpm	Revoluciones por minuto
Hz	Unidad de medida de la frecuencia
EP	Extrema presión
VG	Grado de viscosidad
°C	Grado Celsius unidad de medida de la temperatura
I.S.A	Internacional Standard Asociación
kW	Kilowatt unidad de medida de la potencia

IV	Índice de viscosidad
S1	Servicio continuo
IP	Grado de protección
fem	Fuerza electromotriz
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de Estados Unidos
ASTM	Sociedad Americana de ensayos y materiales
ISO	Organización Internacional para la Estandarización
AGMA	Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes
DIN	Instituto de Estándares de Alemania

GLOSARIO

BDP Producción más alta obtenida en un equipo

Aviso M4 Aviso de falla por causa interna

Aviso M5 Aviso de falla por causa externa

RESUMEN

El envasado y despacho es la última etapa del proceso de producción de cal, y el presente trabajo trata de proporcionar un programa de reacondicionamiento de información en la base de datos del sistema de mantenimiento; con base en referencias del fabricante, consultas bibliográficas y conocimientos de los operadores en base a la experiencia, que permitirá mejorar el mantenimiento preventivo de los equipos en estudio.

El reacondicionamiento de datos se realiza en base a recopilación de información en el campo con el equipo en operación, así como también con el equipo fuera de operación. Para ello se hizo necesario el uso de otras herramientas, como lo son diagramas de flujo y datos existentes en el sistema.

Con los resultados que se obtengan a través de la recopilación, así como la existencia de información en el sistema, se evaluará el estado o condición del mismo. Y de esta manera corregir la información procesada en el sistema, antes de que ocurra un fallo en la misma y se detenga la producción.

Con base a los resultados obtenidos se realiza la corrección en el sistema, es decir; actualizar la información, y de esta manera tener la certeza de que la información procesada en el sistema es verídica.

OBJETIVOS

- **General:**

Determinar la importancia que tiene el reacondicionamiento de motorreductores y motores eléctricos en la base de datos del sistema de mantenimiento.

- **Específicos:**

1. Conocer la planta calera y de esa manera poder especificar la importancia en el reacondicionamiento de los motorreductores y motores eléctricos
2. Determinar la información técnica que se debe utilizar para el reacondicionamiento.
3. Describir la importancia de un estudio de lubricación.
4. Describir el procedimiento para el reacondicionamiento de motorreductores y motores eléctricos en la base de datos del sistema de mantenimiento mecánico.
5. Resaltar la importancia de tener conocimiento sobre los lubricantes industriales.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación propone a una empresa calera, un programa de reacondicionamiento de la base de datos del sistema de mantenimiento, para el área de Producción Calera y Paletizadora. Adaptado a sus necesidades, las cuales se han determinado con base a la evolución del mantenimiento, por lo que el presente trabajo podrá ser una guía para realizar el reacondicionamiento en las áreas antes mencionadas.

Para muchas personas reacondicionamiento de datos en el sistema no es más que la actualización de datos, sin embargo, es todo aquello relacionado con el estudio de lubricantes, modificación de diagramas de flujo, información técnica de los equipos. Con la ayuda de estos estudios se evalúa el estado del sistema, y qué tan verídico es la información que se procesa en el sistema. El reacondicionamiento es una herramienta de gran utilidad, que nos ayuda a determinar, con anticipación la necesidad de una gestión de stock y con ello tener la certeza de poder efectuar el mantenimiento planificado sin ningún problema.

Hoy es de gran importancia contar con una alta disponibilidad en la maquinaria, y esto se puede lograr con un monitoreo de la operación de los equipos, y de esta manera planificar el mantenimiento; por lo que se hace necesario contar con los repuestos y materiales necesarios para dicha actividad, evitando así el atraso del mantenimiento.

El reacondicionamiento de motorreductores y motores eléctricos en la base de datos del sistema de mantenimiento, hace referencia en la actualización de la información relacionada con el mantenimiento. En este caso datos generales y técnicos de los equipos en estudio, ubicación técnica y móvil de los equipos, es decir; todo lo relacionado con la identificación de los equipos, lubricación, stock de repuestos. Esta información se debe actualizar en un determinado tiempo como se explica en este tema.

El primer capítulo describe aspectos sobre la actualidad de la planta, sobre la utilización de los diagramas de flujo, como también la reestructuración del mantenimiento preventivo en la planta. El segundo capítulo esta relacionado con generalidades técnicas de los equipos en estudio como motores eléctricos y motorreductores.

El tercer capítulo hace referencia de la importancia de los lubricantes para el mantenimiento de los equipos industriales, propiedades de los lubricantes, tipo de lubricante, clasificación, equivalencia y selección de un lubricante industrial. Mientras que en el cuarto capítulo se describe sobre la implementación del reacondicionamiento de motores eléctricos y motorreductores en un sistema de mantenimiento, describiendo las herramientas utilizadas en dicha implementación como: modificación de diagramas de flujo, diseño de manuales técnicos, estudio de lubricación, sostenibilidad del reacondicionamiento, reuniones, reportes y auditoria.

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA CALERA

La fábrica calera es una compañía dedicada a la producción de cal hidratada, tipo especial bajo las condiciones de la calidad amparada en la norma COGUANOR NGO 41018. La cal hidratada producida en Calera tiene las siguientes aplicaciones:

- Construcción
- Estabilización de suelos
- Tratamiento de aguas
- Fabricación de azúcar y panela
- Industria química
- Agricultura
- Industria de la siderurgia

Es vendida en dos presentaciones en bolsa de papel con peso neto de 20 y 25 kg., y a granel. La planta procesadora está dividida en 7 secciones:

Almacenaje y transporte de materia prima:

- a. Depósito de 3 descargas con capacidad de 3,750 TM. de piedra, para 7 días de consumo en el horno.
- b. Transporte de piedra con una capacidad de 50 toneladas por hora, clasificado por un tamiz de 2".
- c. Silo de almacenaje de caliza (2 a 4 pulg. Diámetro), con capacidad de 45 TM (15 cargas al horno).

Calcinación de piedra caliza horno:

Horno de cal regenerativo a corriente paralela con una producción de 200 TM por día de cal viva.

- a. Tolva pesadora con capacidad de 4.5 TM (4500 kg.).
- b. Horno, compuesto por dos cubas, protegido con ladrillo refractario y calentado con Carbón Coque. con un consumo calorífico de 861 kCal/kg cal viva, y consumo específico eléctrico de 25.29 kWh/TM cal viva con un factor de conversión TM CAL VIVA/ TM CALIZA de 0.6.
- c. Insumos utilizados:
 - Materia prima, piedra caliza con un diámetro que varía de 2 a 4 Pulg. Con % Ca CO₃ (carbonato de calcio) de 98 %.
 - Combustible: Carbón Coque dosificado por 3 bombas y distribuido por 12 quemadores por cuba, carbón coque.
 - Aire
 - 3 sopladores de embolo giratorio, para la producción de aire utilizado en la combustión, a una presión máx. de 300 mb.
 - 2 sopladores de embolo rotativo, para el enfriamiento de cal viva, a una presión máx. de 250 mb. Y otros dos soplantes para el enfriamiento de quemadores.

Transporte, triturado y almacenaje de cal viva, compuesto por:

- a. Faja transportadora con capacidad para 15 TM. de cal viva.
- b. Trituradora de martillos para moler cal viva a ¼ de pulg.
- c. Silo de almacenaje cal viva con capacidad de 450 TM de cal viva.

Hidratadora de cal viva, compuesta por los siguientes equipos:

- a. 1 Hidratadora con producción de 360 TM. de cal hidratada por día.
- b. 2 Molino de bolas (16 TM por hora), para refinar la cal hidratada.

Transporte de cal hidratada

- a. Con capacidad de 50 T/h, utilizando gusano de transporte de material, bandas transportadoras y elevadores de cangilones.

Despacho a granel.

En esta área el producto se envasa en camiones tipo cisterna en cantidades de 25 a 30 toneladas.

Envasado del producto terminado, esta sección se cuenta con el siguiente equipo:

- a. Utiliza una envasadora, con una capacidad de envasado de 2000 sacos/hora de 20 kg. y 25 kg.

1.1. Funcionamiento del sistema o software

Este sistema comprende muchos módulos completamente integrados, que abarca prácticamente todos los aspectos de la administración empresarial. Cada módulo realiza una función diferente, pero está diseñado para trabajar con otros módulos.

La integración total de los módulos ofrece real compatibilidad a lo largo de las funciones de una empresa. Esta es la característica más importante del sistema y significa que la información se comparte entre todos los módulos que la necesiten y que pueden tener acceso a ella. La información se comparte, tanto entre módulos, como entre todas las áreas.

Los Módulos de aplicación son los siguientes:

- **Mantenimiento (PM).** Con este módulo trabajaremos en nuestro proyecto de reacondicionamiento de la base de datos del sistema de mantenimiento. Este módulo es utilizado para crear planes de mantenimiento, hojas de ruta, claves modelos, generar órdenes de trabajo en las distintas frecuencias que se definen en base a manuales y horas de trabajo de los equipos. Aquí se estará trabajando en la base de datos que nos servirá como punto de partida en la obtención de los datos actuales de los equipos que componen dicha planta.
- **Gestión de calidad (QM).** Planificación de calidad, inspección de calidad, certificado, aviso de calidad, etc.
- **Planificación de producto (PP).** Fabricación sobre pedido, fabricación en serie, etc.
- **Gestión de material (MM).** Gestión de stocks, compras, verificación de facturas, etc. Se utiliza para solicitud de repuestos, creación de materiales, stocks de repuestos de almacén en los módulos MM y PM, por lo que dichos módulos deben ser actualizados constantemente ya que son de mucha importancia para estar preparado para el mantenimiento.

En este caso nos enfocaremos en el módulo de mantenimiento PM, este modulo nos ayuda en la planificación de tareas del mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo; es decir, que nos ayuda a la automatización del mantenimiento.

El módulo de mantenimiento PM utiliza dos tipos de codificación estas son ubicación técnica y móvil de los equipos, que son utilizados para obtener información de sus datos técnicos en el sistema. A continuación se describe estos tipos de codificación.

1.1.1. Ubicación técnica

Es un código que esta formado por letras y números que se utilizan para la identificación de equipos. Su característica es que se le asigna este código al equipo que es estacionario; es decir, que este equipo no tiene la facilidad de ser desplazado de su sitio de instalación, por lo tanto sus reparaciones se hacen donde esta instalado. Este código es utilizado para la creación de avisos de baja disponibilidad, como también para la creación de órdenes de trabajo.

1.1.2. Móvil de los equipos

Es un código que esta formado por letras y números que se utiliza para la identificación de los equipos, en particular equipos que pueden ser reemplazados por otro nuevo o reparado. Se le nombra a este código como móvil, debido a que tienen la característica, que cuando se requiere ser reparado puede ser llevado a los talleres de reparación y puede ser reemplazado como se mencionó anteriormente.

1.2. Diagrama de flujo

Es una representación gráfica de la secuencias de pasos que se realizan para obtener un cierto resultado. Este puede ser un producto, un servicio, o bien una combinación de ambos. Se utiliza principalmente en programación, economía y procesos industriales; estos diagramas utilizan una serie de símbolos con significados especiales. Son la representación gráfica de los pasos de un proceso, que se realiza para entender mejor al mismo.

No es indispensable usar un tipo especial de símbolos para crear un diagrama de flujo, pero existen algunos ampliamente utilizados, por lo que es adecuado conocerlos y utilizarlos, ampliando así las posibilidades de crear un diagrama más claro y comprensible para crear un proceso lógico y con opciones múltiples adecuadas.

1.2.1. Características principales

Entre estas características tenemos la capacidad de comunicación, permite la puesta en común de conocimientos individuales sobre un proceso, y facilita la mejor comprensión global del mismo. Tenemos también la claridad entre sus características, esta proporciona información sobre los procesos de forma clara, ordenada y concisa.

1.2.2. Posibles problemas y deficiencia de interpretación

La principal causa de deficiencia en la interpretación de los diagramas de flujo es que este no refleje la realidad. Esto puede ser debido a:

- Se presenta el proceso ideal tal y como debería ser realizado, y no la practica habitual de aquellos que lo ejecutan.
- Alguno de los participantes no aportan información sobre partes del mismo, evidentemente ilógicas por sentirse de alguna forma responsables de las mismas.
- Se consideran irrelevantes pequeños bucles existentes.
- Los miembros del grupo de trabajo desconocen realmente como opera parte del proceso.
- Se utilizan diagramas de flujo desfasados que no han sido revisados después de producirse cambios en el proceso.
- Se instala una maquinaria nueva y se asume que es igual a la reemplazada.

Para evitar la aparición de estas situaciones se aconseja, siempre que sea posible, la confrontación del diagrama con la realidad, siguiendo en la práctica la ejecución del proceso. Cuando esto no sea posible, será útil la revisión del diagrama por personal operativo del proceso.

1.2.3. Utilización

Debido a sus características principales, la utilización del diagrama de flujo será muy útil cuando:

- Se quiere conocer o mostrar de forma global un proceso.
- Es necesario tener un conocimiento básico, común o un grupo de personas, sobre el mismo.
- Se debe comparar dos procesos alternativos de uno dado.
- Se necesita una guía que permita un análisis sistematizado de un proceso.

El diagrama de flujo es una herramienta de gran aplicación en la solución de problemas como se describirá a continuación:

- En la fase de definición de proyectos para identificar oportunidades de mejora, guiar la estimación de costes asociados al problema, identificar los organismos implicados en el mismo y establecer la frontera de la misión del grupo de trabajo que debe abordarlo.
- En el inicio de cualquier proyecto, para unificar el conocimiento básico de los participantes en el mismo.
- En la fase de diagnóstico, para la planificación de recopilación de datos y para la elaboración de teorías sobre las causas.
- En la fase de diseño de soluciones, para guiar en el diseño de sistemas de control y para la identificación de posibles focos de resistencias al cambio.
- En la fase de importación de soluciones, para mostrar el proceso y los cambios realizados y para identificar las necesidades de formación existente.

1.3. Mantenimiento preventivo

En la planta de cal, se cuenta con una planificación de los distintos trabajos de mantenimiento que se realizan, la clasificación del trabajo es un procedimiento que canaliza y prescribe el procesamiento de cada tipo de trabajo de mantenimiento. Los factores que determinan la adecuada clasificación del trabajo son: la duración del trabajo, la urgencia del mismo, la naturaleza respectiva del trabajo y el propósito del trabajo. Como también la criticidad del equipo.

Actualmente, en planta todas las tareas de mantenimiento son ejecutadas mediante órdenes de trabajo, ver figura 1 y 2, pudiendo ser: preventivas, correctivas, predictivas, de modificación, y de fabricación. Este sistema permite controlar y monitorear las actividades de mantenimiento, así como también provee un registro accesible de todos los trabajos realizados. Las órdenes de trabajo son un sistema de control y de información que suministra instrucciones para realizar una tarea, tiempo de operación, prioridad de la tarea, descripción de la tarea, repuestos o refacciones a utilizar, retroalimentación de lo que se hizo, tiempo perdido y repuestos utilizados.

Figura 1. Orden de trabajo de un equipo crítico clase A

Pág. # 1				
Fecha 07.01.2003		ORDEN DE TRABAJO No.		
UBIC TÉCNICA				
EQUIPO		Criticidad A		
CONJUNTO				
EMPLAZAMIENTO DESPAC-CAL				
DESCRIPCIÓN				
CLASE MANTEN PREV Mantenimiento Preventivo		ACTIVIDAD 011		
Prioridad				
Grupo plant-MT DCE		Plan de mant. 1436		Posición plan mant 12564
SI EXISTIÓ RETRASO PUEDE CATALOGARSE COMO				
CODIGO RETRASO	MOTIVO	HORA INICIO	HORA FIN	HORAS
R001	CAMBIO DE PROGRAMACIÓN			
R002	CAMBIO DE TURNO			
R003	DEMORAS EN ALMACÉN			
R004	ESPERA PERSONAL OTRA ÁREA			
R005	FACTORES EXTERNOS A LA FABRICA			
R006	FALTA DE CAPACITACIÓN			
R007	FALTA DE EQUIPO O HERRAMIENTA			
R008	FALTA DE INFORMACIÓN			
R009	FALTA DE LIMPIEZA			
R010	FALTA DE MOVILIDAD			
R011	FALTA DE PERSONAL			
R012	FALTA DE REPUESTO			
R013	FALTA DE SUPERVISIÓN			
R014	LLENADO DE PAPELES			
ACTIVIDADES				
OPERACIÓN:				
PTO. TRABAJO:				
CLAVE MODELO:		CLAVE CONTROL: PM01		CLASE ACTIVIDAD 011
INICIA EL:	05.01.2003	A LAS: 07:00:00 HR		
FINALIZA EL:	05.01.2003	A LAS: 15:00:00 HR		
DURACIÓN:	0.00	# PERSONAS 4	HR TOTAL 32.0	

Figura 2. Reporte de orden de trabajo

REPORTE FINAL				Pág. #2
RESUMEN		EL EQUIPO ESTABA PARADO___ EN MARCHA___		
PTO. TRABAJO				
TRABAJO REALIZADO:				
INICIO REAL		FECHA_____	HORA_____	FIN REAL
DURACIÓN REAL HORAS: _____		No. DE PERSONAS _____	SUPERVISOR _____	
REPORTE DE MANO DE OBRA:				
EMPL.	NOMBRE	Hr. ORDINARIA	Hr. EXTRA	FECHA
MATERIALES UTILIZADOS:				
MAT.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNI. MEDIDA	LOCALIZACIÓN
HERRAMIENTA UTILIZADA:				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNI. MEDIDA	LOCALIZACIÓN
OBSERVACIONES PARA EL FUTURO:				

1.3.1. Clasificación de equipos críticos

Los equipos se pueden clasificar dependiendo del efecto sobre la seguridad de las personas, el medio ambiente, la producción de la planta y otros equipos al ocurrir una falla, a continuación se describe la forma en que se encuentran clasificados los equipos en la planta de cal.

Equipo crítico es aquel que forma parte de un proceso continuo y que al dejar de funcionar por falla, falta de mantenimiento o desperfecto, afecta directamente la disponibilidad del equipo, el medio ambiente, la producción, la seguridad de las personas y otros equipos. Por su mayor o menor incidencia en el medio ambiente, seguridad del personal, producción y sobre otro equipo, los equipos críticos se clasifican en: equipo crítico clase A, equipo crítico clase B, equipo crítico clase C

1.3.1.1. Equipo crítico clase A

Los equipos que pertenecen a la clase A, son aquellos que por mal funcionamiento o falla afectan significativamente la seguridad de las personas, el medio ambiente, o producción de toda la planta, porque son difíciles de reemplazar o de reparar, un ejemplo, es el aplicador automático de sacos.

1.3.1.2. Equipo crítico clase B

Los equipo que pertenecen a ésta clasificación, son aquellos que por mal funcionamiento o falla ocasiona una interrupción en la operación de su área, sin tener consecuencias significativas sobre la seguridad de la persona, el medio ambiente o la producción de la planta, normalmente son fáciles de reparar o reemplazar, un ejemplo, son las bandas transportadoras.

1.3.1.3. Equipo crítico clase C

Es aquel que al fallar no ocasiona interrupción en la operación, no tiene efecto sobre la seguridad del personal, ni sobre el medio ambiente.

1.3.2. Administración del mantenimiento preventivo

El mantenimiento efectivo no sucede por accidente. Es por eso que el mantenimiento como cualquier otra actividad en una empresa, necesita contar con una buena administración para que pueda desarrollarse con satisfacción. La administración del mantenimiento preventivo se hace con el fin de organizarlo de una manera racional entre la mano de obra y los medios para obtener resultados óptimos con la mínima inversión en repuestos, materiales y servicios externos.

1.3.2.1. Personal encargado de administrar el mantenimiento

En cada departamento debe haber personal que se encargue de administrar las actividades que le corresponden al departamento, en planta calera el departamento encargado de la administración del mantenimiento recibe el nombre de Planificación, el cual es presidido por el Jefe de Planificación, quien tiene a su cargo la Dirección y coordinación entre las áreas productivas y el departamento que tiene a su cargo. En el departamento de Planificación se encuentran instalados los asistentes administrativos asignados a cada área productiva, quienes tienen a su cargo la administración en el sistema (*software*) del mantenimiento correspondiente al área productiva que se encuentra asignado.

1.3.2.2. Cómo se obtienen los indicadores de desempeño

Para obtener los indicadores de mantenimiento, primeramente se establecen las frecuencias de mantenimiento, basándose en recomendaciones del fabricante y adaptándolas a los requerimientos propios del proceso de producción. Una vez establecidas las frecuencias de mantenimiento, los equipos se agrupan para poder crear los planes de mantenimiento con sus respectivos intervalos, luego se generan en el sistema para poder darles el seguimiento necesario y su respectiva programación, a través de la correcta asignación de la mano de obra.

Después de la ejecución de los trabajos asignados, se retroalimenta en el sistema la información descrita en las Ot's para poder obtener los indicadores de mantenimiento; los indicadores se obtienen los días lunes, para poder tratarlos y analizarlos en la reunión semanal el día martes.

La disponibilidad, se obtiene ingresando los avisos M4, y M5 al sistema para su respectivo cálculo, estos avisos son: aviso de falla por causa interna, y aviso de falla por causa externa respectivamente, para este cálculo hay que restar el total de tiempo de paros por causa interna, de 24 horas que tiene el día.

Para obtener el rendimiento, es importante contar con la BDP que es la producción más alta obtenida en un equipo, la notificación de las toneladas producidas, y el total de horas de operación del equipo.

1.3.3. Planificación del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es la programación periódica de inspecciones, lubricación, ajustes menores y reparaciones menores de equipos dinámicos. Para mantener la programación de dicho mantenimiento no se deben incluir los trabajos de reparación que excedan cierto tiempo predeterminado.

En este mantenimiento existe el plan de mantenimiento preventivo, está conformado por todas las rutinas de mantenimiento que se aplican a cada uno de los que equipos que forman parte del plan, estas rutinas están ordenadas de acuerdo a la frecuencia de aplicación y al tipo de mantenimiento que pertenecen, pudiendo ser mantenimiento mecánico, eléctrico o electrónico; y pudiendo tener frecuencia catorcenal, mensual, trimestral, semestral y anual.

1.3.3.1. Frecuencias del mantenimiento

Actualmente se cuenta con distintas frecuencias para ejecutar el mantenimiento programado, estas frecuencias se han determinado, con base a las recomendaciones del fabricante (manuales), experiencia del personal operativo, tiempo de operación de la maquinaria y a las condiciones ambientales en las que opera la maquinaria.

Para poder realizar los mantenimientos preventivos en dichas frecuencias, se crearon planes de mantenimiento, agrupando cada uno de los equipos en su respectiva frecuencia. Las frecuencias de mantenimiento con que se cuenta actualmente son las siguientes:

- Catorcenal
- Mensual
- Trimestral
- Semestral
- Anual

1.3.3.1.1. Frecuencia catorcenal

Los planes de mantenimiento que pertenecen a la frecuencia catorcenal, se realizan cada catorce días, cada miércoles en la envasadoras automática y cada lunes en la hidratadota de cal viva, los equipos críticos clase “A”, que fueron descritos anteriormente, se encuentran ubicados en estas frecuencias, ya que por su importancia deben de realizarse mantenimientos programados a intervalos relativamente cortos, ya que una falla en uno de estos equipos podría ocasionar paro en una línea completa de producción.

1.3.3.1.2. Frecuencia mensual

En esta frecuencia están incluidos equipos que por recomendaciones del fabricante, funcionamiento, y por el desgaste es necesario hacerle mantenimiento programado cada 30 días. Algunos de los equipos que están incluidos en esta frecuencia son las fajas de transporte, que por su funcionamiento e importancia en el proceso es necesario revisarla y cambiarla si fuera necesario.

1.3.3.1.3. Frecuencia trimestral

En esta frecuencia se incluyen la revisión y ajustes de aceite a los sopladores de aireación de los silos, y de las regueras de transporte, además de estos equipos, también se encuentran incluidos en esta frecuencias los elevadores de cangilones, ya que tanto los sopladores como los elevadores son parte importante en la extracción y transporte de la cal, por lo tanto se hace necesario realizar mantenimientos programados cada tres meses.

1.3.3.1.4. Frecuencia semestral

Los planes de mantenimiento que pertenecen a esta frecuencia, involucran principalmente a todos los equipos a los que se les realizan cambios de aceite, en el caso de reductores, y centrales hidráulicas, y algunos que requieren mantenimiento cada 5,000 horas, según especificaciones del fabricante.

1.3.3.1.5. Frecuencia anual

Los planes de mantenimiento que pertenecen a esta frecuencia, involucran principalmente a todos los equipos a los que se les realizan desarmes para cambios de cojinetes, revisión de devanado, y otras piezas de igual importancia, como es el caso de los motores eléctricos, y motorreductores.

1.3.4. Plan anual de mantenimiento

A partir del presupuesto de producción y de las necesidades de mantenimiento de los diferentes equipos, el jefe de mantenimiento del área y el planificador establecen las fechas de las actividades de mantenimiento que se llevaran a cabo durante el año. Estas actividades son recopiladas y revisadas por el jefe de planificación con el superintendente de mantenimiento mecánico y eléctrico, y las traslada al plan anual de mantenimiento.

El plan anual de mantenimiento contiene los mantenimientos periódicos programados (preventivos), a realizarse en los diferentes equipos, el plan anual nos ayuda a tener una perspectiva general del desarrollo del mantenimiento en planta y así poder coordinar con anticipación los recursos necesarios para llevar a cabo un buen mantenimiento.

El plan anual de mantenimiento tiene una duración de 52 semanas, podría decirse que está constituido por cuatro grupos de 13 semanas, y dentro de este plan se contempla la programación de los equipos críticos clase A, clase B y clase C, respectivamente.

1.3.5. Plan maestro de mantenimiento

Este se determina con base al plan anual de mantenimiento, el planificador asesorado por el jefe de mantenimiento del área, quien establece el plan maestro de mantenimiento, previendo las actividades a realizarse en los diferentes equipos trece semanas antes del mantenimiento. El plan maestro a trece semanas pretende considerar al detalle las actividades que el plan anual de mantenimiento solo considera de forma general o que no fueron consideradas en el mismo, pero que por su importancia ha sido necesario programar y que pueden combinarse con los planes ya dispuestos a realizarse en fechas específicas.

1.3.6. Plan diario/semanal de mantenimiento

El plan diario/semanal se deriva del mismo plan maestro de mantenimiento, ya que en el incluye las actividades que se realizarán en cada día de la siguiente semana, el planificador es el encargado de revisar los avisos que hayan sido generados en el sistema, de tal forma que puedan ser efectuadas las correcciones, mediciones, modificaciones u otras actividades requeridas. Estos avisos pueden ser M1 y M2; donde M1 se generan cuando se ha detectado un mal funcionamiento o las condiciones que opera el equipo no son las normales, pero no son tan críticas como para detenerlo, y por lo tanto se requiere que para el próximo mantenimiento planeado se tomen las medidas pertinentes para corregir esta situación. Y los avisos M2 que son aquellos en los que el equipo no puede seguir operando bajo las mismas condiciones y por lo tanto es necesario hacerle una reparación. Dependiendo de la criticidad del aviso, este puede incluirse directamente en el plan diario/semanal, la decisión de incluir algún aviso directamente en el plan diario/semanal es tomada por el jefe de mantenimiento del área en coordinación con el planificador, con base a la criticidad del equipo del que se trata y la posibilidad de ejecución de las actividades necesarias.

De ser necesario, realizar una corrección de emergencia el asistente administrativo modifica las órdenes de trabajo del plan diario/semanal o genera órdenes de trabajo para que se ejecuten los avisos emergentes.

1.3.7. Ejecución del mantenimiento

El grupo de mecánicos y electricistas de despacho y calera ejecutan el mantenimiento y reportan los resultados a mano en la misma orden de trabajo entregada al inicio del mantenimiento. Después de ejecutados los trabajos, el responsable de realizar el mantenimiento entrega las ordenes de trabajo al supervisor mecánico y electricista del área.

Cada orden de trabajo es revisada por el supervisor mecánico y electricista del área para corroborar la ejecución correcta y total de los trabajos programados. Si no se realizan todas las actividades programadas, el supervisor investiga la razón y solicita al planificador la reprogramación de las mismas, esta reprogramación aparecerá reflejada en el plan diario/semanal o en el plan maestro de mantenimiento según sea el caso.

Se trata que las actividades no se reprogramen en el plan diario/semanal o en el plan maestro de mantenimiento más de dos veces consecutivas, ya que si están programadas se deben de realizar en esa fecha, o en una muy cercana a la requerida, ya que de lo contrario se incumple con la programación y la maquinaria puede fallar por falta de mantenimiento.

1.3.8. Retroalimentación en el sistema

El supervisor mecánico y electricista del área entrega las órdenes de trabajo revisadas al asistente administrativo, quien notifica, liquida y cierra en el sistema, según sea necesario; la retroalimentación servirá como historial para futuras actividades de mantenimiento. Si la orden de trabajo no se efectúa y ya no se efectuará, porque el jefe de mantenimiento del área determina que las actividades que describe no son necesarias, el asistente administrativo la cierra en el sistema anotando las circunstancias o razones que llevaron a tomar tal decisión.

2. GENERALIDADES DE LOS MOTORREDUCTORES Y MOTORES ELÉCTRICOS

En todo tipo de industria siempre se requiere de equipos, cuya función es variar las r.p.m. de entrada, que por lo general son mayores de 1200, entregando a la salida un menor número de r.p.m., sin sacrificar de manera notoria la potencia. Esto se logra por medio de los reductores y moterredutores de velocidad.

Por lo tanto, en la industria no se puede mover sin reductores de velocidad. Ya sea en el caso de bandas transportadoras, elevadores, molinos, prensas, gusanos de transporte de material, etc., se requieren de equipos fuertes para servicio pesado que puedan soportar las cargas de trabajo.

Los reductores o motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes.

Al emplear reductores o motorreductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo Motorreductor un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor. Normalmente los motores empleados responden a la clase de protección IP-55 (Según DIN 40050), es decir que consta con una protección contra posibles depósitos perjudiciales de polvo y protección de chorro de agua en toda dirección. Bajo pedido se puede mejorar la clase de protección en los motores y unidades de reducción.

2.1. Motorreductores

2.1.1. Aplicación industrial

Los motorreductores están previstos para los movimientos de traslación, elevación y giro de equipos industriales; estos movimientos están relacionados con elevadores de cangilones, gusano transportador, banda transportadora, etc., como se observa en la figura 3, figura 4, figura 5. En las aplicaciones de estos accionamientos se deberán observar imprescindiblemente las condiciones de utilización por ejemplo, grado de protección, temperatura ambiente, altitud de montaje.

Figura 3. Elevador de cangilones



Figura 4. Gusano transportador



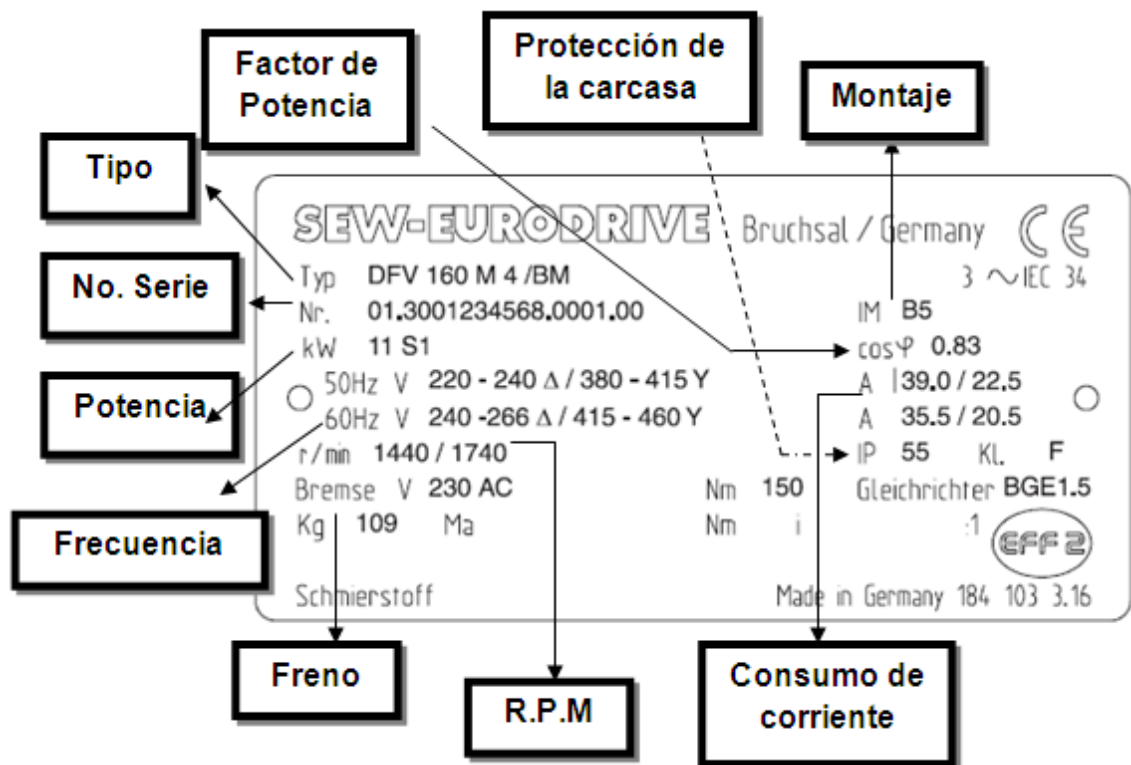
Figura 5. Banda transportadora



2.1.2. Características del motorreductor

Las características de operación que se deben tener en cuenta para el uso, selección o cambio de un motorreductor en determinadas condiciones son: tipo, potencia, factor de potencia, velocidad, par o torque, relación de velocidad. Estas características se pueden obtener en la placa de características del motorreductor o ya sea del manual técnico del equipo. A continuación se observa en la figura 6 un ejemplo de una placa de características de un motorreductor.

Figura. 6 Placa de datos de un motor eléctrico



Aquí se incluyen también las características del trabajo a realizar por el motorreductor éstas son: tipo de máquina motriz, tipo de acoplamiento entre máquina motriz, reductor y salida de carga, duración de servicio y número de arranques.

2.1.3. Selección de potencia

En el trabajo diario en la industria es muy difícil que se den las condiciones idóneas para el trabajo de un elemento como un reductor o motorreductor. Por lo tanto, para calcular la potencia que debe tener un reductor a acoplar a una determinada carga, la potencia requerida por la máquina accionada a través del reductor se debe multiplicar por el factor de servicio; el resultado se llamará potencia de efectiva. En algunos casos es más importante el par o torque que puede dar un reductor que la potencia, por lo que en la elección se tendrá más en cuenta este par o torque. Para el cálculo del factor de servicio se tendrán en cuenta las características específicas de trabajo a realizar, enumeradas en el apartado anterior.

2.1.4. Mantenimiento

Los engranajes, casquillos y rodamientos de los reductores y motorreductores están lubricados habitualmente por inmersión o impregnados en la grasa lubricante alojada en la carcasa principal. Por lo tanto, el mantenimiento pasa por revisar el nivel de aceite antes de la puesta en marcha. La carcasa tendrá visibles los tapones de llenado, nivel y drenaje del lubricante, que deben estar bien sellados.

Debe mantenerse especialmente limpio el orificio de ventilación; también debe respetarse el tipo de lubricante recomendado por el fabricante, que suele ser el más adecuado a su velocidad, potencia y materiales constructivos.

Según el tipo del reductor, se suele recomendar una puesta en marcha progresiva, en cuanto a la carga de trabajo, con unas 50 horas hasta llegar al 100%. Asimismo, es muy recomendable el sustituir el aceite la primera vez tras 200 horas de trabajo, pudiendo incluso el decidir en ese momento un lavado del reductor. A partir de ese momento, los cambios del lubricante deberán hacerse siempre de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, siendo plazos habituales cambios cada 2.000 horas de trabajo. Para optimizar en caso de reductores grandes se hace por monitoreo de condición y análisis de aceite. En caso de disponer de reductores de repuesto, estos deben permanecer completamente llenos del lubricante recomendado, para prevenir la oxidación de los elementos internos, así como protegidos los acoplamientos. Es importante marcar en el mismo reductor la necesidad de vaciar el lubricante sobrante antes de ser puesto en servicio. Los consejos aquí dados son solo recomendaciones generales por lo tanto, siempre que sea posible y conocida, deben atenderse las recomendaciones específicas del fabricante para el modelo en cuestión.

2.1.4.1. Programa de mantenimiento

Semanal

- Revisar el nivel de aceite del reductor, y si es necesario reponerlo
- Revisar si existen posibles fugas de aceite
- Aplicar el método VOSO; es decir ver, oír, sentir y oler

Trimestral

- Revisar la alineación del grupo motorreductor
- Escuchar con un estetoscopio mecánico los ruidos del rodamiento y de los engranes

Anual

- Monitoreo de condición y análisis de aceites
- Revisión general del reductor
- Revisar chumaceras
- Revisar engranes y piñones
- Revisar flecha
- Ajustar las flechas del reductor
- Revisar carcasa

2.1.4.2. Lubricación

El reductor lleva tapones de llenado y ventilación, nivel y vaciado. En la placa de identificación del reductor se encuentra el tipo de aceite apropiado regularmente viene identificado o acompañado de una tabla donde especifica la viscosidad del aceite recomendado y el nombre del mismo en las diferentes marcas por ejemplo:

Omala EP 220

Mobil Gear 629

El aceite a usar debe tener las siguientes características:

- Gravedad Específica 0.903
- Viscosidad SSU A 100 grados F 710/790
- Viscosidad CST A 40 grados C 135/150
- Clasificación ISO V G 150

El aceite a usar debe contener aditivos de extrema presión del tipo azufre-fósforo, los cuales le dan características antidesgaste de reducción a la fricción, disminuyendo así la elevación de temperatura en los engranajes.

Adicionalmente aditivos contra la formación de herrumbre y la corrosión, así como agentes especiales para aumentar la estabilidad a la oxidación y resistencia a la formación de espuma. Bajo condiciones extremas de temperatura o humedad deben emplearse aceites adecuados.

2.1.4.3. Rodaje inicial

Los reductores se suministran sin aceite y deben llenarse hasta el nivel indicado antes de ponerlos en marcha. Todos los reductores se someten a un corto período de prueba antes de enviarse al cliente, pero son necesarias varias horas de funcionamiento a plena carga antes de que el reductor alcance su máxima eficiencia. Si las condiciones lo permiten, para tener una mayor vida de la unidad, debe incrementarse la carga progresivamente hasta alcanzar la máxima, después de unas 30 a 50 horas de trabajo. La temperatura en los momentos iniciales de funcionamiento es mayor de la normal hasta lograr el ajuste interno adecuado.

2.1.4.4. Localización de fallas

La observación constante de los fallos que se presenten en las características de operación, como la elevación exagerada de la temperatura por encima del ambiente, ruido, vibración y fuga de aceite, puede evitar paradas costosas.

2.1.4.5. Instalación

Para un buen funcionamiento de las unidades de reducción es indispensable tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Las unidades deben montarse sobre bases firmes para eliminar vibraciones y desalineamientos en los ejes.
- Si la transmisión de la unidad a la máquina es por acople directo entre ejes, es indispensable garantizar una perfecta alineación y centrado. Si la transmisión se hace por cadenas o correas, la tensión dada a estos elementos debe ser recomendada por el fabricante, previas una alineación entre los piñones o poleas. Las unidades de acoplamiento deben montarse cuidadosamente sobre los ejes para no dañar los rodamientos y lo más cercanas a la carcasa para evitar cargas de flexión sobre los ejes. Antes de poner en marcha los motorreductores, es necesario verificar que la conexión del motor sea la adecuada para la tensión de la red eléctrica.

2.1.5. Datos específicos de un motorreductor

2.1.5.1. Capacidad nominal

La AGMA ha desarrollado fórmulas para calcular estas capacidades en relación con la mayor parte de los tipos de engranajes y transmisiones de engranajes encerrados. Las capacidades nominales determinadas a partir de estas fórmulas están encaminadas a aplicaciones en las que se obtengan cargas de naturaleza uniforme por no más de 10 h/día, y son las que normalmente se cita en los catálogos de los fabricantes.

La determinación de la potencia nominal se efectúa multiplicando la potencia que efectivamente absorbe la máquina por el factor de servicio F.S., $Pot. Nom. = Pot. Efect. \times F.S.$

2.1.5.2. Factor de servicio (F.S.)

Los reductores son calculados para un factor de servicio igual a 1; es decir, con un funcionamiento libre de choques y un tiempo de funcionamiento de 8 horas a temperatura de ambiente de 30°C el factor de servicio F.S, cuantifica la influencia de las condiciones externas sobre el funcionamiento del reductor. En primera instancia, F.S. depende del tipo de servicio de la máquina a ser accionada.

En la figura 7 se indican los diferentes tipos de carga, U (uniforme), M (moderada) y P (pesada) para las aplicaciones más comunes. Localizado el tipo de carga, con el tipo de motor y el número de horas/día de funcionamiento, se determina el F.S. correspondiente.

Figura 7. Factor de servicio para diferentes tipos de carga

Tipos de motor que acciona el reductor	Horas /Día	Tipo de carga		
		Uniforme	Media	Con choques
Motor eléctrico entrada constante	2	0.9	1.1	1.5
	10	1.0	1.25	1.75
	24	1.25	1.50	2.00
Motor de combustión de varios cilindros Medianamente impulsiva	2	1.0	1.35	1.75
	10	1.25	1.50	2.00
	24	1.50	1.75	2.50

2.1.5.3. Ajuste y tolerancia

Todas las máquinas, desde la mas complicada consta de un gran número de piezas, a la más sencilla formada solo por dos piezas, están siempre compuestas de piezas mecánicas, unidas entre sí, de modo que es posible el movimiento de una pieza con respecto a la que esta unida (ajuste móvil), o bien que sea imposible dicho movimiento (ajuste fijo).

Entre los diferentes tipos de ajuste con que puede unirse dos piezas, el más sencillo y el más extendido es el eje - agujero, en el que un eje cilíndrico se ajusta a un agujero también cilíndrico. Los ejes siempre se designan con letra minúscula y los agujeros con letra mayúscula.

2.1.6. Calidad de fabricación

La fabricación es tanto más exacta cuanto más pequeña es la tolerancia relativa. Al planearse una fabricación, lo primero, que se debe hacer es determinar la calidad de la fabricación, o sea, la amplitud de las tolerancias de las piezas que se han de ajustar entre sí, basándose en la función específica de cada acoplamiento. Es evidente que para una buena y racional organización de la producción, la selección de las calidades posibles de fabricación, o sea, la amplitud de las tolerancias, no puede ser arbitraria, sino contenida en unas normas precisas y adoptadas por toda la industria mecánica, constituyendo un sistema de tolerancias.

El sistema **ISA** distingue **16** diferentes calidades de fabricación, indicadas con los símbolos **IT1, IT2, IT3**, etc., que corresponden escalonadamente desde las calidades más finas hasta las más bastas. Para la fabricación mecánica de piezas acopladas solo se usan las calidades del 5 al 11; los números del 1 al 4 se reservan para fabricaciones especiales de altísima precisión (calibres mármoles de comprobación, etc.); los números del 12 al 16, en cambio solo se usan para la fabricación basta de piezas sueltas.

2.2. Motores eléctricos

Los motores eléctricos los encontramos en muchos artefactos o equipos, el objetivo de un motor es transformar la energía eléctrica en energía mecánica; es decir, toma la electricidad y la convierte en energía que nosotros podamos usar. Un motor eléctrico utiliza el magnetismo y la corriente eléctrica para funcionar. En diversas circunstancias presenta

muchas ventajas respecto a los motores de combustión, a igual tamaño y peso son más reducidos.

Se pueden construir de cualquier tamaño, tiene un par de giro elevado y, según el tipo de motor, prácticamente constante. Su rendimiento es muy elevado típicamente en torno al 80%, aumentando el mismo a medida que se incrementa la potencia de la máquina.

2.2.1. Clasificación de los motores eléctricos

Según la naturaleza de la corriente eléctrica transformada, los motores eléctricos se clasifican en motores de corriente continua, también denominada directa, motores de corriente alterna, que, a su vez, se agrupan, según su sistema de funcionamiento, en motores de inducción, motores sincrónicos y motores de colector. Tanto unos como otros disponen de todos los elementos comunes a las máquinas rotativas electromagnéticas.

2.2.1.1. Motores de corriente directa (CD)

Los motores de CD tienen devanados en el rotor, y cada bobina tiene dos conexiones al conmutador que se encuentra en la flecha. El conmutador consta de una serie de segmentos de cobre mediante los cuales la corriente eléctrica es transmitida hacia el rotor.

La trayectoria de la corriente desde la parte fija del motor hacia el conmutador se realiza a través de un par de escobillas, por lo regular de carbón, que se mantienen en contacto con el conmutador mediante bobinas ligeras o resortes de hoja. El mantenimiento de las escobillas es una de las desventajas de los motores de CD. Cuatro tipos de motores de CD que se utilizan mucho son el bobinado en derivación, bobinado en serie, bobinado compuesto y los de magneto o imán permanente.

2.2.1.2. Motores de corriente alterna (CA)

En algunos casos, tales como barcos, donde la fuente principal de energía es de corriente continua o donde se desea un gran margen de variación de velocidad, pueden emplearse motores de corriente continua. Sin embargo, la mayoría de los motores modernos trabajan con fuentes de corriente alterna.

A pesar de que hay una gran variedad de motores de corriente alterna, solamente se discutirán aquí tres tipos básicos: el universal, el síncrono y el de jaula de ardilla.

2.2.1.2.1. Motores universales

Estos motores funcionan con corriente alterna o bien directa. Su construcción es similar a la de un motor de CD bobinado en serie. Dentro, el rotor tiene bobinas eléctricas que están conectadas al circuito externo mediante un conmutador en la flecha, un tipo de ensamble de anillo de deslizamiento compuesto por varios segmentos de cobre en los que se desplazan escobillas de carbón fijas. El contacto se mantiene por medio de una ligera presión de resorte.

Por lo general, los motores universales trabajan a velocidades altas, de 3,500 a 20,000 revoluciones. Esto da por resultado una relación potencia a peso y potencia a tamaño alta para este tipo de motor, lo que lo hace adecuado para herramientas manuales como taladros, sierras y mezcladoras de alimentos. En las aspiradoras y máquinas de coser también se suelen utilizar este tipo de motor.

2.2.1.2.2. Motores sincrónicos

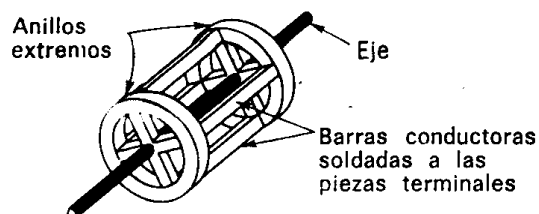
El motor sincrónico opera precisamente a la velocidad sincrónica sin que se presente deslizamiento. Tales motores están disponibles en tamaños a partir del caballaje subfraccional, se utilizan para sincronizadores o temporizadores e instrumentos, hasta varios cientos de caballos para impulsar compresoras de gran tamaño, bombas o ventiladores.

Estos motores tienen que arrancarse y acelerarse mediante un mecanismo independiente de los propios componentes del motor sincrónico porque a velocidad cero proporcionan muy poco torque. Por lo general, este mecanismo es un devanado tipo jaula de ardilla independiente dentro del rotor que al principio acelera la flecha del motor. Cuando la velocidad del rotor es de un porcentaje mínimo de la velocidad sincrónica, se excitan los polos del motor y el rotor entra en sincronía. En ese punto la jaula para ardillas no es efectiva y el motor sigue trabajando a velocidad sin importar las variaciones de carga hasta un punto que se denomina par motor crítico o límite. Una carga por arriba del par motor crítico o límite sacara al motor de sincronía y provocara que el motor se detenga.

2.2.1.2.3. Motores de jaula de ardilla

La mayor parte de los motores, que funcionan con corriente alterna de una sola fase, tienen el rotor de tipo jaula de ardilla. Un esquema simplificado del mismo se ve a continuación en la figura 8. Estos motores provienen de los motores polifásicos de inducción. Suponiendo que un motor de inducción comercial de jaula de ardilla se haga arrancar con el voltaje nominal de las terminales de línea de su estator desarrollará un par de arranque que hará que aumente la velocidad.

Figura 8. Esquema de un motor de jaula de ardilla



Al aumentar la velocidad a partir del reposo (100% de deslizamiento) disminuye su deslizamiento y su par disminuye hasta que se desarrolla un par máximo. Esto hace que la velocidad aumente todavía más, reduciéndose en forma simultánea el deslizamiento y el par que desarrolla el motor de inducción. Los pares desarrollados al arranque y al valor de desplazamiento que produce el par máximo, en ambos exceden el par de la carga, por lo tanto la velocidad del motor aumentará hasta que el valor de desplazamiento sea tan pequeño que el par que se desarrolla se reduzca a un valor igual al aplicado por la carga. El motor continuará trabajando a esa velocidad y el valor de equilibrio del desplazamiento, hasta que aumente o disminuya el par aplicado.

2.2.2. Factores en la selección de un motor eléctrico

Como mínimo, para los motores es necesario especificar los aspectos siguientes:

- Tipo de motor: de CD, CA, monofásico, trifásico.
- Especificación de potencia y velocidad
- Voltaje y frecuencia de operación
- Tipo de carcasa
- Tamaño del armazón
- Detalles relativos al montaje

Además, es probable que existan necesidades especiales que deben ser comunicadas al vendedor. Los factores principales a tomar en cuenta al seleccionar un motor incluyen los siguientes:

- Torque de operación, velocidad de operación y especificación de potencia.
- Variaciones de carga que se esperan y variaciones de velocidad correspondientes que pueden tolerarse.
- Limitaciones de la corriente durante las fases de arranque y funcionamiento.
- Ciclo de trabajo que tan a menudo hay que encender y apagar el motor.
- Factores ambientales: temperatura, presencia de atmósferas corrosivas o explosivas, exposición al clima o a líquidos, disponibilidad de aire para enfriar y demás.
- Variaciones de voltaje que se esperan: casi todos los motores tolerarán hasta más o menos 10% de variaciones respecto al voltaje que se especifica. Más allá de este, se requieren diseños especiales.
- Cargas a las que se someten las flechas: en particular cargas laterales y cargas de empuje susceptibles de afectar la vida de los cojinetes de las flechas.

2.2.3. Datos específicos de un motor eléctrico

2.2.3.1. Potencia

Para elegir un motor adecuado, se tendrán en cuenta los datos siguientes: la carga de trabajo (potencia), la clase de servicio, el curso de ciclo de trabajo, los procesos de arranque, frenado e inversión, la regulación de la velocidad de rotación, las variaciones de la red y la temperatura del medio refrigerante.

Para calcular la potencia de algunos tipos de equipos que trabajan con corriente alterna, es necesario tener en cuenta también el valor del factor de potencia o $\cos \varphi$ que poseen. En ese caso se encuentran los equipos que trabajan con carga reactiva o inductiva, es decir, consumidores de energía eléctrica que para funcionar utilizan una o más bobinas o enrollado de alambre de cobre, como ocurre, por ejemplo, con los motores eléctricos. Como nos centramos en la potencia de los motores eléctricos hace referencia con respecto al servicio continuo.

Servicio continuo S1, según VDE 0530, el servicio continuo se define como el servicio prestado bajo carga constante (potencia nominal) durante un tiempo que baste para alcanzar la temperatura de equilibrio térmico. Según VDE 0530, no se ha previsto que se sobrepase, de una forma permanente, el valor de la potencia nominal. Se admite, sin embargo, una sola vez, una sobrecarga del 150% de la intensidad nominal durante 2 minutos. Si las sobrecargas son superiores, por ejemplo, durante el arranque, el tiempo tendrá que acortarse correspondientemente. La red de baja tensión se alimenta directamente con un generador o por medio de un transformador conectado, a su vez, a la red de alta tensión.

La potencia nominal del generador o del transformador, medida en kVA, tiene que ser, como mínimo, igual a la suma de las potencias aparentes de todos los motores que, en el caso más desfavorable, se encuentren simultáneamente en servicio. La potencia de los motores que puedan conectarse a la red, considerando la intensidad en el arranque (la potencia aparente de arranque) para una cierta carga previa de la red, está determinada por la diferencia de tensiones que se considera admisible si la alimentación se hace a través de un transformador, y, si la alimentación se realiza por medio de un generador, por el diseño y excitación del mismo.

La potencia nominal del motor debe aproximarse lo más posible a la demanda de potencia de la máquina accionada. Si el motor está dimensionado en exceso, resultan las siguientes consecuencias: Mayor intensidad de arranque, por lo cual se necesitan fusibles mayores y una mayor sección en el conductor; servicio antieconómico, puesto que el factor de potencia y, bajo ciertas circunstancias, el rendimiento a carga parcial es menor que a plena carga. Entre 3/4 y 1/1 de la carga, varía poco el rendimiento. El motor toma de la red las siguientes potencias:

$$\text{Potencia activa: } P_w = \frac{P \cdot 100}{\eta}$$

$$\text{Potencia aparente: } P_s = \frac{P \cdot 100}{\eta \cdot \cos \varphi}$$

$$\text{Potencia reactiva: } P_b = \frac{P \cdot \text{tg} \cdot \varphi \cdot 100}{\eta}$$

Siendo:

P = potencia suministrada en el eje (kW)

P_w = potencia activa (kW) absorbida de la red

P_s = potencia aparente (kVA)

P_b = potencia reactiva (kVAr)

U = tensión de servicio (V)

I = intensidad en el estator (A)

η = rendimiento (%)

Cos (φ) = factor de potencia

Para sistemas trifásicos

Potencia aparente: $P_s = \frac{U \cdot I \cdot 1,73}{1000}$

Intensidad (A) $I = \frac{P_w \cdot 1000}{U \cdot \cos \varphi \cdot 1,73} = \frac{P \cdot 1000 \cdot 100}{U \cdot \eta \cos \varphi \cdot 1,73}$

Para sistemas monofásicos

Intensidad (A) $I = \frac{P_w \cdot 1000}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{P \cdot 1000 \cdot 100}{U \cdot \eta \cos \varphi}$

2.2.3.2. Dimensiones mecánicas y montaje de un motor eléctrico (FRAME)

Es un código o clave formado por números y letras que definen las dimensiones mecánicas y la posición de montaje del motor. En lo que se refiere a dimensiones mecánicas se incluyen altura y espesor total, altura desde la base hasta la línea central de la flecha, diámetro de la flecha, longitud y tamaño del cuñero, y dimensiones de los orificios para montaje.

Es decir que este código, está relacionado con las armazones de los motores eléctricos. A continuación se observa en la figura 9, 10, 11 y 12; como se detallan las dimensiones mecánicas y como se representan.

Figura 9. Clave para las dimensiones de motores horizontales de inducción de C.A. armazón tipo I

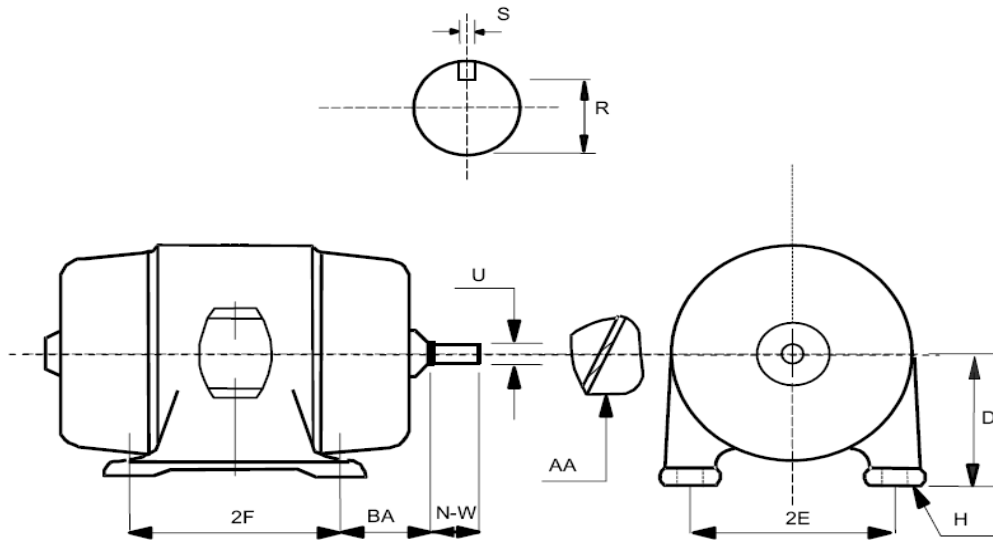


Figura 10. Clave para las dimensiones de motores horizontales de inducción de C.A. armazón tipo II

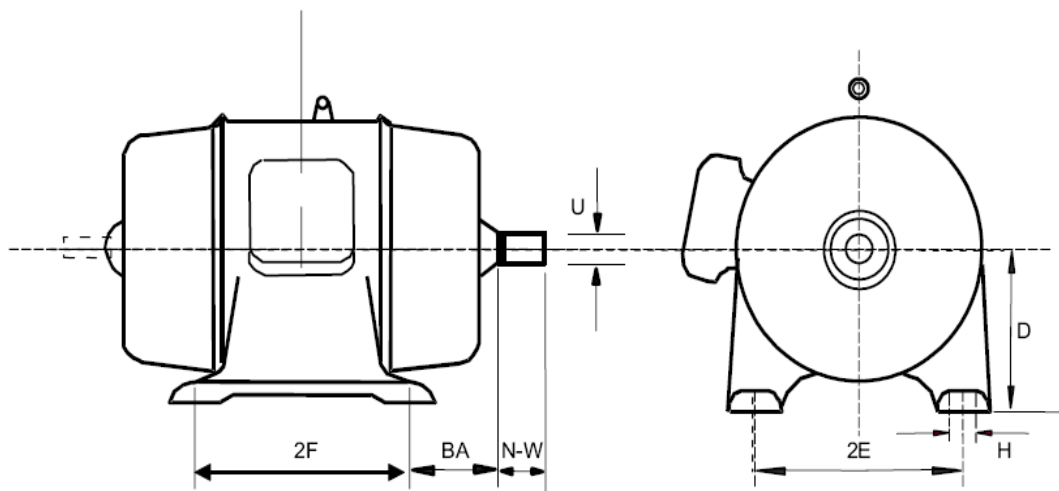


Figura 11. Dimensiones de armazones tipo I

Amazón Tipo I	2E mm.	2F mm.	BA mm.	U mm.	N-W mm.	D mm.	AA mm.	H mm.	R mm.	S mm.
42	90	43	52	9,53	28,45	66,7	--	--	8,33	--
48	108	70	64	12,70	38,10	76,2	--	--	11,51	--
56	124	76	70	15,88	47,80	88,0	--	--	13,13	4,78
143T	140	102	57	22,23	57,15	88,9	19	8,7	19,58	4,78
145T	140	127	57	22,23	57,15	88,9	19	8,7	19,58	4,78
182T	190	114	70	28,58	69,85	114,3	19	10,4	25,04	6,35
184T	190	140	70	28,58	69,85	114,3	19	10,4	25,04	6,35
213T	216	140	89	34,93	85,85	133,4	25,4	10,4	30,51	7,92
215T	216	178	89	34,93	85,85	133,4	25,4	10,4	30,51	7,92
254T	254	210	108	41,28	101,60	158,8	31,7	13,5	35,97	9,53
256T	254	254	108	41,28	101,60	158,8	31,7	13,5	35,97	9,53
284T	279	241	121	47,63	117,35	177,8	38,1	13,5	40,41	12,70
284TS	279	241	121	41,28	82,55	177,8	38,1	13,5	35,97	9,53
286T	279	279	121	47,63	117,35	177,8	38,1	13,5	40,41	12,70
286TS	279	279	121	41,28	82,55	177,8	38,1	13,5	35,97	9,53
324T	317	267	133	53,98	133,35	203,2	50,8	16,7	46,86	12,70
324TS	317	267	133	47,63	95,25	203,2	50,8	16,7	40,41	12,70
326T	317	305	133	53,96	133,35	203,2	50,8	16,7	46,86	12,70
326TS	317	305	133	47,63	95,25	203,2	50,8	16,7	40,41	12,70
364T	356	286	149	60,53	149,35	228,6	76,2	16,7	51,33	15,88
364TS	356	286	149	47,63	95,25	228,6	76,2	16,7	40,41	12,70
365T	356	311	149	60,33	149,35	228,6	76,2	16,7	51,33	15,88
365TS	356	311	149	47,33	95,25	228,6	76,2	16,7	40,41	12,70
404T	406	311	168	73,03	184,15	254,0	76,2	20,6	62,23	19,05
404TS	406	311	168	53,98	107,95	254,0	76,2	20,6	46,86	12,70
405T	406	349	168	73,03	184,15	254,0	76,2	20,6	62,23	19,05
405TS	406	349	168	53,98	107,95	254,0	76,2	20,6	46,86	12,70
444T	457	368	190	95,25	216,00	279,4	76,2	20,6	73,15	22,23
444TS	457	368	190	60,33	120,65	279,4	76,2	20,6	51,33	15,88
445T	457	419	190	95,25	216,00	279,4	76,2	20,6	73,15	22,23
445TS	457	419	190	60,33	120,65	279,4	76,2	20,6	51,33	15,88
447T	457	508	190	85,73	216,00	279,4	76,2	20,6	73,15	22,23

Figura 12. Dimensiones de armazón tipo II

Armazón Tipo II	2E	2F	BA	U	N-W	D	AA	H
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
56	90	71	36	14	30	56	12,7	6
63	100	80	40	14	30	63	12,7	7
71	112	90	45	14	30	71	19,0	7
80	125	100	50	19	40	80	19,0	9
90S	140	100	56	24	50	90	19,0	9
90L	140	125	56	24	50	90	19,0	9
100S	160	112	63	28	60	100	19,0	12
100L	160	140	63	28	60	100	19,0	12
112S	190	114	70	28	60	112	19,0	12
112M	190	140	70	28	60	112	19,0	12
112L	190	159	70	28	60	112	19,0	12
132S	216	140	89	38	80	132	25,4	12
132M	216	178	89	38	80	132	25,4	12
132L	216	203	89	38	80	132	25,4	12
160S	254	178	108	42	110	160	31,7	14
160M	254	210	108	42	110	160	31,7	14
160L	254	254	108	42	110	160	31,7	14
180S	279	203	121	48	110	180	31,7	14
180M	279	241	121	48	110	180	31,7	14
180L	279	279	121	48	110	180	31,7	14
200S	318	228	133	55	110	200	50,8	18
200M	318	267	133	55	110	200	50,8	18
200L	318	305	133	55	110	200	50,8	18
225S	356	286	149	60	140	225	76,2	18
225M	356	311	149	60	140	225	76,2	18
225L	356	356	149	60	140	225	76,2	18
250S	406	311	168	65	140	250	76,2	22
250M	406	349	168	65	140	250	76,2	22
250L	406	406	168	65	140	250	76,2	22
280S	457	368	190	75	140	280	76,2	22
280M	457	419	190	75	140	280	76,2	22

2.2.3.3. Grados de protección que ofrece la envolvente en un motor eléctrico (IP)

Es un sistema de codificación para indicar los grados de protección proporcionadas por la envolvente contra el acceso a las partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, contra la penetración de agua y para suministrar una información adicional unida a la referida protección. Este código IP esta formado por dos números de una cifra cada uno, situados inmediatamente después de las letras IP y que son independientes una del otro, a continuación se explica como se lee el código IP.

El número que va en primer lugar, normalmente denominado como primera cifra característica, indica la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas típicamente partes bajo tensión o piezas en movimiento que no sean ejes rotativos y análogos, limitando o impidiendo la penetración de una parte del cuerpo humano o de un objeto introducido por una persona, y garantizando simultáneamente, la protección del equipo contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.

La primera cifra característica está graduada desde 0 (cero) hasta 6 (seis), se observa en la figura 13 se describe el significado de cada uno, y a medida que va aumentando el valor de dicha cifra, éste indica que el cuerpo sólido que la envolvente deja penetrar es menor.

Figura 13. Grados de protección indicados por la primera cifra característica

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm.
2	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm.
3	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm.
4	Protegida contra cuerpos sólidos de mas de 1 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm.
5	Protegida contra la penetración de polvo	No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo.
6	Totalmente estanco al polvo	Ninguna entrada de polvo.

El número que va en segundo lugar normalmente denominado como segunda cifra característica, indicando la protección del equipo en el interior de la envolvente contra los efectos perjudiciales debidos a la penetración del agua. La segunda cifra característica esta graduada desde 0 (cero) hasta 8 (ocho), en la figura 14 se describe el significado de cada uno. A medida que va aumentando su valor, la cantidad de agua que intenta penetrar en el interior de la envolvente es mayor y también se proyecta en más direcciones.

Figura 14. Grados de protección indicados por la segunda cifra característica

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Tipo de protección proporcionada por la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra la caída vertical de gotas de agua	La caída vertical de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales
2	Protegida contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15°	Las caídas verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente está inclinada hasta 15° con respecto a la posición normal
3	Protegida contra la lluvia fina (pulverizada)	El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60° con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales
4	Protegida contra las proyecciones de agua	El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales
5	Protegida contra los chorros de agua	El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas las direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales
6	Protegida contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa	Bajo los efectos de fuertes chorros o con mar gruesa, el agua no deberá penetrar en la envolvente en cantidades perjudiciales
7	Protegida contra los efectos de la inmersión	Cuando se sumerge la envolvente en agua en unas condiciones de presión y con una duración determinada, no deberá ser posible la penetración de agua en el interior de la envolvente en cantidades perjudiciales
8	Protegida contra la inmersión prolongada	El equipo es adecuado para la inmersión prolongada en agua bajo las condiciones especificadas por el fabricante NOTA – Esto significa normalmente que el equipo es rigurosamente estanco. No obstante para ciertos tipos de equipos, esto puede significar que el agua pueda penetrar pero solo de manera que no produzca efectos perjudiciales
Los procedimientos especializados de limpieza no están cubiertas por los grados de protección IP. Se recomienda que los fabricantes suministren, si es necesario, una adecuada información en lo referente a los procedimientos de limpieza. Esto esta de acuerdo con las recomendaciones contenidas en la CEI 60529 para los procedimientos de limpieza especiales.		

Adicionalmente, de forma opcional, y con objeto de proporcionar información suplementaria sobre el grado de protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas, puede complementarse el código IP con una letra colocada inmediatamente después de las dos cifras características. Estas letras adicionales A, B, C o D, a diferencia que la primera cifra característica que proporciona información de cómo la envolvente previene la penetración de cuerpos sólidos, proporcionan información sobre la accesibilidad de determinados objetos o partes del cuerpo a las partes peligrosas en el interior de la envolvente. En figura 15 se proporciona información sobre el significado de cada letra.

Figura 15. Descripción de la protección proporcionada por las letras adicionales

Letra	La envolvente impide la accesibilidad a partes peligrosas con:
A	Una gran superficie del cuerpo humano tal como la mano (pero no impide una penetración deliberada). <i>Prueba con: Esfera de 50 mm.</i>
B	Los dedos u objetos análogos que no excedan en una longitud de 80 mm. <i>Prueba con: Dedo de $\Phi 12$ mm y L= 80 mm</i>
C	Herramientas, alambres, etc., con diámetro o espesor superior a 2,5 mm. <i>Prueba con: Varilla de $\Phi 2,5$ mm y L= 100 mm</i>
D	Alambres o cintas con un espesor superior a 1 mm. <i>Prueba con: Varilla de $\Phi 1$ mm y L= 100 mm</i>

En ocasiones, algunas envolventes no tienen especificada una cifra característica, bien porque no es necesaria para una aplicación concreta, o bien porque no ha sido ensayada en ese aspecto. En este caso la cifra característica correspondiente se sustituye por una X, como por ejemplo, IP 2X, que indica que la envolvente proporciona una determinada protección contra la penetración de cuerpos sólidos, pero que no ha sido ensayada en lo referente a la protección contra la penetración del agua.

Puede darse el caso que una determinada envolvente proporcione dos grados de protección diferentes en función de la posición de montaje de la misma. Si este fuera el caso, siempre deberá indicarse este aspecto en las instrucciones que suministre el fabricante. El marcado del grado de protección IP en las envolventes suele ser adoptar la forma de las mismas cifras, por ejemplo IP 54. No obstante, en algunas ocasiones las cifras características pueden sustituirse por símbolos como se indica en la figura 16.

Figura 16. Símbolos utilizados normalmente para los grados de protección

Primera cifra	IP5X		Malla sin recuadro
	IP6X		Malla con recuadro
Segunda cifra	IPX1		Una gota
	IPX3		Una gota dentro de un cuadrado
	IPX4		Una gota dentro de un triángulo
	IPX5		Dos gotas, cada una dentro de un triángulo
	IPX7		Dos gotas
	IPX8		Dos gotas seguidas de una indicación de la profundidad máxima de inmersión en metros
NOTA: Los grados de protección no incluidos en esta tabla no tienen símbolo para su representación.			

2.2.3.4. Modelo

La designación del modelo de un motor eléctrico, es una de las características importantes que influyen en la selección del mismo; para ser utilizado en alguna función en particular. Con esta característica podemos obtener información de datos los cuales son: encoder incremental, tipo de conector, sonda térmica, freno, tamaño de la armazón, número de polos, tipo de brida. En la figura 17 y 18 se explica detalladamente la designación de un modelo.

Figura 17. Designación del modelo de un motor eléctrico

Motores (de freno) CA DR / DT / DV / DTE / DVE

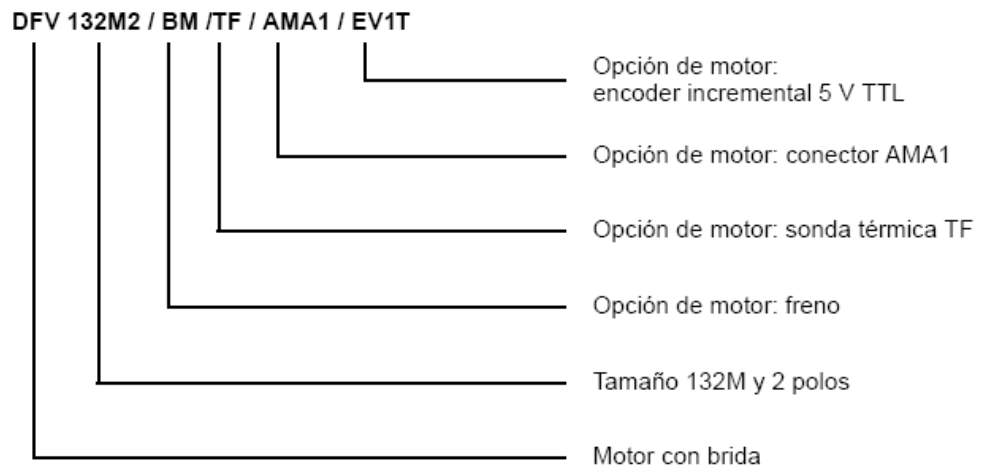
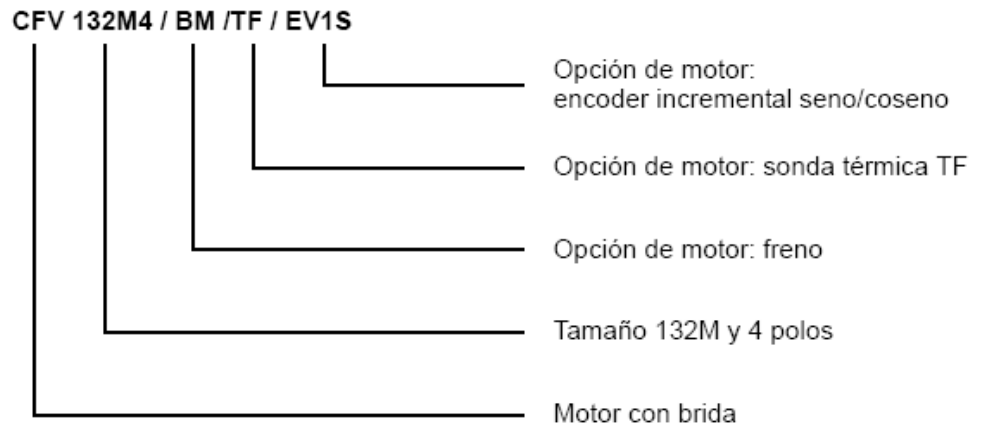


Figura 18. Designación del modelo de un servomotor

Servomotores (freno) CT / CV



2.2.3.5. Velocidad de un motor eléctrico (rpm)

Indica el número de vueltas por unidad de tiempo que produce el motor y depende por completo de la forma de construcción del mismo, de la tensión de alimentación, así como de la carga mecánica que se acople a su eje, aunque esto último no es aplicable a un tipo especial de motores denominados síncronos o sincrónicos. Las unidades empleadas son las revoluciones por minuto (r.p.m.) y las revoluciones por segundo (r.p.s.).

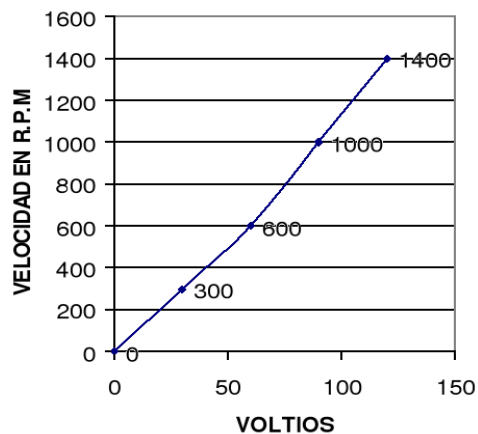
Las revoluciones por minuto en un motor de corriente alterna dependen del número de bobinas o del número de polos, como se observa en la figura 19.

Figura 19. Velocidades de motores de corriente alterna

Número de polos	Velocidad sincrónica (rpm)	Velocidad con carga total (rpm)
2	3600	3450
4	1800	1725
6	1200	1140
8	900	850
10	720	690
12	600	575

En lo que respecta a un motor de corriente directa, la velocidad de motor la determinará principalmente la tensión de la armadura y el campo del estator. Así también aumenta cuando se reduce el campo del estator. En realidad, la velocidad puede aumentar en forma peligrosa cuando, por accidente, se anula el campo del estator. A continuación se muestra en la figura 20 como se comporta las revoluciones por minuto en un motor de corriente directa.

Figura 20. Gráfica del comportamiento de las revoluciones por minuto en un motor CD



2.2.3.6. Corriente y voltaje

El flujo de una corriente continua está determinado por tres magnitudes relacionadas entre sí. La primera es la diferencia de potencial en el circuito, que en ocasiones se denomina fuerza electromotriz (fem), tensión o voltaje. La segunda es la intensidad de corriente. Esta magnitud se mide en amperes; 1 amper corresponde al paso de unos 6.250.000.000.000.000 electrones por segundo por una sección determinada del circuito. La tercera magnitud es la resistencia del circuito.

Normalmente, todas las sustancias, tanto conductores como aislantes, ofrecen cierta oposición al flujo de una corriente eléctrica, y esta resistencia limita la corriente. La unidad empleada para cuantificar la resistencia es el ohm, que se define como la resistencia que limita el flujo de corriente a 1 amper en un circuito con una fem de 1 volt. En general la corriente y el voltaje eléctrico son dos características que se deben tomar en cuenta cuando se realice la selección de un equipo eléctrico, en nuestro caso en un motor eléctrico.

2.2.3.7. Factor de potencia

Denominamos factor de potencia a la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Es aconsejable que en una instalación eléctrica el factor de potencia sea alto y algunas empresas de servicio electroenergético exigen valores de 0,8 y más.

O es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (kW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (kVA).

Las cargas industriales en su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, etc. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (kW) se sume el de una potencia llamada reactiva, las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución. Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación.

2.2.3.8. Estándares más utilizados en motores eléctricos (NEMA)

Este es un conjunto de estándares creado, como su nombre lo indica, por la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de Estados Unidos. Tres de los motores de corriente alterna trifásica que mas se utilizan se designan sólo como diseños A, B, C y D, estos difieren sobre todo en el valor de torque de arranque y en la regulación de velocidad cerca de la carga total.

Para distinguir entre diversos tipos disponibles, la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) ha desarrollado un sistema de identificación con letras en la cual cada tipo de motor comercial de inducción de jaula de ardilla se fabrica de acuerdo con determinada norma de diseño y se coloca en determinada clase, identificada con una letra. Las propiedades de la construcción eléctrica y mecánica el rotor, en las cinco clases NEMA de motores de inducción de jaula de ardilla, se resume en la figura 21.

Figura 21. Características de los motores comerciales de inducción de jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación en letras NEMA.

Clase NEMA	Par de arranque (# de veces el nominal)	Corriente de arranque	Regulación de velocidad (%)	Nombre de clase del motor
A	1.5-1.75	5.0 a 7.0	2.0 a 4.0	Normal
B	1.4-1.6	4.5 a 5.0	3.0 a 5.0	De propósito general
C	2-2.5	3.5 a 5	4.0 a 5.0	De doble jaula alto par
D	2.5-3.0	3.0 a 8.0	5.0 a 8.0 , 8.0 a 13.0	De alto par alta resistencia
F	1.25	2.0 a 4.0	mayor de 5.0	De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque.

2.2.4. Sistema trifásico

Los sistemas de transmisión y distribución de mayor utilización son los sistemas trifásicos, los cuales están constituidos por tres tensiones de igual magnitud, desfasadas 120° entre sí. Las redes trifásicas de baja tensión están formadas por los tres conductores activos R, S y T, y pueden ejecutarse con o sin conductor neutro.

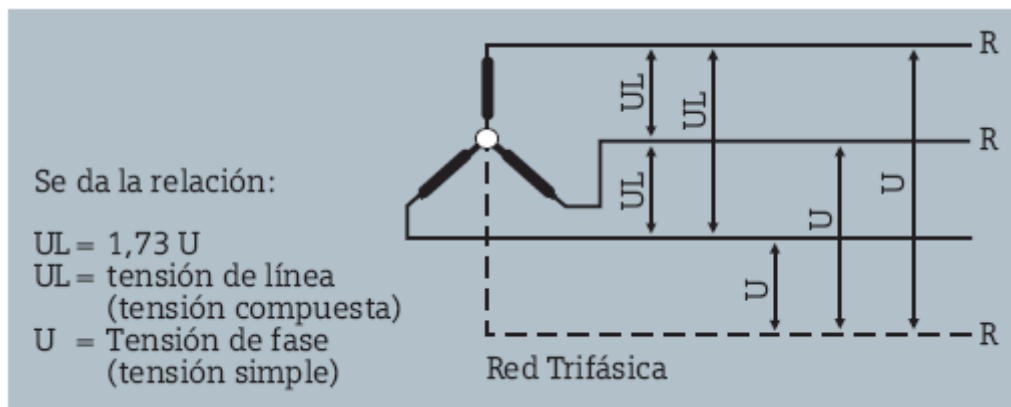
Los conductores neutros están unidos al centro de la estrella del generador o del transformador correspondiente al lado de baja tensión. Dos conductores activos, o uno de ellos y el neutro, constituyen un sistema de corriente alterna monofásica. Las ventajas de usar este tipo de distribución son las siguientes:

- Para alimentar una carga de igual potencia eléctrica, las corrientes en los conductores son menores que las que se presentan en un sistema monofásico.
- Para una misma potencia, las máquinas eléctricas son de menor tamaño que las máquinas eléctricas monofásicas.
- La diferencia entre un sistema monofásico y uno trifásico es su voltaje.
- Se puede ver que en un sistema trifásico es posible conectar cargas monofásicas y trifásicas simultáneamente.

2.2.5. Tensión de servicio

La tensión existente entre dos conductores activos (R, S, T) es la tensión de línea (tensión compuesta o tensión de la red). La tensión que hay entre un conductor activo y el neutro es la tensión de la fase (tensión simple) como se observa en la figura 22.

Figura 22. Esquema de la tensión de servicio en un sistema trifásico



Las tensiones normalizadas para las redes de corriente trifásica, en baja tensión, se observan en la figura 23:

Figura 23. Tensión de servicio para sistemas trifásicos

Tensión de línea (V)	Tensión de fase (V)	Denominación usual de la red (V)
208	120	208/120
220	127	220/127
260	150	260/150
380	220	380/220
440	254	440/254

2.2.6. Conexión de motores trifásicos

Los motores trifásicos se conectan los tres conductores (R.S.T). La tensión nominal del motor en la conexión de servicio tiene que coincidir con la tensión de línea de la red (tensión de servicio). Conexión de servicio de los motores trifásicos y sus potencias nominales se observan en la figura 24:

Figura 24. Conexión de servicio de motores trifásicos y sus potencias nominales

Ejecución del devanado (V)	Tensión de la red (V)	Devanado en	% Potencia nominal de placa	Tipo de arranque permitido
220-260 Δ /440Y ¹⁾ Tamaños 71-160	220	Δ	80	Directo/Y- Δ
	260	Δ	100	Directo/Y- Δ
	380	Δ	100	Directo
	440	Δ	100	Directo
208 – 220 YY/ 440 Y Tamaños 71-112	208	YY	90	Directo
	220	YY	100	Directo
	440	Y	100	Directo
208-220 $\Delta\Delta$ / 440 Δ Tamaños 132-280	208	$\Delta\Delta$	90	Directo/Y- Δ
	220	$\Delta\Delta$	100	Directo/Y- Δ
	380	YY		Directo
	440	Δ	100	Directo/Y- Δ
<p><i>Los motores que se arranquen en estrella-triángulo, la conexión de servicio será en triángulo.</i></p> <p>1) Esta ejecución está siendo descontinuada debido a que cada vez son más escasas las redes a 260 V en el país. Se suministra bajo pedido.</p>				

Figura 25. Conexiones trifásicas de motores eléctricos

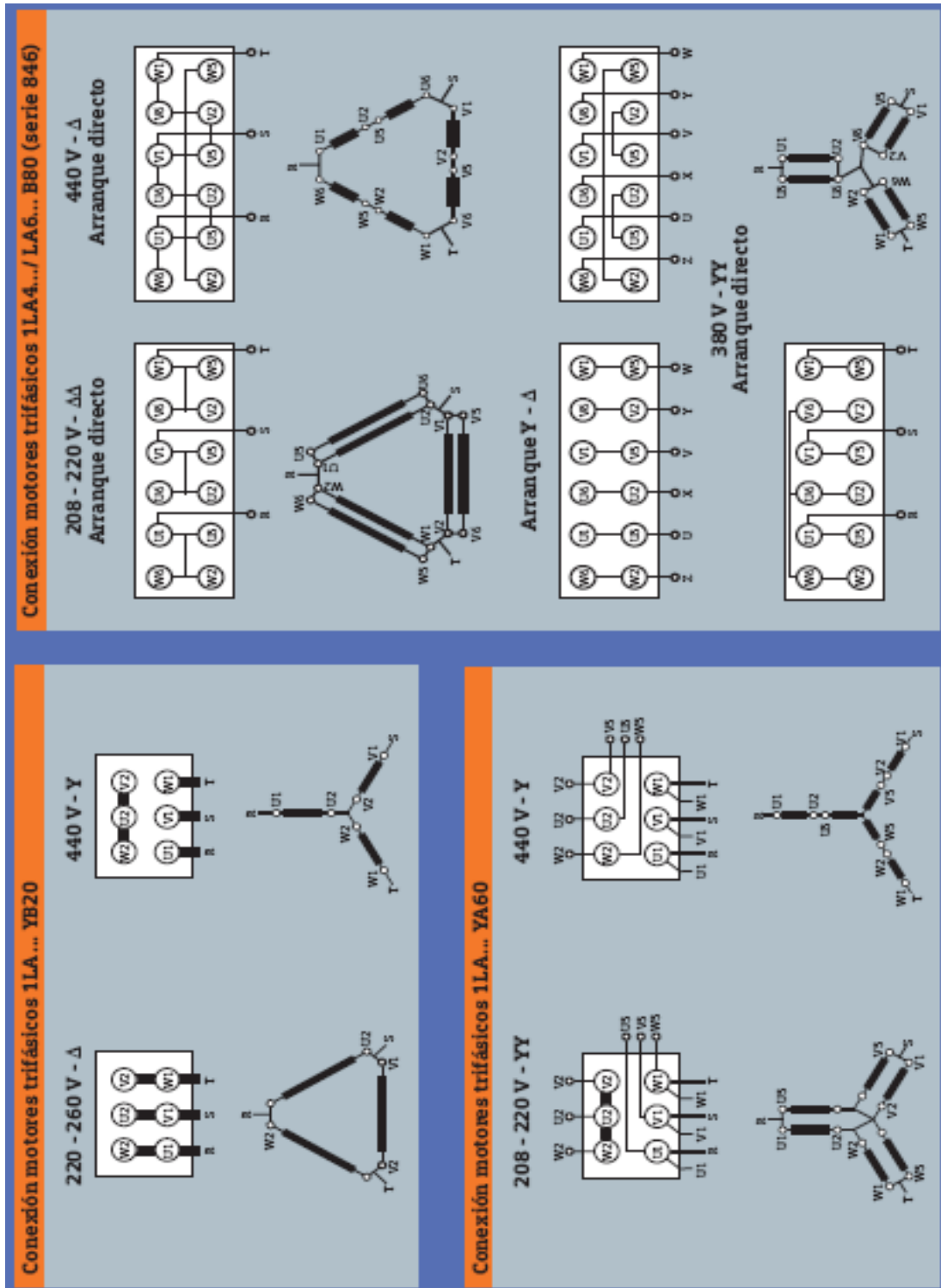
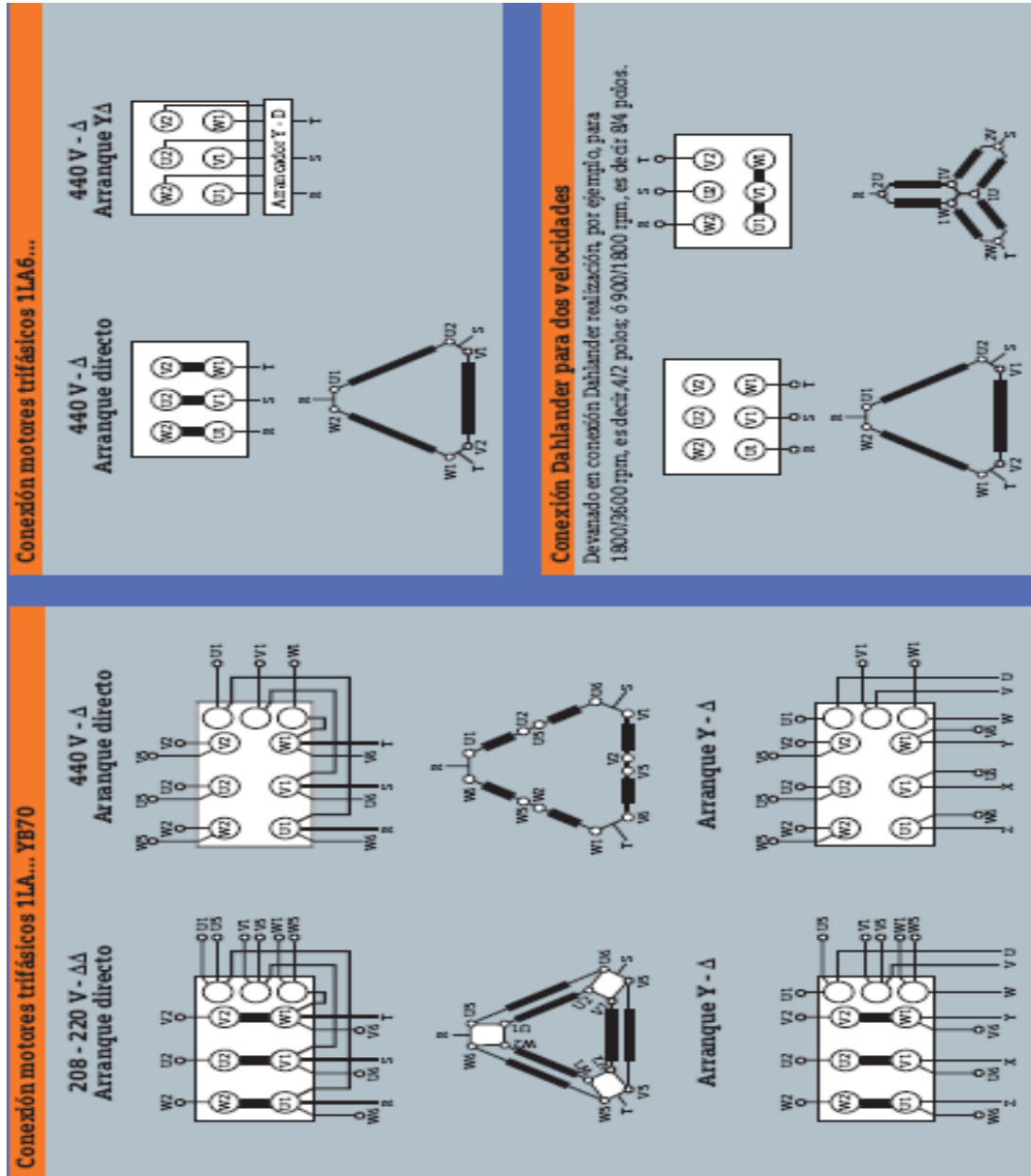


Figura 26. Conexiones trifásicas de motores eléctricos



En las figuras 25 y 26, podrá observar a manera de resumen algunas conexiones de trifásicas de motores eléctricos.

3. IMPORTANCIA DE LA LUBRICACIÓN EN LOS MOTORREDUCTORES

No existe en el mundo máquina alguna que por sencilla que sea no requiera lubricación, ya que con esta se mejora tanto el funcionamiento, como la vida útil de los equipos y maquinarias. Para garantizar un servicio largo y fiable, es esencial que su equipo esté bien lubricado. Cuando el equipo de su planta no se lubrica a intervalos regulares, el resultado inevitable son paradas y reparaciones costosas.

La lubricación inapropiada es una de las causas principales de falla en las transmisiones a base de engranajes como lo es los motorreductores, deben seguirse las instrucciones del fabricante de los engranajes para asegurar la operación apropiada.

Los principales fabricantes de maquinaria exigen que los lubricantes que se utilicen en sus máquinas cumplan ciertas especificaciones y exigencias de acuerdo con las condiciones de severidad en el servicio que han de realizar.

Con el fin de unificar criterios ciertos organismos han desarrollado procedimientos de ensayos normalizados, capaces de medir las propiedades del lubricante en cuanto a su calidad, identificación, detección de adulteraciones y contaminaciones y han emitido especificaciones para la vigilancia de su comportamiento en servicio. Las organizaciones de mayor uso en nuestro país son:

AGMA (American Gear Manufacturers Association)

AISI (the American Iron and Steel Institute)

API (American Petroleum Institute)

ASM (American Society for Metals)

ASTM (American Society of Testing Materials)

DIN (Deutsche Institut für Normung, o, Das Ist Norm)

IP (Institute of Petroleum)

ISA (Instrument Society of America)

ISO (International Standard Organization)

NLGI (National Lubricating Grease Institute)

NPA (National Petroleum Association)

SAE (Society of Automotive Engineers)

Los lubricantes no solamente disminuyen el rozamiento entre los materiales, sino que también desempeñan otras importantes misiones para asegurar un correcto funcionamiento de la maquinaria, manteniéndola en estas condiciones durante mucho tiempo. Entre estas otras funciones, cabe destacar las siguientes:

- Refrigerante
- Eliminador de impurezas
- Sellante
- Anticorrosivo y anti desgaste
- Transmisor de energía

Existen varios tipos de lubricación, en tanto que la acción de lubricar tiene como finalidad:

- Reducir el rozamiento o resistencias pasivas, al rozamiento.
- Combatir la corrosión y el desgaste.
- Participar en el equilibrio térmico de las máquinas. La energía mecánica perdida por rozamiento es disipada en forma de calor y prácticamente irrecuperable. El lubricante es generalmente el vehículo de eliminación del calor.
- Contribuir a la estanqueidad de gases y líquidos. Con el lubricante se intenta reducir las fugas de compresión y por lo tanto mejorar el rendimiento volumétrico y mecánico.
- Eliminar por circulación las impurezas que puedan acelerar el desgaste o atascar los conductos, y como consecuencia destruir las partes mecánicas lubricadas.
- Reducir vibraciones, choques y ruidos.
- Proteger contra el picado o corrosión.

3.1. Propiedades de los lubricantes

3.1.1. Número base total (NBT)

Para entender el NBT hay que conocer primero que es el contenido de azufre en el combustible. La mayoría de los combustibles diesel contienen azufre en algún grado. El contenido de azufre depende de la cantidad de azufre existente en el petróleo crudo con el que se produjo el combustible y la aptitud en las refinerías de poder disminuir o eliminar dicho contenido.

Una de las razones del aceite lubricante es neutralizar los subproductos del azufre, es decir, los ácidos sulfurosos y sulfúricos, para así dilatar los efectos de la corrosión del equipo. Los aditivos del aceite contienen compuestos alcalinos formulados para neutralizar dichos ácidos. La medida de esta reserva de alcalinidad del aceite se llama NBT. Generalmente, cuando más alto es el valor, mayor reserva de alcalinidad o capacidad de neutralización de ácidos tiene el aceite.

3.1.2. Índice de viscosidad

El índice de viscosidad (IV) es un método que adjudica un valor numérico al cambio de la viscosidad con el cambio de temperatura. Un alto índice de viscosidad indica un rango relativamente bajo de viscosidad con cambios de temperatura y un bajo índice de viscosidad indica un alto rango de cambio de viscosidad con la temperatura. En otras palabras, si un aceite de alto índice de viscosidad y un aceite de bajo índice de viscosidad tienen la misma viscosidad a temperatura ambiente, a medida que la temperatura aumenta el aceite de alto IV se adelgazará menos, y por consiguiente, tendrá una viscosidad mayor que el aceite de bajo IV a temperaturas altas.

3.1.3. Punto de fluidez

El punto de fluidez de un aceite lubricante es la mínima temperatura a la cual este fluye sin ser perturbado bajo la condición específica de la prueba. Los aceites contienen ceras disueltas que cuando son enfriados se separan y forman cristales que se encadenan formando una estructura rígida atrapando al aceite entre la red.

Cuando la estructura de la cera está lo suficientemente completa el aceite no fluye bajo las condiciones de la prueba. La agitación mecánica puede romper la estructura cerosa, y de este modo tener un aceite que fluye a temperaturas menores a su punto de fluidez.

En ciertos aceites sin ceras, el punto de fluidez esta relacionado con la viscosidad. En estos aceites la viscosidad aumenta progresivamente a medida que la temperatura disminuye hasta llegar a un punto en que no se observa ningún flujo existente. Desde el punto de vista del consumidor la importancia del punto de fluidez de un aceite depende enteramente del uso que va a dársele al aceite.

3.1.4. Punto de inflamación y fuego

El punto de inflamación es la temperatura a la cual el aceite despiden suficientes vapores que se inflaman cuando una llama abierta es aplicable. Cuando la concentración de vapores en la superficie es lo suficientemente grande a la exposición de una llama, resultará fuego tan pronto como los vapores se enciendan.

Cuando una prueba de este tipo es realizada bajo ciertas condiciones específicas, la temperatura a la cual esto sucede se denomina punto de inflamación.

La producción de vapores a esta temperatura no son lo suficiente para causar una combustión sostenida y por ende, la llama desaparece. Sin embargo, si el calentamiento continúa se obtendrá una temperatura a la cual los vapores serán liberados lo suficientemente rápido para soportar la combustión. Esta temperatura se denomina punto de fuego o combustión.

El punto de inflamación de aceites nuevos varia con viscosidad – aceites de alta viscosidad tiene altos puntos de inflamación. Estos puntos están también afectados por el tipo de crudo. Aceites nafténicos tienen menores puntos de inflamación que aceites parafínicos de viscosidad similar.

3.1.5. Antioxidante

En términos generales, la oxidación está influenciada por los siguientes parámetros: Temperatura, oxígeno, tiempo, impurezas químicas en el aceite y catalizadores. En consecuencia, el aceite atraviesa por una serie compleja de reacciones de oxidación, existiendo varias teorías sobre este fenómeno, pero la más clara es la llamada de radicales libre, donde la auto-oxidación se forma de tres maneras:

1. Ditiósfatos de zinc (también efectivo como inhibidor de corrosión).
2. Fenoles bloqueados (el en cual el grupo hidroxilo está bloqueado estéticamente).
3. Aminas: N-fenil-alfa-riafilamina N-feni Tetrametildiaminodifenilmetano
Ácido antranílico.

Los principales antioxidantes utilizados actualmente son:

- Ditiósfatos metálicos, especialmente de zinc
- Ditiocarbonatos metálicos, principalmente de zinc.
- Terpenos sulfurizados.
- Terpenos fosfosulfurizados.

De los cuatro tipos de inhibidores de la corrosión, los de mayor uso comercial son los ditiofosfatos de zinc (dialquil diarilditiofosfato de zinc).

3.1.6. Detergente

Como propiedades detergentes de un lubricante, se entiende a la capacidad de evitar o reducir la formación de depósitos carbonosos en donde este realiza su función. Son conocidos como antiácidos, alcalinos o súper básicos, también poseen una reserva alcalina capaz de neutralizar los ácidos que se originan por fenómenos químicos.

3.1.7. Dispersante

Las propiedades dispersantes de un lubricante, trabajan conjuntamente con los detergentes en el sentido de que impiden por dispersión de las partículas la formación de depósitos sólidos.

3.1.8. Propiedades de extrema presión (E.P.)

Como aditivos de extrema presión o E.P. se denominan aquellos productos químicos capaces de evitar el contacto destructivo metal-metal, una vez que ha desaparecido la película clásica de lubricante de una lubricación hidrodinámica. Cuando esto ocurre, se dice que llegamos a una lubricación límite.

Esencialmente, todos los aditivos E.P. deberán contener uno o más elementos o funciones, tales como azufre, cloro, fósforo o sales carboxílicas capaces de reaccionar químicamente con la superficie del metal bajo condiciones de lubricación límite.

La facilidad o actividad con que un aditivo E.P. puede reaccionar químicamente con la superficie del metal, determina en gran medida la aplicación del mismo: Aceites de corte, engranajes normales, engranajes hipoidales, aceites de turbinas, etc.

Estos productos parece ser que actúan localmente en los puntos de máxima fricción para dar lugar a sulfuros, cloruros, etc., con una tensión de corte baja que les hace comportarse como un lubricante.

3.1.9. Emulsibilidad y demulsibilidad

Las propiedades de emulsibilidad de un lubricante, se emplean en los aceites que se destinan a la lubricación de maquinaria expuesta al agua, pues se forma una emulsión perfecta con esta evitado que el aceite sea desplazado o lavado con órganos a lubricar estos aditivos mejoran la estabilidad de las emulsiones al descender la tensión interfacial del sistema y proteger las gotas de agua por una película interfacial. Y con respecto a las propiedades de demulsibilidad, se refiere a lo contrario de la emulsibilidad, es decir; que un lubricante con esta propiedad no tiene la capacidad de mezclarse con el agua.

3.1.10. Antiespumante

Esta propiedad es utilizada cuando un aceite está sometido a una acción de batido o agitación violenta, en presencia de aire, éste queda ocluido en la masa de aquél en forma de burbujas de distinto tamaño que tienden a subir a la superficie, formando espuma más o menos persistente. Las burbujas de mayor tamaño se rompen con más facilidad que las pequeñas, jugando un importante papel en estos procesos de rotura la tensión superficial del aceite.

La tendencia en la formación de espuma viene incrementada por: temperaturas bajas, viscosidad alta, presencia de agua, velocidades de agitación elevada y tensiones superficiales altas. También se hace referencia con respecto a la temperatura de trabajo, que nos referimos a la temperatura a la cual un lubricante trabaja adecuadamente para lo cual fue creada. Estas temperaturas varían según sus propiedades, aditivos y la base con la cual esta formado dicho lubricante; ya sea base mineral o sintético. A continuación se muestra algunos rangos de temperatura para lubricantes sintéticos:

Rangos de temperatura de trabajo para diferentes lubricantes sintéticos en grados Celsius °C:

- Hidrocarburos sintetizados de - 40 a 180 °C
- Esteres de ácido dibásicos de - 38 a 180 °C
- Esteres de poliol de - 25 a 222 °C
- Poliglicoles de - 29 a 222 °C
- Esteres de fosfato de - 26 a 149 °C

3.2. Tipos de lubricantes

Cuando dos cuerpos sólidos se frotan entre sí, hay una considerable resistencia al movimiento sin importar lo cuidadosamente que las superficies se hayan maquinado y pulido. La resistencia se debe a la acción abrasiva de las aristas y salientes microscópicas y la energía necesaria para superar esta fricción se disipa en forma de calor o como desgaste de las partes móviles.

Existen diferentes grados de grasas y aceites dependiendo de la necesidad que se tenga y de los factores de operación. Una mala selección es tan peligrosa como si se hubiese dejado el mecanismo sin lubricante alguno. Muchas de las fallas que ocurren en este campo tienen su origen aquí; de ahí la seguridad que se debe tener cuando se seleccione un lubricante. Por eso se tiene que tener el conocimiento de cuando utilizar grasa o aceite, a continuación se hace mención de los factores que hay que tomar en cuenta en la selección del lubricante:

¿Cuándo se utiliza grasa?

La grasa se utiliza generalmente en aplicaciones que funcionan en condiciones normales de velocidad y temperatura. La grasa tiene algunas ventajas sobre el aceite. Por ejemplo, la instalación es más sencilla y proporciona protección contra la humedad e impurezas. Generalmente se utiliza en la lubricación de elementos tales como cojinetes de fricción y antifricción, levas, guías, correderas, piñonera abierta y algunos rodamientos.

¿Cuándo se utiliza aceite?

Se suele utilizar la lubricación con aceite cuando la velocidad o la temperatura de funcionamiento hacen imposible el empleo de la grasa, o cuando hay que evacuar calor. El aceite tiene su mayor aplicación en la lubricación de compresores, motores de combustión interna, reductores, motorreductores, transformadores, sistemas de transferencia de calor, piñoneras abiertas, cojinetes de fricción y antifricción y como fluidos hidráulicos. La función del lubricante es:

- Formar una película entre los componentes en movimiento, para evitar el contacto metálico. La película debe ser suficientemente gruesa para obtener una lubricación satisfactoria, incluso bajo fuertes cargas, variaciones grandes de temperatura y vibraciones;
- Reducir el rozamiento y eliminar el desgaste;
- Proteger contra la corrosión;
- Obturar (en el caso de la grasa) contra impurezas tales como suciedad, polvo, humedad o agua.

3.2.1. Aceites lubricantes

Los aceites lubricantes se distinguen entre si, según sus propiedades o según su comportamiento en las máquinas. Debemos de conocer las propiedades de los aceites lubricantes, para poder determinar cuál utilizaremos según la misión que deba desempeñar.

Un buen aceite lubricante, a lo largo del tiempo de su utilización, no debe formar excesivos depósitos de carbón ni tener tendencia a la formación de lodos ni ácidos; tampoco debe congelarse a bajas temperaturas. Los aceites y lubricantes se clasifican de acuerdo ha:

- Al nivel de servicio (API)
- Al grado de viscosidad (SAE)

Un aceite lubricantes esta compuesto de dos partes: El aceite base y los aditivos; a continuación se describen estos conceptos.

3.2.1.1. Aceite base

Partiendo del petróleo el aceite base se consigue con un proceso de refino, los componentes resinosos o asfálticos son separados del producto, dejando solamente lo que nos interesa del mismo.

El aceite base no se usa tal cual sale de la refinería, sino que se termina en una operación llamada Blending que consiste en mezclar aceites de propiedades conocidas y durante esta operación se le incorporan los aditivos que son los que le confieren las propiedades necesarias según el fin a que se destine el aceite.

A los lubricantes preparados de esta forma se les llama aceites terminados y son los que se encuentran en el mercado a disposición del consumidor.

3.2.1.2. Aditivos

Los aditivos son productos químicos que se añaden al aceite base para aumentar determinadas propiedades útiles o para dar otras que no tienen.

3.2.1.2.1. Propiedades generales de los aditivos

Los aditivos se incorporan a los aceites en muy diversas proporciones, desde partes por millón, hasta el 20% en peso de algunos aceites de motor. Cada aditivo tiene una o varias funciones que cumplir, clasificándose al respecto, como uní o multifuncionales. Fundamentalmente los aditivos persiguen varios objetivos:

- Limitar el deterioro del lubricante a causa de fenómenos químicos ocasionados por razón de su entorno o actividad.
- Proteger la superficie lubricada de la agresión de ciertos contaminantes.
- Mejorar las propiedades físico-químicas del lubricante o proporcionarle otras nuevas.

3.2.2. Lubricante sintético

El término Hidrocarburo sintetizado (SHC), y lubricantes sintéticos, son utilizados igualmente para describir una familia de aceites y grasas sintéticos que incluyen aceites circulantes, aceites de engranes, aceites hidráulicos, grasas y aceites de compresores. Estos lubricantes son utilizados en una gran variedad de aplicaciones industriales. Por definición, un lubricante sintético es un lubricante diseñado y elaborado para servir mejor a los propósitos previamente reservados para productos extraídos directamente del petróleo. Los términos sintetizado y sintético, describen los aceites básicos principalmente Polialfaolefinas (PAOs).

Adicionalmente, hay otros tipos de aceites básicos que incluyen poliglicoles, ésteres orgánicos, ésteres fosfatados y siliconas. El desarrollo de los lubricantes sintéticos se debe principalmente a que cada día la maquinaria se produce más sofisticada y los mecanismos trabajan bajo condiciones de operación más críticas, resultando ineficaces, en no pocos casos, los lubricantes minerales.

A esto se suma la crisis energética, que ha creado la necesidad de formular y fabricar lubricantes de larga duración. Los lubricantes sintéticos ameritan su utilización cuando se quieren ampliar las frecuencias entre relubricaciones, reducir su consumo, disminuir la reposición de partes o repuestos, alcanzar la máxima capacidad productiva de la maquinaria y se recomienda en lugares de difícil acceso o en equipos que deberán funcionar con intervalos prolongados de cambios de aceite.

3.2.2.1. Elaboración del lubricante sintético

Un material sintetizado, es el que se produce por combinación química o por construcción de moléculas complejas derivadas de moléculas menos complejas. Los lubricantes sintéticos están hechos de un SCRATCH, durante el proceso de destilación del petróleo. Los básicos de lubricantes sintéticos son también producidos de gas etileno. El gas etileno es destilado durante el proceso de destilación y reacciona para formar moléculas complejas, saturadas que son utilizadas para la producción de básicos sintéticos.

Debido a que el etileno es utilizado como un producto para producir refrigerantes automotrices (anticongelantes), el alto costo de la materia prima es debido a la alta demanda por el gas etileno. Este alto costo del gas, es una de las razones para que los lubricantes sintéticos tengan un costo más alto.

3.2.2.2. Ventajas de los lubricantes sintéticos

La combinación de una estructura molecular uniforme, idénticos y fuertes enlaces moleculares, una estructura molecular saturada y un producto libre de cera, proporcionan a los básicos sintéticos grandes ventajas de desempeño sobre los aceites básicos convencionales. Estas ventajas se describen a continuación:

3.3.2.2.1. Ahorro en energía

El tamaño y forma idéntica en los sintéticos, proporcionan un mayor coeficiente de tracción y menor fricción interna entre las moléculas bajo carga. Como resultado, hay menor pérdida de energía debido a la fricción y frecuentemente, se encuentra un ahorro de energía de entre un 2 al 5%, dependiendo de la aplicación en particular. Los equipos lubricados por sintéticos, generalmente requieren menos torque al arrancar y en consecuencia menor uso de energía. El uso de un aceite sintético en un altamente eficiente engrane recto, no producirá tanta economía de energía como en un relativamente ineficiente engrane de tipo corona-sinfín.

3.2.2.2.2. Mayor vida del aceite y de los componentes

No es raro que los lubricantes sintéticos proporcionen entre 5 y 10 veces más larga vida que los aceites minerales. Como resultado de la extensión del período de cambio, el costo de disposición es menor, además de menores costos de mantenimiento y menores costos por paros en la producción, debido a menor cantidad de cambios. Una regla de la industria, establece que la tasa de oxidación de los aceites convencionales, se duplica y la vida de ese aceite se reduce a la mitad, por cada incremento de 10°C en la temperatura de operación. La estructura de los sintéticos, les permite resistir substancialmente el ataque del oxígeno en la presencia del calor.

La resistencia a la oxidación, causa menor formación de depósitos y barniz, mientras los aditivos detergentes- dispersantes en los sintéticos mantienen los productos de la oxidación en suspensión. Como resultado hay menor corrosión y herrumbre, menor frecuencia en las fallas de los equipos, debido a la formación de barniz o depósitos, así como menos mantenimiento durante los paros programados, debido a que las superficies de los componentes estarán limpias.

Mayor estabilidad a la oxidación, dará como resultado menores reemplazos de componentes debido a fallas en la condición de los lubricantes. Esto convierte a los sintéticos en una mejor opción para aquellos equipos con aceites de llenado de por vida, en equipo para aplicaciones ligeras a moderadas, como engranes ligeramente cargados en localizaciones remotas. En aplicaciones severas, como los rodamientos de las máquinas de papel, los sintéticos proporcionan una superior lubricación con una menor oxidación y pérdida de lubricante cuando se les compara con aceites minerales.

3.2.2.2.3. Gran protección en altas y bajas temperaturas

La principal ventaja en el desempeño de los aceites sintéticos es su aplicación en un amplio rango de temperaturas de servicio. Los sintéticos tienen una mayor resistencia de película, más protección y gran estabilidad térmica bajo una gran variedad de temperaturas de operación, cuando son comparados con los aceites minerales. Los sintéticos proporcionan completa lubricación rápidamente y reducen el desgaste de los componentes.

3.2.2.2.4. Fluidez superior a bajas temperaturas

Los sintéticos tienen un desempeño sobresaliente en bajas temperaturas, proporcionan un mejor flujo al arranque en extremadamente bajas temperaturas, así como gran estabilidad en altas temperaturas; dado que un alto porcentaje del desgaste ocurre en el arranque de los equipos. Los sintéticos pueden fluir mejor y proporcionar la protección necesaria por lo tanto el equipo queda protegido.

El punto de congelación de un aceite lubricante es la más baja temperatura a la que un aceite puede fluir. Los aceites convencionales contienen ceras disueltas, cuando un aceite se enfría, las ceras comienzan a separarse como cristales que se unen. Estos cristales forman una estructura rígida que atrapa el aceite en pequeños espacios en la estructura. Cuando la estructura de cristales de cera es suficientemente completa, el aceite ya no fluye.

El uso de los sintéticos en aplicaciones externas durante el invierno en regiones árticas, permite menores reemplazos de componentes y una operación libre de interrupciones en muy bajas temperaturas.

3.2.2.2.5. Desempeño superior

La estructura molecular uniforme de los sintéticos, proporciona una mayor resistencia de película. Los aceites sintéticos, pueden ser utilizados en situaciones de lubricación a película delgada o lubricación escasa, debida a altas cargas y bajas velocidades o altas velocidades, alto torque y alta potencia, donde los lubricantes convencionales fallan. Por eso es que los sintéticos son utilizados ampliamente en autos de competencia.

Adicionalmente, los sintéticos tienen una película muy estable al corte y no requieren de un aditivo para mejorar esa característica aún en altas o bajas temperaturas. Los sintéticos tienen una menor volatilidad, lo que repercute en un menor consumo de aceites. El uso de los sintéticos, requiere menor relleno de aceite, debido a una menor tasa de evaporación.

3.2.2.3. ¿Cuándo utilizar un lubricante sintético?

Los lubricantes proporcionan funciones básicas, como el control de la fricción, temperatura, desgaste y corrosión. Los lubricantes sintéticos, deben ser utilizados donde una o más de esas funciones no pueden ser cubiertas por los lubricantes convencionales.

Aplicaciones típicas de la industria para los sintéticos incluyen ambientes de trabajo muy calientes, o sucios, altas cargas y bajas velocidades o exposición a climas muy fríos. Deberán evitarse aplicaciones en las que los sistemas sean especialmente sucios y que requieren un cambio frecuente de

aceites para mantener un aceptable nivel de limpieza ISO, o cuando las fugas en los sistemas no pueden ser fácil o económicamente eliminadas.

3.2.2.4. Lubricante mineral

Es la que se obtiene eligiendo y separando las mejores moléculas del petróleo crudo para lubricar. Como el proceso industrial no puede ser perfecto, queda un cierto resto de componentes indeseables (algunas ceras o parafinas que espesan al aceite en frío, otras sustancias inestables, y moléculas pequeñas que provocan una tendencia a la evaporación y consumo de aceite).

Es un conjunto muy heterogéneo de componentes, en tamaño y forma, cuya dispersión depende en mucho de la calidad del proceso de elaboración, también llamado refinación. Las de bases de mejor calidad se usan para formular aceites multigrados.

3.2.3. Grasas lubricantes

La primera grasa lubricante se fabricó en 1872. Desde el principio las grasas se basaron en jabones cálcicos y líticos. En 1940 se desarrollaron las grasas líticas, y en una década después se lanzaron las grasas de jabón compuesto de aluminio. La grasa es un producto que va desde sólido a semilíquido y es producto de la dispersión de un agente espesador y un líquido lubricante que dan las propiedades básicas de la grasa.

Las grasas convencionales, generalmente son aceites que contienen jabones como agentes que le dan cuerpo.

El tipo de jabón depende de las necesidades que se tengan y de las propiedades que debe tener el producto. La propiedad más importante que debe tener la grasa es la de ser capaz de formar una película lubricante lo suficientemente resistente como para separar las superficies metálicas y evitar el contacto. Existen grasas en donde el espesador no es jabón sino productos, como arcillas de bentonita. El espesor o consistencia de una grasa depende del contenido del espesador que posea, puede fluctuar entre un 5% y un 35% por peso según el caso.

El espesador es el que le confiere propiedades tales como resistencia al agua, capacidad de sellar y de resistir altas temperaturas sin variar sus propiedades ni descomponerse. Hay ciertos factores a tener en cuenta cuando se habla de una grasa:

3.2.3.1. Viscosidad de las grasas lubricantes

Es una de las propiedades más importantes de un líquido y más rápidamente observada. Es una medida de rozamiento que acontece entre las diferentes capas cuando un líquido se pone en movimiento. En la vida diaria este fenómeno no es de interés real, pero en la industria el concepto de viscosidad tiene un significado considerable.

Es un dato principal en el proceso de fabricación y en la inspección del proceso acabado; en el empleo de la lubricación por aceite, la viscosidad es muy importante al seleccionar el lubricante adecuado. La viscosidad se especifica en mm^2/s , aunque también se indica algunas veces en cSt (centistoke). Normalmente se indica para 40 y 100°C, aunque en ciertos casos se pueden usar temperaturas de 37.8 °C (100° F), 50 °C (122° F) y 98.9°C (210° F).

3.2.3.2. Estabilidad mecánica

Ciertas grasas, particularmente las lípidicas de los tipos antiguos, tienen una tendencia para ablandarse durante el trabajo mecánico, pudiendo dar lugar a pérdidas. En instalaciones con vibración, el trabajo es particularmente severo, ya que la grasa está continuamente vibrando en los elementos lubricados.

3.2.3.3. Miscibilidad

En los reengrases, hay que tener el máximo cuidado de no usar grasas diferentes a las originales. De hecho hay tipos de grasas que no son compatibles; si dos de estas grasas se mezclan, la mezcla resultante tiene normalmente una consistencia más blanda que puede causar la pérdida de grasa y fallo en la película lubricante.

3.2.3.4. Bases y jabones

Las bases son las que determinan las propiedades de las grasas. A continuación nombramos algunas:

3.2.3.4.1. Bases parafínicas

Son relativamente estables a altas temperaturas, pero por el alto contenido de parafinas que poseen, no funciona satisfactoriamente a bajas temperaturas. Las mismas dentro de aceite, forman partes sólidas que en ciertas maquinarias diseñadas solo para aceite, pueden tapan los conductos de lubricación.

3.2.3.4.2. Bases nafténicas

Es una base lubricante que determina la mayor parte de las características de la grasa, tales como: viscosidad, índice de viscosidad (I.V.), resistencia a la oxidación (TAN) y punto de fluidez. Frecuentemente contienen una elevada proporción de asfalto; a altas temperaturas son menos estables que las parafínicas. Generalmente no deben usarse temperaturas por encima de los 65°C.

3.2.3.4.3. Saponificación

Es un proceso por medio del cual una grasa o algún otro compuesto de un ácido con alcohol) reacciona con un álcali compuesto que neutraliza la acidez de la grasa, para formar un jabón, glicerina u otro alcohol.

3.3. Clasificación de los lubricantes

3.3.1. Clasificación SAE

Esta clasificación se basa en el grado de viscosidad del aceite. El índice SAE, indica como es el flujo de los aceites a determinadas temperaturas, es decir, su viscosidad. Esto no tiene que ver con la calidad del aceite, contenido de aditivos, funcionamiento o aplicación para condiciones de servicio especializado.

Como se mencionó anteriormente, la clasificación SAE está basada en la viscosidad del aceite a dos temperaturas, en grados Fahrenheit, 0 °F y 210 °F, equivalente a -18 °C y 99 °C, estableciendo los siguientes grados SAE, como se observa en la figura 27.

Figura 27. Tabla de grados SAE para lubricantes monogrados y multigrados

SAE MONOGRADOS	Viscosidad cSt a 100°C		SAE MULTIGRADOS	Viscosidad cSt a 100°C	
	Min	Max		Min	Max
0 w	3.8		5W50	16.3	19.7
5 w	3.8		10W30	9.3	13.7
10 w	4.1		15W40	13.7	16.3
15 w	5.6		15W50	16.3	19.7
20 w	5.6		20W20	5.6	9.3
25 w	9.3		20W30	9.3	13.7
20	5.6	9.3	20W40	13.7	16.7
30	9.3	12.5	20W50	16.3	19.7
40	12.5	16.3			
50	16.3	21.9			
60	21.9	26.1			

3.3.2. Clasificación API

Esta clasificación esta basada en la categoría de servicio. Los rangos de servicio API definen una calidad mínima que debe de tener el aceite. Los rangos que comienzan con la letra C (corresponden para motores encendido por compresión, por su sigla en inglés Comprensión); es decir, para motores tipo diesel. Mientras que los rangos que comienzan con la letra S (corresponde para motores encendido por chispa, por su sigla en ingles Spark); es decir, para motores tipo gasolina. La segunda letra indica la fecha o época de los rangos.

Las especificaciones API varían dependiendo si son lubricantes para un motor diesel o gasolina:

- Para motores tipo gasolina, los listados comienzan por la S spark, que significa servicio o Spark Plug. Seguido de otra letra que denota el estándar utilizado, SL es el tope de grado que ha reemplazado actualmente a SJ y SH.
- Para motores tipo diesel la primera letra es la C, que significa compresión o categoría de comerciales. CI es el grado mas alto, técnicamente el CI-4 para los de trabajo pesado; pero el CH-4 es el mas usado y mas adecuado para la mayoría de las aplicaciones.

Hoy en día tenemos los lubricantes para flotas mixtas los cuales llevaran la homologación diesel y gasolina, debido a que estos lubricantes pasan las pruebas y requerimientos de ambas normas.

ACEA, son especificaciones presididas por el sufijo G para gasolina y D o PD para diesel. Adicionalmente tienen aprobaciones numerales por cada fabricante de vehículos. La ACEA reemplazo la CCMC en 1996 debido a que se necesitaba una mejor lectura en los test. Estas especificaciones son las siguientes:

- A1 Fuel Economy Gasolina
- A2 Stándar Performance Level
- A3 High Performance And-Or Extended Drain Intervals
- B1 Fuel Diesel Economy
- B2 Standar Performance Level
- B3 High Performance

3.4. Equivalencia entre sistemas de clasificación de la viscosidad

3.4.1. Sistema AGMA

La AGMA (Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes) clasifica la viscosidad de los aceites industriales, de acuerdo con una codificación que va del número 1 al 13 y la cual corresponde a un rango de viscosidades en SSU a 100°F, o en cSt a 37,8°C; los números que aparecen con la palabra EP ó Compound (compuesto) se utilizan para condiciones de lubricación EHL y son aceites especificados con aditivos de primera generación. El número que acompaña al número AGMA no indica unidades de viscosidad, sino que a mayor número la viscosidad del aceite es mayor.

El sistema AGMA solo se utiliza para especificar los aceites para engranajes abiertos y reductores de velocidad. Los grados AGMA sin sufijo poseen inhibidores de la herrumbre y la oxidación (R&O).

3.4.2. Sistema ISO

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) estableció desde 1975 el sistema ISO para especificar la viscosidad de los aceites industriales, pero solo hasta 1979 fue puesta en práctica por la mayoría de los fabricantes de lubricantes.

El sistema ISO clasifica la viscosidad de los aceites industriales en cSt a 40°C mediante un número estándar que se coloca al final del nombre del aceite industrial. Este sistema reduce las posibilidades de que el usuario se equivoque en la selección del aceite a utilizar ó que mezcle lubricantes de diferentes viscosidades; facilita además hallar de manera inmediata el equivalente en viscosidad de un aceite con otro puesto que el nombre del aceite debe traer al final el grado ISO correspondiente. Así por ejemplo, si se tiene el aceite Tellus 68 de marca Shell y se sabe que este fabricante está utilizando la clasificación ISO en sus aceites industriales, entonces el número 68 del aceite Tellus indica que tiene una viscosidad de 68 cSt a 40°C.

Para saber si el número que acompaña el nombre del aceite es un grado ISO es necesario conocer la clasificación ISO, ya que se puede presentar el caso de aceites que al final del nombre traen un número y sin embargo este no corresponde a un grado ISO como podría ser el caso de aceites como el Tellus 41, Teresso 72, Macoma 45, DTE Light, etc.

En la actualidad, la gran mayoría de las compañías fabricantes de lubricantes industriales colocan el grado ISO junto al nombre de sus aceites; sin embargo a pesar del tiempo transcurrido desde la aprobación de la clasificación ISO hay algunas empresas que aun siguen especificando sus aceites industriales con nomenclaturas que no corresponden a ningún sistema de clasificación, tal es el caso por ejemplo de la serie Mobilgear de la Mobil, que se explicara mas adelante como funciona esta nomenclatura. Todo recipiente de aceite que contenga aceite industrial debe venir marcada con el nombre y el grado de viscosidad ISO del aceite.

3.4.3. Sistema SAE

Clasifica los aceites de tipo automotor con un número que aparece al final del nombre del aceite y cuyo único significado es que a medida que este número es mayor la viscosidad del aceite también lo es. Dentro de esta clasificación se encuentran los aceites para lubricación del motor de combustión interna tanto Diesel como a gasolina, caja, transmisión y sistema hidráulico.

A su vez los aceites para el motor de combustión interna se subdividen en unígrados y multigrados y se emplean uno u otro dependiendo de las recomendaciones del fabricante del motor de combustión interna, de las condiciones climatológicas ó de programas tendientes a reducir el desgaste de los diferentes componentes del motor de combustión interna. A continuación se muestra en la figura 28, la equivalencia existente entre los diferentes sistemas de clasificación:

Figura 28. Equivalencia entre los diferentes sistemas de clasificación de viscosidad

Grado ISO	Grado ASTM	Grado AGMA	Grado SAE			
			Motor		Engranajes	
			Unigrado	Multigrado	Unigrado	Multigrado
10						
15	75					
22	105		0W, 5W		75 W	
32	150		10 W			
46	215	110, 15W				
68, 68EP	315	2, 2 EP	20W, 20	10W30, 20W20	80, 80W	
100, 100EP	465	3, 3 EP	25W, 30	5W50, 15W40		
150, 150 EP	700	4, 4 EP	40	15W50, 20W40		
220, 220 EP	1000	5, 5 EP	50		90	85W90
320, 320 EP	1500	6, 6 EP				85W140
460, 460 EP, 460 C	2150	7, 7 EP, 7C			140	
680, 680 EP, 680 C	3150	8, 8 EP, 8 C				
1000, 1000 EP, 1000C	4650	9, 9EP, 9 C				
1500, 1500 EP, 1500 C	7000	10, 10 EP, 10 C			250	

3.5. Selección correcta de un lubricante industrial

La correcta lubricación de los mecanismos de un equipo permite que estos alcancen su vida de diseño y que garanticen permanentemente la disponibilidad del equipo, reduciendo al máximo los costos de lubricación, de mantenimiento y las pérdidas por activo cesante. Es muy importante, por lo tanto que el personal encargado de la lubricación de los equipos y quienes están a cargo de la administración y actualización de los programas de lubricación estén en capacidad de seleccionar correctamente el aceite ó la grasa, partiendo de las recomendaciones del fabricante del equipo, ó si estas no se conocen, calcular el lubricante correcto partiendo de los parámetros de diseño del mecanismo como cargas, velocidades, temperaturas, medio ambiente en el cual trabaja el equipo, etc.

A continuación se expondrán los pasos que se deben seguir para seleccionar correctamente el aceite para un equipo industrial, partiendo de las recomendaciones del fabricante del equipo.

3.5.1. Parámetros que se deben tomar en cuenta en la selección del aceite para una máquina

Siempre que se vaya a seleccionar el aceite para un equipo industrial se debe tener presente que se debe utilizar un aceite de especificación ISO, y que cualquier recomendación que se de, se debe llevar a este sistema. Los siguientes son los pasos que es necesario tener en cuenta para seleccionar el aceite para un equipo industrial:

- Consultar en el catálogo del fabricante del equipo, las recomendaciones del aceite a utilizar.
- Selección del grado ISO del aceite requerido a la temperatura de operación en el equipo.
- Selección del aceite industrial, de la misma marca que los lubricantes que se están utilizando en la empresa y su aplicación en el equipo.

3.5.2. Catálogo del fabricante del equipo

El fabricante del equipo en su catálogo de mantenimiento especifica las características del aceite que se debe utilizar, para que los mecanismos del equipo trabajen sin problema alguno hasta alcanzar su vida de diseño. Es muy importante que el fabricante sea claro al especificar el aceite, de lo contrario, el usuario del equipo se debe poner en contacto con él para que le

aclare las dudas que pueda tener. El fabricante del equipo puede dar las recomendaciones del aceite a utilizar, de la siguiente manera:

- Especificar el nombre y la marca del aceite a utilizar y las equivalencias en otras marcas de lubricantes.
- Dar el grado ISO del aceite y las demás propiedades físico-químicas del aceite, como índice de viscosidad, punto de inflamación, punto de fluidez.
- Dar la viscosidad del aceite en otro sistema de clasificación de la viscosidad como AGMA, SAE.
- Dar la viscosidad del aceite en cualquier sistema de unidades de medida como SSU, SSF, °E, y las demás propiedades físico-químicas del aceite.

En cualquiera de las formas anteriores, como el fabricante puede especificar el aceite a utilizar en un equipo, es muy importante que él especifique la temperatura de operación a la cual va a trabajar dicho aceite en el equipo y la temperatura ambiente para la cual se recomienda utilizarlo, de lo contrario, si el fabricante solo especifica el grado ISO del aceite, es factible que se presenten problemas de desgaste erosivo o adhesivo a corto o a largo plazo en los mecanismos lubricados. De no estar disponible esta información, el usuario se debe contactar con el fabricante del equipo para solucionar el problema.

3.5.3. Selección del grado ISO del lubricante

Toda recomendación de lubricación para un equipo industrial debe estar orientada hacia la selección del grado ISO del aceite en función de la temperatura de operación del aceite en el equipo y de la temperatura ambiente. En este caso es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- Si el fabricante especifica el nombre y la marca de un aceite, estos deben ser comerciales en el país donde vaya a operar el equipo, de no ser así, se debe hallar el aceite equivalente a éste, hasta donde sea posible, de la misma marca que la que se utiliza en la lubricación de los demás equipos de la empresa.

Si no se utilizan lubricantes equivalentes a los recomendados, al cabo del tiempo, se tendrán un buen número de lubricantes que dificultan la correcta lubricación de los equipos y que si se hace un análisis minucioso de ellos se encontrará que muchos de ellos son equivalentes entre sí y que el número final de lubricantes que se pueden utilizar es claramente menor.

- Cuando el fabricante especifica el tipo de aceite a utilizar en un sistema de clasificación diferente al ISO, como el ASTM (hoy en día en desuso), AGMA o SAE, se debe hallar el equivalente entre estos y el ISO. En este caso se debe utilizar una tabla de equivalencia de los diferentes sistemas de clasificación de viscosidad, para obtener su equivalencia.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL REACONDICIONAMIENTO DE MOTORREDUCTORES Y MOTORES ELÉCTRICOS EN UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO

La evolución de las técnicas de mantenimiento ha ido siempre en consonancia con las evoluciones tecnológicas que han permitido incrementar significativamente el aprendizaje acerca del comportamiento degenerativo interno de los equipos, que hace tan solo unos cuantos años era prácticamente desconocido. Cabe destacar la idea de que el mantenimiento tiene como principal función hacer que los sistemas no fallen y que además permanezcan en operación durante el mayor tiempo posible. Los equipos o sistemas, aparte de presentar su lógico envejecimiento por progresivo deterioro de sus cualidades, pueden fallar como consecuencia de otras causas externas, que son las más difíciles de evitar.

A través de los años, han aparecido varias tecnologías de supervisión para evaluar el funcionamiento de los motores eléctricos y motorreductores en la planta, programas (software) específicos para banco de datos para procesar y guardar los datos. Los datos de vibración anteriormente eran tomados con equipos portátiles, mediante dispositivos analógicos y eran registrados manualmente.

Ahora, los datos pueden recolectarse con el uso de recolectores de datos electrónicos, que permiten recolectar y actualizar los datos en un banco de datos de una computadora para más adelante procesarlos y almacenarlos. También, los resultados de los análisis de aceite, los cuales eran recibidos previamente en forma escrita pueden ser enlazados electrónicamente a un banco de datos para procesamiento y almacenamiento. Algunos inclusive permiten la interacción con los bancos de datos de vibración.

Adicionalmente también han sido desarrollados paquetes de software para gerenciamiento de mantenimiento para ayudar en la actividad de seguimiento del mantenimiento. Esta información debe ser lo más rápidamente accesible al personal responsable para tomar las decisiones de mantenimiento en los equipos. En la planta se han desarrollado bancos de datos correlativo y comprensivo que permiten guardar la información completa de los equipos. Estos bancos de datos son capaces de almacenar y guardar la siguiente información de los motores eléctricos y motorreductores:

- Identificación del equipo
- Historia de la instalación
- Historia del funcionamiento
- Historia de la reparación / Costos
- Datos técnicos del equipo
- Datos de pruebas
- Procedimientos de pruebas
- Especificaciones de las reparaciones
- Especificaciones de compra

Una vez los datos sean almacenados en el banco de datos, pueden integrarse para proporcionar información útil. Esto permitirá al usuario determinar rápidamente qué cantidad de motores están requiriendo mantenimiento urgente, como también cuantos existen en stock de repuestos. La habilidad del software de manejar información es solamente una de las ventajas de un banco de datos central.

Otros beneficios son el uso de funciones del reporte y el almacenamiento de información importante y documentos como las especificaciones de la reparación, las especificaciones de compra, y procedimientos de pruebas que pueden ser rápidamente referenciados, con la opción de enviar la información a una impresora. Aunque hay numerosas maneras en las cuales el banco de datos puede ser útil, es importante anotar que la última decisión de mantenimiento descansará con el usuario. La habilidad del usuario de evaluar la información se relacionará directamente con ambos, la cantidad de información disponible y la exactitud de los datos.

En referencia a la base de datos es importante la retroalimentación como también el reacondicionamiento de información, tomando como sostenibilidad en el reacondicionamiento los siguientes aspectos:

- Reunión con Jefe de taller eléctrico
- Monitoreo de guarda motores
- Reporte de mantenimiento
- Auditoria interna

4.1. Modificación de diagramas de flujo de una planta calera

Esta sección proporciona la secuencia de pasos necesarios para la modificación y rectificación de un diagrama de flujo.

Muestra la importancia de dos aspectos claves en este proceso:

- La planificación previa a la modificación requiere la definición clara del objetivo de su desarrollo y el establecimiento, del resultado de dicho proceso.
- El diagrama de flujo debe expresar fielmente el proceso real en estudio.

Los objetivos de dicho proceso buscan definir las reglas básicas a seguir para la modificación y la correcta interpretación de los diagramas de flujo, resaltando las situaciones en que pueden, o deben, ser utilizadas. En nuestro caso que sea una herramienta indispensable en la planificación del mantenimiento y como objetivo primordial que sea una herramienta para el control del reacondicionamiento en la base de datos del sistema de mantenimiento de los motorreductores y motores eléctricos.

Su utilización será beneficiosa para el desarrollo de los proyectos abordados por los equipos o grupos de mejora y por todos aquellos individuos u organismos que estén implicados en la mejora continua de la calidad. Además se recomienda su uso como herramienta dentro de las actividades habituales de gestión.

4.1.1. Preparación de la modificación del diagrama

Paso 1: Establecer quienes deben participar en su modificación.

El número de participantes en la sesión de la modificación de los diagramas de flujo no será superior a 6 para que el grupo sea operativo y eficaz. En el caso que no se cuenta con tanto personal puede ser realizado con los que se cuenta en dicha empresa. El grupo de trabajo, o la persona responsable del estudio identificará los organismos implicados en el proceso, o parte del mismo, que debe ser analizado.

Paso 2: Preparar la logística de la sesión de trabajo.

Con objeto de que el ritmo de la sesión de trabajo sea el adecuado se debe prever:

Dar la información necesaria a los participantes en la reunión sobre el objeto de la misma y sobre este procedimiento.

Preparar material de escritura que permitan tener a la vista continuamente el trabajo desarrollado. En este caso los diagramas de flujo actuales, listado de motores eléctricos, motorreductores y reductores que existen actualmente en la planta calera.

A continuación se describe un ejemplo general de cómo se desarrollan los pasos para la preparación de la modificación de un diagrama de flujo: La empresa calera en el transcurso de los años fue identificando muchos retrasos en el mantenimiento. Un equipo de mejora empezó a investigar y comprobó en primer lugar; que cuando se entregaba las órdenes de trabajo al personal asignado para dicho mantenimiento, el personal revisaba las órdenes donde especifican la ubicación del equipo y luego buscaban la

ubicación en el diagrama de flujo. Por lo general existía retraso respecto a la estimación del tiempo necesario para la realización del mantenimiento, debido a que se perdía tiempo en la búsqueda de la ubicación de los equipos. El equipo hizo un estudio minucioso de los diagramas de flujo para obtener conocimiento sobre lo que realmente ocurría, por lo tanto se centro la atención del equipo en la búsqueda y obtención de herramientas. Posteriormente investigaciones confirmaron que el problema principal era la falta y mala gestión de los diagramas de flujo. Por lo tanto se hizo necesario la modificación de los diagramas.

4.1.2. Desarrollo de la modificación

Paso 3: Definir claramente la modificación del diagrama de flujo y el resultado que se espera obtener de la sesión de trabajo.

En primer lugar, es necesario clarificar el objetivo de la modificación del diagrama de flujo y escribirlo de forma que sea visible para los participantes durante toda la sesión. En este caso se busca modificar y rectificar la ubicación técnica, móvil de los equipos que componen dicha planta y no solamente los equipos en estudio como lo son los motorreductores y motores eléctricos. Esta clarificación permitirá definir el grado de detalle y la reestructuración que se requiere en el diagrama para poder alcanzar dicho objetivo.

Lo primero que se debe hacer es obtener los diagramas de flujo actuales de planta, luego se realiza un estudio minucioso, que consiste en ir al campo y revisar todo el proceso de la producción de cal en el cual se observo que existían alteraciones, con lo cual se conoció la magnitud de la modificación que se tendría que hacer en dichos diagramas.

Paso 4: Obtener el listado completo de los motorreductores y motores eléctricos que tiene dicha planta. Esta se hizo en hoja electrónica de Excel, la cual contenía nombre, ubicación técnica y móvil del equipo. Este paso se desarrolló al realizar la visita a campo y se hizo dividiendo la planta en tres partes:

- Producción Calera Línea 1
- Producción Calera Línea 2
- Paletizadora

Figura 29. Listado de motores eléctricos y motorreductores en Producción Calera Línea 2

PRODUCCIÓN CAL LINEA 2	
MÓVIL	DESCRIPCIÓN
ME3-348	UT MOTOR TORNILLO MEZCLADOR 1
RE0-253	UT REDUCTOR MOTOR TORNILLO MEZCLADOR 2
ME3-349	UT MOTOR TORNILLO MEZCLADOR 2
RE0-254	UT REDUCTOR MOTOR TORNILLO MEZCLADOR 3
ME3-350	UT MOTOR TORNILLO MEZCLADOR 3
MR1-204	UT MOTORREDUCTOR GUSANO DESCARGA DE HID
MR1-212	UT MOTOREDUCTOR DE GUSANO PESADORA C.V.1
	UT MOTOREDUCTOR DE GUSANO PESADORA C.V.1
MR1-213	UT MOTOREDUCTOR GUSANO DESC.GRANEL CV
MR1-205	UT MOTOREDUCTOR ELEVADOR CARGA SEP. 1
MR1-207	UT MOTOREDUCTOR GUSANO SOBRE SEPARADOR 1
MR1-208	UT MOTOREDUCTOR ESCLUSA SEPARADOR 1
ME3-351	UT MOTOR DEL SEPARADOR 1
ME2-869	UT MOTOR VENTILADOR DEL SEPARADOR 1
MR2-139	UT MOTOREDUCTOR ESCLUSA SEPARADOR 2
ME3-352	UT MOTOR SEPARADOR 2
ME2-883	UT MOTOR VENTILADOR SEPARADOR # 2
ME2-870	UT MOTOR VENTILADOR SEPARADOR 2
MR2-143	UT MOTOREDUCTOR GUSANO CAL HIDRATADA A E
ME6-020	UT MOTOR DEL MOLINO
MR1-206	UT MOTOREDUCTOR ELEVADOR DESC. DE MOLINO
MR1-217	UT MOTORREDUCTOR GUSANO DESC. MOLINO
MR1-216	UT MOTORREDUCTOR GUSANO ALIM MOLINO
ME3-353	UT MOTOR VENTILADOR COLECTOR HIDRATADORA
ME3-347	UT MOTOR VENTILADOR SCROOBER
MR2-144	UT MOTOREDUCTOR GUSANO CAL HIDRATADA A E

Paso 5: Frecuencias de modificación de los diagramas de flujo: Se estableció una frecuencia de 15 días para la recopilación de información y para la modificación de dichos diagramas. Se toma 10 días para la obtención de información que era presentada al Jefe de mantenimiento y Planificador de mantenimiento, para darle el visto bueno al finalizar dicho periodo. Luego de ser autorizada la información recopilada en campo, se acude al dibujante de planta en los respectivos 5 días para finalizar dicha modificación en los diagramas de flujo. Esta modificación se realizó en 3 fases:

- Fase 1; que consiste en el área Producción Calera Línea 1 que contaba con 70 motores eléctricos, 19 motorreductores y 15 reductores, esta fase concluyó en un periodo de 2 meses y medio.

PRODUCCIÓN DE CAL LÍNEA 1	
MÓVIL	DESCRIPCIÓN
ME2-242	UT MOTOR VENTILADOR QUEMADOR CALDERA
RE0-034	UT REDUCTOR FAJA TRANSP. DENTRO DEL TUNEL
ME2-232	UT MOTOR FAJA TRANSPORTADORA
ME2-234	UT MOTOR ZARANDA
RE0-035	UT REDUCTOR FAJA DE DESECHOS
ME2-233	UT MOTOR FAJA DE DESECHOS
RE0-036	UT REDUCTOR FAJA ALIMENTACIÓN AL HORNO
ME3-105	UT MOTOR FAJA ALIMENTACION HORNO
ME3-106	UT MOTOR BOMBA HIDRAULICA No. 1
ME3-107	UT MOTOR BOMBA HIDRAULICA No. 2
ME1-035	UT MOTOR VENTILADOR TANQUE HIDRAULICO
MR0-054	UT MOTORREDUCTOR GUSANO DESC. HACIA ELEV
ME2-241	UT MOTOR BOMBA PARA DIESEL No. 3
MR2-032	UT MOTORREDUCTOR GUSANO COLECTOR POLVO
MR2-033	UT MOTORREDUCTOR GUSANO AL HORNO
ME0-098	UT MOTOR VENTILADOR COLECTOR DE POLVO
RE0-038	UT REDUCT FAJA ALIMENTACION TRITURACION
ME0-100	UT MOTOR FAJA ALIMENTACION TRITURADORA
RE3-028	UT REDUCTOR FAJA DESECHOS CAL VIVA
ME2-247	UT MOTOR FAJA DE DESECHOS CAL VIVA
ME3-110	UT MOTOR TRITURADORA DE MARTILLOS
RE0-039	UT REDUCTOR ELEVADOR No. 1 CAL VIVA
ME2-248	UT MOTOR DE ELEVADOR No. 1 CAL VIVA
RE0-040	UT REDUCTOR ELEVADOR No. 2 CAL VIVA
ME2-249	UT MOTOR ELEVADOR No. 2 CAL VIVA
ME0-101	UT MOTOR VENTILADOR COLECTOR S/SIL METAL
MR2-034	UT MOTOREDC GUSANO ALIMENTA HIDRATADORA

- Fase 2; que consiste en el área Producción Calera Línea 2 que contaba con 46 motores eléctricos, 27 motorreductores y 13 reductores, esta fase concluyo en un periodo de 2 meses.

PRODUCCION CAL LINEA 2	
MÓVIL	DESCRIPCIÓN
ME3-351	UT MOTOR DEL SEPARADOR 1
ME2-869	UT MOTOR VENTILADOR DEL SEPARADOR 1
MR2-139	UT MOTOREDUCTOR ESCLUSA SEPARADOR 2
ME3-352	UT MOTOR SEPARADOR 2
ME2-883	UT MOTOR VENTILADOR SEPARADOR # 2
ME2-870	UT MOTOR VENTILADOR SEPARADOR 2
MR2-143	UT MOTOREDUCTOR GUSANO CAL HIDRATADA A E
ME6-020	UT MOTOR DEL MOLINO
MR1-206	UT MOTOREDUCTOR ELEVADOR DESC. DE MOLINO
MR1-217	UT MOTORREDUCTOR GUSANO DESC. MOLINO
MR1-216	UT MOTORREDUCTOR GUSANO ALIM MOLINO
ME3-353	UT MOTOR VENTILADOR COLECTOR HIDRATADORA
ME3-347	UT MOTOR VENTILADOR SCROOBER
MR2-144	UT MOTOREDUCTOR GUSANO CAL HIDRATADA A E
MR3-012	UT MOTOREDUCTOR ELEVADOR ALIMENTA SILO 1
MR3-014	UT MOTOREDUCTOR ELEVADOR ALIMENTA SILO 2
MR3-013	UT MOTOREDUCTOR GUSANO ALIMENTA SILO 1
MR2-145	UT MOTOREDUCTOR GUSANO ALIMENTA SILO 2
ME0-230	UT MOTOR SOPLADOR COMBUSTION 1 VELOCIFI
ME0-231	UT MOTOR SOPLADOR COMBUSTION 2 VELOCIFI
ME0-232	UT MOTOR SOPLADOR COMBUSTION 3 VEL.VARIA
ME0-235	UT MOTOR DEL SOPLADOR DE ENFRIAMIENTO

- Fase 3; que consiste en el área Paletizadora que contaba con 28 motores eléctricos, 33 motorreductores y 6 reductores, esta fase concluyo en un periodo de 1 mes y medio.

SECCIÓN ENVASADO DE CAL LÍNEA 2	
MÓVIL	DESCRIPCIÓN
ME3-334	UT MOTOR ELEVADOR LINEA 2 ENVASADO CAL
RE3-067	UT REDUCTOR ELEVADOR L. 2 ENVASADO CAL
ME2-844	UT MOTOR ALIMENTADOR CRIBA VIBRATORIA
MR2-488	UT MOTORREDUCTOR ESCLUSA CELULAR ENV. 2
ME2-845	UT MOTOR # 1 LLENADO ENSACADORA (ENV.2)
ME2-846	UT MOTOR # 2 LLENADO ENSACADORA (ENV.2)
ME2-847	UT MOTOR # 3 LLENADO ENSACADORA (ENV.2)
ME2-848	UT MOTOR # 4 LLENADO ENSACADORA (ENV.2)
ME2-849	UT MOTOR # 5 LLENADO ENSACADORA (ENV.2)
ME2-850	UT MOTOR # 6 LLENADO ENSACADORA (ENV.2)
ME2-851	UT MOTOR # 7 LLENADO ENSACADORA (ENV.2)
ME2-852	UT MOTOR # 8 LLENADO ENSACADORA (ENV.2)
ME2-853	UT MOTOR # 9 LLENADO ENSACADORA (ENV.2)
ME2-854	UT MOTOR #10 LLENADO ENSACADORA (ENV.2)
MR2-489	UT MOTORREDUCTOR TRANSMISION ENSACADORA
MR1-187	UT MOTORREDUCTOR NORIAMAT ENV. 2 CAL
ME2-855	UT MOTOR BOMBA DE VACIO APLICADOR SACOS
ME2-856	UT MOTOR FAJAS LANZAMIENTO (Lanza sacos)
ME1-151	UT MOTOR RODOS (Lanzador sacos)
MR2-490	UT MOTORREDUCTOR FAJA EVACUADORA SACOS
ME2-857	UT MOTOVENTILADOR LIMPIADOR DE SACOS
MR2-491	UT MOTORREDUCTOR TRANSPORTADOR RODILLOS
MR2-492	UT MOTORREDUCTOR FAJA ESTABILIZADORA
MR2-493	UT MOTORREDUCTOR BASCULA VENTOCHECK
MR2-494	UT MOTORREDUCTOR DESCARTADORA SACOS CAL
MR2-495	UT MOTORREDUCTOR TRAC CRIBA ROTATIVA
ME2-858	UT MOTOR DERECHO TRITURADORA DE SACOS

Paso 6: Revisión completa de los diagramas de flujo.

Comprobar que no se han omitido pasos, y que la modificación se haya realizado a todo los equipos en estudio. En caso de que existan dudas sobre parte de la modificación de los diagramas de flujo, realizar una observación directa o contactar con el Jefe de Mantenimiento para su aclaración.

4.2. Forma de la implementación del reacondicionamiento

Se refiere al reacondicionamiento, como la actualización de datos en el software en este caso en el sistema, que tiene como objetivo mejorar en aspectos importantes dentro del mantenimiento; como lo son información técnica concreta y confiable sobre los equipo, el tiempo de búsqueda de repuestos, mejor control sobre el stock de repuestos.

Con lo que respecta a la información técnica, se tiene que hacer énfasis en que esté al alcance de todo el personal involucrado dentro del mantenimiento. La implementación de este proyecto se desarrollo en base ala actualidad del sistema, y de esta manera plantear el alcance que se desea alcanzar al implementar este reacondicinamiento.

Para la implementación del reacondicionamiento de motorreductores y motores eléctricos en el sistema, se hizo necesaria la creación de una base de datos, un estudio de lubricación y la recopilación de información, estos aspectos se describirán a continuación.

4.2.1. Diseño de manual físico electrónico

Se entiende como manual físico electrónico a una base de datos o banco de datos, es decir; es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso. En este sentido, una biblioteca puede considerarse una base de datos compuesta en su mayoría por documentos y textos impresos en papel e indexados para su consulta.

En la actualidad, y debido al desarrollo tecnológico de campos como la informática y la electrónica, la mayoría de las bases de datos están en formato digital (electrónico), que ofrece un amplio rango de soluciones al problema de almacenar datos.

En este caso la base de datos se clasifica según la variabilidad de la información almacenada como base de datos dinámicos, donde la información almacenada se modifica con el tiempo, permitiendo operaciones como actualización y adición de datos, además de las operaciones fundamentales de consulta. Un ejemplo de esto puede ser la base de datos utilizada en un sistema de información de una tienda de abarrotes, una farmacia, un videoclub, etc. Y en nuestro caso la base de datos técnicos de motorreductores y motores eléctricos.

Con el diseño de estos manuales físicos electrónicos se busca como objetivo primordial el fácil acceso a la información técnica de los equipos en estudio, ya que en el sistema de mantenimiento no todo el personal involucrado en el mantenimiento; están autorizadas para su uso. A continuación se describe los pasos importantes sobre la creación de una base de datos.


Pasos para el diseño de una base de datos:

1. Determinar la finalidad de la base de datos, esto se refiere al uso que se le dará a dicha información en determinada actividad, en nuestro caso la finalidad es que la información sea verídica y que tenga el fácil acceso al personal involucrado en el mantenimiento de los equipos en planta.

- Determinar las tablas, los que se busca con este paso es determinar los formatos a utilizar en la recopilación y almacenaje de la información obtenida, es decir; crear una tabla en donde puede agregar campos, definir el aspecto o la forma de tratar los datos de un campo, y crear una clave principal. Esto se puede observar en la figura 30.

Figura 30 Vista de tabla de recopilación de información de manual físico electrónico

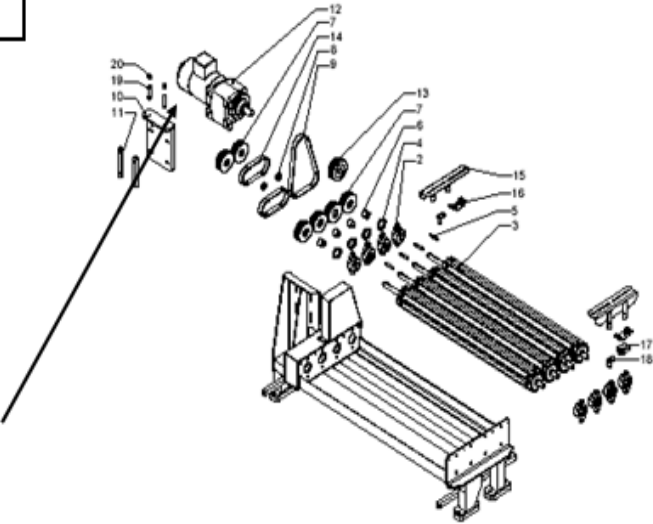
Regresar a Menu



887177D/R

EQUIPO:	
HAC:	
MOVIL:	
DESCRIPCION:	

MOTOR	
Marca	
Tipo	
No.	
Kw	
r/l	
Freno	
Hz	
Volt	
Rid	
nu	
Amp	
IM	
IP	
cos	
Aceite	
ISOL	
Nm	



- Determinar los campos, se refiere a la limitación de la recopilación de cada uno de los tipos de datos que se desean. Por lo tanto, se hace referencia a los campos por su nombre.

En nuestro caso se limita a la recopilación de datos técnicos de los motorreductores y motores eléctricos, los cuales pueden ser marca, modelo, tipo, consumo eléctrico, etc., como se observa en la figura 30.

4. Identificar los campos con valores exclusivos, hace referencia a los valores verídicos que solo podemos obtener en las placas de datos técnicos de los equipos o de los manuales técnicos del mismo. No hay que incluir datos derivados o calculados (sumas, restas, si, no,).
5. Relacionar las tablas, una vez creadas las tablas diferentes para cada tema de la base de datos y que se han identificado los campos, se necesita de una forma de indicarle a Excel cómo debe volver a combinar esa información relacionada de un modo significativo.
6. Precisar el diseño, una vez diseñadas las tablas, los campos y las relaciones que se necesitan, es el momento de estudiar el diseño y detectar los posibles fallos que puedan surgir. Es más sencillo cambiar el diseño de la base de datos en su propia definición, que una vez que se hayan rellenado las tablas con datos.
7. Agregar datos y crear otros objetos de la base de datos, cuando se considere que la estructura de las tablas cumple los objetivos de diseño, es el momento de comenzar a agregar los datos existentes a las tablas.

En la introducción de datos se realiza registro por registro rellenando los campos que hemos preparado. Después iremos a la creación de macros y módulos que son conjuntos de instrucciones que se pueden almacenar para automatizar nuestro manual físico electrónico. Con el objetivo que cuando necesitemos cierta información de un equipo lo podamos obtener de una manera fácil y rápida utilizando esta herramienta de Excel.

4.2.2. Estudio de lubricación en área producción calera

El estudio de lubricación es una relación pormenorizada de todos los equipos que requiere algún tipo de lubricante para su funcionamiento y la recomendación del lubricante más adecuado para el mismo. Llevar a cabo una lubricación organizada es aplicar el lubricante adecuado, en la cantidad precisa, en el lugar necesario y a su debido tiempo. Por ello, es importante que los responsables de mantenimiento:

- Doten de información clara y precisa a las personas relacionadas con el mantenimiento para la ejecución de los planes de engrase.
- Eliminen los fallos de lubricación y costos extras que se generan por la gran proliferación de marcas y tipos de aceite que existen en los almacenes de planta.
- Actualicen los programas de lubricación en su sistema informatizado como una gama más de mantenimiento.

Otros beneficios que se obtienen al realizar el estudio de lubricación son:

- Conocer el lubricante a utilizar en cada equipo
- Optimizar en número de lubricantes a bordo
- Ahorrar costes de lubricación
- Ahorrar costes de mantenimiento
- Simplificación del sistema de abastecimiento

Los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta para llevar a cabo la actualización o elaboración de las cartas de lubricación de los equipos son los siguientes:

- La recolección de la información de lubricación en la planta se debe hacer en compañía del supervisor de mantenimiento y del encargado de lubricar los equipos, que puede ser un mecánico de mantenimiento o el lubricador.
- Se pueden tomar como base las cartas de lubricación ya existentes.
- Se debe colocar en el formato de la carta de lubricación, el nombre de la empresa, el departamento, la planta, la sección y el nombre del equipo con su respectiva ubicación técnica.
- La información de lubricación se debe recopilar o actualizar para cada uno de los mecanismos de los componentes de los equipos. Por ejemplo, si se tiene el caso del equipo molino de bolas, los componentes de este equipo serían; el motor eléctrico, el reductor de velocidad y el molino de bolas.

Los mecanismos serían; para el motor eléctrico tenemos rodamiento lado ventilador y rodamiento lado acople para cada uno de ellos es necesario tomarle los datos de lubricación, debido a que están ubicados en diferentes puntos. Para el reductor de velocidad tenemos los engranajes y rodamientos en este caso es un solo dato debido a que estos mecanismos están alojados en la misma carcasa del reductor de velocidad. Para el molino de bolas se tiene cojinete liso lado exterior y cojinete liso lado acople para cada uno de ellos es necesario tomarle los datos de lubricación, debido a que están ubicados en diferentes puntos.

- Si el equipo tiene más de un componente igual, se deben colocar cada uno de ellos por separado e identificarlos correctamente, por ejemplo, si el molino de bolas tuviese dos reductores de velocidad, que trabajan en serie o tándem (uno detrás del otro), se podrían identificar como: reductor de velocidad salida motor eléctrico y el otro como reductor de velocidad transmisión molino de bolas. El procedimiento para los componentes y mecanismos de estos dos reductores de velocidad es el mismo que se describió anteriormente. En la carta de lubricación deben estar incluidos aquellos mecanismos cuya lubricación sea sellada o sea que vienen con lubricación de por vida, como en el caso de la mayoría de los rodamientos de los motores eléctricos.

- Se deben consultar los catálogos de mantenimiento y operación de los fabricantes de los equipos con el fin de verificar si el tipo de lubricante que él especifica si corresponde al que se está utilizando, de lo contrario es necesario cambiarlo por el que él recomienda.

- Los datos que están contemplados en el formato donde se recopila la información de las cartas de lubricación se describen a continuación y se llenan de la siguiente manera como se observa en la figura 31.
 - Área
 - Ubicación técnica
 - Nombre del equipo
 - Lubricante: se coloca el que están utilizando en la actualidad. Nombre del aceite o de la grasa.
 - Tipo: se especifica si el lubricante es mineral o sintético.
 - Cantidad: se especifica la cantidad de aceite, en galones o de grasa, en bombazos, que lleva el mecanismo que se está lubricando.
 - Unidad: se especifica, en el caso de aceite, en galones o litros y en el de la grasa, kilos, libras o gramos.
 - Método de lubricación: se especifica si la lubricación se hace con el equipo rotativo en marcha o parado.
 - Frecuencia: se especifica la frecuencia con la cual se debe lubricar el mecanismo; se especifica en semanas o en meses.

Figura 31. Formato de carta de lubricación de los equipos

ESTUDIO DE LUBRICACIÓN PARA LÍNEA 2 DE CAL						
Area	Denominación de objeto técnico	Componente	Descripción	Puntos Cambio	Frecuencia	UM
Linea2 Calera	Soplador de combustión velocidad variable	Soplador	Mineral o Sintetico 220	1	6 meses	GAL
Linea2 Calera	Soplador de combustión velocidad variable	Soplador	Mineral o Sintetico 220	1	6 meses	GAL
Linea2 Calera	Soplador de combustión velocidad fija	Soplador	Mineral o Sintetico 220	1	6 meses	GAL
Linea2 Calera	Soplador de combustión velocidad fija	Soplador	Mineral o Sintetico 220	1	6 meses	GAL
Linea2 Calera	Soplador de enfriamiento de lanzas velocidad fija	Soplador	Mineral o Sintetico 220	1	6 meses	GAL
Linea2 Calera	Trituradora de martillos para cal viva	Chumacera	Acete CLP 220	2	4 meses	GAL
Linea2 Calera	Trituradora de martillos para cal viva	Laberinto	Grasa K 3 K	6	2 semanal	BOMB
Linea2 Calera	Trituradora de martillos para cal viva	Sello de eje	Grasa K 3 K	2		grs.
Linea2 Calera	Trituradora de martillos para cal viva	Cojinete cilindros	Grasa K 3 K	8	2 42 semanas	BOMB
Linea2 Calera	Trituradora de martillos para cal viva	Goznes apertura	Grasa K 3 K	4	2 43 meses	BOMB
Linea2 Calera	Trituradora de martillos para cal viva	Unidad hidráulica	Hidraulico HLP46	1	3 años	GAL
Linea2 Calera	Banda de alimentación caliza a hormo 2	Reductor	ISO 320	1	6 meses	GAL
Linea2 Calera	Banda de alimentación caliza a hormo 2	Chumaceras	NLGI grado 2	10	6 meses	lbs.
Linea2 Calera	Banda de descarga cal viva hormo 2	Reductor	ISO 320	1	6 meses	GAL
Linea2 Calera	Banda de descarga cal viva hormo 2	Chumaceras	NLGI grado 2	4	6 meses	lbs.
Linea2 Calera	Gusano transportador descarga filtro hormo 2	Chumaceras	302 KH2/3R o K2K	2	2 años	grs.
Linea2 Calera	Gusano transportador descarga filtro hormo 2	Reductor	CLP PG ISO VG 220	1		GAL
Linea2 Calera	Esclusa de rueda celular descarga filtro hormo 2	Reductor	CLP PG ISO VG 220	1		GAL
Linea2 Calera	Elevador #2 para transporte de cal viva	Chumaceras cabeza	Grasa K2K-20	2	trimestral	lbs.
Linea2 Calera	Elevador #2 para transporte de cal viva	Reductor	MIN VG 220	1	3 años	GAL
Linea2 Calera	Elevador #1 para transporte de cal viva	Chumaceras cabeza	Grasa K2K-20	2	trimestral	lbs.
Linea2 Calera	Elevador #1 para transporte de cal viva	Reductor	MIN VG 220	1	3 años	GAL
Linea2 Calera	ESCLUSA DOSIFICADORA DE CARBON #1	COJINETES	GRASA DIN KP2K-20	2	1 MES	BOMB
Linea2 Calera	ESCLUSA DOSIFICADORA DE CARBON #1	Reductor	CLP HC 220	1	2 AÑOS	GAL
Linea2 Calera	ESCLUSA DOSIFICADORA DE CARBON #2	COJINETES	GRASA DIN KP2K-20	2	1 MES	BOMB
Linea2 Calera	ESCLUSA DOSIFICADORA DE CARBON #2	Reductor	CLP HC 220	1	2 AÑOS	GAL

4.2.2. Recopilación de datos técnicos de los equipos en el campo

Esta herramienta es de mucha importancia para el seguimiento del reacondicionamiento de datos técnicos en el sistema. La recopilación de información se realizó en campo; es decir, la información se obtuvo al tomar datos a placas técnicas de los equipos en el área de proceso. También se obtuvo información en manuales del fabricante, cuando no se contaba con la suficiente información obtenida en campo. A la vez se recopiló información dada por el personal operativo en base a la experiencia que se ha obtenido con el tiempo. Esta información se almacena en fichas de excel impresas como se puede observar su formato en la figura 32. Estas fichas están compuestas por un recuadro que identifica la ubicación técnica, móvil del equipo y por último la descripción del equipo, es decir; el nombre con el cual se identifica dichos equipos.

Luego aparece un recuadro con los siguientes datos a recopilar; en el caso de un motor eléctrico tenemos: marca, tipo, No. de serie, consumo en Kw, revoluciones por minuto ($r/1$), freno, frecuencia en nuestro caso se toma la frecuencia utilizada en Guatemala es de 60 Hz, voltaje, Rid que no es más que la relación revoluciones por minuto de entrada y salida de engranajes en el caso de que el equipo sea un motorreductor, número que indica las revoluciones por minuto de salida del motorreductor, amperaje, IM que identifica el tipo de montaje del equipo, IP el tipo de protección del equipo, tipo de servicio, Nm que indica el torque en Newton metros.

En el caso de que sea un reductor se tiene otro recuadro con los datos a recopilar los cuales son: marca, tipo, número de serie, IN revoluciones por minuto entrada, OUT revoluciones por minuto salida, torque, ratio que indica la relación de engranajes, temperatura de trabajo, lubricante , posición de montaje del equipo y por último su servicio.

Figura 32. Fichas de recopilación de datos técnicos de equipos

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="background-color: yellow;">EQUIPO:</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: yellow;">UBICACIÓN TECNICA</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: yellow;">EQUIPO:</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: yellow;">DESCRIPCION:</td><td></td></tr> </table>	EQUIPO:		UBICACIÓN TECNICA		EQUIPO:		DESCRIPCION:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="background-color: yellow;">UBICACIÓN TECNICA</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: yellow;">MOVIL:</td><td></td></tr> </table>	UBICACIÓN TECNICA		MOVIL:																																																									
EQUIPO:																																																																					
UBICACIÓN TECNICA																																																																					
EQUIPO:																																																																					
DESCRIPCION:																																																																					
UBICACIÓN TECNICA																																																																					
MOVIL:																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="background-color: #cccccc;">MOTOR</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Marca</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Tipo</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">No.</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Kw</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">r/1</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Hp</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Hz</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Volt</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Rid</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">nu</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Amp</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">IM</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">IP</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">cos</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Servicio</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">NEMA</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">CODE</td><td></td></tr> </table>	MOTOR		Marca		Tipo		No.		Kw		r/1		Hp		Hz		Volt		Rid		nu		Amp		IM		IP		cos		Servicio		NEMA		CODE		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="background-color: #cccccc;">REDUCTOR</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Marca</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Tipo</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">No.</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">IN</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">OUT</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Torque</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Ratio</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Temp.</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Aceite</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Position</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">Servicio</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">KW a 1400 rpm</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">ENERGOI GR XP</td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;"></td><td></td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;"></td><td></td></tr> </table>	REDUCTOR		Marca		Tipo		No.		IN		OUT		Torque		Ratio		Temp.		Aceite		Position		Servicio		KW a 1400 rpm		ENERGOI GR XP					
MOTOR																																																																					
Marca																																																																					
Tipo																																																																					
No.																																																																					
Kw																																																																					
r/1																																																																					
Hp																																																																					
Hz																																																																					
Volt																																																																					
Rid																																																																					
nu																																																																					
Amp																																																																					
IM																																																																					
IP																																																																					
cos																																																																					
Servicio																																																																					
NEMA																																																																					
CODE																																																																					
REDUCTOR																																																																					
Marca																																																																					
Tipo																																																																					
No.																																																																					
IN																																																																					
OUT																																																																					
Torque																																																																					
Ratio																																																																					
Temp.																																																																					
Aceite																																																																					
Position																																																																					
Servicio																																																																					
KW a 1400 rpm																																																																					
ENERGOI GR XP																																																																					

Luego de la recopilación de información ya sea de campo o de manuales técnicos del equipo, se procede al almacenaje en fichas de excel de los manuales físicos utilizando la herramienta de excel que es utilizada para la creación de base de datos, por lo cual es de mucha ayuda ya que nos permite obtener la información de una ficha de un equipo, de una manera rápida como se observa en la vistas a continuación figura 33 y 34.

MOTORES ELECTRICOS PRODUCCION CALERA LINEA 2

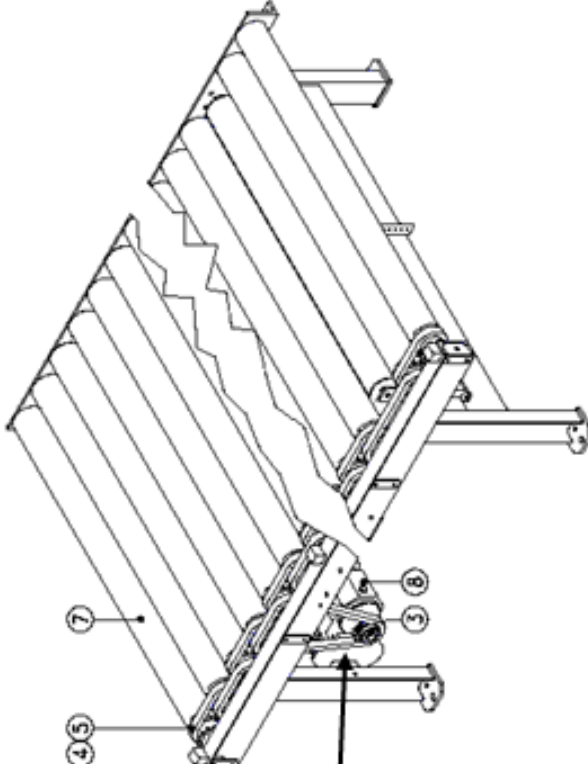
Figura 33. Vista del manual físico de motores eléctricos

EQUIPO: ESCLUSA ROTATIVA SEPARADOR 2 MOVIL: MR2-139 DESCRIPCION: MOTOREDC ESCLSA SEPARADOR 2	EQUIPO: ELEVADOR DE CANGILONES MOVIL: MR1-205 DESCRIPCION: MOTOREDC ELEVADOR CARGA SEP. 1
EQUIPO: VIBRADOR CARGA A HORNO 2 MOVIL: ME0-257 DESCRIPCION: MOTOR 2 VIBRADOR CARGA A HORNO 2	EQUIPO: MOLINO DE BOLAS LINEA 2 MOVIL: ME6-020 DESCRIPCION: MOTOR DEL MOLINO
EQUIPO: FAJA ALIMENTA PESADORA HORNO 2 MOVIL: ME0-227 DESCRIPCION: MOTOR FAJA ALIMENTA PESADORA HOR 2	EQUIPO: SEPARADOR DE IMPUREZAS DE CAL MOVIL: ME3-351 DESCRIPCION: MOTOR DEL SEPARADOR 1
EQUIPO: BOMBA HIDRAULICA No.1 MOVIL: ME0-228 DESCRIPCION: MOTOR BOMBA HIDRAULICA No.1	EQUIPO: VENTILADOR CICLON 1 HORNO 2 MOVIL: ME5-031 DESCRIPCION: MOTOR VENTILADOR CICLON 1
EQUIPO: GUSANO TRANSPORTADOR DE CAL HIDRATADA MOVIL: MR2-144 DESCRIPCION: MOTORED GUSANO CAL HIDRATADA A E	EQUIPO: VENTILADOR DEL SEPARADOR DE CAL DE CAL MOVIL: ME2-869 DESCRIPCION: MOTOR VENTILADOR DEL SEPARADOR 1

Figura 34. Vista de ficha electronica del manual físico de motores eléctricos

Regresar a Menu

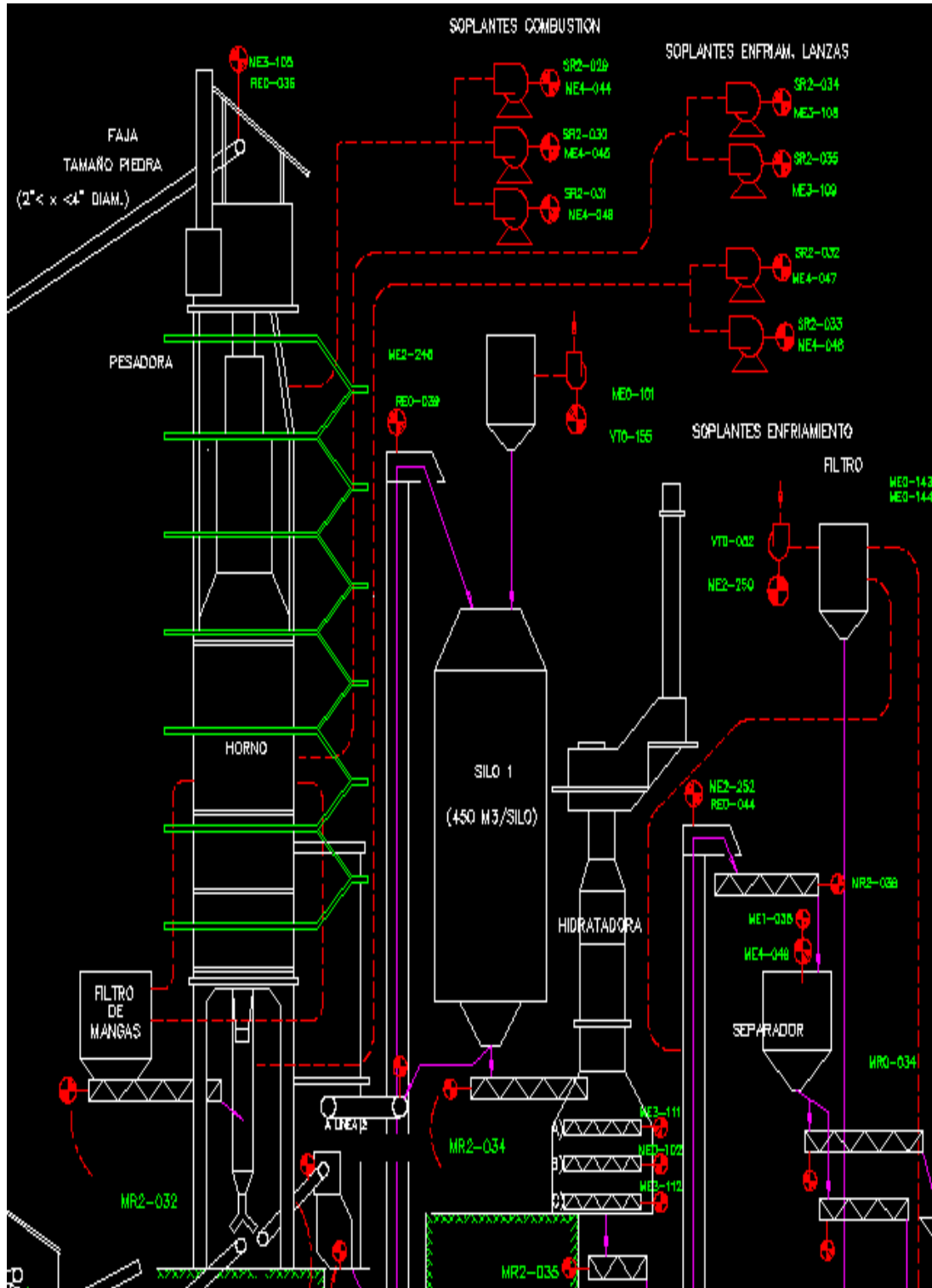
EQUIPO:	MESA DE RODILLOS TRASPORTADOR DE SACOS
MOVIL:	MR1-198
DESCRIPCION:	MOTORREDUCTOR VIA DE RODILLOS



MOTOR	
Marca	SEW-ERODRIVE
Tipo	R37DT80KA/BM6
No.	01.3376976507.0001.01
Kw	0.55/S1
r/1	1660/58.0
Freno	
Hz	60
Volt	266/460 D/Y
Rid	28.73
nu	57.77
Amp	2.65/1.52
IM	M5
IP	55
cos	0.72
Aceite	AGMA 5 EP ISO VG 220
ISOL	1
Nm	91

Para el control de la recopilación de información se hizo necesario el uso de los diagrama de flujo; este lo podemos observar en la figura 35, que se utilizo para la ubicación de los equipos dentro de planta y de esta manera tener un mejor control sobre que equipos fueron tomado los datos técnico y quienes no; para que ninguno de los equipos quede fuera de la implementación. Una vez desarrollado una base de datos, un estudio de lubricación, recopilación de información y almacenaje en los manuales físicos electrónicos; se procede a la implementación en el sistema que es desarrollado por el planificador de producción calera.

Figura 35. Diagrama de flujo Producción calera línea 2



4.3. Sostenibilidad del reacondicionamiento

Para que un sistema sea sostenible, se tiene que identificar los puntos críticos, o de mayor importancia para la mejora continua del mismo. Para que un proyecto funcione, deben de existir una serie de controles que constantemente estén al tanto de los avances o retrocesos en el proyecto; estos controles tendrán el objetivo de auditar el proyecto, para asegurar su continuidad de aplicación a un largo plazo, así como las mejoras futuras.

Estos controles comprenden tres etapas: reuniones, reportes y auditorias, los encargados de establecer un plan de acción, para realizar mejoras o modificaciones durante el desarrollo del proyecto, serán las personas que formen parte del comité de sostenibilidad.

Para la sostenibilidad del proyecto, se formará un comité, que tendrá a su cargo la continuidad del proyecto durante su implantación y desarrollo, así como también mejoras futuras que sean necesarias; la sostenibilidad del proyecto estará a cargo del comité con el mismo nombre, y los responsables serán: Jefe de envasado y despacho, jefe de mantenimiento, jefe de taller eléctrico, planificador, asistente administrativo, supervisor mecánico, supervisor de envasado y despacho (turno).

4.3.1. Reuniones

La sostenibilidad de un proyecto sin importar cual sea su clase, depende mucho de reuniones, y en este caso serán de mucha importancia; se han establecido varios tipos de reuniones, con el objetivo de llevar un seguimiento de cada una de las actividades del proyecto a intervalos relativamente cortos.

Una reunión debe cumplir con ciertas características específicas, las cuales deben cumplirse para que se obtengan resultados satisfactorios; se debe asignar un lugar y una hora específica, la persona encargada de dirigir la reunión debe llevar una agenda con los temas principales a discutir, debe llevar una bitácora de compromisos y debe fungir como un moderador. Una reunión debe cumplir con los elementos críticos de una reunión, los cuales son:

- Puntualidad, lo que significa iniciar y terminar a tiempo.
- Disciplina, lo que significa que el moderador maneje la reunión sin permitir salirse del tema u objetivo principal.

Para que las reuniones se puedan realizar, se debe contar con el tiempo disponible y necesario, y con un local reservado con anticipación para poderla realizar. Todos estos factores se deben tomar muy en cuenta, cuando se inicien las reuniones para el seguimiento de las distintas fases del proyecto de reacondicionamiento de datos.

4.3.1.1. Reuniones semanales de evaluación

En la reunión semanal deberán participar, el jefe de envasado y despacho, el jefe de mantenimiento, el planificador, el supervisor mecánico, y el supervisor de envasado y despacho que se encuentre de turno, ésta reunión será conveniente que se realice los días martes de cada semana, ya que los días lunes se cierran las ordenes de trabajo de la semana anterior y se obtienen los indicadores de mantenimiento, de esta forma se podrá aprovechar la información de los indicadores de mantenimiento para conocer cual fue el desempeño de la maquinaria durante la semana.

Con ello sabremos si algún equipo sufrió alguna modificación o no, relacionado con el cambio de un motor eléctrico o un motorreductor. En ésta reunión, también se revisará la programación de la semana posterior a la actual, y se definirá la distribución del personal para las actividades que resulten, aquí se presentara un resumen elaborado por el planificador, de lo que ha ocurrido durante la semana, para tomar medidas en las siguientes semanas.

4.3.1.2. Reuniones mensuales de indicadores

El objetivo principal de esta reunión será, conocer como se esta trabajando el reacondicionamiento, o para recabar información de los ya efectuados, de esta manera seguir con la actualización de la información en el sistema de mantenimiento. En la reunión mensual deberán participar, los mismos que participan en la reunión semanal, y se realizará el primer martes de cada mes, en esta reunión se revisaran graficas de disponibilidad, rendimiento y TRT, de envasadora calera, así como la TRT general de producción calera. Cumpliendo el plan de mantenimiento, y graficas de las principales causas por las que la maquinaria estuvo indispuesta para producir.

4.3.1.3. Seguimiento a intervalos cortos (SIC)

Es una herramienta que sirve para controlar regularmente un proceso o actividad. Detecta cualquier irregularidad para decidir que acción habrá que tomar para controlar el proceso o actividad. El seguimiento a intervalos cortos será de gran ayuda, ya que permitirá tener un seguimiento muy de cerca, a través de cada una de las reuniones establecidas, de cada una de las actividades que se realizaran en el reacondicionamiento de datos, y así actualizar la información en un tiempo relativamente corto y decidir que acción tomar para encausar nuevamente el proceso.

Tanto la administración, como la ejecución de las distintas actividades de mantenimiento, requieren de un seguimiento o supervisión de cada una de las actividades para asegurar el funcionamiento correcto. Para asegurar la correcta supervisión de todas las actividades de mantenimiento, se determino que la parte administrativa del mantenimiento quede a cargo del planificador, y la parte de ejecución del mantenimiento a cargo del jefe de mantenimiento, y que tanto la parte administrativa como la de ejecución sean asesoradas por el jefe de producción calera.

4.3.2. Reportes

Cada una de las reuniones, que se han descrito con anterioridad, deberá ser respaldadas con documentos o reportes, para visualizar de una mejor manera el desarrollo de las actividades que se ejecutan en el área de envasado y despacho; entre estos reportes se pueden mencionar:

- Reporte de costo de materiales y repuestos
- Reporte de costo de mantenimiento
- Reporte diario

4.3.2.1. Reporte de costo de materiales y repuestos

Uno de los temas de mayor importancia para cualquier empresa es el costo, y en este caso no es la excepción. El tema que más influye, para que una empresa sea de clase mundial, es el aprovechamiento de sus recursos, tanto humano, como tecnológico; una empresa puede ser muy productiva, pero si tiene gastos excesivos en la reparación de los equipos, la calidad de producción se ve opacada por los costos de mantenimiento de la maquinaria.

Un reporte de costos de materiales y repuestos, no es más que la tabulación del desembolso o gastos que se han llevado a cabo en repuestos y materiales, durante las actividades de mantenimiento, en un rango de tiempo determinado; este reporte debe ser realizado por el planificador, para poder tratarlo en las reuniones mensuales, y así conocer la desviación en base al presupuesto existente, y tomar una acción dependiendo el caso.

Este reporte puede ser una gráfica, que debe ser comparada con los costos autorizados por la gerencia de abastecimiento, en el presupuesto anual asignado al área de envasado y despacho.

4.3.2.2. Reporte de costo de mantenimiento

A diferencia del reporte de costo de materiales y repuestos, este reporte debe indicar, cuanto es lo que se ha gastado en materiales, mano de obra, tanto ordinaria, como extraordinaria; mano de obra subcontratada, alquileres de equipos, y todos aquellos gastos varios que de alguna forma sirvieron para llevar a cabo el mantenimiento en la maquinaria del área; estos costos también deben ser comparados con los costos autorizados por la gerencia de abastecimiento en el presupuesto anual, y deben ser tratados por el jefe del área donde se justifique el porque de los gastos.

4.3.2.3. Reporte diario

Tomando en cuenta que en las reuniones diarias, es un lugar donde se agrupan todos los involucrados en el proceso de envasado y despacho, y es allí donde se pueden dar recomendaciones y observaciones de los distintos trabajos que se han realizado o realizaran, se hace necesario la elaboración de un reporte diario de los avances de las tareas que se han asignado a cada uno de los involucrados, en donde ellos exponen sus avances u obstáculos que han tenido.

Este reporte cobra mayor importancia, cuando se esta llevando a cabo un mantenimiento mayor o paro mayor programado, pues es aquí donde todos los involucrados en el mantenimiento, presentan los avances o retrasos de las tareas que se les han asignado, y los obstáculos que se les están presentando.

4.3.3. Auditoría

Cada seis meses el comité de sostenibilidad organizará una auditoría interna, la que servirá de partida para generación de acciones preventivas o correctivas, o concentración de esfuerzos en donde sea necesario mas apoyo.

La auditoría se enfocará principalmente en el cumplimiento de los distintos factores establecidos, que se reflejan principalmente en disponibilidad de los equipos y el rendimiento de los mismos, así como también la correcta utilización de las distintas herramientas que se requieren en el reacondicionamiento de datos, y así poder obtener datos reales de la condición de operación de la maquinaria.

CONCLUSIONES

1. Con el estudio inicial sobre la actualidad del procesamiento de información en el sistema, se encontró que la información no estaba actualizada, ni era verídica. Por lo que se hizo necesario la implementación del reacondicionamiento del mismo.
2. Conforme se fue elaborando e implementando el reacondicionamiento; fue surgiendo nueva información que era indispensable para que este proyecto se desarrollara de una manera eficiente. Es decir, que no siempre se debe limitar el tipo de información para elaborar un proyecto.
3. El incremento en el grado de automatización implica que ahora tenemos muchos más activos que mantener en una empresa, por lo que surge la necesidad de tener personal capacitado para el estudio de lubricación, para que no tengamos problemas al ejecutar el mantenimiento programado.

4. El procedimiento de elaboración del reacondicionamiento, va desde el manejo del sistema, como también la creación de manuales técnicos de datos de los equipos. Para que este proyecto se desarrolle y se continúe implementando es necesario una auditoría constante.

5. La vida útil de un equipo mecánico depende de una adecuada lubricación y para cada uno de ellos existe un lubricante específico. Por lo tanto, para obtener dichos aspectos es necesario elaborar un estudio de lubricación.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar con frecuencia la actualidad del procesamiento de la información en el sistema o software de mantenimiento mecánico.
2. Mejorar la comunicación entre taller eléctrico y mecánico con respecto a la información sobre los motores eléctricos.
3. Capacitar al personal sobre la gestión de activos para un mejor manejo de los mismos en la empresa.
4. Capacitar e instruir al personal involucrado en el mantenimiento mecánico sobre los lubricantes industriales utilizados en planta.

BIBLIOGRAFÍA

1. Avallone Eugene A. y Baumeister III Theodore. **Manual del ingeniero mecánico**. 9ª ed. (volumen 1) México: Editorial McGraw-Hill, 1999. 9-203pp.
2. Cementos Progreso. (Proceso de fabricación del cemento <http://www.cementosprogreso.com>)
3. Porras Solórzano, Emilio José. Diseño de un programa de monitoreo de condición para el área de envasado y despacho de la industria cementera de Guatemala, Cementos Progreso S.A., Sanarate. Trabajo de graduación Ing. Mecánico Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2002. 1-115pp.
4. ALBARRACIN, Pedro. Lubricación industrial y automotriz. Editorial Omega. WITTEFF, Harold A. REUBEN, Bryan G. Productos químicos orgánicos Industriales. Volumen II. Editorial Limusa.
5. Rosaler Robert C. **Manual del ingeniero de planta**. 2ª ed. (volumen 1) México: Editorial McGraw-Hill, 1997. 7-155pp.