CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno del Instructor
Módulo 2: “Mantención de Sistemas de Transmisión”
PFMME-4-01/V.1-[PE01-M02/v.1]

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH FUNDACIÓN CHILE

Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Director de Proyectos
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. Está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE. © Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; FreeportMcMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.
Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.

Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

Para las instituciones educacionales:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.

Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

Índice

Descripción del documento 7
Módulo II: Mantenimiento de Sistemas de Transmisión 9
1. Características de los sistemas de transmisión.....9
1.1 Códigos en correas, poleas, sprocket y cadenas..... 9
1.2 Tipos de acoplamientos rígidos y flexibles..... 14
1.3 Ejes y chavetas..... 23
1.4 Sistemas de transmisión de potencia..... 25
Actividad N° 5.....29
2. Evaluación de Sistema de Transmisión.....32
2.1 Instrumentos de medición 32
2.2 Medidores de temperatura 33
2.3 Medidores de vibración 34
2.4 Medidores de ultrasonido..... 37
2.5 Tintas penetrantes 38
2.6 Partículas Magnéticas..... 40
2.7 Uso de tensiómetro 42
2.8 Alineador laser de poleas..... 45
Actividad N° 6.....49
3. Reparación de componentes del sistema de transmisión.....52
3.1 Desarme de sistemas y componentes de transmisiones de equipos fijos 52
3.2 Planos mecánicos de transmisiones 60
3.3 Desgastes en transmisiones 63
3.4 Precarga de engranajes..... 67
3.5 Juego entre dientes..... 70
3.6 Torque admisible de acuerdo a tablas de fabricantes..... 70
Actividad N° 7.....*74*
4. Pruebas y Ajustes del Sistema de Transmisión.....77
4.1 Lubricación de transmisiones de equipos fijos..... 77
4.2 Verificación instrumental de temperatura y presión 83
4.3 Alineamiento por reloj comparador y alineamiento laser..... 84
Actividad N° 8.....90

Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de **Mantenedor Mecánico Especialista Equipos Fijos.**

El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.

El instructor, podrá, además, sugerir actividades como las que se listan a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los requerimientos de la actividad.

Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido o posibilitar el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto a las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos

La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento de evaluación de proceso".

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10.La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas buenas.

La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75%.

Módulo II: Mantenimiento de Sistemas de Transmisión

1. Características de los sistemas de transmisión

Introducción

Transmisión mecánica, es un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. Son parte fundamental de los elementos u órganos de una máquina, muchas veces clasificados como uno de los dos subgrupos fundamentales de estos elementos de transmisión y elementos de sujeción.

En la gran mayoría de los casos, estas transmisiones se realizan a través de elementos rotantes, ya que la transmisión de energía por rotación ocupa mucho menos espacio que aquella por traslación.

Una transmisión mecánica es una forma de intercambiar mecánica distinta a las transmisiones neumáticas o hidráulicas, ya que para ejercer su función emplea el movimiento de cuerpos sólidos, como lo son los engranajes y las correas de transmisión.

Típicamente, la transmisión cambia la velocidad de rotación de un eje de entrada, lo que resulta en una velocidad de salida diferente

1.1 Códigos en correas, poleas, sprocket y cadenas

Códigos Correas en V

Las correas en V no se fabrican bajo niveles de tolerancia tan estrictos como es el caso de los engranajes o cadenas de rodillos. Independientemente de quien fabrica la correa, las dimensiones son iguales. Las correas en V se hacen de acuerdo a los estándares de la industria en lo que se refiere a los tamaños y ángulos de la sección para permitir así el uso de las correas de distintos fabricantes en la misma polea. El tamaño puede estar indicado por un código moldeado en la correa, un código del fabricante estampado en la correa, o por un número de catálogo adjunto a la correa.

El código es la combinación de letras y números, por ejemplo 5V300. El mismo indica el tipo de correa y su longitud nominal. Para interpretar un código, consulte las especificaciones del fabricante. Algunas veces usted necesita sustituir una correa por otra de un tipo diferente. El dibujo muestra cómo se pueden sustituir algunas correas en V.

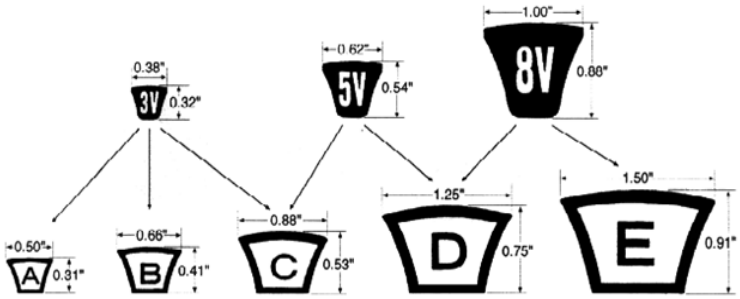


Figura 1

Sección transversal de correas en V comunes

Correas en V convencionales

Se conocen también como correas estándares. Sus paredes laterales pueden ser rectas o cóncavas. Las longitudes se miden alrededor del interior en pulgadas. Existen cinco tipos de secciones transversales: **A, B, C, D y E**. Ver el dibujo 7.

Correas en V de alta capacidad

Las correas en V de alta capacidad se llaman también correas en V acuñadas, de alto torque o estrechas. Las tres medidas se designan como **3V, 5V y 8V**, lo que significa que ellas tienen un ancho de superficie de **3/8", 5/8" y 8/8".**

Se encuentran disponibles en distintas longitudes y con marcas en las paredes laterales. Ellas pueden transmitir hasta tres veces el caballaje de las correas estándares en V en el mismo espacio de transmisión. Esto se debe al diseño de la garganta de la polea y al aumento del área de contacto.

Los códigos de estas correas se leen a lo largo de la línea de paso:
Ejemplo: **3V250** indica:
Ancho de **3/8**" y longitud de la línea de paso de **25"**

8V500 indica:
8/8" = 1" ancho y **50"** longitud de la línea de paso

Correas en V para trabajos ligeros (2L, 3L, 4L 5L)

Las correas para trabajo ligeros también se conocen como correas de caballo de fuerza fraccional (FHP). Sus secciones transversales son iguales a las de las correas convencionales, pero con codificación **2L, 3L, 4L y 5L.** Estos códigos indican incrementos de **1/8"** en el ancho. Por ejemplo: **3L = 3/8".**

Correas Poli V

Las correas Poli V también se conocen como correas de nervaduras múltiples o correas V de nervaduras. A diferencia de las correas en V articuladas en grupo, las correas poli V tienen un miembro motriz o línea primitiva localizado sobre las poleas. Son correas sin fin y la nervadura está espaciada a **3/32", 3/16" y 3/8".**

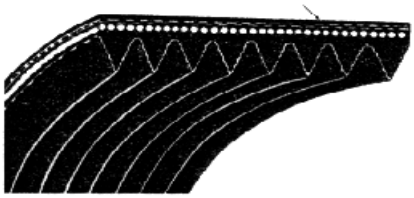


Figura 2

Correas Poli V (Acanaladas)

Durante su operación, las transmisiones por correas poli V:

- Operan a altas relaciones en ejes cortos
- Retienen el contacto entre las poleas y las correas bajo condiciones extremas de desalineación y tensión
- Reducen el grosor de la correa para permitir un menor diámetro de la polea
- Tienen baja vibración

Código ANSI para cadena de rodillos

Los números de código ANSI tienen dos partes. El dígito de la derecha especifica el tipo de cadena:

- 0 = usual, o proporción normal
- 1 = cadena liviana
- 5 = cadena de buje con rodillo falso (no giratorios).

El dígito de la izquierda (o los dos últimos dígitos a la izquierda en un código de tres dígitos) se llama número de paso. Este especifica el número en el paso en 1/8 de pulgada:

- **35 cadena = 3/8**" paso; rodillo falso
- **41 cadena** = **4/8**" **o 1/2**" paso; liviana
- **100 cadena** = **10/8**" o **1 1/4**" paso; normal

Si la letra H sigue al número de cadena, esto indica que es una cadena de serie pesada.

- **50-H = 5/8" paso; serie pesada**

Si el número con guion sigue al número de cadena, esto especifica el número trenzas. Si no hay números con guion, la cadena tiene sólo una trenza.

- **100-2H = 1 1/4" paso; normal; 2- trenzas, serie pesada**

Código de cadena de rodillos ISO Tipo A

En un número de código ISO para cadenas de rodillos, el tamaño se indica mediante los dos números que siempre aparecen en el código. Refiérase a un catálogo para las especificaciones de tamaño. Nótese que el número de paso ISO Tipo A siempre es el doble que el número ANSI correspondiente. Por ejemplo, el código 35 ANSI tiene un número de paso 3 y el número de paso correspondiente ISO Tipo A es 6. La tabla muestra algunos equivalentes de códigos ANSI e ISO.

Códigos ANSI e ISO Tipo A para cadena de una trenza

ANSI		ISO Tipo A	
Paso	**Código**	**Paso**	**Código**
3/8	35	9,55 mm	06C – 1
1/2	40	12,70 mm	08ª – 1
1	80	25,40 mm	16A – 1

Tabla 1

El estilo de construcción se indica en código ISO mediante la letra C o A:

- C = construcción con rodillos falsos
- A = construcción estándar

Ruedas dentadas (Sprocket)

Tipos de ruedas dentadas

Las ruedas dentadas se clasifican en cuatro grupos: **Tipos A, B, C y D,** basándose en la configuración de la maza. Ver Dibujo Dependiendo de su uso, los cuatro tipos pueden ser fabricados de hierro y acero fundido, plancha de acero, fibra de carbono o plástico.

- **Ruedas dentadas Tipo A,** también conocidas como ruedas de disco, se diseñan sin mazas. Se montan en los cubos (mazas) existentes ya sea remachándolas o fresando y soldándolas. Estas ruedas dentadas pueden ajustarse a cualquier largo o forma del cubo (maza).

- **Las ruedas dentadas Tipo B** tienen proyecciones de cubo (maza) en sólo un lado. Pueden usarse con cadenas de trenza simple o múltiple.

- **Ruedas dentadas tipo C.** (Nota en algunos catálogos los sprocket tipo A con dos proyecciones pegadas son listados como de tipo C)

- **Las ruedas dentadas Tipo D** se consideran desmontables. Pueden tener las siguientes características:
    - Pueden ser divididas por mitad
    - Tener una rueda a apernada a un cubo (maza)
    - Tener una rueda a apernada a un cubo(maza) dividido

Las ruedas Tipo D se fabrican para aplicaciones específicas.

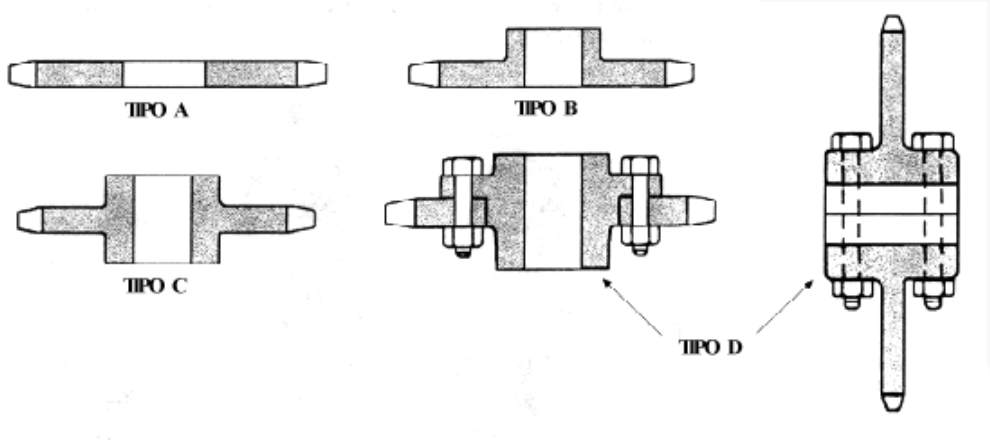


Figura 3

Tipos de ruedas dentadas

Montaje de ruedas dentadas

Las ruedas dentadas del tipo B y C tienen diámetros interiores rectos o bujes cónicos. Las ruedas con alineamiento recto tienen:

- Un mínimo de diámetro interior recto que permite al usuario tornear el diámetro interior, cortar una ranura de chaveta, perforar y roscar para que los tornillos prisioneros se adecuen a los requerimientos del trabajo en particular.
- Un diámetro interior terminado, donde el diámetro, la ranura de chaveta y los tornillos prisioneros están hechos para dimensiones estándar.

Las ruedas dentadas con diámetro interior cónico son planas o con bridas. Su función principal es facilitar el rápido montaje y desmontaje en los ejes de la máquina. Su diseño es el mismo que el de poleas y roldadas.

Clasificación de tamaño de Ruedas dentadas

Las ruedas dentadas son clasificadas por dimensiones de manera normal, pero cada fabricante podrá usar variaciones de acuerdo a las características especiales de las ruedas dentadas. Consulte los catálogos de fabricantes para obtener los números y especificaciones correctas de catálogo.

Un ejemplo de una especificación de rueda dentada es:

D 40 B 15

Dónde:

D = doble - indica el número de trenzas que deben usarse en la cadena
40 = número de cadena
B = tipo de cubo (maza)
15 = número de dientes en la rueda

Las ruedas dentadas con **36** o más dientes se pueden usar con una cadena de doble paso. Las ruedas de **36** o menos dientes se cortan **especialmente** para cadenas de doble paso.

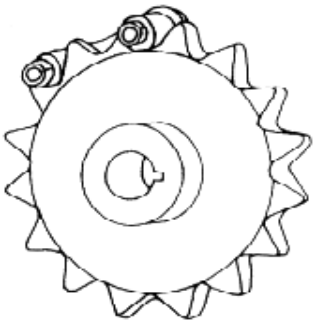


Figura 4

Rueda de doble corte para cadena de doble paso

1.2 Tipos de acoplamientos rígidos y flexibles

Un acoplamiento mecánico es una serie de acoplamientos rígidos con ligamentos que forman una cadena cerrada, o una serie de cadenas cerradas. Cada ligamento tiene uno o más ligas, y éstas tienen diferentes grados de libertad que le permiten tener movilidad entre los ligamentos. Un acoplamiento mecánico es llamado mecanismo si dos o más ligas se pueden mover con respecto a un ligamento fijo. Los acoplamientos mecánicos son usualmente designados en tener una entrada, y producir una salida, alterando el movimiento, velocidad, aceleración, y aplicando una ventaja mecánica.

Los acoplamientos mecánicos pueden dividirse en acoplamientos rígidos, flexibles y especiales o articulados.

Acoplamientos Rígidos

Acoplamiento de tipo rígido para la unión de árboles de transmisión, con dos configuraciones posibles:

Manguito enterizo

Se trata de una pieza cilíndrica hueca que se ajusta exteriormente a los dos árboles y se une a ellos mediante pasadores o chavetas y prisioneros.

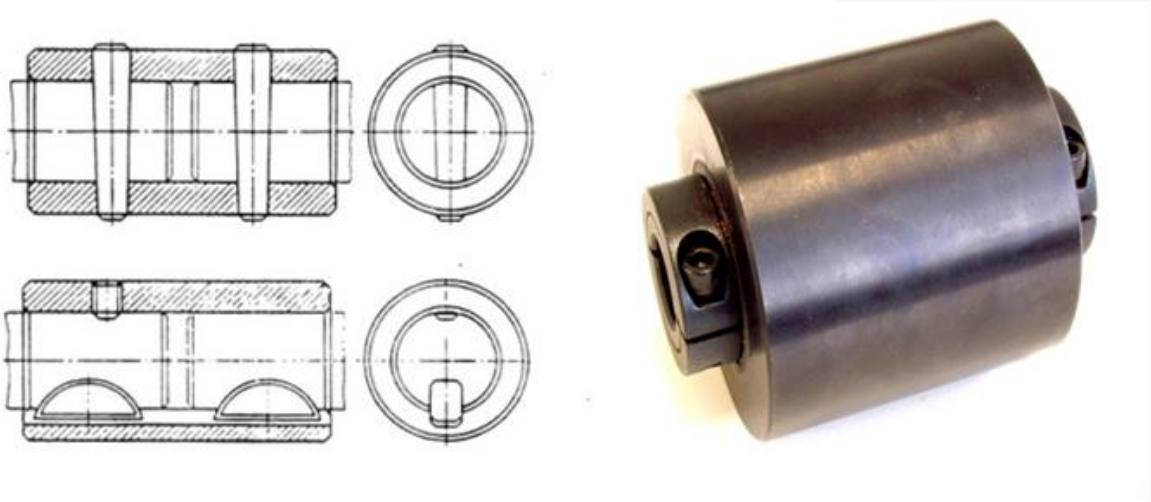


Figura 5

Manguito partido

Similar al enterizo con la diferencia de que se fabrica en dos piezas unidas entre sí por tornillos, permitiendo el montaje sobre los árboles sin necesidad de mover ninguna de las partes de la máquina.

Figura 6

El acoplamiento de manguito es rígido a torsión y flexión, por lo que se sólo se recomienda para la unión de ejes bien alineados. Su capacidad de transmisión de par es elevada.

Acoplamientos Rígidos de platillos

Los platillos se ajustan fuertemente por medio de pernos y chavetas de material muy resistente. Estos dispositivos pueden calcularse aunque no se cuente con datos del fabricante, empleando hipótesis de esfuerzos cortante en los pernos de unión e hipótesis de fricción en toda la superficie de contacto, sin embargo se supone como condición de trabajo más segura emplear la hipótesis de corte puro. En estas circunstancias se debe garantizar un maquinado muy preciso en los alojamientos de los pernos y deben coincidir perfectamente.

Acoplamientos Rígidos por sujeción cónica

Se fabrican en varios diseños, siendo el más común el acoplamiento de dos o más piezas divididas, que se fijan alrededor de los ejes y que transmiten el torque por fricción e interferencia. El efecto de bloqueo se logra cuando el collarín dividido de superficie cónica es presionado entre el eje y la carcasa del acoplamiento, también de superficie cónica.

Acoplamientos Flexibles

- Acoplamiento flexible de Manguitos de goma.
- Acoplamiento flexible de disco flexible.

Los acoplamientos flexibles son diseñados de tal manera que sean capaces de transmitir torque con suavidad, en tanto permiten cierta desalineación axial, radial o angular.

Dependiendo del método utilizado para absorber la desalineación, los acoplamientos flexibles pueden dividirse en:

- Acoplamientos de elementos deslizantes.
- Acoplamientos de elementos flexionantes.
- Combinación de acoplamientos deslizantes y flexionantes
- Acoplamiento flexible de fuelle helicoidal.

- Acoplamiento flexible de quijada de goma.
- Acoplamiento flexible direccional de tipo Falk.
- Acoplamiento flexible de cadenas.

Los acoplamientos de cadenas sobresalen por su sencillez. Todo lo que se necesita son dos ruedas dentadas y un trozo de cadena doble. Por lo general se utiliza a baja velocidades, excepto cuando se les agrega una cubierta especial, metálica o de plástico, para contener el lubricante de lo contrario sería expulsado por la acción de las fuerzas centrífugas. Este tipo se utiliza en aplicaciones acopladas cerradas.

Figura 7

Acoplamientos elastoméricos

Un elastómero es una sustancia elástica como caucho natural o plásticos de caucho o sintético (polímeros). Se usan diferentes modelos de elementos elastoméricos en estos acoplamientos. Los acoplamientos elastoméricos dan baja rigidez torsional y reducen la fuerza lateral debido a la desalineación.

Acoplamientos elastoméricos de mandíbula

Los acoplamientos de este tipo usan elastómeros en compresión flexible. Los elementos elastoméricos se denominan arañas. Las arañas tienen varios grados de dureza para adaptarse a los diferentes requerimientos de transportes de cargas y torsionales.

Figura 8

Para aplicaciones de media y alta velocidad

Acoplamientos de rejilla metálica

En estos acoplamientos, las bridas multi - ranuradas sostienen un esmeril de acero plano que se entrelaza hacia adentro y hacia afuera a través de las ranuras como se muestra en los Las ranuras han sido fresadas con el objeto que exista un espacio para que el esmeril se curve durante las condiciones de arranque y de carga alta. Permiten desalineaciones en los acoples.

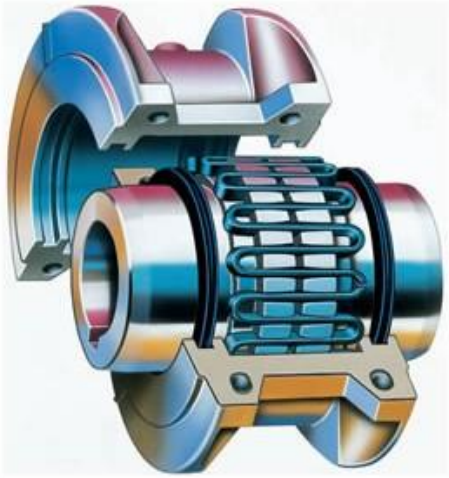


Figura 9

Acoplamientos de neumático con abrazadera

Estos acoplamientos tienen un elemento flexible con reforzamiento en el radio más externo. Esto reduce la longitud general para una capacidad de torsión dada. El reforzamiento interno y la fijación externa aumentan la capacidad de torsión del neumático y la rigidez general. Absorben vibraciones.

Figura 10

Acoplamiento de fluido o hidráulico

Los acoplamientos de fluido usan varios aceites como elementos de acoplamiento. El acoplamiento de fluido más simple consiste en dos cubetas con aspas radiales. Una cubeta se conecta a la maza de entrada y la otra a la maza de salida del acoplamiento.

Cuando la cubeta de entrada (impulsor) está llena con fluido y se hace girar mediante la fuente de fuerza, la fuerza centrífuga arroja el fluido hacia afuera y hacia las aspas de la cubeta de salida (turbina o rotor). Esto transfiere la torsión para girar la cubeta de salida y el eje. A velocidad total la potencia de transmisión de rotación se transmite mediante una circulación continua de fluido.

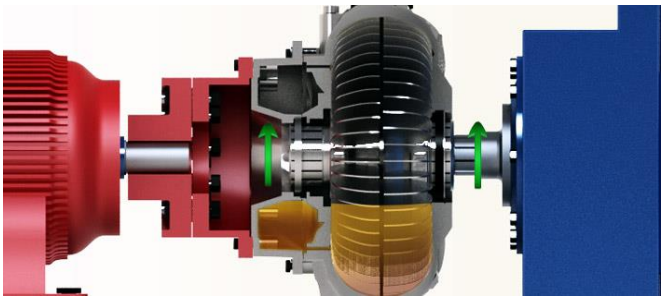


Figura 11

Acoplamiento flexible de engrane

Estos acoplamientos constituyen el diseño más universal; pueden fabricarse casi para cualquier aplicación desde unos cuantos caballos de potencia hasta miles de ellos (desde menos de 1rev/m. hasta más de 20.000 rev/m). Para una aplicación determinada un acoplamiento de engranaje suele ser más pequeño y más ligero que el de otro tipo. Estos acoplamientos pueden utilizarse en máquinas con árboles acoplados

Figura 12

Acoplamiento magnético

Es un sistema de transmisión de potencia de un motor de accionamiento a un eje valiéndose de fuerzas magnéticas. Dicha fuerzas se logran mediante un par de juegos de imanes permanentes.

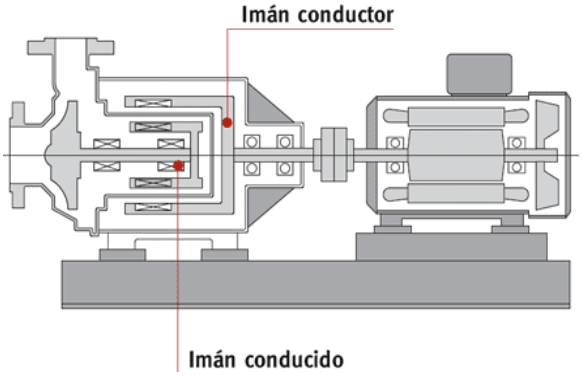


Figura 13

Bomba de acople magnético

En la figura superior se muestra esquemáticamente una bomba de acople magnético. Se utilizan dos juegos de imanes permanentes. Uno de ellos está solidariamente unido al eje de mando y se denomina imán conductor.
Su contraparte es el imán conducido y es solidario al impulsor de la bomba. Lo que ocurre sencillamente es que las fuerzas magnéticas de atracción y repulsión que existen entre ambos imanes son lo suficientemente fuertes como para transmitir la potencia del motor al impulsor de la bomba.

Es en este punto en donde surgen habitualmente dos importantes preguntas:

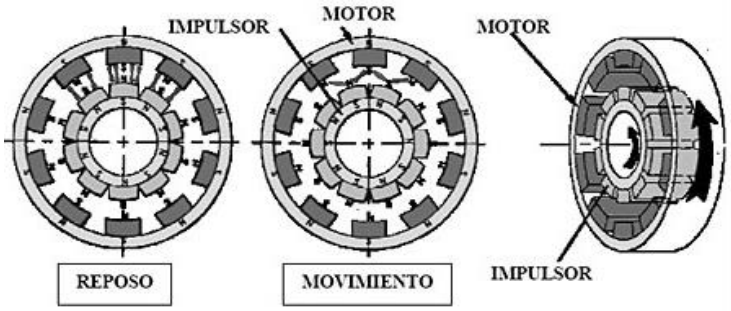


Figura 14

En el caso en que la potencia a transmitir sea mayor que la capacidad de los imanes, ¿Se produce un resbalamiento entre el giro de los imanes conductor y conducido?

Respuesta: No. En caso de superarse dicha capacidad de transmitir torque, los imanes se desacoplan. El imán conductor unido al motor continúa girando pero el imán conducido queda en reposo.

Resulta útil imaginar al acople magnético como un acople mecánico convencional tipo perno y buje, con goma, láminas, etc. En caso de que se supere la potencia que puede transmitir el acople, el elemento de transmisión se rompe, interrumpiendo el giro del eje conducido. En el caso del acople magnético lo que se “rompe” es el vínculo magnético entre ambos juegos de imanes pero el resultado es el mismo, el impulsor de la bomba deja de girar.

La analogía concluye al pensar en volver a poner en servicio el acople. Mientras que en acoplamiento mecánico habrá que reemplazar una pieza. En el caso del acople magnético, al detener el motor los imanes se vuelvan a alinear según lo indicado en la posición **reposo** de la figura superior y el acoplamiento magnético está listo para volver a transmitir potencia.

Como conclusión, el acople magnético puede considerarse como un tipo de acople más capaz de transmitir una cierta potencia a una velocidad de rotación y despreocuparse de sus características constructivas o de diseño.

Diferencia entre la velocidad de rotación de ambos imanes (resbalamiento)

Por tratarse de imanes permanentes, no existe ni puede existir velocidad relativa entre ambos juegos de imanes. La posición relativa de los imanes no varía mientras el conjunto rota, de manera que la velocidad de rotación del impulsor de la bomba es exactamente la misma que la del motor que la acciona. Ver figura 13.

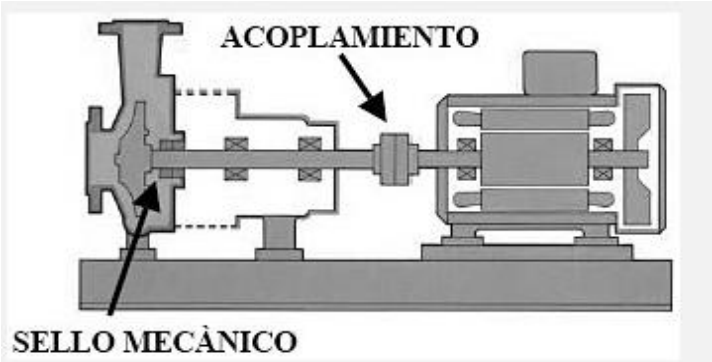


Figura 15

Principales Ventajas y aplicaciones de las Bombas de Acople Magnético

La principal ventaja reside en el modo mismo de transmitir potencia: no se requiere de un eje pasante.

Esto hace que la carcasa de la bomba solo tenga orificios para el pasaje de líquido, no siendo necesario contar con un orificio atravesado por el eje de la bomba al que luego hay que sellar de algún modo para controlar las pérdidas de fluido (Ver figura 13). Estudios estadísticos y la propia experiencia diaria de los usuarios indican que la principal causa de falla y salida de servicio de bombas es la empaquetadura o los sellos mecánicos.

La bomba de acople magnético es hermética, sin pérdidas, ni emisiones pues simplemente no existe la posibilidad de que las mismas se produzcan.

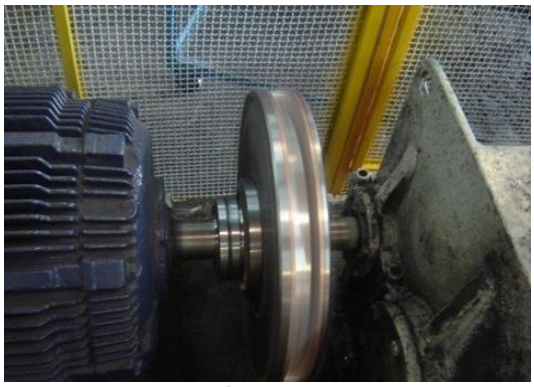


Figura 16

Imagen de acoplamiento magnético

Acoplamiento hidráulico

Un acoplador hidráulico (también llamado acoplamiento hidráulico, cople hidráulico o turboacoplador) es un elemento de transmisión de potencia que basa su funcionamiento en el Principio de Föttinger escrito por Hermann Föttinger(1877-1945).

De acuerdo con ese principio, una determinada potencia puede ser transmitida de un eje rotante (eje de entrada o eje motor) a otro eje (eje de salida) a través de dos ruedas alabeadas y un fluido de transmisión. Una de las ruedas alabeadas (rueda primaria o rueda bomba) gira solidariamente al eje motor o a la máquina que genera la potencia a transmitir. La otra rueda (rueda secundaria o rueda turbina) está mecánicamente unida a la máquina que va a ser accionada. Ambas ruedas alabeadas se colocan cara a cara, con una separación mínima entre ellas pero sin contacto mecánico entre ambas y envueltas en un compartimiento cerrado que contiene una determinada cantidad de fluido de transmisión (por ejemplo, aceite hidráulico).

En cuanto la rueda bomba, accionada por el eje motor, empieza a girar, la energía mecánica de rotación se transforma en energía cinética del fluido de transmisión, que es impulsado por los álabes de dicha rueda bomba. El fluido impulsa a su vez a la rueda secundaria, transformándose su energía cinética de nuevo en energía mecánica, pero ya en el eje de salida.

Se obtiene, por tanto, una transmisión hidráulica sujeta a pérdidas (aproximadamente un 3% de pérdidas en velocidad si la cantidad de fluido de transmisión es la adecuada). Lo que el principio de Föttinger dice es que el par se mantiene constante en ambos ejes, de forma que las pérdidas de velocidad equivalen a pérdidas de potencia.
Mediante esta forma de transmisión se consigue:

- Poder arrancar progresivamente el eje secundario, venciendo así la inercia que pueda tener ese eje.
- Separar mecánicamente ambas partes, para que un bloqueo o sobrecarga en la máquina accionada (eje secundario) no impacte directamente sobre la máquina motriz.
- Poder variar la velocidad del eje secundario (velocidad de salida), mediante un control adecuado de la cantidad de fluido de transmisión presente entre las ruedas alabeadas.

La utilización del acoplador hidráulico como elemento de arranque y de variación de velocidad es habitual en cintas transportadoras, ventiladores, bombas, molinos y diversas maquinarias industriales.

Debe tenerse en cuenta que las pérdidas de potencia inherentes a la transmisión hidráulica serán transformadas en calentamiento del fluido de transmisión, por lo que debe calcularse si el acoplador hidráulico es capaz de disipar ese calentamiento a través de su superficie o si es necesario un sistema de refrigeración para el mismo.

Figura 17

1.3 Ejes y chavetas

Ejes

Un eje es un elemento constructivo destinado a guiar el movimiento de rotación a una pieza o de un conjunto de piezas, como una rueda o un engranaje. Un eje se aloja por un diámetro exterior al diámetro interior de un agujero, como el de cojinete o un cubo, con el cual tiene un determinado tipo de ajuste. En algunos casos el eje es fijo —no gira— y un sistema de rodamientos o de bujes insertas en el centro de la pieza permite que ésta gire alrededor del eje. En otros casos, la rueda gira solidariamente al eje y el sistema de guiado se encuentra en la superficie que soporta el eje.

Son dos los tipos de ejes:

- Ejes fijos
- Ejes giratorios (árboles)

Los ejes giratorios (árboles), además de cargar con los elementos giratorios también transmiten momentos torsores.

Los ejes móviles resultan cargados con esfuerzos normales y esfuerzos tangenciales
Los ejes giratorios (árboles) existen de dos tipos:

1) **Eje recto**

Figura 18

2) **Eje acodado**

Arboles de sección constante

Son usados en árboles que transmiten solo momentos tensores sin soportar momentos flectores

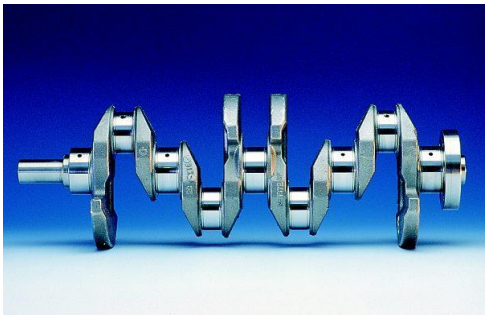


Figura 19

Árbol escalonado

Son los más ampliamente usados, el escalonamiento es determinado por la distribución de los elementos flectores y torsores.

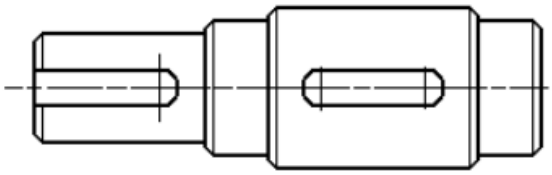


Figura 20

Árbol con talladuras especiales

Son árboles en los cuales se realizan elaboraciones especiales, como piñones, tornillos, etc.

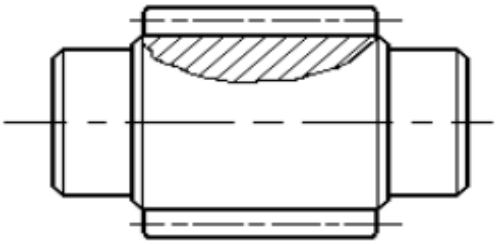


Figura 21

Chaveta

Se denomina chaveta a una pieza de sección rectangular o cuadrada que se inserta entre dos elementos que deben ser solidarios entre sí para evitar que se produzcan deslizamientos de una pieza sobre la otra. El hueco que se mecaniza en las piezas acopladas para insertar las chavetas se llama chavetero. La chaveta tiene que estar muy bien ajustada y carecer de juego que pudiese desgastarla o romperla por cizallamiento.

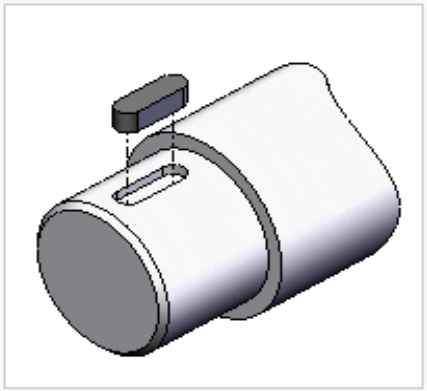
Ejemplos de mecanismos que tienen insertada una chaveta, son los ejes de motores eléctricos y la polea que llevan acoplada; los engranajes que no son excéntricos también llevan insertada una chaveta que los fija al eje donde se acoplan.

El volante de dirección de los vehículos también lleva insertada una chaveta que lo une al árbol de dirección.

Cuando se trata de transmitir esfuerzos muy grandes se utiliza un sistema que puede considerarse de chavetas múltiples y es en el que se mecaniza un estriado en los ejes que se acoplan al estriado que se mecaniza en los agujeros.

El chavetero en los agujeros se realiza con máquinas mortajadoras o brochadoras si se trata de fabricación de grandes series, y los chaveteros en los ejes se mecanizan en fresadoras universales con fresas circulares.

Fresa con chavetero para mecanizar chaveteros en ejes.



Eje con chavetero para lengüeta de ajuste.

Figura 22

1.4 Sistemas de transmisión de potencia

Trasmisión por correas

Se conoce como correa de transmisión a un tipo de transmisión mecánica basado en la unión de dos o más ruedas, sujetas a un movimiento de rotación, por medio de una cinta o correa continua, la cual abraza a las ruedas ejerciendo fuerza de fricción suministrándoles energía desde la rueda motriz.

Es importante destacar que las correas de trasmisión basan su funcionamiento en las fuerzas de fricción, esto las diferencia de otros medios de flexibles de transmisión mecánica, como lo son las cadenas de transmisión y las correas las cuales se basan en la interferencia mecánica entre los distintos elementos de la transmisión.

Las correas de transmisión son generalmente hechas de goma, y se pueden clasificar en dos tipos: planas y trapezoidales.

Figura 23

Sistema de transmisión por correas

Transmisión por Cadenas

En muchos casos, y por diversas causas, en que no pueden utilizarse las transmisiones por correa, estas se pueden sustituir por las transmisiones por cadenas, constituidas por cadenas de eslabones articulados que se adaptan a ruedas dentadas, que hacen el efecto de poleas, formando un engrane. Es aplicable cuando las distancias entre los centros de los árboles conductor y conducido es demasiado corta para usar correas y demasiado largas para utilizar engranajes.

Las principales ventajas de su utilización son:

- No presenta deslizamiento, i = cte.
- Es compacta y no requiere tensión inicial como en el caso de las correas.
- Si está bien diseñada es mucho más duradera que las correas.
- Permite trabajar con menores distancias entre centros de poleas, con la consiguiente ventaja económica.
- Ante una rotura de uno o varios eslabones es de fácil arreglo.
- Son poco sensibles al medio en que trabajan.

Las principales desventajas son:

- Solo aplicable cuando los ejes son paralelos, pueden ser varios, pero en todos los casos las ruedas dentadas deben estar en el mismo plano.
- Preferentemente los ejes deben ser horizontales, para evitar el uso de apoyos laterales para la cadena.
- Son más costosas que las transmisiones a correas.
- Necesitan un buen mantenimiento, con limpiezas periódicas y lubricación adecuada.
- Para absorber los alargamientos deben disponerse los ejes de modo que pueda tensarse la cadena o bien montar un piñón tensor en el ramal flojo.

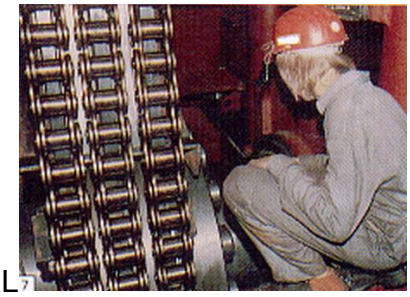


Figura 24

Transmisión por cadenas

Transmisión por engranajes

Se denomina engranaje al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y la menor, piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante el contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo.

De manera que una de las ruedas está conectada por la fuente de energía y es conocida como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido. Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren.

La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranaje respecto de la transmisión por poleas es que no patinan como las poleas, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión.

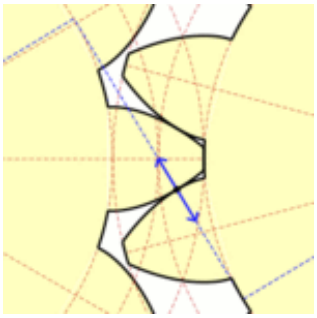


Figura 25

Representación del desplazamiento del punto de engrane en un engranaje recto

Actividad N° 5

Introducción a la actividad

Esta actividad está destinada a a que los participantes realicen una identificación de los diferentes tipos de acoplamientos mecánicos con los cuales se trabaja en la minería

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Recurso Plataforma Web	
Explicación demostrativa en aula	✓
Recurso Audiovisual	
Propuestas de situaciones problemáticas	
Formulación de Preguntas	
Taller de Trabajo	✓
Propuestas de Situaciones Problemáticas	

<u>Realizar identificación de tipos de acoplamientos mecánicos</u>

Objetivo de aprendizaje

- Identificar diferentes tipos de acoplamientos utilizados en la transmisión de equipos y maquinarias.

Desarrollo de la Actividad
El instructor podrá realizar esta actividad en grupos, en pares o de manera individual.

Estas tareas pueden ser realizadas en taller o en sala de clases.

Solicitará a los participantes que observen que cumplan con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Materiales para realizar la tarea

- Diferentes tipos de acoplamientos
- Elementos para aseo

Seguridad:

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- El uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
    - Casco
    - Lentes de seguridad
    - Zapatos de seguridad
    - Guantes de seguridad
    - Chaleco reflectante
    - Protector auditivo. Si aplica
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda

En las actividades a realizar en salas de clases taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Si la actividad se realizara con elementos reales es indispensables los siguientes implementos personales
    - Lentes de seguridad
    - Zapatos de seguridad
    - Guantes de seguridad
    - Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda

- Si la actividad se realizara a través de fotografías expuestas por el instructor no es necesario implementos de seguridad

Desarrollo de la actividad

Los participantes utilizando componentes reales o fotografías mostradas por el instructor deben completar el informe técnico de inspección rregistrando las características de los acoplamientos expuestos.

Acoplamiento	Nombre del acoplamiento	Características del acoplamiento	Finalidad del acoplamiento
	Acoplamiento de rejilla metálica	Poseen bridas multi ranuradas que sostienen un esmeril plano de acero entrelazad en las ranuras	Se utilizan donde el acople permite una desalineación
	Acoplamiento flexible de engrane	Es el diseño más universal, se puede fabricar para cualquier aplicación	Generalmente se utilizan en máquinas con árboles acoplados
	Acoplamiento flexible de cadena	Sobresalen por su sencillez, son 2 ruedas dentadas unidas por un trozo de cadena.	Se utilizan preferentemente a bajas velocidades. Admiten cierto desalineamiento entre ejes. Se utilizan en aplicaciones acopladas cerradas
	Acople neumáticos con abrazadera	Poseen un elemento flexible con reforzamiento en el radio más externo, reduciendo la longitud general para una capacidad de torsión dada	Sirve para absorber vibraciones

	Acoplamiento de manguito partido	Se fabrica de 2 piezas unidas entre sí por tornillos.	Recomendado para la unión de ejes bien alineados. Su capacidad de transmisión de par es elevada.

Cierre

Comente los resultados de la actividad con su grupo y haga las observaciones y consultas necesarias al Instructor para desarrollar las siguientes actividades

2. Evaluación de Sistema de Transmisión

2.1 Instrumentos de medición

Un instrumento de medición es un aparato que se usa para comparar magnitudes físicas mediante un proceso de medición. Como unidades de medida se utilizan objetos y sucesos previamente establecidos como estándares o patrones y de la medición resulta un número que es la relación entre el objeto de estudio y la unidad de referencia. Los instrumentos de medición son el medio por el que se hace esta lógica conversión.

Características principales

Las características importantes de un instrumento de medida son:

- **Precisión:** es la capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.
- **Exactitud:** es la capacidad de un instrumento de medir un valor cercano al valor de la magnitud real.
- **Resolución**: es la medida más pequeña que es perceptible en un instrumento de medida.
- **Sensibilidad:** es la relación de desplazamiento entre el indicador de la medida y la medida real.

Tipos

Se utilizan una gran variedad de instrumentos para llevar a cabo mediciones de las diferentes magnitudes físicas que existen.

2.2 Medidores de temperatura

Dispositivos industriales de medición de temperatura

Existen muchos dispositivos que sirven para medir temperatura, pero solo algunos han sido adaptados para su uso en ambientes industriales. En la tabla siguiente están los principales.

PRINCIPIO GENERAL	TIPO	Principio de funcionamiento	ALCANCE (°C)
ELÉCTRICOS	Termocupla	La f.e.m. inducida en dos alambres de distintos metales o aleaciones depende en forma directa de la diferencia de temperaturas entre los dos extremos soldados (juntas).	-200 a 2000
	Termoresistencias	Se infiere la temperatura a partir de la variación en la resistencia eléctrica de un metal, generalmente platino, cobre o níquel.	-200 a 700
	Termistores	Similar al anterior, pero de un semiconductor. La resistencia tiene relación inversa con la temperatura.	< 300
EXPANSIÓN TÉRMICA	Sistemas de dilatación	Son elementos que aprovechan la capacidad de los fluidos (líquidos y gases) de dilatarse con la temperatura. Generalmente se asocian a transmisores neumáticos.	-195 a 760
RADIACIÓN TÉRMICA	Pirómetros óptico, de radiación total y de relación	Sistema que mide la temperatura basándose en la radiación que emite la superficie cuya temperatura es censada. El elemento sensible no está en contacto con el cuerpo sobre el que se practica la medición.	-40 a 4000

Tabla 2

2.3 Medidores de vibración

El medidor de vibraciones es un instrumento que se puede usar para múltiples fines, desde medir vibraciones de engranajes, transmisiones, rodamientos, o cualquier parte móvil, hasta medir revoluciones en cualquier motor o elemento rotativo. Además los medidores de vibraciones suelen contar con un filtro de frecuencia que permite detectar una vibración específica y así poder observar la vibración producida por un elemento concreto. Así pues, este es un nuevo aparato, útil si se sabe utilizar y de gran importancia si hay que controlar posibles vibraciones en nuestras máquinas o deseamos ver si las vibraciones se encuentran dentro del rango deseado.

La medición proporciona los siguientes parámetros: aceleración de la vibración, velocidad de vibración y variación de vibración.

Términos de vibración

La vibración se caracteriza por su frecuencia, desplazamiento, velocidad, aceleración, fase e impulso o vibraciones de choque. Un ejemplo familiar simple de la vibración se produce cuando un peso sobre una balanza de resortes se deja caer bruscamente. El Dibujo 3 muestra la vibración de un resorte durante una vibración completa hacia arriba, hacia abajo y atrás de su punto de partida. También muestra un gráfico de la posición del movimiento del peso mientras se mueve hacia arriba o abajo a través del tiempo. La forma de este gráfico se llama onda seno.

Frecuencia

Un ciclo completo de una vibración tiene lugar en una cierta cantidad de tiempo. La frecuencia es el número de vibraciones que se produce en una unidad particular de tiempo. Se expresa como un número de vibraciones por segundo o por minuto. La mayoría de los ciclos de la maquinaria se expresan comúnmente en r.p.m., lo cual es revoluciones por minuto. Los técnicos modernos que usan estándares internacionales expresan esto como r / min. En el análisis de la vibración, se expresa frecuentemente como ciclos por minuto (cpm).
Otra forma de expresar la frecuencia es en ciclos por segundo (cps) o en hertz (Hz).
1Hz = 1 cps = 60 cpm.
De manera que, para convertir hertz en cpm, use la fórmula (cpm = hertz x 60)

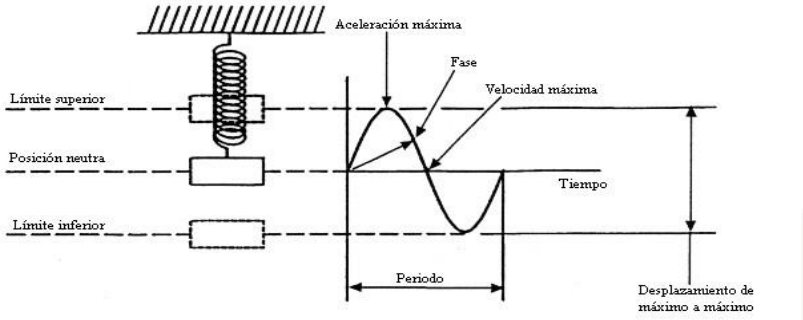


Figura 26

Vibración de un peso sobre un resorte

Algunos problemas de las máquinas surgen en frecuencias específicas, de manera que la característica de la vibración es muy importante. Por ejemplo, los sistemas eléctricos en Norteamérica funcionan a 60 Hz. Por lo tanto, los problemas electromecánicos se pueden identificar fácilmente en esta frecuencia.

Desplazamiento y amplitud

La distancia de un objeto que vibra desde su posición de descanso original se llama desplazamiento. El gráfico muestra el desplazamiento al cambiar con el tiempo. La distancia de un extremo a otro (cuando el desplazamiento está en su punto máximo) se llama la amplitud de vibración. Una parte de la máquina vibrante tiene usualmente una amplitud medida en milésimas de pulgada (0,001") o mils. El metro cúbico por desplazamiento es ya sea una millonésima de metro (llamado un micrómetro) o un milésimo de un milímetro (0,001 mm.).

Una máquina que gira a una muy baja frecuencia de 200 rpm. Podría ser aceptable con un desplazamiento de 2 mils. La misma máquina podría funcionar extremadamente brusca a 3000 rpm. Por lo tanto, el tamaño (o magnitud) de la amplitud es muy importante especialmente por el movimiento relativamente bajo del equipo (menos de 600 rpm).

Velocidad

Si observamos la forma de onda seno en una vibración de una máquina podremos darnos cuenta que la vibración cambia de dirección y velocidad. La velocidad y la dirección combinadas se denominan rapidez.

- En toda su extensión, (arriba o abajo) el movimiento cambia de dirección. Por lo tanto la rapidez desciende momentáneamente a cero en los puntos de giro. La rapidez está cambiando rápidamente en estos puntos.
- Cuando la dirección del recorrido cambia desde arriba de la posición neutra hasta bajo la posición neutra, el desplazamiento es cero (cambiando de positivo a negativo). Aquí la rapidez está a un máximo.

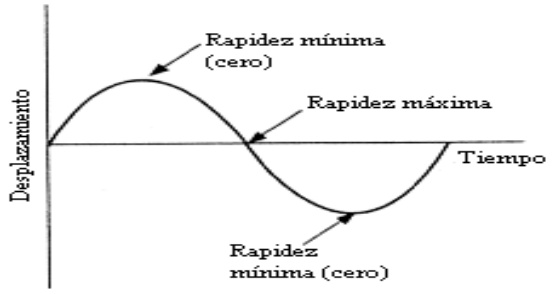


Figura 27

El cambio de rapidez de un objeto vibrante

Una fuerza desbalanceada que cambia direcciones y velocidades puede tener un efecto extremo sobre el funcionamiento de una máquina. Por lo tanto, la rapidez es una medición importante de la vibración. Se mide en pulgadas por segundo (pulg./s), o milímetros por segundo (mm./s.) en el sistema métrico. La rapidez se usa básicamente para detectar los problemas en la maquinaria con frecuencias de 600 - 600 000 cpm.

Fase

Cuando algún objeto aumenta la rapidez, decimos que acelera. Cuando una parte de la máquina vibra, la rapidez cambia rápidamente en los máximos superior e inferior de desplazamiento. En estos puntos, la aceleración está al máximo.

Cuando un objeto cae a tierra, se ejerce sobre él la fuerza de gravedad. Esta fuerza acelera el objeto mientras cae. Esta aceleración se llama “g” y tiene un valor de 9,8 metros por segundo o 32 pies por segundo. Cuando un objeto acelera, experimenta una fuerza similar a la fuerza que usted siente cuando acelera un auto. Las fuerzas causadas por la aceleración se expresan frecuentemente como múltiplos de g. Esto compara las fuerzas de dichas aceleraciones con la de la gravedad.

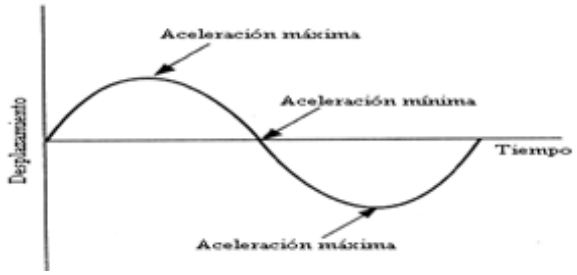


Figura 28

Aceleración cambiante de un objeto vibrante

En vibraciones de alta frecuencia, las fuerzas debido a las aceleraciones son grandes, porque las posiciones y rapidez están cambiando rápidamente. También, cuando un objeto macizo vibra, las fuerzas son más grandes. Cuando las fuerzas debido a la aceleración aumentan, decimos que hay un aumento en gés. La aceleración es un parámetro muy importante para medir en equipos tales como turbinas las cuales funcionan en frecuencias altas.

Fase

Un objeto puede vibrar en varias formas a la vez. Estas vibraciones pueden actuar en conjunto, moviéndose en la misma dirección al mismo tiempo. En este caso decimos que las vibraciones están en fase. Si las vibraciones tienen diferentes ritmos o direcciones decimos que están fuera de fase.

Una medición de la diferencia en la fase entre las vibraciones se llama el ángulo de fase. Cuando las vibraciones están en fase, su ángulo de fase (de retraso) es cero. Los ángulos de fase son muy importantes para determinar los tipos de vibraciones y su origen

2.4 Medidores de ultrasonido

La inspección por ultrasonido se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo mecánico, y su funcionamiento se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido y la densidad del material. Cuando se inventó este procedimiento, se medía la disminución de intensidad de energía acústica cuando se hacían viajar ondas supersónicas en un material, requiriéndose el empleo de un emisor y un receptor.

Actualmente se utiliza un único aparato que funciona como emisor y receptor, basándose en la propiedad característica del sonido de reflejarse al alcanzar una interface acústica.

Los equipos de ultrasonido que se utilizan actualmente permiten detectar discontinuidades superficiales, subsuperficiales e internas, dependiendo del tipo de palpador utilizado y de las frecuencias que se seleccionen dentro de un rango que va desde 0.25 hasta 25 MHz. Las ondas ultrasónicas son generadas por un cristal o un cerámico piezoeléctrico denominado transductor y que tiene la propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa.

Al ser excitado eléctricamente el transductor vibra a altas frecuencias generando ultrasonido. Las vibraciones generadas son recibidas por el material que se va a inspeccionar, y durante el trayecto la intensidad de la energía sónica se atenúa exponencialmente con la distancia del recorrido. Al alcanzar la frontera del material, el haz sónico es reflejado, y se recibe el eco por otro (o el mismo) transductor. Su señal es filtrada e incrementada para ser enviada a un osciloscopio de rayos catódicos.

Figura 29

Equipo portátil de inspección por ultrasonidos. A la derecha del equipo, unido por un cable, se puede observar el palpador (en donde se aloja el transductor).

2.5 Tintas penetrantes

La inspección por líquidos penetrantes es un tipo de ensayo no destructivo que se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales examinados. Generalmente se emplea en aleaciones no ferrosas, aunque también se puede utilizar para la inspección de materiales ferrosos cuando la inspección por partículas magnéticas es difícil de aplicar. En algunos casos se puede utilizar en materiales no metálicos. El procedimiento consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie en estudio, el cual penetra en cualquier discontinuidad que pudiera existir debido al fenómeno de capilaridad. Después de un determinado tiempo se elimina el exceso de líquido y se aplica un revelador, el cual absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa del revelador se delinea el contorno de éstas.

Tipos de líquidos penetrantes

- Según el color
- Penetrantes coloreados: Se inspeccionan a simple vista. Solamente hay que contar con una buena fuente de luz blanca. Tienen menos sensibilidad.
- Penetrantes fluorescentes: Se inspeccionan con la ayuda de una lámpara de luz ultravioleta (luz negra). Sin ésta son invisibles a la vista. Tienen mayor sensibilidad.
- Según la solubilidad

- Penetrantes lavables con agua o auto emulsificables: Para su limpieza y remoción de excesos simplemente se usa agua. Resultan muy económicos de utilizar.
- Penetrantes post-emulsificables: No son solubles en agua. Para la remoción de los excesos superficiales se utiliza un emulsificador que crea una capa superficial que se remueve con agua. Es el método con el mayor sensibilidad se obtiene y en el que mayor dominio de cada una de las etapas tiene el operador. Existen dos tipos de emulsificadores: los hidrofílicos, de base acuosa, que se utilizan en solución de agua, en una saturación determinada por las necesidades del caso; y lipofílicos, de base aceite, que se utilizan tal como los entrega el fabricante.
- Penetrantes eliminables con disolvente: Tampoco son solubles en agua. Para su remoción se utiliza un disolvente no acuoso, denominado «eliminador». Son muy prácticos de utilizar ya que el solvente generalmente se presenta en aerosol.

Figura 30

Aplicación de la tinta penetrante

Las aplicaciones de esta técnica son amplias, y van desde la inspección de piezas críticas como son los componentes aeronáuticos hasta los cerámicos como las vajillas de uso doméstico. Se pueden inspeccionar materiales metálicos, cerámicos vidriados, plásticos, porcelanas, recubrimientos electroquímicos, entre otros. Una de las desventajas que presenta este método es que sólo es aplicable a defectos superficiales y a materiales no porosos.

Precauciones con líquidos penetrantes

- Evitar el contacto prolongado con la piel de los productos químicos - ellos pueden causar irritación.
- Usar una protección adecuada para los ojos.
- Asegurar una adecuada ventilación
- Retirar las fuentes que provoquen chispas o llamas - la mayoría de los materiales son inflamables.
- Evitar mirar hacia la luz ultravioleta

2.6 Partículas Magnéticas

El principio de este método consiste en que cuando se induce un campo magnético en un material ferromagnético, se forman distorsiones en este campo si el material presenta una zona en la que existen discontinuidades perpendiculares a las líneas del campo magnetizables, por lo que éstas se deforman o se producen polos. Estas distorsiones o polos atraen a las partículas magnetizables que son aplicadas en forma de polvo o suspensión en la superficie a examinar y por acumulación producen las indicaciones que se observan visualmente de forma directa o empleando luz ultravioleta. Sin embargo los defectos que son paralelos a las líneas del campo magnético no se aprecian, puesto que apenas distorsionan las líneas del campo magnético.

Uso

Se utiliza cuando se requiere una inspección más rápida que la que se logra empleando líquidos penetrantes. Existen 32 variantes del método, y cada una sirve para diferentes aplicaciones y niveles de sensibilidad.

Este método se utiliza en materiales en ferro magnéticos como el hierro, el cobalto y el níquel. Debido a su baja permeabilidad magnética, no se aplica ni en los materiales paramagnéticos (como el aluminio, el titanio o el platino) ni en los diamagnéticos (como el cobre, la plata, el estaño o el zinc).

Los defectos que se pueden detectar son únicamente aquellos que están en la superficie o a poca profundidad. Cuanto menor sea el tamaño del defecto, menor será la profundidad a la que podrá ser detectado.

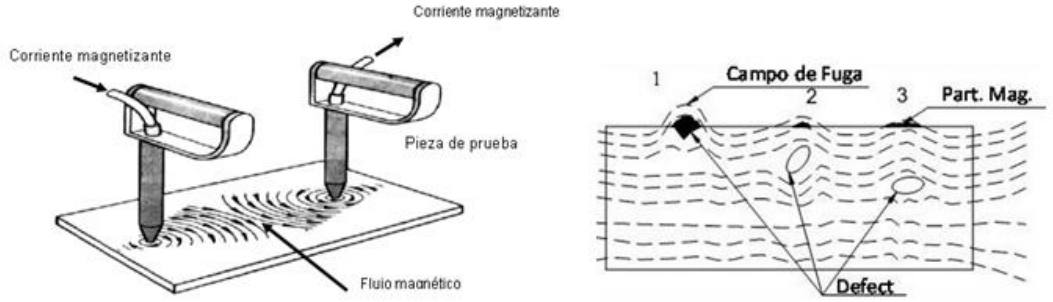


Figura 31

Aplicación y visualización del defecto en el material con partículas magnéticas

Campo Magnético

El campo magnético se puede generar mediante un imán permanente, un electroimán, una bobina o la circulación de intensidad eléctrica sobre la pieza. El imán permanente se suele utilizar poco debido a que solamente se pueden conseguir con campos magnéticos débiles.
En una pieza alargada, la magnetización mediante bobina genera un campo magnético longitudinal, por lo que muestra defectos transversales. En cambio, una corriente eléctrica entre los extremos de la pieza genera un campo transversal, por lo que detecta defectos longitudinales

Tamaño, Forma y aplicación de las partículas magnéticas

Las partículas magnetizables deben ser de pequeño tamaño para que tengan buena resolución, es decir, para que detecten defectos pequeños o profundos. Esto se debe a que cuanto mayor sea el tamaño de la partícula, mayor será el campo necesario para girarla. Sin embargo, no deben ser demasiado pequeñas para que no se acumulen en las irregularidades de la superficie, lo que ocasionaría lecturas erróneas. Por ello, lo habitual es combinar en mismo ensayo partículas pequeñas (de entre 1 µm y 60 µm) y grandes (desde 60 µm hasta 150 µm)

Figura 32

Inspección por partículas magnéticas

Precauciones

- No magnetice los rodamientos
- No golpee un arco durante la magnetización - esto podría dañar las partes sensibles.

Para obtener mejores resultados solamente el personal calificado que esté bien interiorizado con el equipo y los procedimientos debe ejecutar la prueba

2.7 Uso de tensiómetro

El tensiómetro de correas digital

Es un instrumento profesional que ofrece un método muy preciso de medir y ajustar la tensión de todo tipo de correas de transmisión de goma auxiliares y dentadas incluidas en vehículos de motor y maquinaria (ancho máximo de la correa de 36 mm). La tensión se puede mostrar en una variedad de unidades de fabricantes y estándar. El usuario puede configurar en el instrumento los límites de tensión.

Durante la medición y el ajuste de la tensión de la correa, se puede visualizar la tensión en la pantalla de visualización y verificarse por medio de un pitido. El pitido varía dependiendo de si la tensión se encuentra dentro o fuera de los límites establecidos por el usuario. Esto evita que el usuario tenga que mirar la pantalla mientras ajusta la correa. Los límites de tensión, unidades de medida y parámetros de calibración seleccionados se guardan en la memoria del verificador, y permanecerán en la memoria incluso cuando se desconecte el instrumental y se retiren las pilas.

El tensiómetro se puede conectar a un computador para registrar estadísticas e imprimir, lo que se logra con el uso del cable de conexión y el software opcional para la interfaz USB

Principio de funcionamiento

El cabezal de medición se coloca en la correa y se aprieta la abrazadera utilizando la perilla de la abrazadera (apretar solamente con la mano). Esto detiene la correa en un ángulo conocido y definido por el yunque y los pilares fijos. Una celda de carga fijada a la agarradera mide la fuerza necesaria para detener la correa, que será proporcional a la tensión de la misma. La señal de salida de la celda de carga

Se alimenta en el dispositivo para que se pueda digitalizar y dimensionar para indicar la lectura de tensión correcta en la pantalla del instrumento.

Lea detenidamente las instrucciones. Para obtener las configuraciones de tensión concretas de las correas consulte siempre los datos del fabricante o de la maquinaria.

Precauciones

- Calibrar antes de su uso.
  Para evitar posibles daños irreparables, nunca apriete el cabezal de medición sobre una correa salvo que el cabezal esté conectado y el instrumento esté encendido. El instrumento avisa sobre sobrecarga del cabezal, pero solo si el cabezal está conectado y la unidad encendida.
- Nunca apriete el cabezal de medición sobre un objeto que no sea flexible como pudiera ser una barra de metal o de madera.
- Nunca deje caer el instrumento ni lo deje expuesto a posibles impactos.
- Nunca permita que el instrumento o cabezal de medición cuelgue del cable conector.

Figura 33

Tensiómetro Sónico

El tensiómetro sónico permite una medición fácil, precisa y sin contacto de la tensión de instalación, parámetro ligado fuertemente al funcionamiento de la correa, mediante el análisis de las ondas sonoras. La onda sonora aparece dando un golpecito en el ramal mientras la correa está en reposo, luego es captada por un sensor y tratada por un procesador de alta potencia. La tensión de la correa se visualiza en la pantalla digital.

Tensión de instalación de las correas

Una tensión correcta es esencial para obtener unas excelentes prestaciones y una mayor fiabilidad en sus transmisiones por correas síncronas y trapezoidales. La tensión correcta de una correa o un juego de correas depende de la geometría de la transmisión y de la potencia que se debe transmitir, y hay que calcularla.

Método de deflexión para un correcto tensionado

Siga las especificaciones del fabricante para la correa que va a tensionar. Las correas en V se tensionan en la misma forma que las correas planas pero a torques específicos. La Tabla a continuación, muestra las fuerzas recomendadas para producir la deflexión requerida en una correa en V.

Fuerzas de Deflexión Recomendadas para las correas en V, en libras

Tipo Correa	Normal	Máximo	Correas Nuevas
A	2	3	4
B	4	6	8
C	8	12	14
D	12	22	26
E	21	35	40
3V	4	7	9
5V	9	12	15
8V	20	30	40

Tabla 3

Por ejemplo, la instalación de una nueva sección B requiere de 8 libras de fuerza para lograr la deflexión requerida. Una correa nueva es más rígida que una correa en servicio, por lo que se requiere de más fuerza para deflectarla.

Nota:
Una correa nueva debe tener de 12 a 24 horas de período de puesta en servicio. Deberá entonces tensionarse de nuevo a las especificaciones del fabricante.

En el punto C en el dibujo, equidistante entre los dos ejes, se aplica suficiente fuerza para deflectar la correa **1/64" por cada pulgada de distancia entre los centros de los ejes.**

Ejemplo 1 Si el tramo (distancia entre los centros) es = 32"
La cantidad correcta de fuerza provoca una deflexión = 32/64" = 1/2"

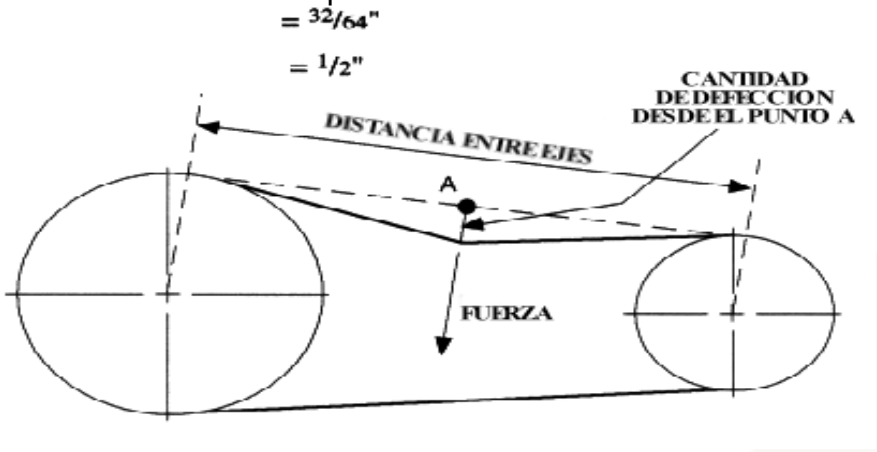


Figura 34

Método de deflexión de la correa

Con un calibrador de deflexión, realice una medición para comprobar si tiene la deflexión recomendada.

Si es muy tensa, ajuste la tensión acercando los centros. Si está muy floja, sepárelas.

Figura 35

2.8 Alineador laser de poleas

En los siguientes puntos, se dan beneficios del porqué de trabajar con alienadores laser para que las máquinas funcionen con sus correas bien alineadas estas son:

1) Reducción del consumo de energía.
2) Evitar el desgaste prematuro de las correas.
3) Minimizar el desgaste de las poleas.
4) Eliminar sobrecargas en los rodamientos que los deterioren antes de lo esperado.
5) Minimizar las vibraciones producidas por las correas que acortan la vida de la máquina.
6) Reducir tiempos improductivos por averías inesperadas.
7) Para llevar a la práctica un plan de Mantenimiento de Precisión o Proactivo.

Tipos de alineadores de poleas:

Con apoyo en los canales de la polea

- Con un haz láser (un emisor y un receptor). Ofrecen la ventaja de un precio menor.
- Con doble haz láser (ambos cuerpos son emisores y receptores). Permiten que la operación de alineación se realice en menos tiempo y se consiga una alineación de mayor precisión.

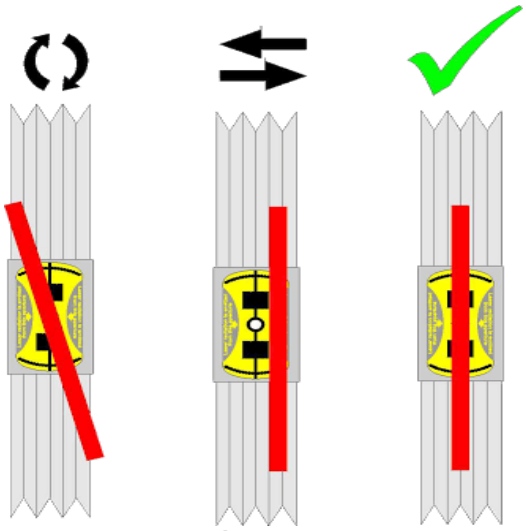


Figura 36

Con apoyo en la cara lateral de la polea

Con un emisor y dos receptores: Los equipos de alineación que se basan en el apoyo lateral de la polea, asumen que los canales de la polea y la cara lateral están mecanizados con los mismos y en la misma operación, es decir, sin cambiar los puntos de sujeción. Pero la realidad es que muchas poleas ni siquiera tienen mecanizadas sus caras laterales, luego ahí no sería aplicable este modelo de alineador de poleas.

Con un emisor y tres receptores: Estos, tienen el mismo problema que los anteriores, pero en el caso de que nos encontremos una polea con la cara lateral mecanizada a la vez que los canales, bien limpia (sin pintura), la operación de alineación será más rápida y el resultado mejor que en el modelo anterior.

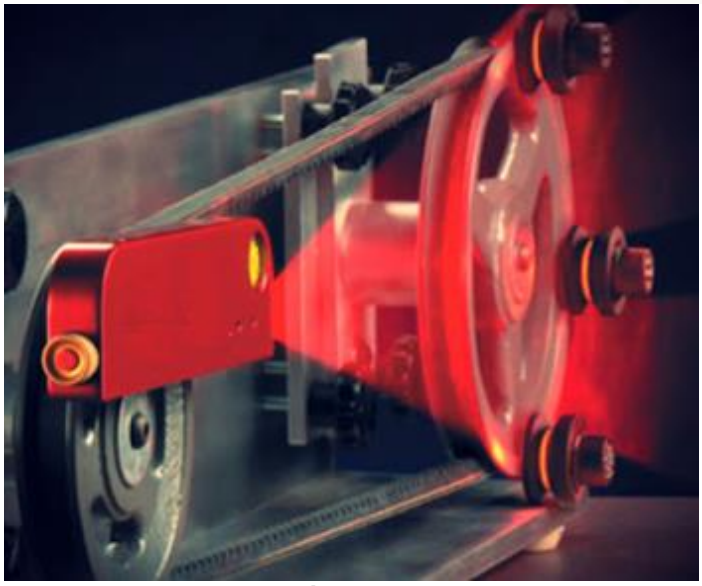


Figura 37

Alineador de poleas de apoyo lateral

Resumiendo, la mejor elección es el alineador de poleas con apoyo en los canales de la polea, con doble haz láser. Probablemente esta elección no sea la más económica a priori, pero es sin duda la más rentable a medio y largo plazo

Introducción a la actividad

En esta actividad los participantes realizaran en forma práctica una técnica predictiva la que permite encontrar fisura en componentes mecánicos.

Estrategias metodológicas para el instructor

Tarea 2.- Partículas magnéticas

Recurso Plataforma Web	
Explicación demostrativa en aula	
Recurso Audiovisual	
Propuestas de situaciones problemáticas	
Formulación de Preguntas	✓
Taller de Trabajo	✓
Propuestas de Situaciones Problemáticas	

<u>Identificar fisuras en componentes de una trasmisión empleando técnicas de partículas magnéticas.</u>

Objetivo

Identificar fisuras en componentes de compresor empleando técnicas predictivas. Las técnicas que se les pedirán a los participantes es el uso de partículas magnéticas.

Descripción de la actividad

El instructor podrá realizar esta actividad en grupos, pares o en forma individual.
Solicitará a los participantes que observen y cumplan con todas las medidas de seguridad para la tarea.
Supervisara en forma directa a los participantes especialmente con el uso del yugo magnético y la luz ultravioleta que no debe ser apuntada a los ojos.
Este análisis debe quedar reflejado en un informe técnico para que el instructor evalúe a los alumnos.

Materiales y Recursos

- Componentes de sistemas de transmisión
- Kit de Herramientas.
- Kit para realizar partículas magnéticas
    - Yugo electromagnético
    - Partículas magnéticas secas de diferente colores
    - Partículas magnéticas húmedas
- Luz ultravioleta
- Elementos para aseo

Seguridad:

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- El uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
    - Casco
    - Lentes de seguridad
    - Zapatos de seguridad
    - Guantes de seguridad
    - Chaleco reflectante
    - Protector auditivo. Si aplica
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda

Desarrollo de la Actividad

- Registrar características del componente
- Aplicar procedimiento de partículas magnéticas húmedas
- Observar formación de polos en fisura
- Aplicar procedimiento de partículas magnéticas húmedas
- Identificar si existe falla con luz normal y luz ultravioleta
- Escribir informe técnico con las actividades y conclusiones de las inspecciones realizadas

Informe técnico

Participantes	**Fecha:**
Componente ensayado: Componente entregado por el instructor	
Tipo de ensayo: Detección de fisuras con la utilización de polvos magnéticos	
• Procedimiento aplicado durante el ensayo: • Se debe limpiar totalmente la pieza a trabajar. Puede que sea necesario pasarle lija para que quede libre de óxido, polvo, grasa, etc. • Con la utilización de un yugo electromagnético de corriente alterna o directa, se magnetiza la pieza. • Se aplican sobre la pieza que está siendo magnetizada polvos magnéticos secos, utilizando el color que ofrezca mayor contraste. • Se revisa la pieza para la observación de las fisuras encontradas. La corriente de magnetización debe permanecer mientras el medio de ensayo es aplicado y mientras cualquier exceso del medio de ensayo sea removido • Se repite la operación utilizando ahora partículas húmedas. • La corriente de magnetización se debe encender después que las partículas hayan sido aplicadas. El flujo de partículas se debe detener con la aplicación de corriente. Las partículas húmedas aplicadas con spray de aerosol en lata se pueden aplicar antes y/o después que la corriente de magnetización se aplica.	

<table>
<tr><td colspan="2">

- Se revisa la pieza para la observación de las fisuras encontradas
- Se realiza informe técnico
- Una vez terminada la experiencia se debe limpiar la pieza removiendo todos los elementos utilizados.
- Se realiza housekeeping en el área de trabajo

</td></tr>
<tr><td colspan="2">

Conclusiones del ensayo:

El participante debe realizar las conclusiones de experiencia realiza con tintes penetrantes

</td></tr>
<tr><td rowspan="2">

Fotografía del componente
Si es posible

</td><td>

Nombre Inspector : _____

Firma Inspector : _____

</td></tr>
<tr><td>

Recomendaciones :

</td></tr>
</table>

Cierre

Los participantes después de trabajar con partículas secas y húmedas pueden ver la diferencia en el comportamiento de estas y pueden discutir entre grupos y con el instructor estas diferencias

3. Reparación de componentes del sistema de transmisión

3.1 Desarme de sistemas y componentes de transmisiones de equipos fijos

Para tener en claro cómo se realiza un desarme de los sistemas de transmisión primero se deberá reconocer cuales son los componentes que forman el sistema de transmisión.

En el siguiente diagrama se muestra como está constituida la transmisión de un molino de bolas:

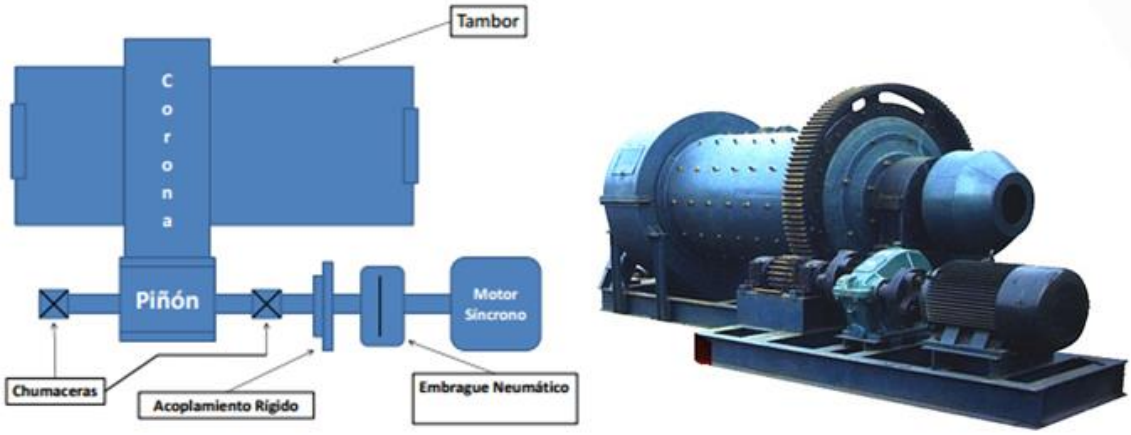


Figura 38

Las causas más frecuentes de desarme de sistemas de transmisión es el desgaste excesivo del eje piñón, el cual da origen a un cambio de éste y por consiguiente un desarme del sistema de transmisión,

Lo que hay que tener en cuenta a la hora del montaje es:
Las condiciones de funcionamiento para los rodamientos del eje de piñón no están particularmente exigidas desde el punto de vista de la carga o de la velocidad; sin embargo, el polvo, la humedad y el agua generalmente están presentes en la aplicación.

Los engranajes pueden ser rectos o helicoidales. En el caso de engranajes rectos, los dos rodamientos del eje impulsor comparten generalmente las cargas radiales del sistema. En el caso del engranaje helicoidal, el rodamiento lado fijo debe soportar la carga axial generada por el engrane, además de las cargas radiales del sistema.

De acuerdo a las cargas generadas en el engrane y en el sistema, generalmente se requiere una vida básica de rodamientos de por lo menos 50.000 horas de funcionamiento.

Las unidades convencionales del engranaje impulsor del piñón poseen soportes para rodamientos bipartidos, fijados a pedestales o fundaciones de acero o concreto.

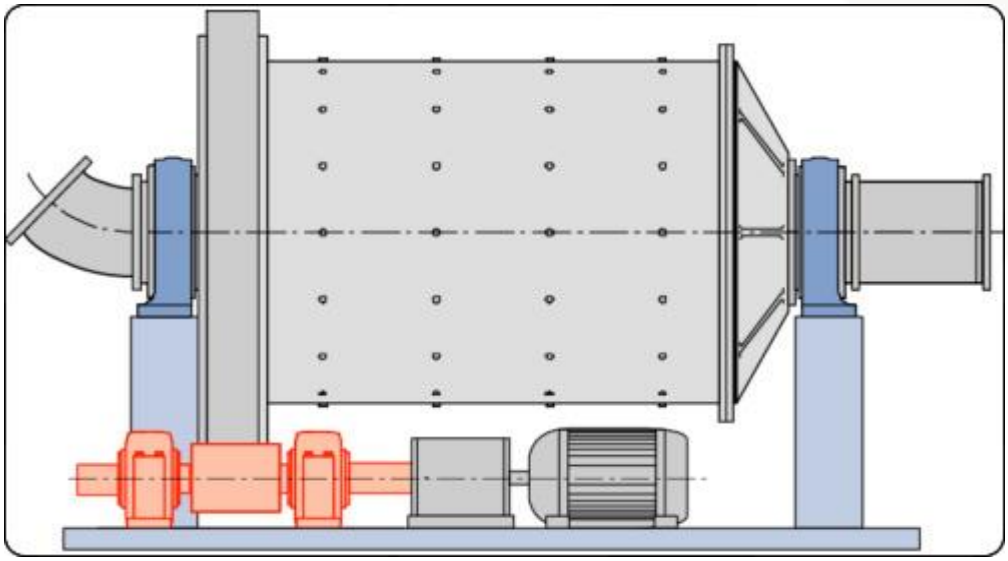


Figura 39
Esquema molino – Eje impulsión

Montaje

El factor más importante a considerar para la unidad de impulsión, es un engrane adecuado entre el piñón y la corona del molino. Esto requiere una correcta alineación entre ambos componentes, y entre el sistema motor-eje principal.

Un montaje adecuado de los rodamientos del eje impulsor del piñón debe incluir la comprobación de que los dientes de engranaje estén en correcto estado y de que la envolvente del engranaje sea concéntrica con los rodamientos a lo largo de todo el ancho del engranaje, para evitar el desgaste del piñón y corona.

Además, se debe incluir dentro de las tareas la comprobación de que los asientos del eje y alojamiento estén dentro de las tolerancias tanto dimensionales como de forma.

En el caso de que en alguno de los alojamientos se haya formado rebabas, agrietadas o figuradas, deberá en la medida de lo posible, mecanizarse o reemplazarse.

También deberá comprobarse planitud y forma de la base del soporte así como del pedestal.

En algunos casos los laberintos del sello se encuentran desgastados por suciedad propia de la aplicación o por el contacto de los laberintos con el soporte, por lo que deben revisarse estas áreas para saber si hay desgaste. En el caso afirmativo, es recomendable el reemplazo de los sellos por nuevos.

El factor más importante a considerar para la unidad de impulsión, es un engrane adecuado entre el piñón y la corona del molino. Esto requiere una correcta alineación.

Disposición de rodamientos

La disposición tradicional es la de dos rodamientos de rodillos a rótulas, uno como lado fijo y otro como lado libre. Para asegurar la posibilidad de funcionar como lado libre, será necesario contar con ajuste deslizante entre aro exterior del rodamiento y alojamiento del soporte.

Actualmente se recomienda un rodamiento de rodillos a rótula en el lado fijo y un rodamiento CARB en el lado libre, ambos montados sobre manguitos de fijación.

El rodamiento toroidal de rodillos CARB es auto alineable como uno de rodillos a rótula y permite el libre movimiento axial como uno de rodillos cilíndricos o uno de agujas; sin inducir cargas axiales internas y prácticamente sin fricción, ya que el desplazamiento se realiza internamente. Por este motivo el aro exterior debe estar fijado axialmente.

Utilizar manguitos de fijación o de desmontaje beneficia en cuanto a la velocidad y eficiencia del montaje. Cuando se utiliza un rodamiento con asiento cónico, el juego radial interno se puede regular a través del calado axial del mismo. Al mismo tiempo, si se utiliza manguito se mantiene el eje sin daños, y las tolerancias dimensionales y de forma del eje son menos estrictas que para asiento cilíndrico.

También se puede proveer manguitos con conductos y ranuras para permitir el uso del método de la inyección del aceite, para un montaje y desmontaje más sencillo.

En cuanto a los soportes para lubricación por grasa existen los SNL y SAF, ambos con sus distintas variantes de sellos, tolerancias y diseños. En el caso de reemplazo de soportes especiales o a medida. Dichos soportes también se pueden utilizar con lubricación por baño de aceite, con sellos especiales para este uso.

También se pueden proveer soportes SONL, los cuales están diseñados para lubricación por aceite, tanto baño de aceite como circulación.

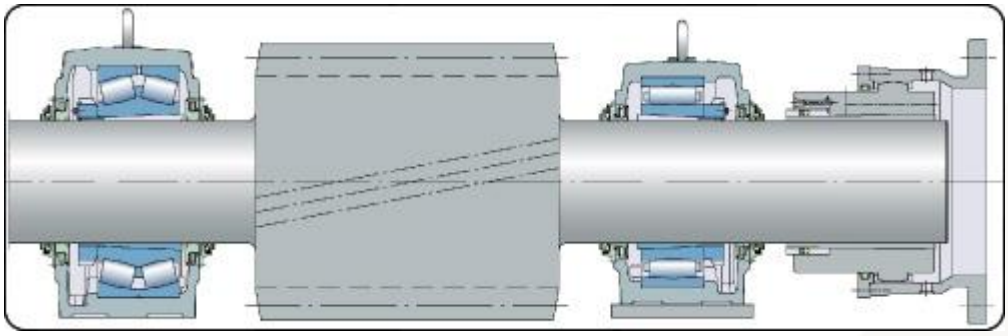


Figura 40
Eje de motriz y componentes

Montaje por inyección de aceite y herramientas de desmontaje

El método de montaje por inyección de aceite de rodamientos y acoples, genera mayor precisión y seguridad en el montaje. Las fallas durante la instalación se han reducido en un 80% usando la técnica de inyección de aceite, además de otras técnicas de montaje.

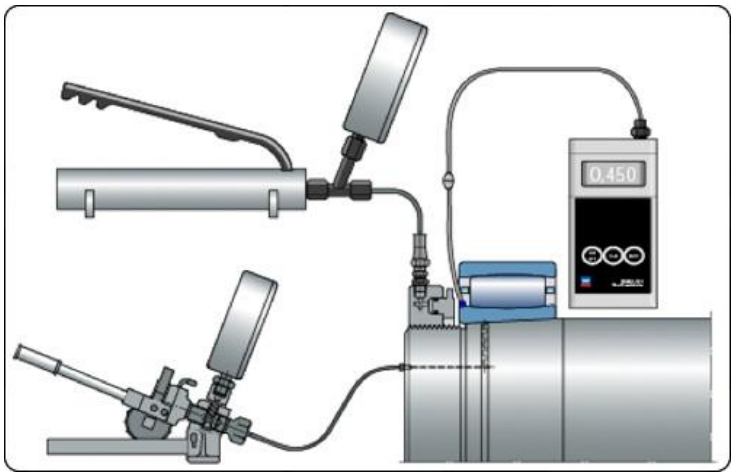


Figura 41

Método por inyección de aceite

Como se mencionó anteriormente, el factor más importante a considerar durante el funcionamiento del molino es un engrane adecuado entre el piñón y la corona, lo que requiere una correcta alineación de todo el conjunto.

Para esto, se recomienda utilizar herramientas de alineación láser de eje. La tensión adicional que un eje mal alineado ejerce sobre el equipo contribuye a una vida de servicio más corta del rodamiento, y puede consumir el hasta 6% más energía. Las herramientas de alineación láser permiten una alineación más precisa, más rápida y segura.

Desarme de reductor planetario KMP (Molino Vertical)

Otro componente que se encuentra presente en los sistemas de transmisión es reductor, por lo que se mostrara en esta sección un tipo de desmontaje de las partes principales de un reductor KMP de un molino vertical éste se caracteriza por una etapa de engranajes cónicos, una etapa de engranajes planetarios y un cojinete de deslizamiento de empuje axial para el accionamiento del molino vertical.

Estos engranajes están hechos para las condiciones de servicios especiales. Tienen que transmitir la potencia, reducir la velocidad del motor eléctrico a la velocidad requerida del molino y soportar la mesa de molienda.

Debido a que el proceso de molienda presenta fuerzas axiales muy elevadas, que se deben trasmitir a la cimentación a través de la carcasa del reductor. Ver figura 40.

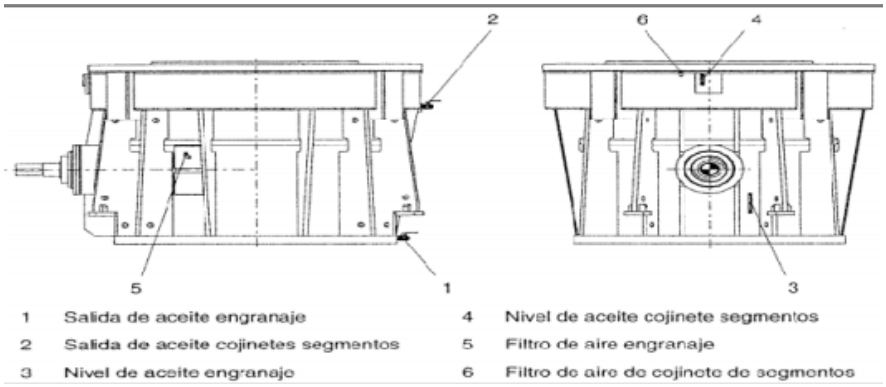


Figura 42

Extracción de anillo de deslizamiento

Para empezar el desarme del reductor se hace una limpieza general del mismo, se quitan los tornillos de la tapadera central del anillo de deslizamiento, comúnmente llamada tapadera del reductor.

Luego de quitar la tapadera central se realiza la medición de la distancia del eje de baja velocidad y la tapadera, esto se realiza como referencia para que cuando se monte nuevamente la tapadera conserve aproximadamente la misma distancia.

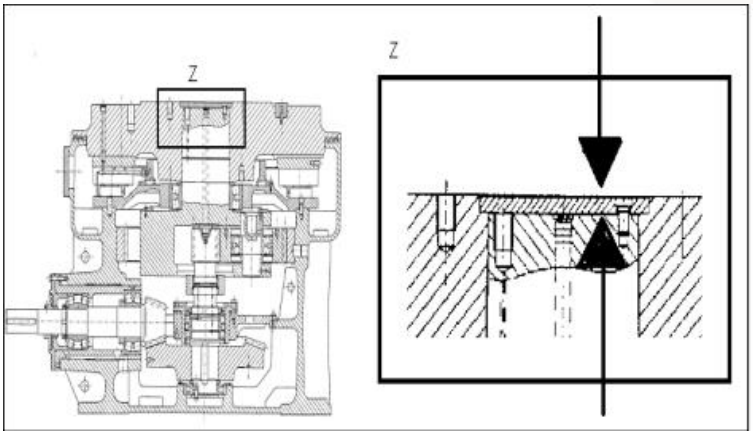


Figura 43

Medición de la distancia entre el eje y tapadera

El procedimiento para despegar la tapadera del reductor se realiza de la siguiente manera:
Se colocan cuatro barras roscadas en los orificios de los pernos que unen la tapadera del reductor y la mesa de molienda. Luego en el otro extremo de las barras se coloca una tapa que sirve como soporte al tricket.

El eje de baja velocidad contiene dos orificios que van conectadas las bombas las cuales tienen como función inyectar aceite hidráulico a presión al eje de baja velocidad para despegar la tapadera del eje.

El método de inyección de aceite es utilizado para el montaje, desmontaje de la tapadera y del rodamiento apareado del eje del engranaje cónico.

El aceite es inyectado a presión entre las superficies, a través de conductos y una ranura de distribución. La película de aceite que se forma reduce la fricción y separa completamente el eje de baja velocidad y la superficie de la tapadera.

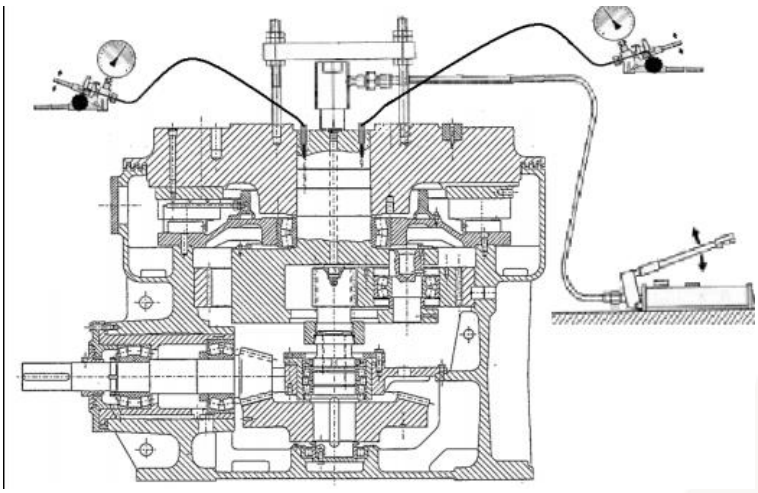


Figura 44

Método para extraer la tapadera del reductor

Se inicia introduciendo aceite al eje utilizando las dos bombas aplicando 10,000 PSI de presión, esta presión empezará a disminuir. Se le aplica nuevamente la misma presión y se espera que disminuya.

En la tercera aplicación se aumenta la presión a 15,000 PSI. Se debe asegurar que no haya fugas en el inyector de las bombas.

Luego de haber llegado a esta presión, se empieza a ejercer presión al tricket al mismo tiempo que se le aplica aceite hidráulico al eje.

Luego de despegar la brida de salida, se procede a trasladarla hacia un lugar donde se pueda realizar las inspecciones de la parte de debajo de la brida.

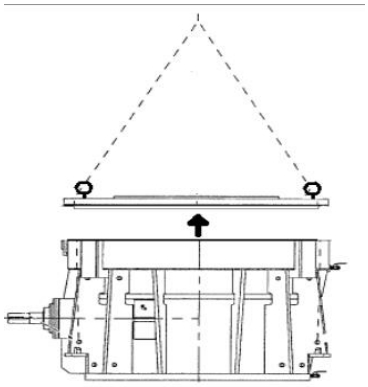


Figura 45

Elevación de la tapadera del reductor

En la parte inferior de la brida de salida del reductor se encuentra el anillo de deslizamiento compuesta de metal babbit, al igual que la superficie de las zapatas con que hacen contacto. El babbit disminuye la fricción entre éstas para que se pueda producir eficientemente el deslizamiento entre la tapadera y las zapatas.

Por tal motivo la limpieza de la tapadera se debe realizar con extrema precaución para evitar ralladuras en la superficie de contacto del anillo de deslizamiento.

En seguida se desconecta la tubería que lubrica a las zapatas y al rodamiento del eje de baja velocidad. Las zapatas están enumeradas con sus bases y con la tapadera donde están asentadas. Las bases de apoyo de las zapatas están atornilladas con tornillos Allen. Después de quitar las zapatas y sus bases de apoyo, se debe quitar la tapadera donde se asientan las zapatas, además de la tornillería también asegurarse de quitar los pines guías que sujetan la tapadera a la carcasa del reductor, para luego elevar la tapadera y trasladarla.

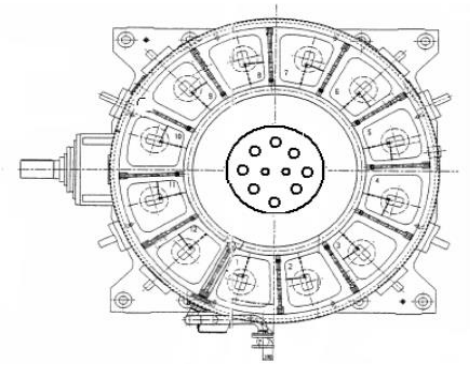


Figura 46

Zapatas y tubería de lubricación

Extracción de engranajes planetarios

En la extracción del sistema planetario del reductor se enroscan dos argollas con eslingas al eje del planetario y se procede a elevarlo con la grúa.

Se colocan sobre dos trozos de madera como base de apoyo para asentar el sistema planetario.

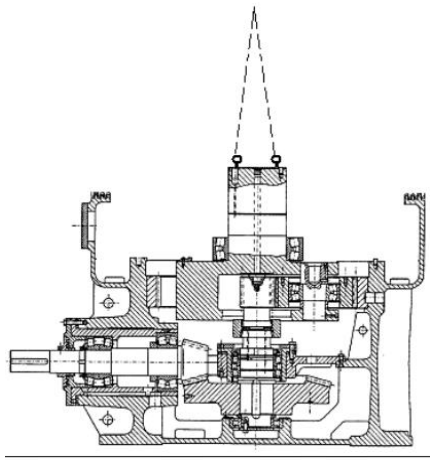


Figura 47

Elevación del sistema planetario

Luego de sacar el sistema planetario del reductor se comienza a desarmarlo para hacer las revisiones a los engranajes, los ejes planetarios y los cojinetes. Para esto se realiza el siguiente procedimiento.

Se quitan los tornillos castigadores que aseguran a los ejes planetarios con la armazón del planetario para que no giren con el rodamiento.

Los ejes planetarios tienen dos orificios en la parte de arriba donde se roscan dos espárragos y se coloca una barra transversalmente que sirve como apoyo de los trickets que irán uno en cada extremo de la barra. Se colocan dos tricket de cinco toneladas, y

se empieza a aplicarle presión al mismo tiempo a los trickets para ir sacando el eje planetario.

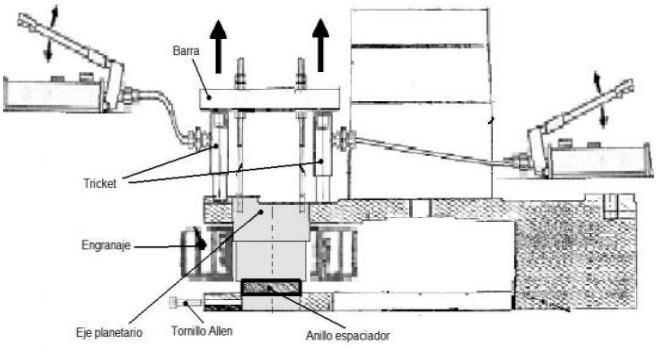


Figura 48

Método de extracción de los ejes planetarios

Después de extraído los tres ejes planetarios, los engranajes quedan libres para sacarlos de la armazón.

De esta manera se continúa con el desarme del reductor efectuando los siguientes pasos:

- Extracción del cojinete del engrane planetario
- Extracción de piñón y acople
- Extracción del eje de alta velocidad
- Extracción del eje de alta velocidad de su alojamiento
- Extracción de la corona central.
- Procedimiento para extracción de tapadera de la corona central
- Procedimiento para armado del reductor

3.2 Planos mecánicos de transmisiones

El plano mecánico es un sistema de representación gráfica de diversos tipos de componentes, con la intención de proporcionar información suficiente para facilitar su análisis, ayudar a elaborar su diseño y posibilitar su futura construcción y mantenimiento. Suele realizarse con el auxilio de medios informatizados o, directamente, sobre el papel u otros soportes planos.
Es la representación gráfica de un objeto o una idea práctica. Esta representación se guía por normas fijas y preestablecidas para poder describir de forma exacta y clara, dimensiones, formas, características y la construcción de lo que se quiere reproducir.

Los objetos, piezas, máquinas, entre otros, se suelen representar en planta (vista superior, vista de techo, planta de piso, cubierta, entre otros), alzado (vista frontal o anterior y lateral; al menos una) y secciones (o cortes ideales) indicando claramente sus dimensiones mediante acotaciones; son necesarias un mínimo de dos proyecciones (vistas del objeto) para aportar información útil del objeto.

Planos mecánicos del sistema de transmisión más común:

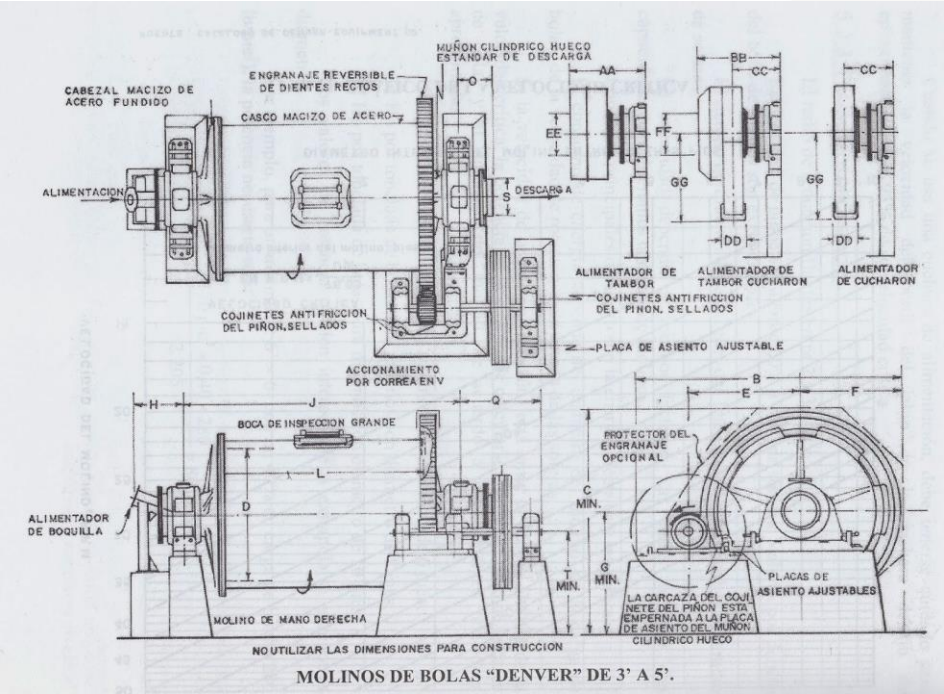


Figura 49

Molino de Bola Denver

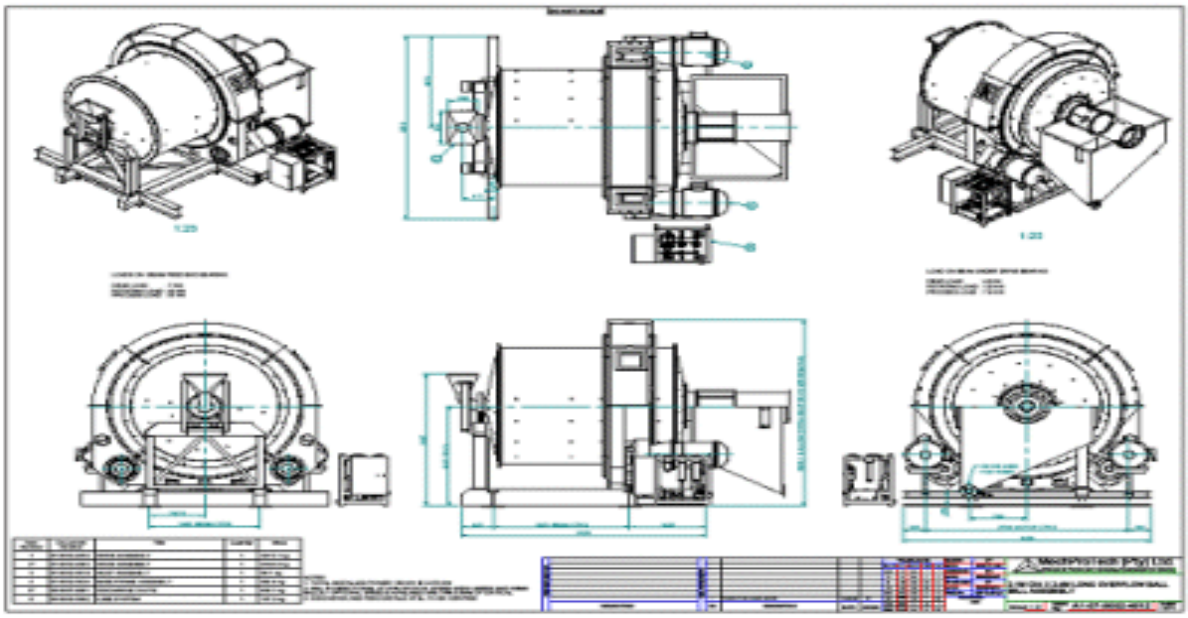


Figura 50

Plano de Molino

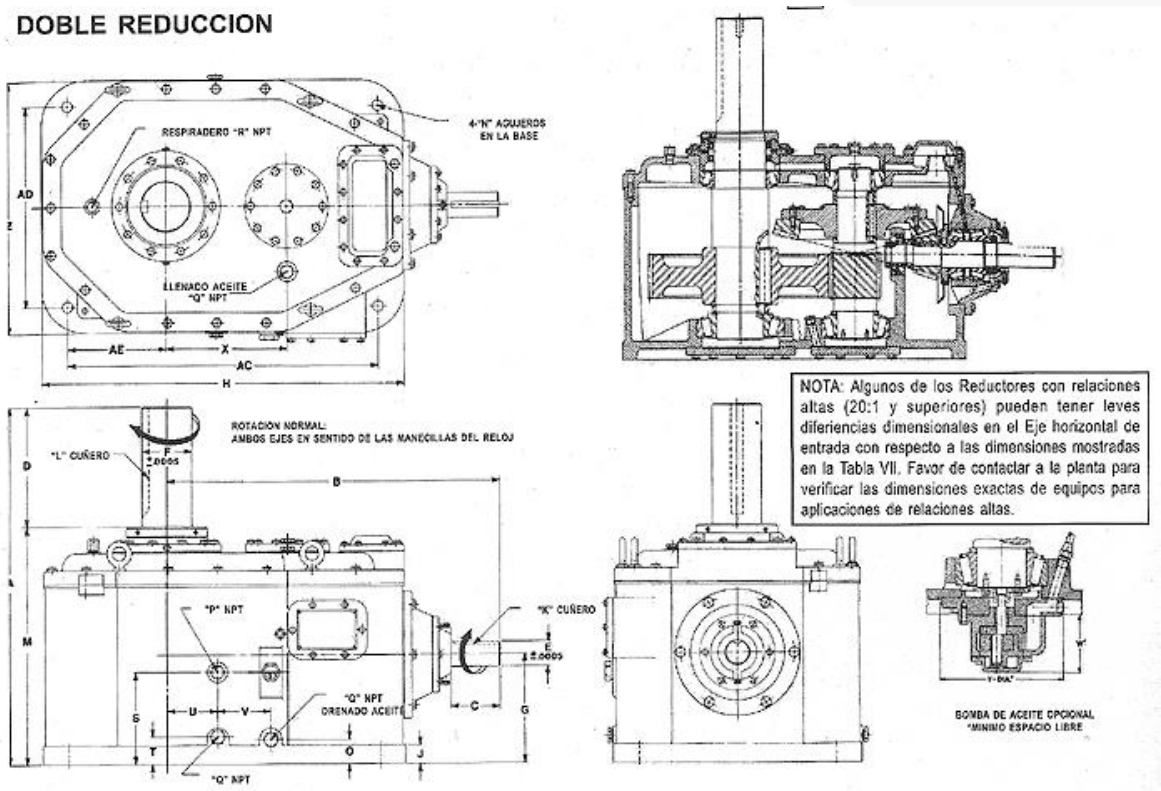


Figura 51

Reductor con doble reducción

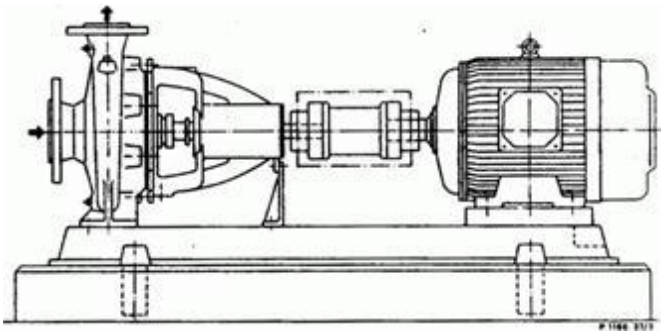


Figura 52

3.3 Desgastes en transmisiones

Desgaste de cadena debido a estiramiento y desgaste de pasador

El desgaste de cadena causado por el estiramiento y desgaste del pasador se evidencia cuando la cadena gira cerca de las puntas de los dientes de la rueda más grande. Cuando la transmisión disminuye, levante la cadena y póngala lejos de la rueda más. Asegúrese que la cadena esté engranada en los dientes de avance y en los dientes de salida. El desgaste se evidencia si aparece un juego (brecha) entre el rodillo y la parte inferior de los dientes.

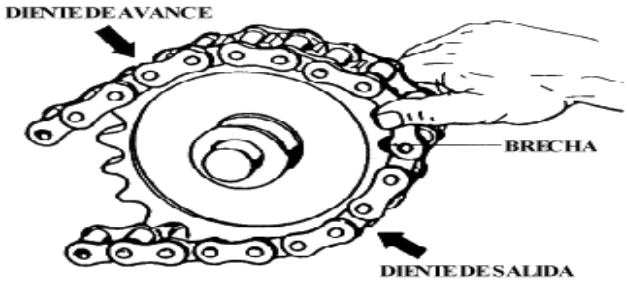


Figura 53

Revisando el desgaste

Si la cadena tiene deflexión, apoye la flexión con una tabla y sujete un extremo. Al empujar y tirar varios eslabones, usted podrá ver si se está produciendo algún desgaste en un pasador. Cuando se presiona toda la cadena, debería tener el largo original. Luego cuando la cadena se tira, la diferencia de longitud indica la cantidad de desgaste en los pasadores.

Las revisiones de la cadena anteriores muestran el desgaste de ésta, pero no así en qué cantidad. Una manera más exacta de medir el desgaste de la cadena es compararla con una nueva:

1) Estire la cadena usada aplicando una fuerza específica y mida su longitud. (La fuerza que se aplica puede ser una balanza de resorte para mediciones horizontales o un peso muerto para mediciones verticales).
2) Estire la cadena nueva con un número de pasos aplicando la misma fuerza. Mídala.
3) Compare las longitudes.

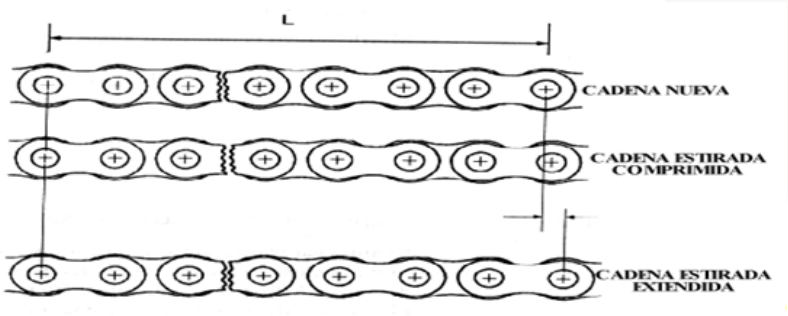


Figura 54

Prueba para detectar el desgaste de pasadores mediante el método de vaivén

El estiramiento se determina mediante el aumento de la longitud (**S)** expresado como porcentaje del largo original de la cadena **(L**)

$$\text{Estiramiento} = \frac{S \times 100\%}{L}$$

Los fabricantes de cadenas recomiendan cambiar la cadena cuando la extensión sea de un 1% a 2%, dependiendo de la velocidad y condiciones de operación de la transmisión, así también como de la importancia de producción de la máquina.

Desgaste de la rueda dentada

Este se evidencia por un cambio en la forma del diente. El desgaste normal es difícil de detectar, no así el desgaste excesivo por desalineación o sobrecarga.

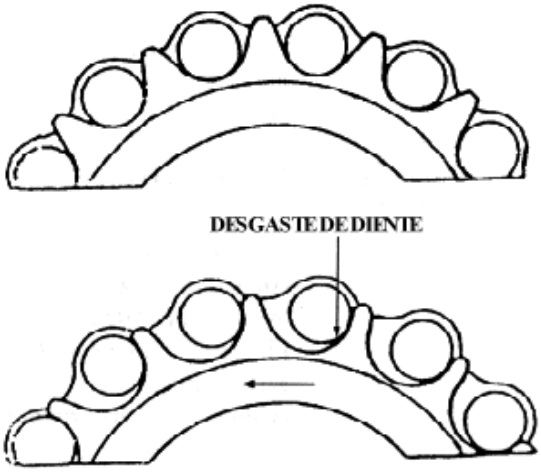


Figura 55

Rueda dentada con desgaste

Este puede ser causado por un(a):

- Flexión excesiva
- Cadena estirada
- Polea tensora suelta
- Motor moviéndose en su base
- Máquina moviéndose en su base

Desgaste anormal de la polea

- Causa :La polea tiene muy poca resistencia al desgaste (plástico, aluminio)
- Solución Utilice poleas de otros materiales

Desalineación

Otro problema que ocurre cada vez más es la desalineación de poleas.

Las correas Acanaladas son más sensibles a la desalineación que las trapezoidales. En general podemos decir que desalineamiento superiores a 1 grado puede llevar a problemas como:

- Pilling (Acumulación de goma):

Como los dientes no entran perfectamente en las ranuras de las poleas, las partículas de goma se desgastan en los laterales del diente. Estas partículas son todas empujadas hacia los canales de la correa. Formando unas pequeñas bolas de goma que crearán ruido

- Daños en las puntas de los dientes:

La parte exterior del diente trabaja en el interior del reborde de la polea, y éste puede desprenderse También la cuerda puede deshilacharse y salirse de la correa. Estos dientes /cuerdas desprendidas pueden crear una situación peligrosa: pueden entrar en contacto con la correa de distribución y averiar el motor.

- Ruido:

Si los canales no están paralelos a las ranuras de las poleas puede acarrear ruido a la transmisión.

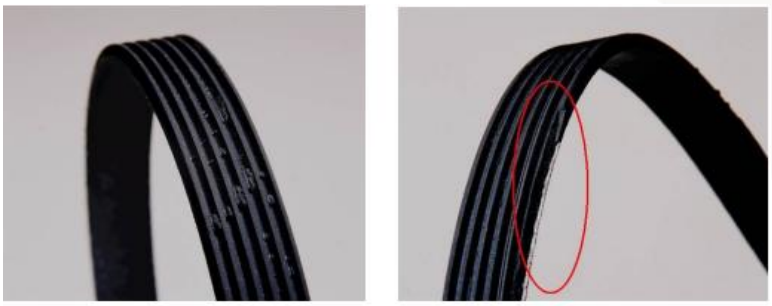


Figura 56

Correas que han trabajado bajo desalineación tendrán un aspecto brillante en uno de los lados de los canales.

Desgaste en las paredes laterales de la correa

- Unas de las causa probable es el desalineamiento y la solución a ese inconveniente es volver alinear las poleas

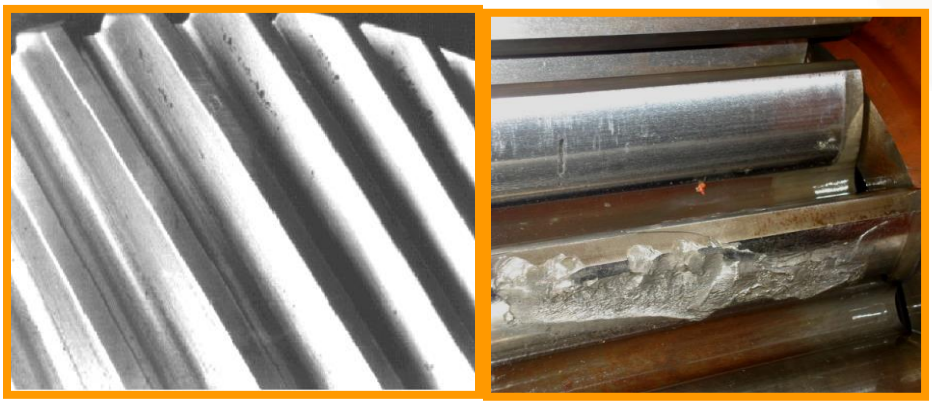
Es muy importante que el ajuste de la tensión inicial sea correcto, para prevenir un desgaste /ruido/fallo prematuro. Tanto alta tensión como baja tensión nos traerá problemas:

- Alta tensión nos acarreará a un desgaste anormal, generará gran cantidad de calor, grietas y endurecimiento de la goma rotura prematura de la cuerda y ruido.
- Baja tensión conllevará deslizamientos (insuficiente tensión para hacer girar a los diferentes componentes) ruido, calentamiento extremo, endurecimiento y grietas en la goma, ruptura de la correa y desgaste en la polea. Correas que han estado deslizándose muestran flancos brillantes, a ambos lados del diente de la correa.

Figura 57

Desgaste en engranajes

El desgaste es un término que describe el cambio de la superficie de un diente de engranaje que involucra el retiro o desplazamiento de material, debido la acción mecánica, química o eléctrica.



Picado inicial Fractura frágil

Figura 58

Figura 59

Desconchado

3.4 Precarga de engranajes

Precarga

Los rodamientos normalmente retienen algo de juego interno durante el funcionamiento. No obstante, en algunos casos se desea proporcionar un juego negativo para mantener un stress interno. Esto se llama “precargar”. Normalmente se aplica precarga a los rodamientos a los cuales se les puede ajustar el juego durante el montaje, tales como los rodamientos de bolas de contacto angular o los rodamientos de rodillos cónicos.

Normalmente se montan dos rodamientos cara-a-cara o espalda a-espalda para formar un conjunto dúplex con precarga.

Finalidad de la Precarga

La finalidad principal de algunas aplicaciones típicas de rodamientos precargados son las siguientes:

- Para mantener los rodamientos en la posición exacta tanto radial como axialmente y mantener la precisión de funcionamiento del eje.
- Ejes principales de máquina herramienta, instrumentos de precisión, etc.
- Para incrementar la rigidez del rodamiento.
- Ejes principales de máquina-herramienta, ejes de piñones o engranajes finales de trasmisión de automóviles, etc.
- Para minimizar el ruido debido a vibración axial y resonancia.
- Motores eléctricos pequeños, etc.
- Para prevenir deslizamiento entre los elementos de rodadura y los caminos de rodadura debido a momentos giroscópicos.
- Aplicaciones de alta velocidad o aceleración de rodamientos de bolas de contacto angular o de bolas de empuje.
- Para mantener los elementos de rodadura en su posición correcta con los aros del rodamiento.
- Rodamientos de bolas de empuje o de rodillos esféricos de empuje montados en un eje horizontal

Métodos de Precarga

Precarga de Posición

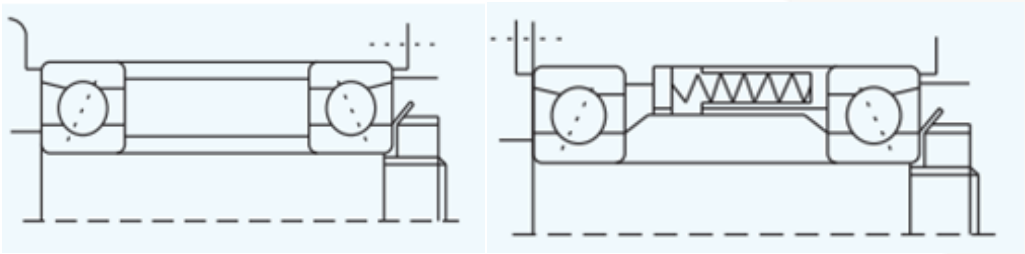
Se obtiene una precarga de posición fijando dos rodamientos opuestos axialmente para imponer una precarga y su posición relativa no varía durante el funcionamiento.

En la práctica los siguientes tres métodos son utilizados generalmente para obtener una precarga de posición.

- Mediante la instalación de un conjunto dúplex de rodamientos con dimensiones “stand-out” y juego axial previamente ajustados
- Mediante el uso de un espaciador o lámina del tamaño adecuado para obtener el espaciado requerido y la precarga
- Mediante el uso de tornillos o tuercas que permiten el ajuste de la precarga axial. En este caso, se debe medir el par inicial para verificar que la precarga es correcta.

Precarga de presión constante

Se obtiene una precarga de presión constante mediante el uso de un muelle espiral o de lámina que imponga una precarga constante. Incluso si la posición relativa de los rodamientos varía durante el funcionamiento la magnitud de la precarga permanece relativamente constante.



Precarga de Posición Precarga de Presión Constante

Figura 60

Precarga de Posición y Rigidez

Cuando los aros interiores de los rodamientos dúplex son fijados axialmente, los rodamientos A y B son desplazados y el espacio axial 2 entre los aros interiores es eliminado. Con esta condición, se impone una precarga F sobre cada rodamiento. En la figura se muestra un diagrama de precarga que muestra la rigidez del rodamiento, que es la relación entre carga y desplazamiento con una determinada carga axial F impuesta sobre un conjunto dúplex.

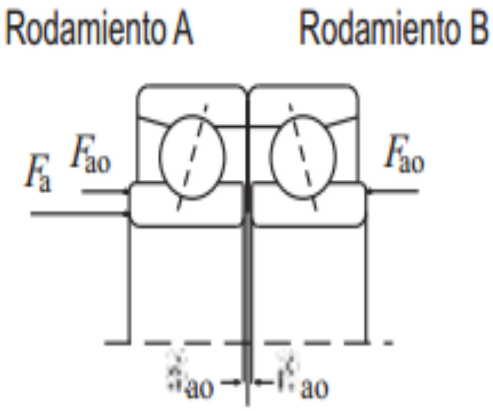


Figura 61

Precarga de Rodamiento Dúplex Espalda-a-Espalda

Si la precarga es mayor de la necesaria, se puede ocasionar generación anormal de calor, incremento de par friccional, reducción de vida de fatiga etc. La cantidad de precarga debe ser cuidadosamente determinada considerando las condiciones de funcionamiento y el propósito de la precarga.

3.5 Juego entre dientes

Calcular dimensiones de las ruedas dentadas de diente recto

Para hacer los cálculos necesarios en el montaje y el ajuste de los engranajes, se requiere conocer en detalle las especificaciones técnicas dentadas de las ruedas.

Estas especificaciones técnicas se refieren a las dimensiones de los dientes y su disposición en la corona.

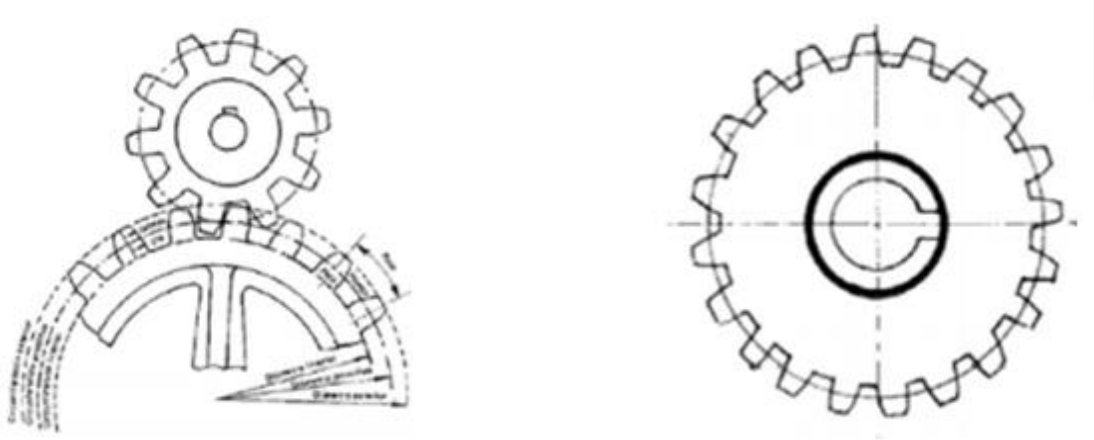


Figura 62

3.6 Torque admisible de acuerdo a tablas de fabricantes

Fuerza de Torsión

El torque o par es el nombre que se da a las fuerzas de torsión. Para que la torsión exista se requieren 2 fuerzas (par), que se ejercen en sentido opuesto. Ver la figura.

Par de fuerzas

El valor del par depende del radio de acción de la fuerza (brazo). La mayor o menor torsión que genera una fuerza, depende de la distancia al punto de pivote. A mayor brazo mayor par.

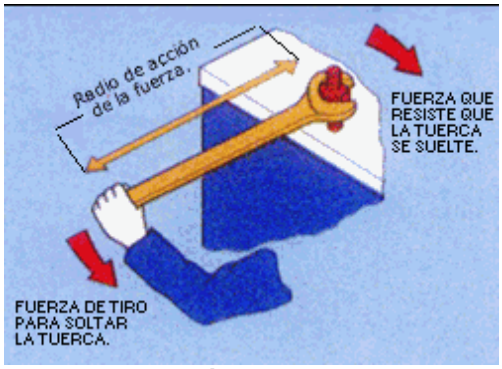


Figura 63

En la sujeción del sistema de transmisión es importante tener claro el apreté que se debe de tener en los pernos, para ello se muestra a continuación el tipo de perno y el torque que se le debe de aplicar.

Variaciones del Torque

Apriete que se debe aplicar según el tipo de perno y la condición de lubricación.

Tipo de Perno	**Variación del Torque**
Corriente Lubricado con Aceite	Reducir 15 a 25%
Corriente con Teflón o Grasa	Reducir 50%
Cromado Lubricado	Sin Cambio
Plateado Cadmio Lubricado	Reducir 25%
Plateado Zinc Lubricado	Reducir 15%

Tabla 4

Identificación de Pernos

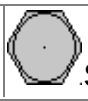
Grado de Dureza	 .SAE 2	.SAE 5	.SAE 7	.SAE 8
Marcas	Sin Marcas	3 líneas	5 líneas	6 líneas
Material	Acero al carbono	Acero al carbono	Acero al carbono templado	Acero al carbo templado
Tensión Mínima	74 libras por pulgada	120 libras por pulgada	133 libras por pulgada	150 libras por pulgada

Tabla 5

Apriete de pernos

	SAE Grado 5				SAE Grado 8			
Tamaño de hilos	Secos . ft lb	N m	Aceitados . ft lb	N m	Secos . ft lb	N m	Aceitados . ft lb	N m
1/4-20	8	9,8	6	7.84	12	19.6	9	9.8
¼-28	10	9,8	7	9.8	14	19.6	11	9.8
5/16-18	17	19,6	13	19.6	24	29.4	18	19.6
5/16-24	19	29,4	15	19.6	27	39.2	21	29.4
3/8-16	31	39,2	24	29.4	44	58.8	34	49
3/8-24	35	49	27	39.2	49	68.6	38	49
7/16-14	49	68,6	38	49	70	98	54	69
7/16-20	55	78,4	42	59	78	107.8	60	78.4
1/2-13	75	98	58	78.4	105	137	82	107.8
1/2-20	85	117,6	65	88	120	166.6	90	117.6
9/16-12	110	147	84	118	155	206	120	166.6
9/16-18	120	166,6	93	127	170	225	132	176
5/8-11	150	206	115	157	210	284	165	225
5/8-18	170	225	130	176	240	323	185	245
3/4-10	270	363	205	274	375	510	290	392
3/4-16	295	402	230	314	420	568	320	431
7/8-9	395	529	305	412	605	813	455	617
7/8-14	435	588	335	451	670	902	515	696
1-8	590	793	455	617	905	1225	695	941
1-14	660	892	510	686	1030	1392	785	1057

Tabla 6

Procedimiento de torque

Al aplicar torque es normal apretar solamente un perno a la vez, y esto puede causar carga puntual y dispersión de la carga. Para evitar esto, el torque se aplica en etapas de acuerdo a un patrón predeterminado:

Actividad N° 7

Introducción a la actividad

La siguiente actividad está diseñada para que los participantes apliquen torque a componentes mecánicos con aplicación de tablas.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Recurso Plataforma Web	
Explicación demostrativa en aula	
Recurso Audiovisual	
Propuestas de situaciones problemáticas	
Formulación de Preguntas	
Taller de Trabajo	✓
Propuestas de Situaciones Problemáticas	

<u>Realizar procedimiento de torque aplicando tabla de torque</u>

Objetivo de aprendizaje

El objetivo de esta actividad es que los participantes es que a través de un procedimiento de torque, de acuerdo a una secuencia lógica y en etapas, comprendan la importancia de este trabajo.

Descripción de la actividad

El instructor podrá realizar esta actividad en grupos, en pares o en forma individual.
La actividad debe ser realizada en taller. Solicitará a los participantes que observen que cumplan con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Materiales y Recursos

- Llaves de torque
- Dados
- Componente mecánico (tapa) que tenga una serie de pernos
- Tabla de torques
- Kit de herramientas
- Tabla de torques
- Elementos de aseo

Seguridad:

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

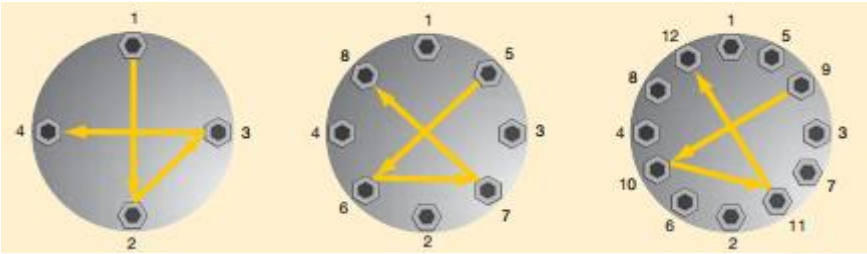
- El uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
    - Casco
    - Lentes de seguridad
    - Zapatos de seguridad
    - Guantes de faena
    - Chaleco reflectante
    - Protector auditivo. Si aplica
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda

Desarrollo de la Actividad

Aplicar torque a serie de pernos utilizando tabla de fabricante y aplicando la secuencia lógica para no dañar la pieza y causar carga puntual y dispersión de la carga

El instructor debe tener en el taller unos componentes que tengan más de 4 pernos para que los participantes realicen la actividad

Secuencias que deben realizar los participantes



El participante debe llenar en informe anotando las novedades encontradas

Participantes	**Fecha:**
Componente ensayado: Componente entregado por el instructor	
Procedimiento aplicado • Revisar mesón de trabajo • Revisar pernos a realizar el torque • Determinar cantidad de torque a aplicar al perno de acuerdo a tabla de torque • Revisar llave de torque a utilizar • Poner torque requerido en herramienta • Determinar y explicar al instructor que secuencia va a utilizar • Realizar torque aplicando a lo menos 3 secuencias anotando cantidad de torque en cada secuencia • Anotar el trabajo realizado • Poner el toque en cero. Soltar el torque que había aplicar • Realizar housekeeping	
Conclusiones de la actividad El participante debe anotar las conclusiones de la actividad	

Fotografía del componente Si es posible	Nombre Inspector : _____ Firma Inspector : _____
	Recomendaciones :

Cierre

Comente los resultados de la actividad con su grupo y haga las observaciones y consultas necesarias al Instructor para desarrollar las siguientes actividades

4. Pruebas y Ajustes del Sistema de Transmisión

4.1 Lubricación de transmisiones de equipos fijos

En los sistemas de transmisión se tienen varios equipos los cuales deben de ser lubricados para que éstos tengan disponibilidad y continuidad operacional.

Se muestra a continuación algunos equipos de transmisión más frecuentes encontrados en los cuales se requieren lubricación:

Lubricación de los descansos

Para un adecuado funcionamiento y vida útil de los descansos es importante que los rodamientos se encuentren en una buena y correcta lubricación. Esta reduce el rozamiento por rodadura, protege las distintas partes del rodamiento de la herrumbre y el polvo, absorbe el calor que se genera producto del movimiento relativo de sus partes (aros v/s bolas o cilindros), y atenúa las vibraciones sufridas por el rodamiento durante su operación.

Existe una amplia gama de grasas y aceites para la lubricación de rodamientos. La selección del lubricante depende fundamentalmente de las condiciones de funcionamiento, en especial de la gama de velocidades y temperaturas.

La grasa es el lubricante más utilizado en rodamientos, ya que es de fácil manejo y requiere además de un dispositivo de obturación muy simple. Su empleo está recomendado cuando existe la posibilidad de que el lubricante pueda escapar por los soportes, y se quiera precisamente evitar goteras peligrosas para los materiales de trabajo involucrados (textiles, alimentos, etc.), cuando la forma de los rodamientos permite una fácil afluencia de la grasa a las hendiduras, y cuando se requiera de una protección segura contra toda suerte de agentes corrosivos, humedad, o polvo.

La lubricación por aceite se utiliza en caso de altas velocidades de giro y elevadas temperaturas (Molinos), cuando la forma o disposición de o los rodamientos no permita regular la afluencia de grasa, o cuando sea preciso enfriar los soportes por circulación de lubricante.

Descanso y sus componentes

En las máquinas y mecanismos por lo general se utilizan elementos de transmisión de movimiento y potencia, y muy especialmente, de movimiento de rotación. Esto por lo general se logra a través de ejes, soportes y rodamientos.

Los soportes con rodamientos son elementos ampliamente usados en toda la industria, maquinaria agrícola, minería, etc. Ellos están esencialmente constituidos por un soporte, generalmente de fierro fundido, y un rodamiento inserto en dicho soporte (o descanso), llamados rodamientos de inserción, o simplemente insertos. Este tipo de rodamientos corresponde a los de una hilera de bolitas, con la particularidad de poseer

su aro externo rectificado en forma esférica, al igual que el alojamiento del soporte, permitiendo así el proceso de armado o inserción.

Dicha forma esférica del aro exterior del rodamiento y del alojamiento del soporte permite a su vez la autoalineación del conjunto frente a desviaciones del eje motor. El conjunto puede además trabajar con cargas radiales, con cargas axiales, o con una combinación de las mismas.

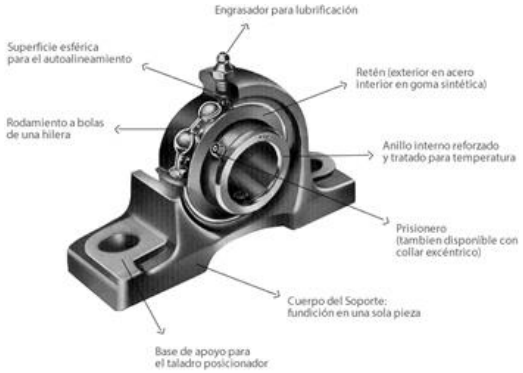


Figura 64

Chumacera con rodamiento de bolas

Este tipo de rodamientos está provisto de un retén resistente al calor y al aceite, consistente en una goma sintética recubierta de una junta de acero, lo cual proporciona una excelente protección contra los elementos extraños contenidos en la atmósfera, protegiendo así de la suciedad y la humedad, y reteniendo además el lubricante del rodamiento.

Lubricación de Reductores

Para realizar:

Cambio de aceite en un reductor

Se deben realizar análisis de aceite y determinar si la contaminación del aceite es tal que excede lo permitido por el fabricante. El paso a paso a seguir en el cambio de aceite es el siguiente:

- Se desmonta con llave manual el tapón del reductor colocando debajo un recipiente para recibir aceite residual.
- Antes de comenzar con el relleno de aceite se instala tapón. Se comienza con el llenado de aceite correspondiente hasta el nivel indicado y verificando fugas por el tapón.
- Se instalan las barreras duras si fuese necesario o si este las tuviera.

Puesta en Marcha del reductor

El reductor se abastece de aceite antes de la puesta en marcha para pre lubricar durante 30 minutos como mínimo a través del sistema de abastecimiento de aceite

Se llenará con tanto aceite como sea necesario para que el engranaje en reposo y la bomba del sistema de abastecimiento de aceite en funcionamiento, se alcance el nivel de aceite prescrito en los indicadores de nivel de aceite del reductor. Durante este tiempo se abastecen los rodamientos, cojinetes de segmentos axiales y los de engranajes.

Después de accionar el sistema de abastecimiento de aceite se pone en marcha el reductor durante varias horas sin carga. Si no se presenta ningún fallo, se puede incrementar la carga a intervalos prudentes bajo control permanente, poco a poco, hasta plena carga.

Durante este tiempo se observarán los siguientes puntos:

1) El nivel de aceite deberá situarse entre las marcas del indicador
2) de nivel de aceite y dado el caso deberá añadirse aceite.
3) Los ruidos, a ser posible con un estetoscopio, se estará a la escucha en diferentes puntos del engranaje para comprobar si se oyen ruidos anómalos.
4) Se examinarán todas las uniones de tornillo de las conducciones de aceite, para ver si tienen fugas de aceite.
5) Medición de vibraciones (antes y después del desarme).
6) Análisis de aceite (antes y después del desarme).

Acoplamiento

El uso de grasa universal requiere la relubricación del acoplamiento por lo menos una vez cada seis meses. Si el acoplamiento pierde grasa, es expuesto a temperaturas extremas o humedad excesiva, experimenta inversiones de movimiento o movimientos axiales frecuentes, puede ser necesario lubricar más frecuentemente.

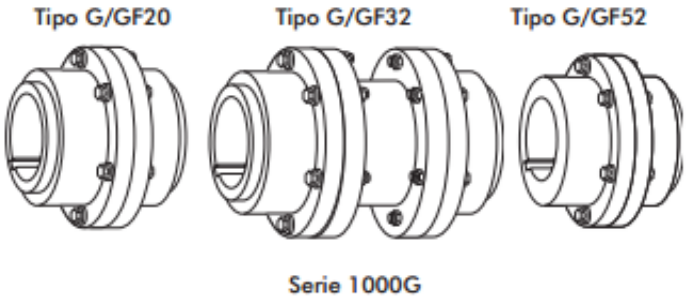


Figura 65

Motor eléctrico

Los rodamientos empleados en los motores eléctricos están en riesgo por varios modos de falla si se implementa una estrategia incorrecta de mantenimiento o lubricación. Esto incluye selección incorrecta de lubricante, contaminación, falta de lubricante o sobre-engrasado.

La mayoría de los motores eléctricos son diseñados con rodamientos antifricción, lubricados con grasa. La grasa es la sangre de esos rodamientos, ya que les proporciona una película de aceite que previene el dañino contacto metal-metal entre los elementos rodantes y las pistas. Los problemas de rodamientos representan entre el 50 y el 65 por ciento de todas las fallas de motores eléctricos, y las prácticas deficientes de lubricación provocan la mayoría de esos problemas. Procedimientos apropiados de mantenimiento, buena planeación y el uso del lubricante correcto, pueden incrementar la productividad reduciendo esos problemas de rodamientos y fallas de motor.

Fallas

Conozcamos las fallas. Conociendo los modos de falla, podemos enfocarnos en reducirlas y hasta en eliminarlas.

Lubricante Incorrecto

Es importante utilizar la grasa correcta para aplicaciones específicas. Re-engrasar con la grasa equivocada puede llevar a falla prematura del rodamiento. La mayoría de los proveedores de aceite tienen grasas diseñadas específicamente para motores eléctricos, la cual es diferente de sus grasas multi-propósitos de extrema presión (EP).

Incompatibilidad de Grasa

Las grasas se hacen con diferentes espesantes, como el litio, calcio o poliurea. Desafortunadamente, no todas las grasas son compatibles con las otras, incluso aquellas con el mismo tipo de espesante. Por lo tanto, es importante que utilice la misma grasa o un sustituto compatible durante toda la vida del rodamiento

Carcasa del Motor Llena de Grasa

Si la cavidad de grasa está llena en exceso y se aplica alta presión con la pistola de engrasado, el exceso de grasa puede encontrar un camino entre el eje y la tapa interior del rodamiento y pasar al interior del motor. Esto hace que la grasa cubra los devanados extremos del sistema de aislamiento y puede causar fallas tanto del aislamiento del embobinado como del motor.

Carencia de Lubricante

Hay varias posibles causas de falta de lubricación. La primera es que no se haya agregado suficiente grasa durante la instalación. La segunda es que se tengan intervalos de lubricación prolongados, inapropiados. La tercera involucra la posibilidad de que el aceite se haya separado del espesante base debido a excesivo calentamiento.

Sobre-presurización del Alojamiento del Rodamiento

En cualquier momento en que hay sobre-presurización en el alojamiento del rodamiento, se aplican esfuerzos en partes que no han sido diseñadas para manejar tal presión. Tenga en mente que una pistola estándar de engrasado manual puede producir presiones de hasta 15,000 psi.

Sobre-calentamiento Por Exceso de Grasa

Demasiado volumen de grasa provocará que los elementos del rodamiento batan la grasa, tratando de sacarla de su camino. Esto da como resultado pérdidas de energía, altas temperaturas de operación, incremento del riesgo de separación de aceite y falla del rodamiento.

Determine la Frecuencia de Re-engrase

Hay varios métodos para determinar el ciclo (frecuencia) de re-engrase. Es importante estar consiente que ningún método proporcionará una solución mágica a los problemas de la planta. Hay múltiples tablas, cálculos y cartas disponibles que pueden proveer un buen punto de inicio. Pueden utilizarse para determinar cómo establecer los ciclos. El afinado final, sin embargo, debe hacerse por el método de prueba y error. Los factores que la mayoría de las calculadoras tienen en común son la carga, tiempo de operación, tipo de rodamiento, temperatura, ambiente de operación y velocidad. Esta es la razón por la que es benéfica la base de datos que se construyó.

Control del Volumen de Grasa

El control del volumen de grasa ha sido un problema permanente para la industria, y puede ser insuficiente el solo seguir las recomendaciones del fabricante original del equipo para resolver este problema. Hay una ecuación simple que toma un enfoque lógico para determinar el volumen de grasa a aplicar. La fórmula es:

$$G = 0.005 \times D \times B$$

En dónde:

G = la cantidad de grasa en gramos,
D = el diámetro exterior en milímetros y
B = el ancho del rodamiento en milímetros.

Una vez que se encuentre el volumen de grasa, debe ser convertido en bombazos de la pistola de engrase. Hay un método para obtener este número; para esto el usuario necesitará la pistola a emplear y una báscula postal. Una vez que encuentre la cantidad total de grasa que la pistola de engrasado aplica por cada bombazo, etiquétela para identificar que ha sido “calibrada”. El valor promedio es aproximadamente de 18 bombazos por cada 28 gramos (una onza) para la mayoría de las pistolas manuales de engrasado, pero este número puede variar en un factor de 10, así que asegúrese de calibrar cada pistola.

Sistemas de lubricación de los descansos de un molino y chancadoras
Inyectores de grasa

La inyección de grasa en algunos componentes es esencial debido a la diminución de fricción entre componentes y refrigeración debido al roce. Existen diferentes tipos de inyectores de grasa en el mercado industrial, y uno de los más conocidos en el sistema de inyección de grasa en las coronas de los molinos.

El sistema está compuesto de dos bombas una de bajo caudal para el engrase del rodamiento y una segunda bomba de caudal mayor que se usa para la refrigeración del aceite y se recircula hacía el cárter. En ambos circuitos se controla la presión y el caudal

En otras ocasiones se construyen centrales a medida ya que el rodamiento puede llegar a ser de grandes proporciones, aunque el concepto de lubricación es el mismo y se usan dos bombas, en algunas ocasiones se instala un compartimiento interno en el depósito con aceite térmico para mantener la temperatura adecuada del aceite en invierno.

Figura 66

Sistema de lubricación de corona en Molinos

4.2 Verificación instrumental de temperatura y presión

Verificación de la Presión

Durante las inspecciones a la planta, se debe de tener en cuenta que las mediciones de los sensores son fundamentales para ver cuál es el estado de los equipos chequeados.

El inspector debe de ser capaz de comparar estos datos con los valores esperados, de lo contrario se deberá dar aviso de inmediato a los responsables de los equipos.

Por seguridad

Otra actividad que se ve hoy muy ligada son los estándares de inspección de los sistemas a presión, ya que éstos son de peligrosidad en los casos los cuales los equipos a mantener se encuentren con energías residuales.

Por lo que es de obligación de las empresas identificar y clasificar sus equipos, marcando los períodos de vencimiento para las inspecciones y/o pruebas periódicas reglamentarias

Verificación de la Temperatura

El control de la temperatura en distintos equipos y parte de éstos es una rutina periódica la cual se da en todas las empresas que tienen equipos móviles, esta inspección es tanto externamente como interna y los sensores en los cuales son utilizados varían desde termómetros de mercurio, pirómetros y termografía.
Las pautas de inspección se deben de realizar con personal calificado y entrenado con los conocimientos de los rangos en los cuales los equipos funcionen con normalidad.

Unas de las técnicas más usadas en la industria es la Termografía

Con la realización del estudio termográfico completo se puede realizar una comprobación tanto en envolventes, como en maquinarias y sistemas de distribución, con lo que se puede conseguir:

- Un mayor conocimiento de la instalación realizada en cuanto a su estado térmico.
- Conocimiento de las pérdidas existentes (fugas) y por lo tanto de posibles puntos de actuación.
- Ahorro debido a una mayor eficiencia energética de los sistemas evaluados.
- El estudio de los sistemas de distribución puede alertar de las pérdidas energéticas que se producen por un mal aislamiento, alguna rotura o mal engranaje.

4.3 Alineamiento por reloj comparador y alineamiento laser

Alineamiento con Reloj Comparador

Un reloj comparador o comparador de cuadrante es un instrumento de medición de dimensiones que se utiliza para comparar cotas mediante la medición indirecta del desplazamiento de una punta de contacto esférica cuando el aparato está fijo en un soporte. Consta de un mecanismo de engranajes o palancas que amplifica el movimiento del vástago en un movimiento circular de las agujas sobre escalas graduadas circulares que permiten obtener medidas con una precisión de centésimas o milésimas de milímetro(micras). Además existen comparadores electrónicos que usan sensores de desplazamiento angular de los engranajes y representan el valor del desplazamiento del vástago en un visualizador.

La esfera del reloj que contiene la escala graduada puede girarse de manera que puede ponerse el cero del cuadrante coincidiendo con la aguja y realizar las siguientes medidas por comparación. El reloj comparador debe estar fijado a un soporte, cuya base puede ser magnética o fijada mecánicamente a un bastidor.

Es un instrumento que permite realizar controles dimensionales en la fabricación de manera rápida y precisa, por lo que es muy utilizado en la inspección de la fabricación de productos en series grandes.

Lectura del reloj comparador

En la esfera del reloj comparador hay dos manecillas, la de menor tamaño indica los milímetros, y la mayor las centésimas de milímetro, primero se mira la manecilla pequeña y luego la mayor, Cuando la aguja esté entre dos divisiones se toma la más próxima, redondeando la medida a la resolución del instrumento:

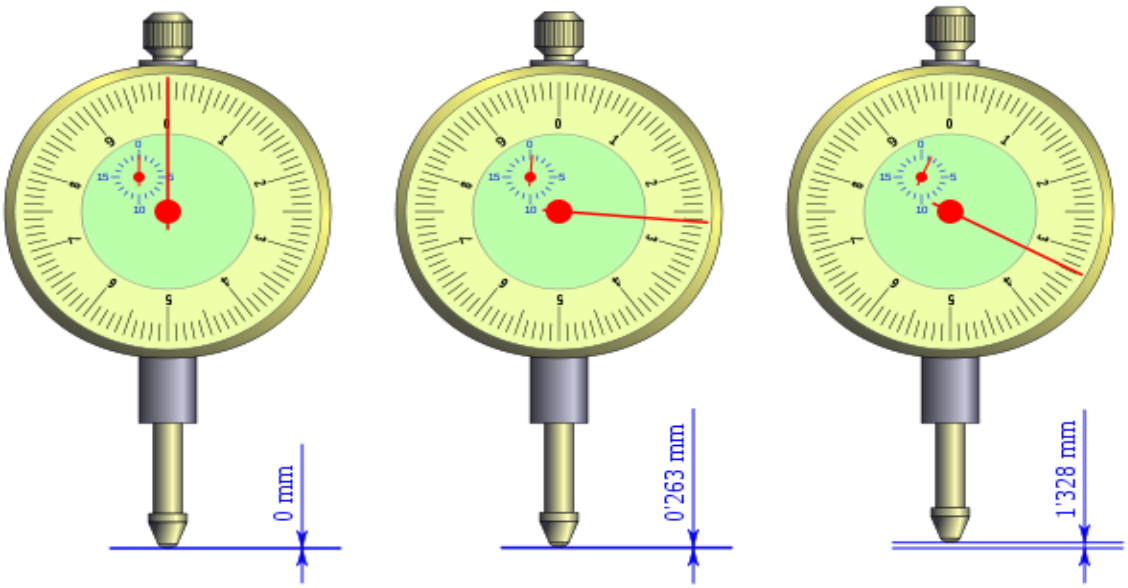


Figura 67

En la figura se pueden observar varios relojes. El primero indica 0 mm y en el segundo la lectura será 0,26 mm si bien el valor exacto es mayor (0,263 mm según se indica), la lectura nunca debe de darse con mayor precisión de la resolución que tenga el instrumento. En el tercer reloj la lectura será de 1,33 mm.

El uso mayoritario del reloj comparador es para determinar pequeñas diferencias de medida, en alienaciones o excentricidad, cuando se emplea para en dimensiones que abarcan varios milímetros, es preciso percatarse, en la aguja pequeña, del milímetro exacto en el que se encuentra la medida, que puede ser más dificultoso que señalar la centésima de milímetro, indicada con la aguja grande, como se puede ver en la figura 67.

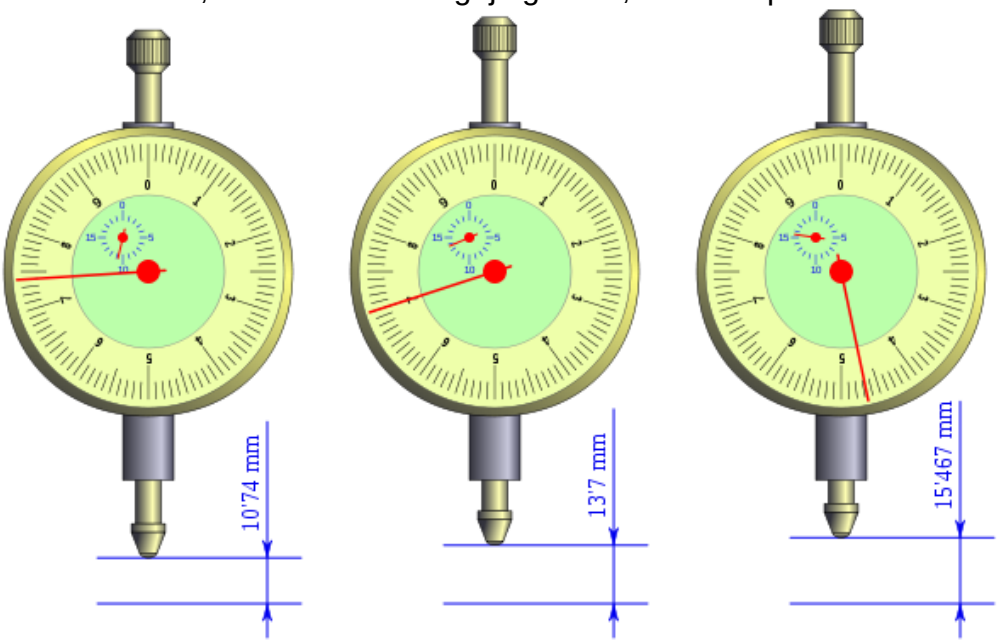


Figura 68

El reloj comparador en medidas diferenciales

El reloj comparador no se usa para obtener medidas absolutas de dimensiones, sino que se emplea mayoritariamente para determinar la diferencia de dimensiones, tanto en la inclinación de una superficie o en la excentricidad de un eje o rueda. En este caso se busca un punto de referencia, normalmente el de menor medida y luego se determinan las demás cotas respecto a esta referencia.

En el caso de la pendiente de una superficie, se coloca el reloj comparador, en el soporte correspondiente, y tocando con el palpador se localiza el punto más bajo, que se emplea como referencia, luego deslizando el reloj se observa la variación de medida en los distintos puntos de la superficie.

Para comprobar la excentricidad o la redondez de un eje, se coloca este entre puntos, en un plato de garras o apoyado en cojinetes de modo que pueda girar libremente. Colocado el reloj en sentido radial respecto del eje a comprobar, se toma un punto como referencia y, girando el eje, se va comprobando la variación del radio en toda la periferia.

La utilización del reloj comparador para la verificación de cotas, mediante la medición de diferencias de alturas, es similar. Se establece un punto de la superficie como referencia y se determina la diferencia de alturas de los demás puntos de la superficie respecto a esa referencia.

Localizado el punto de referencia, se pone a cero la medida indicada en el reloj, girando la esfera haciendo coincidir el cero de la escala principal (centésimas o milésimas de milímetro, según el caso) con la aguja en ese momento. Esto normalmente no se hace con la escala de los milímetros, lo cual ha de tenerse en cuenta si la variación de medida es mayor a un milímetro, en cuyo caso la aguja de las centésimas dará más de una vuelta completa.

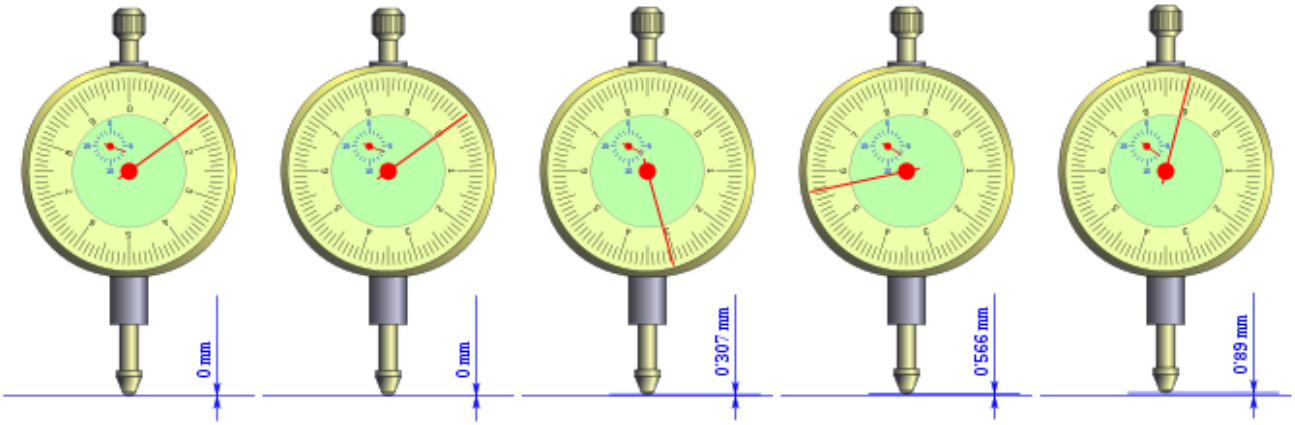


Figura 69

En la primera figura se tiene el reloj en el punto de referencia. En la segunda se ha girado la esfera hasta colocar el cero de la escala coincidente con la aguja. Las demás lecturas se harán sobre esta referencia.

Hay que tener en cuenta que girar la esfera, no modifica la posición de la punta de contacto, y que la escala de los milímetros permanece puede no estar a cero aunque se ponga la escala principal a cero. A continuación se muestra un ejemplo con un reloj que presenta una lectura cualesquiera cuando colocado sobre una superficie.

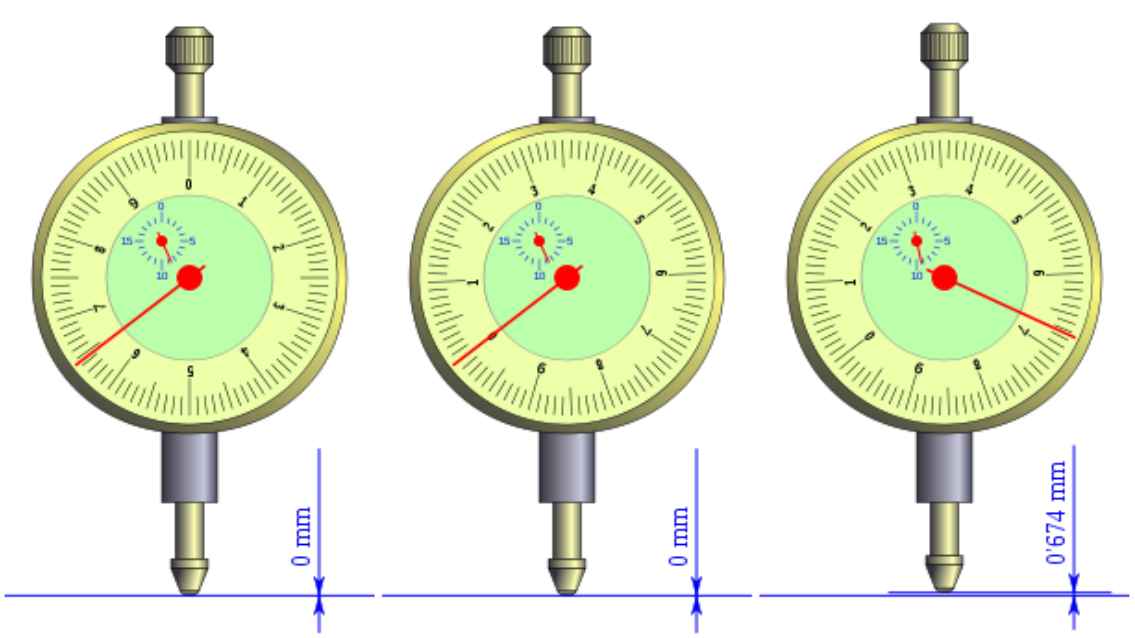


Figura 70

Alineamiento por láser

El método más preciso para conseguir una perfecta alineación entre ejes es el que utiliza la tecnología láser presentando las siguientes ventajas frente al método convencional de alineación con relojes comparadores:

1) No existe el problema de flecha radial o axial debido a los soportes utilizados para la colocación de los relojes y el correspondiente error en la medición.
2) Se consigue una precisión de 1 centésima en la medición.
3) Se puede realizar la medición con el acoplamiento instalado.
4) Se suprimen errores en la interpretación y/o lectura de las medidas tomadas con los relojes comparadores.

Introducción a la actividad

La siguiente actividad está diseñada para que los participantes realicen un alineamiento utilizando reloj comparador en un conjunto motor bomba.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades.

Recurso Plataforma Web	
Explicación demostrativa en aula	
Recurso Audiovisual	
Propuestas de situaciones problemáticas	
Formulación de Preguntas	
Taller de Trabajo	✓
Propuestas de Situaciones Problemáticas	

<u>Alineamiento de un sistema de transmisión</u>

Objetivo de aprendizaje

El objetivo de ésta actividad es que los participantes comprendan y apliquen un alineamiento con reloj comparador y de esta manera aprecien la importancia que tiene el este trabajo en los sistemas de transmisión.

Descripción de la actividad

El instructor podrá realizar esta actividad en grupos o, en pares.
La actividad debe ser realizada en taller. Solicitará a los participantes que observen que cumplan con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Solicitará a los participantes que en un conjunto motor bomba, realicen un alineamiento con reloj comparador aplicando la materia tratada y las medidas de seguridad.

Materiales y Recursos

- Calibradores feeler
- Reglas
- Reloj comparador
- Niveles
- Kit de herramientas
- Elementos de aseo
- Conjunto motor bomba
- Rellenos(Placas metálicas

Seguridad:

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- El uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
    - Casco
    - Lentes de seguridad
    - Zapatos de seguridad
    - Guantes de faena
    - Chaleco reflectante
    - Protector auditivo. Si aplica
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda

Desarrollo de la Actividad

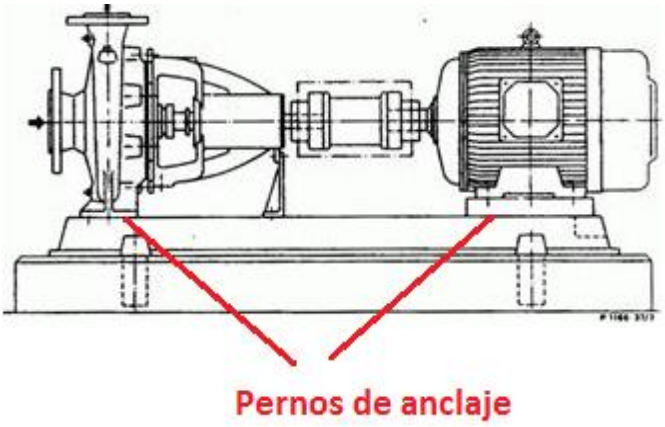
Los participantes deberán realizar un alineamiento con reloj comparador en un equipo real, preparando el equipo, realizando cálculos y entregarlo totalmente alineado.
Esta actividad debe ser supervisada en todo momento por el instructor.

Se da una secuencia básica para el alineamiento que deben efectuar los participantes

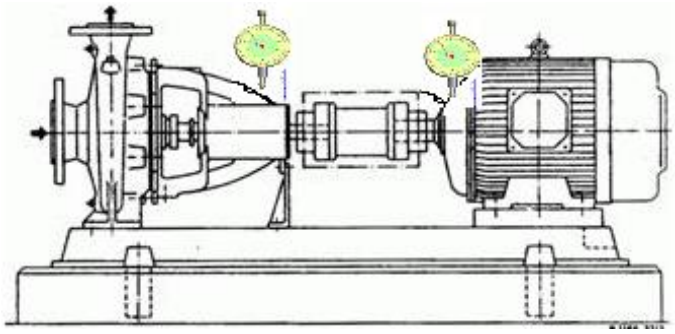
Participantes	**Fecha:**
Componente ensayado: Conjunto motor bomba, entregado por el instructor	

Procedimiento básico

- Revisar área de trabajo
- Revisar herramientas y elementos a utilizar
- Revisar tipo de bases del conjunto del sistema motriz
- Realizar un aislamiento energético del sistema motriz
- Buscar pata coja



- Aproximar alineamiento con reglas rectas
- Instalar el reloj comparador determinar la diferencia de dimensiones en distintos puntos de la superficie



- Comprobar excentricidad del eje
- Verifique alineamiento
- Anotar el trabajo realizado
- Realizar housekeeping

<table>
<tr><td colspan="2">Conclusiones de la actividad
El participante debe anotar las conclusiones de la actividad</td></tr>
<tr><td rowspan="2">

Fotografía del componente
Si es posible</td><td>Nombre Inspector : _____

Firma Inspector : _____</td></tr>
<tr><td>Recomendaciones :</td></tr>
</table>

Cierre

Comente los resultados de la actividad con su grupo y haga las observaciones y consultas necesarias al Instructor para desarrollar las siguientes actividades

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

AngloAmerican

ANTOFAGASTA MINERALS

BARRICK

bhpbilliton
resourcing the future

CODELCO
Orgullo de Todos

COLLAHUASI

FREEPORT-McMoRAN COPPER & GOLD

GLENCORE

KGHM
POLSKA MIEDŹ S.A.

LUMINA
COPPER CHILE

Teck