CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno del Instructor

Módulo 4: “Nociones básicas de mantenimiento en equipos móviles”

PFMME-2-02/v.1-[PE01-M04/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 IV: Nociones básicas de mantenimiento en equipos móviles 8

I. Introducción al tren de potencia de equipos mina 9

1.1 Introducción al tren de potencia en equipos móviles mina 9

1.2 ¿Qué es el motor Diesel y para qué sirve? 13

1.3 Introducción al funcionamiento del motor diesel: El proceso de Combustión 15

1.4 Introducción a los sistemas del motor diesel 19

1.5 Introducción a la inyección electrónica en un motor diesel 21

1.6 ¿Qué es y para qué sirve la transmisión de los equipos mina? 25

1.7 Componentes de la transmisión 26

1.8 Rodamientos 43

Actividad N° 14 65

II. Nociones básicas de lubricación 79

2.1 Tipos de lubricantes más comunes 82

2.2 Tipos de grasas más comunes 83

2.3 Lubricación de cajas de engranajes 85

2.4 Engrase de rodamientos 89

Actividad N° 15 91

III. Técnicas de levante de cargas 100

3.1 Nociones básicas asociadas al levantamiento de carga 100

3.2 Técnicas de levantamiento manual, postura y elementos de protección 108

Actividad N° 16 113

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 base de equipos móviles de nivel 2.
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 “Instrumento 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 IV: Nociones básicas de mantenimiento en equipos móviles

I. Introducción al tren de potencia de equipos mina

1.1 Introducción al tren de potencia en equipos móviles mina

Introducción al tren de potencia:

El tren de potencia de un vehículo se puede resumir como todos aquellos mecanismos y partes del mismo que se encargan de la conversión y transmisión de la energía mecánica desde el motor hasta las ruedas y/o orugas. En este proceso participan distintos componentes y piezas de los equipos móviles. A continuación presentaremos algunos de ellos.

1.- El Sistema de combustible: Éste se encargará de almacenar y suministrar al motor la cantidad de combustible necesaria.

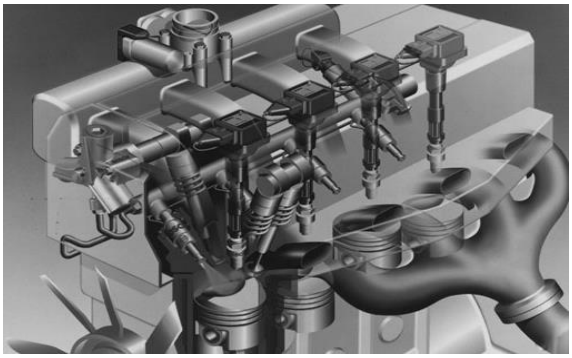


Figura 1

2.- El Motor: Éste se encargará de transformar la energía química del combustible en energía mecánica.

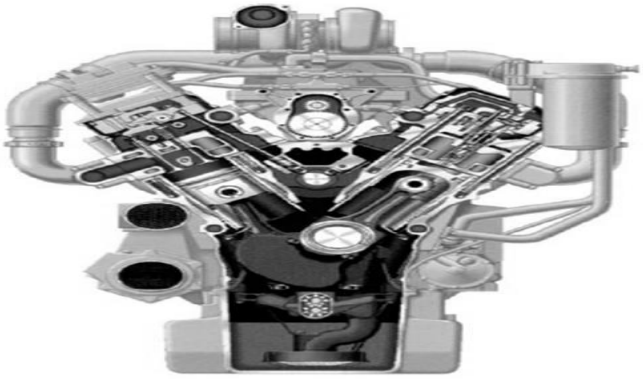


Figura 2

3.- El sistema de Transmisión: Encargado de transmitir y adaptar la energía mecánica entregada por el motor en función de los requerimientos de conducción. A continuación se describen algunos de sus componentes.

Figura 3

Equipo Pala Cargadora de Perfil Bajo – LHD:

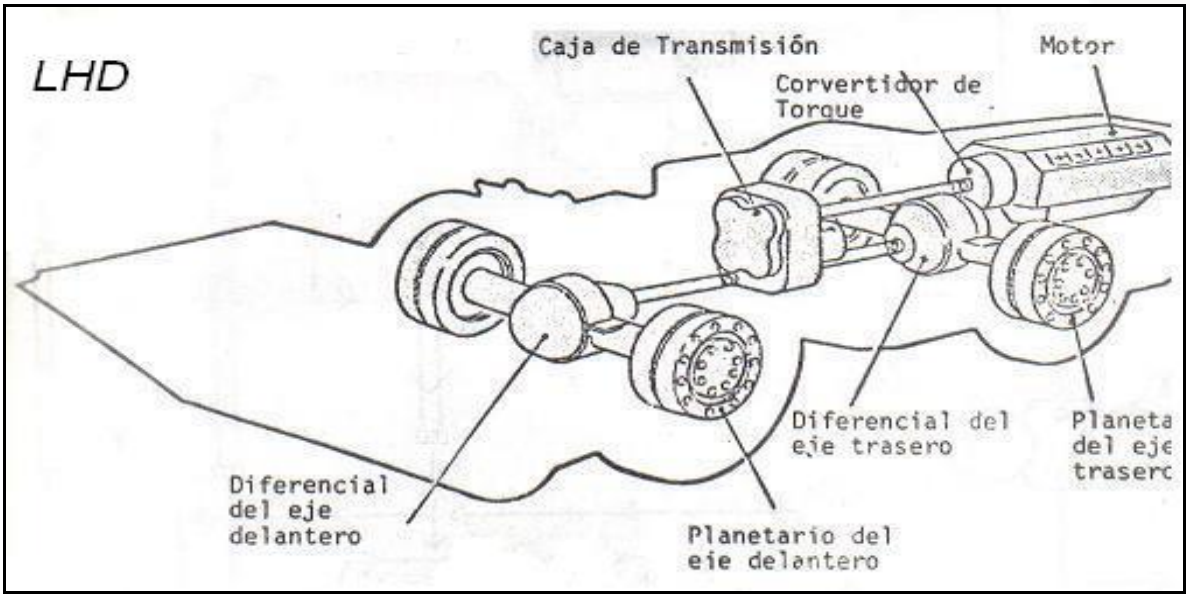
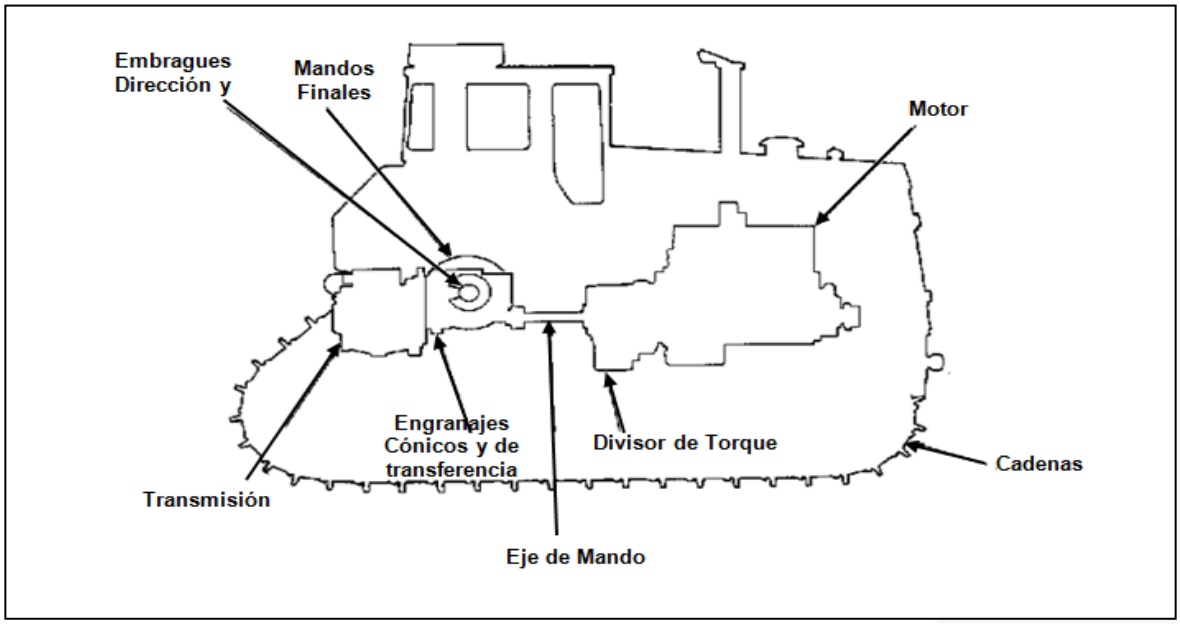


Figura 4

Equipo Tractor Oruga:



3.1- El Embrague: Este se encargará de conectar/desconectar la transmisión de la energía mecánica desde el motor hacia el sistema de transmisión.

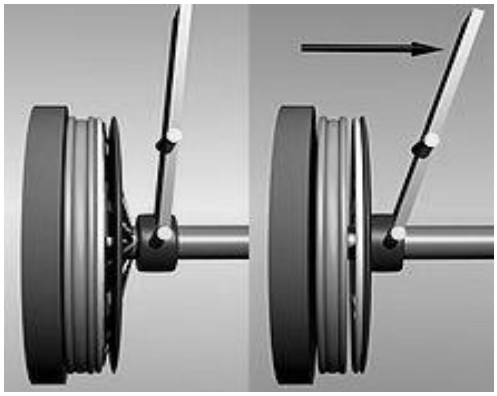


Figura 5

3.2- El Diferencial: Éste se encargará de conectar la transmisión con los palieres, o ejes a través de los cuales se transmite el movimiento desde la transmisión a las ruedas u orugas, así como permitir el giro independiente de las ruedas u orugas a distintas velocidades angulares.

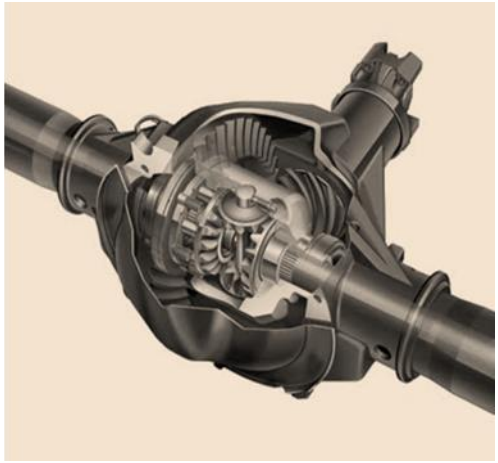


Figura 6

3.3- Los Mandos Finales: Son componentes que van montados a los lados del diferencial, complementando la transmisión de energía hacia las ruedas u orugas. Su principal función es reducir las revoluciones del motor, por lo cual reciben también el nombre de reductores laterales.

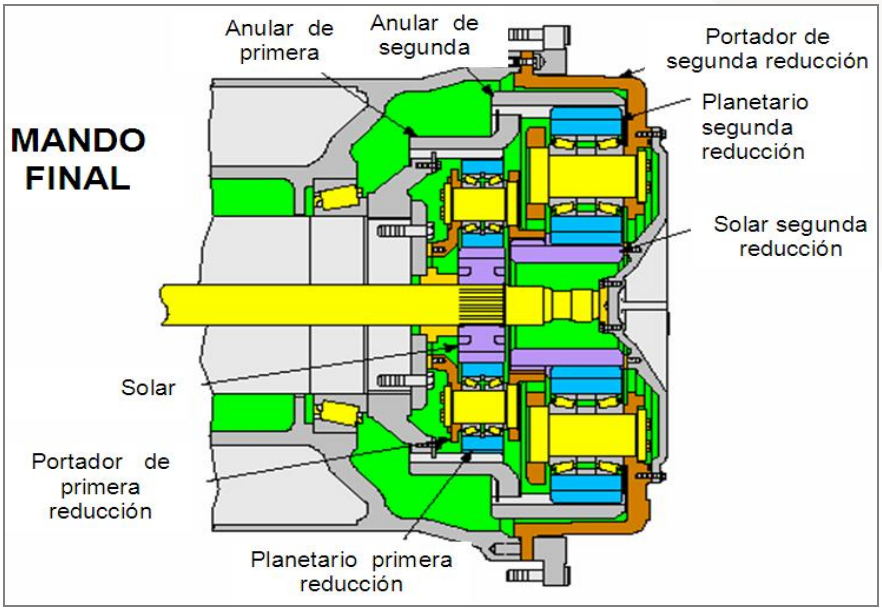


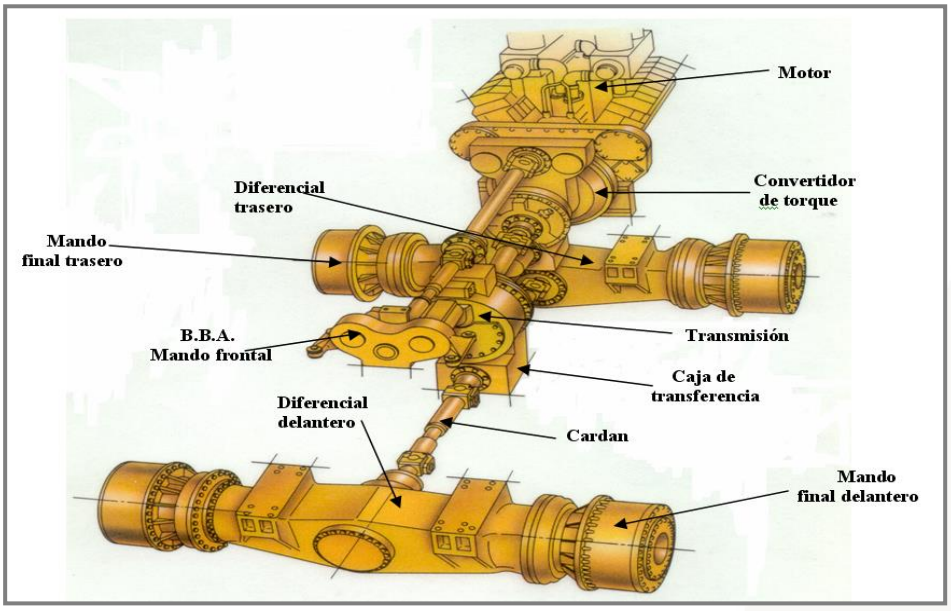
Figura 7

En general, en todo equipo móvil la energía necesaria para el movimiento del mismo pasa por los elementos antes descritos hasta llegar a las ruedas u orugas, donde finalmente es transmitida a la superficie donde se apoyan produciendo el desplazamiento.

Esquema general del Tren de Potencia de un Tractor sobre Neumáticos:

Figura 8

1.2



1.2 ¿Qué es el motor Diesel y para qué sirve?

El motor diesel es definido como un motor térmico, de combustión interna. Esto se refiere a que el encendido se produce por una alta temperatura, la que posibilita la compresión del aire al interior del cilindro del mismo.

Su funcionamiento comienza con la ignición sin chispa de la mezcla de aire con gas. Como antes fue mencionado, es necesaria la elevación de la temperatura para la compresión del aire, lo que se produce en el denominado segundo tiempo motor, la compresión. Posteriormente, el combustible es inyectado en la parte superior de la cámara de compresión. Este proceso se realiza a una gran presión, lo que permite que el combustible se atomice y se mezcle con el aire.

Este proceso produce la quema de la mezcla en forma rápida, lo que hace que el gas que se ha acumulado en la cámara se expanda, haciendo que el pistón se mueva hacia abajo. El movimiento del pistón es transmitido a otras estructuras que hacen que este movimiento lineal se transforme en uno de rotación.

Los motores diesel resultan de gran utilidad, y una de las principales razones de esto, es su bajo consumo de combustible, en comparación por ejemplo a los motores a gasolina.

Motores Diesel

Un motor diesel, también conocido como un motor de encendido por compresión (CI) funciona creando una explosión controlada en una cámara sellada de pistón. El motor diesel utiliza el calor de la compresión para iniciar el encendido que quema el combustible inyectado en la cámara de combustión. Este motor fue desarrollado por el inventor alemán Rudolf Diesel en 1893.

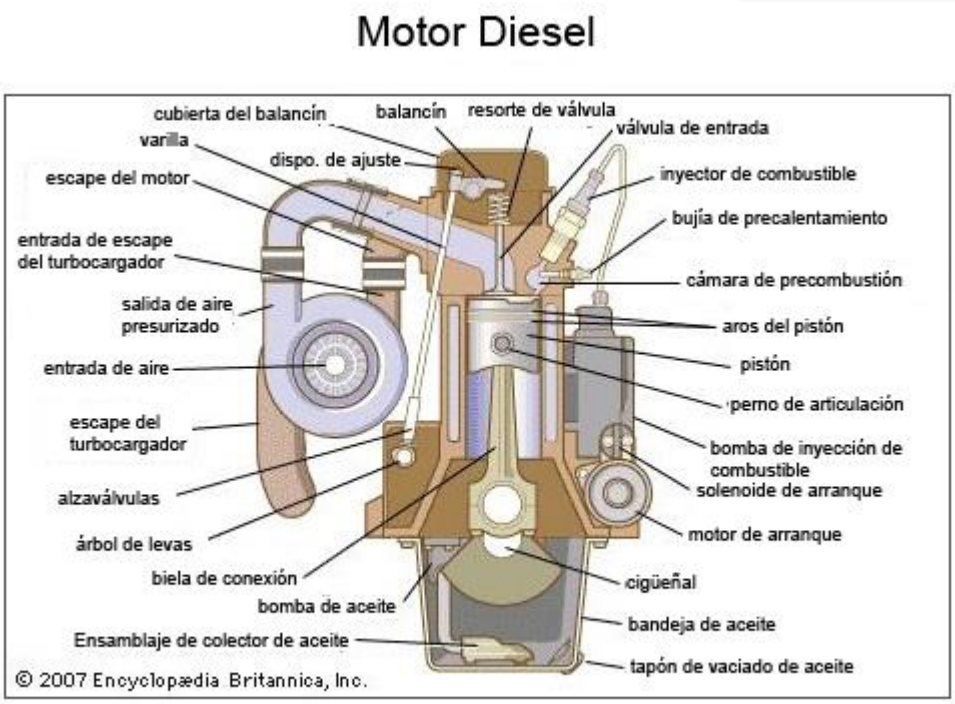


Figura 9

Picado Diesel

El Picado del Diesel (Diesel knock) es el sonido de golpeteo que viene de un motor diesel en funcionamiento. El ruido es causado por la compresión del aire en los cilindros y la ignición del combustible a medida que es inyectado. El diesel knock ocurre cuando la mezcla de gas combustible producida durante el período de retraso del encendido se quema explosivamente y la presión aumenta súbitamente. El diesel knock se puede prevenir acortando el período de retraso del encendido. Las boquillas de inyección de combustible generalmente están diseñadas para disminuir la inyección de combustible durante el período de retraso de encendido.

Torque

Se dice que un motor diesel tiene un "*alto torque*", lo que significa que el motor tiene un poder de arrastre en todas las velocidades, especialmente en velocidades bajas. Con un motor de gasolina, el torque característico no es tan constante como en un motor diesel. A medida que la velocidad del motor se reduce, también se reduce su torque y por ende su poder de arrastre. Un motor de gasolina no tiene tan buen arrastre como un motor diesel y tiene mayor tendencia a pararse que un motor diesel. La diferencia en las características de torque entre la gasolina y el diesel puede estar directamente relacionada a la combustión de la carga de combustible.

Turbocompresor

El turbocompresor es esencialmente un súper compresor impulsado por escape, y su propósito primario es presurizar la toma de aire, aumentando la cantidad que entra a los cilindros del motor en la entrada de aire, y permitiendo así que el combustible se queme más eficientemente. De esta manera, el torque y el poder se descarga de un motor se puede aumentar hasta un 35% por la adición del turbocompresor.

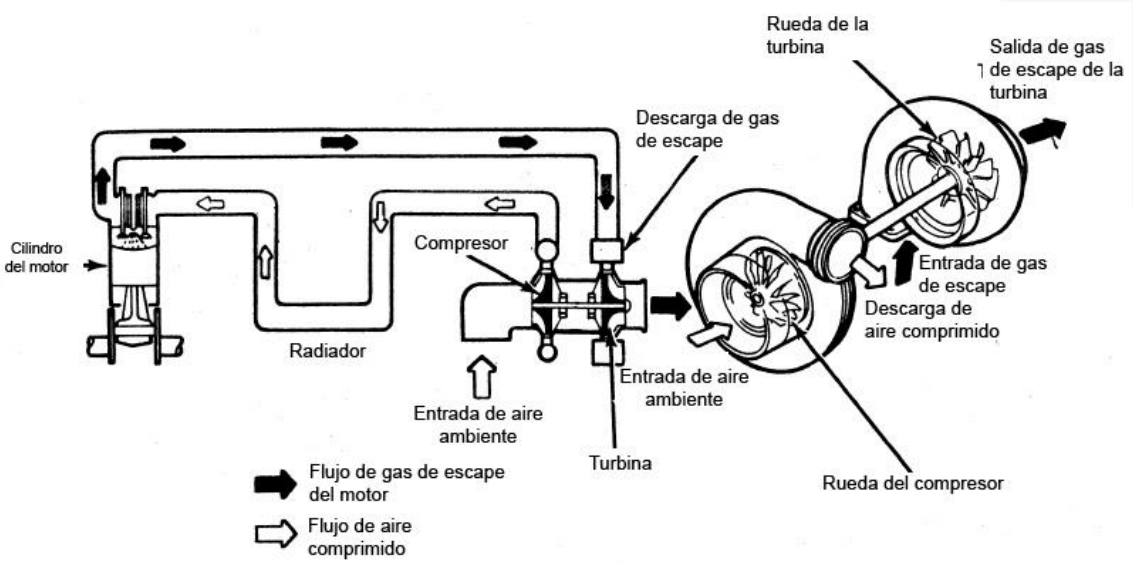


Figura 10

1.3 Introducción al funcionamiento del motor diesel: El proceso de Combustión

En un motor de encendido por compresión, el combustible es introducido a la cámara por el inyector, que descompone el combustible en muy pequeñas gotas que se esparcen en el aire comprimido. Tan pronto como el combustible frío entra en contacto con el aire caliente, toma el calor del aire y un sobre de vapor se forma alrededor de las gotas. El aire que se ha enfriado comienza a retomar el calor del cuerpo principal de aire, y a medida que esto ocurre, el vapor también se calienta hasta que entra en ignición. Una vez ocurrido, el calor de la combustión provee el calor necesario para vaporizar el combustible. Si el aire esta estacionario en la cámara de combustión, rodea cada gota que se está quemando, “sofocándola”. Si, por otra parte, el aire esta en continuo movimiento, el gas quemado se alejará de cada partícula de combustible y el aire fresco tomará su lugar, asegurando un suministro suficiente de oxígeno para una combustión continua.

El tiempo durante el cual el combustible se vaporiza y se enciende depende de tres factores:

- La diferencia entre la temperatura del aire y la temperatura de auto-ignición del combustible.
- La presión en la cámara de combustión.
- La adecuación de las partículas de combustible.

Cetano

Los hidrocarburos, un compuesto hecho de carbón e hidrógeno, constituyen el grueso de varios petróleos. El cetano es un tipo de hidrocarburo que aparece en la forma de un fluido incoloro. Cuando es sometido a una compresión extrema, la presión hace que se encienda bastante rápidamente. El cetano tiene una clasificación base de cien. De acuerdo con esto, se usa como una medición para indicar el nivel de rendimiento de otros combustibles, como los dieseles o incluso los biodieseles. La gasolina estándar utiliza un sistema de clasificación de número de octanos para medir su eficiencia. Similarmente, el diesel utiliza números de cetanos como medición de la calidad de su combustión.

Ventajas y desventajas de los motores diesel

Ventajas
Dado que a la eficiencia térmica de un motor diesel es alta, utiliza menos combustible que un motor de gasolina de tamaño comparable, y por ende su operación es más económica.
El diesel está mejor adaptado para trabajos submarinos porque no usa encendido por chispa, y por ende no requiere equipamiento eléctrico que puede ser dañado por el agua.
El combustible diesel se maneja y almacena con mayores niveles de seguridad que la gasolina, dado que su punto álgido es más alto, hay menos peligro de incendio.
El torque característico de un motor diesel no varía mayormente a mayores o menores velocidades. Esto quiere decir que los motores diesel, al ser usados para aplicaciones automotoras, tendrán mejor arrastre en primera marcha.
Los motores diesel se pueden usar en minas subterráneas y túneles con mejor seguridad comparativa, mientras que no sucede lo mismo con motores de gasolina. La razón de esto es que la cantidad de monóxido de carbono presente en el gas de escape de los motores de gasolina es mucho mayor que en uno diesel, y puede resultar fatal para las personas que trabajan en las proximidades.

Desventajas
Antes era más difícil encender un motor diesel que uno de gasolina en clima frío. Sin embargo, la inyección directa y el uso de aparatos de termostato han mejorado la habilidad de encendido en frío del motor diesel hasta el punto en que es equivalente a -o mejor- al motor de gasolina en este aspecto.
A medida que las tensiones de operación en un motor diesel son mayores que las de un motor de gasolina, la construcción de un motor diesel es en general más pesada que la de un motor de gasolina de rendimiento comparable.
El costo inicial de un motor diesel es mayor que el de un motor de gasolina de tamaño similar. Sin embargo, los ahorros sustantivos en gastos de operación son más suficientes para compensar este costo inicial.
Debido a las altas presiones de operación y precisión que se requieren de un sistema de inyección de combustible, el sistema es extremadamente sensible al polvo y al agua y el combustible debe mantenerse escrupulosamente limpio.

COMPARACIONES ENTRE MOTORES DIESEL Y MOTORES A GASOLINA		
CARACTERÍSTICA	**MOTOR DIESEL**	**MOTOR A GASOLINA**
TIPO de COMBUSTIBLE	Combustible Diesel	Gasolina
ADMISIÓN DE COMBUSTIBLE AL CILINDRO **CÓMO:** **DÓNDE:** **CUÁNDO:**	Inyector Cámara de combustión Fin de la compresión	Inyector Colector de entrada A la señal de ignición.
TASA DE COMPRESIÓN	14:1 – 24:1	8:1 – 11:1
PRESIÓN DE COMPRESIÓN	3150 kPa – 3850 kPa (460 Psi – 560 Psi)	770 kPa – 1400 kPa (110 Psi – 200 Psi)

TEMPERATURA DE COMPRESIÓN	425 ºC - 550 ºC	Hasta 250 ºC
IGNICIÓN (ENCENDIDO)	Calor del aire comprimido.	Chispa eléctrica.
RPM MÁXIMO	2000 - 4,500 RPM	5000 – 6000 RPM
EFICIENCIA TÉRMICA	35% - 40%	30% - 35%
CONTROL DE VELOCIDAD	Solo combustible por el regulador.	Aire y combustible por el acelerador.

Fundamentos del Motor Diesel

1. Durante el ciclo de admisión, sólo se deja entrar **AIRE**

2. El aire es calentado (500˚C aprox.) como resultado de estar altamente comprimido.

3. La combustión se inicia pronto después que el inyector rocía el combustible atomizado en la cámara de combustión a altas presiones.

4. La velocidad del motor es controlada por la **cantidad** de combustible inyectado, no por la cantidad de aire.

5. Todos los motores diesel tienen reguladores de velocidad. La alta masa de sus componentes reciprocantes y giratorios causaría daño al motor (despedazamiento) si se les permitiera girar a altas velocidades.

6. Las bujías de incandescencia sólo **calientan** la cámara de combustión. No inician la combustión.

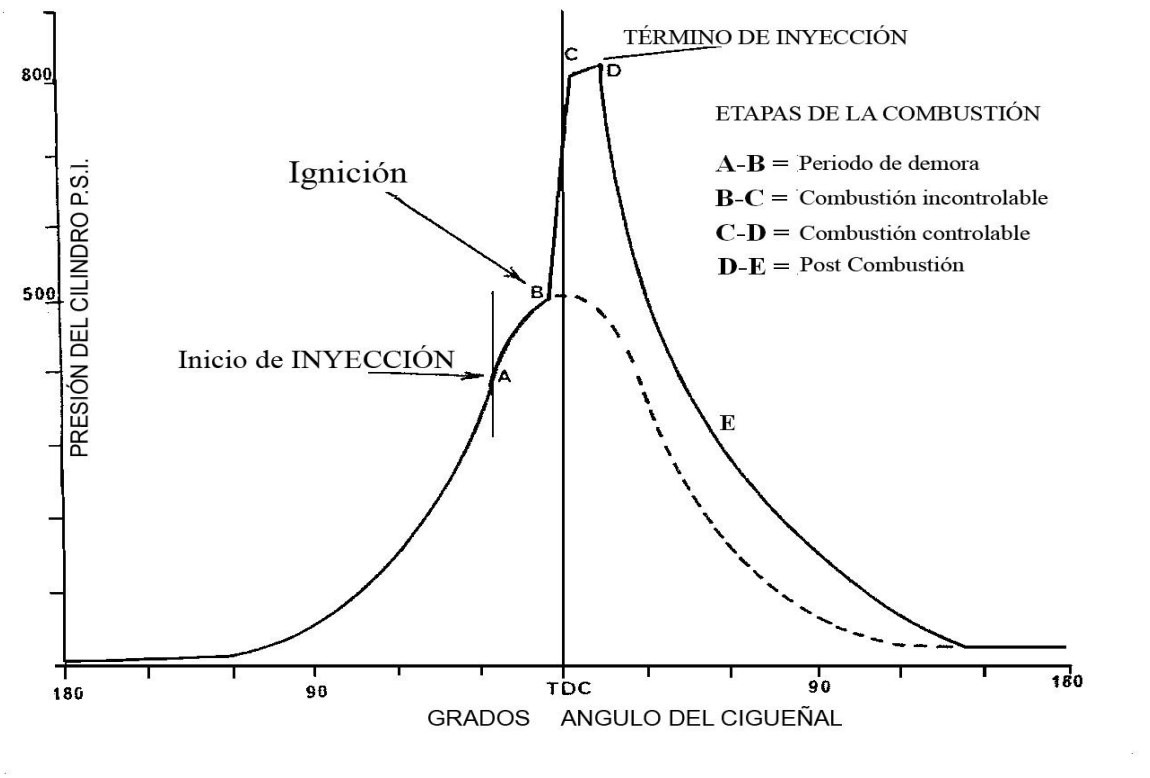
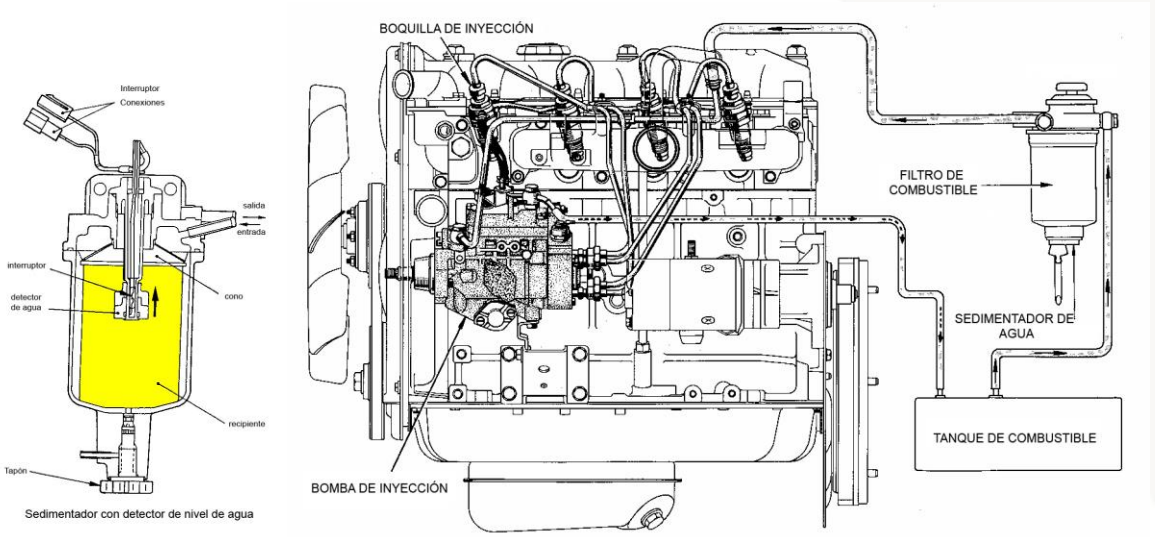


Figura 11

1.4 Introducción a los sistemas del motor diesel

Sistemas de Combustible Diesel

Las altamente exactas distancias de protección de los componentes del motor diesel implican la necesidad de un combustible limpio, no contaminado y filtrado. La mayoría de los sistemas usan un filtro de combustible y un sedimentador que atrapa el agua y opera como una lámpara de advertencia o alarma sonora cuando hay agua presente en el combustible. Los filtros de combustible filtran las partículas abrasivas y el agua que podrían dañar el equipo de inyección, el cual tiene dimensiones exactas y está pulido. El sistema de filtrado más eficiente utiliza un filtro inicial para remover las partículas más grandes, y subsecuentes filtros para remover partículas más pequeñas. Las trampas de agua y los sedimentadores de agua atrapan el agua, y las partículas de polvo más grandes. Pueden ser unidades separadas o combinadas.



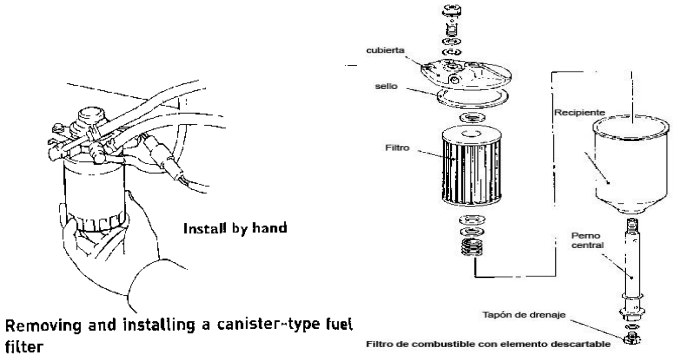


Figura 12

Contaminación y calidad del combustible

La contaminación, sea por gasolina, agua o por cualquier material extraño dentro del sistema de combustible causa que su bomba de combustible diesel y sus inyectores diesel fallen. Las partes internas dentro de la bomba de combustible diesel y los inyectores diesel se desgasten y tiendan a fallar. Si usted ha tenido contaminación dentro de su sistema de combustible y ha tenido que cambiar o reparar los inyectores diesel o la bomba diesel, debe asegurarse de limpiar completamente el sistema de combustible y reemplazar su filtro de combustible antes de poner los reemplazos de las partes defectuosas en su vehículo.

Es importante tomar todas las precauciones necesarias cuando cambie el filtro en un motor diesel. Apague siempre el motor antes de comenzar a trabajar en él. Los motores diesel producen una succión muy poderosa, y la toma de aire va directamente al motor. Los filtros de combustible son fáciles de cambiar, pero debe asegurarse de "purgar" las burbujas de aire del sistema y luego cebarlo para que comience a circular el nuevo suministro de combustible.

Bomba Inyectora de Combustible

Un aparato que bombea combustible a los cilindros de un motor de gasolina o diesel se conoce como una bomba de inyección de combustible. La bomba normalmente es impulsada por una correa de distribución en cadena o dentada que es movida por los engranajes del cigüeñal, que hace que queden entrelazados. En los motores tradicionales con sistemas de ciclos de cuatro tiempos, gira a la mitad de la velocidad del cigüeñal para posibilitar una correcta distribución del proceso de inyección. Esto ocurre cuando el tiempo de compresión del cilindro está a punto de partir.

1.5 Introducción a la inyección electrónica en un motor diesel

La inyección electrónica de combustible consta de un sistema que intenta reemplazar el carburador de los motores que funcionan con gasolina. Su objetivo es proporcionar al motor un mejor rendimiento, con mayor economía en sus distintos regímenes de funcionamiento, y a su vez lograr una menor contaminación del aire.

Los sistemas de inyección electrónica tienen la característica de permitir que el motor reciba solamente el volumen de combustible que necesita (dosificación).

El sistema de inyección electrónico de combustible está compuesto, básicamente, de sensores, además de una unidad de control electrónica y accionadores o actuadores. Este sistema basa su funcionamiento en la medición de ciertos procesos de trabajo del motor, como son; la temperatura del aire, el caudal de aire, el estado de carga, la temperatura del refrigerante, los gases de escape y la cantidad de oxígeno que poseen, así como también, las revoluciones del motor.

El sistema electrónico de control se encarga de procesar esta información en relación a su funcionamiento. Los resultados se transmiten a modo de señales a los accionadores o actuadores que van controlando, según el estado general del motor, la inyección de cierta cantidad de combustible, encargándose además de lograr una combustión completa.

Junto al sistema de control electrónico, el sistema de inyección electrónica de combustible, cuenta con un aparato encargado de realizar auto-diagnósticos que reaccionen dando aviso cuando hay algo que no se encuentra en orden. Por otra parte, se pueden realizar diagnósticos externos a través de scanners electrónicos para controlar el correcto funcionamiento del componente.

Inyección Directa

El combustible es inyectado directamente a la cámara de combustión. El área de combustión -squish área- se usa para crear turbulencia del aire. Esta turbulencia es necesaria para asegurar el rápido mezclado del combustible atomizado y el aire para reducir el período de retraso lo más posible, dándole al motor más potencia y protegiendo los componentes del daño de las detonaciones.

- Ventajas:
  Buena economía de combustible, dada la alta eficiencia térmica.
  Fácil encendido en frío – no requiere bujías incandescentes, aunque pueden ser utilizadas.

- Desventajas.
  1. Los estilos de motor diesel más antiguos son más ásperos y ruidosos durante su operación.

  2. Requieren inyección precisa – altas presiones y buen patrón de rociado. Los motores diesel más modernos tienen un control electrónico para lograr esto.

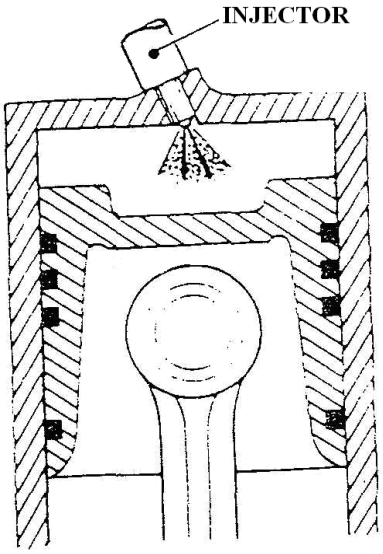


Figura 13

Inyección Indirecta

Cámara de turbulencia - operación

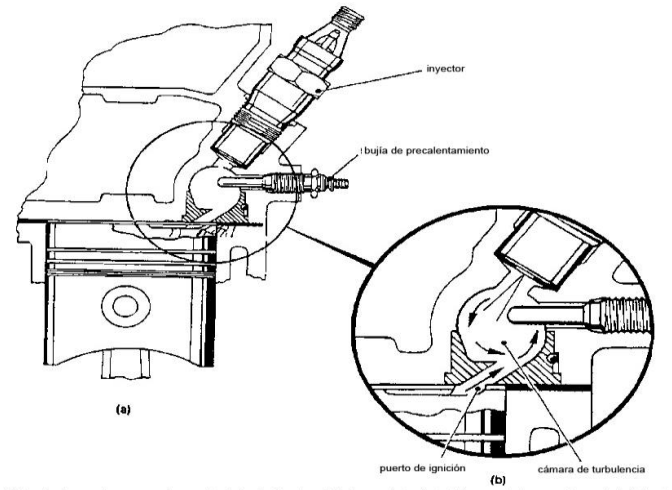
El aire es comprimido en la cámara de turbulencia que está conectada al área principal de combustión a través de un conducto estrecho. El combustible es inyectado a la cámara de turbulencia, y después del período de retraso, detona en la fase de combustión no-controlada. La cámara de turbulencia amortigua el shock del pistón. El combustible sigue siendo inyectado y quemado con la presión que empuja el pistón hacia abajo para el golpe de potencia.

Ventajas de la cámara de turbulencia:

1. Los motores pueden ser más livianos, por ende con mayores revoluciones, entregando más potencia que un motor más pequeño.
2. Las cámaras de turbulencia crean mayor turbulencia, en particular con revoluciones más altas, logrando un motor más silencioso y suave.
3. Los patrones de inyección no tienen que ser precisos.

Desventajas de la cámara de turbulencia:

1. Menor economía de combustible que la inyección directa.
2. Un encendido más difícil – requiere bujías incandescentes.
3. Requiere una buena compresión para el encendido y un funcionamiento eficiente.



(a)Sección de un motor con una cámar ade turbulencia, inyector ybujía de precalentamiento (b)acercamiento a una cámara de turbulencia

Figura 14

Sistema de Combustible Diesel Common Rail (de conducto común).

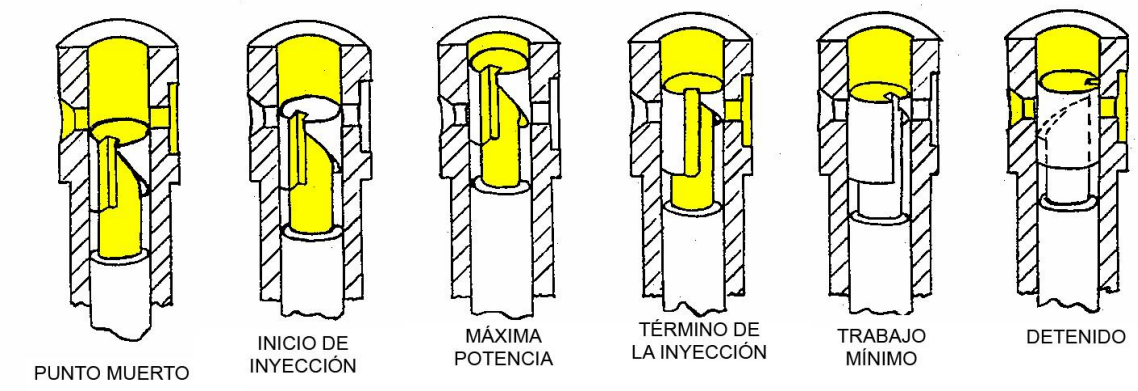


Figura 15

Los sistemas modernos de combustible diesel utilizan un sistema de conducto común que usa una bomba de pistones de alta presión para presurizar un conducto de combustible. El conducto o riel de combustible está conectado a inyectores que son controlados electrónicamente por un ECU. Las presiones de inyección son mucho más altas que los inyectores convencionales (aproximadamente 2000 Bar, o 29400 PSI). Las condiciones de operación del motor son monitoreadas por sensores que entregan información al ECU. Los tiempos de inyección y la cantidad de combustible son controlados con precisión por el ECU, lo que provoca menos golpeteo diesel (diesel knock), menos emisiones y una economía de combustible mejorada.

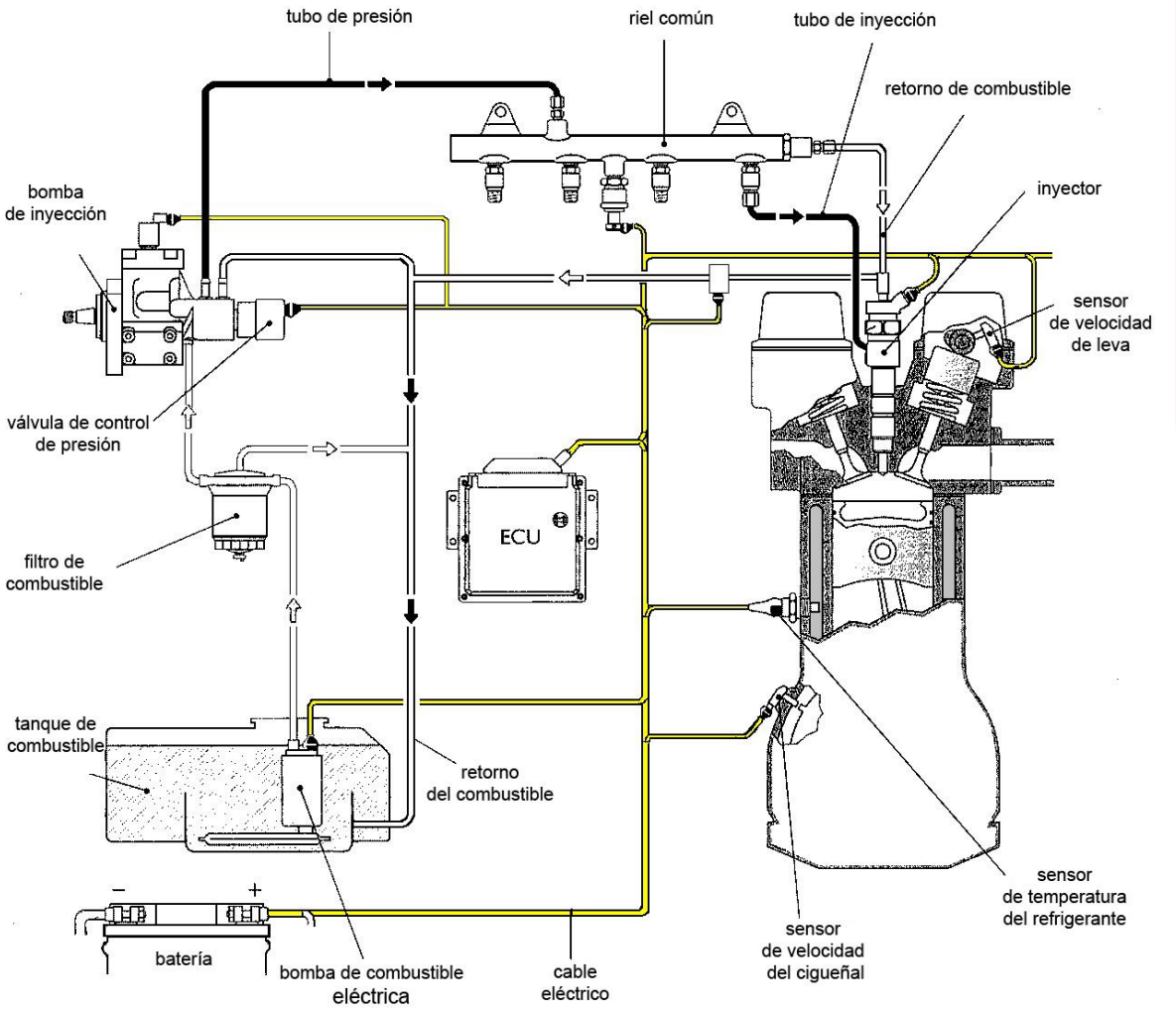


Figura 16

1.6 ¿Qué es y para qué sirve la transmisión de los equipos mina?

Líneas de Transmisión

Las líneas de transmisión de cualquier vehículo pesado están conformadas por uno o más ejes de transmisión. Estos ejes transmiten movimientos rotatorios mediante ángulos fijos o variables que permiten al mismo tiempo, un cambio compensatorio en la longitud.

Uno de los componentes más comunes utilizados para transmitir energía entre la transmisión y el eje motor de los vehículos pesados es el eje de transmisión, árbol de transmisión, o eje de cola. Se trata de un ensamblaje conformado por uno o más juntas universales que utilizan una construcción sólida o en tubo. El eje de transmisión debe estar diseñado para:

- Transmitir torque a través de un ángulo.
- Rotar a la velocidad necesaria.
- Entregar un flujo suave e ininterrumpido de torque.
- Variar la longitud mientras esté operando.
- Variar el ángulo mientras esté operando.
- Operar fuera de la velocidad crítica.
- Estar libre de vibración.

El eje de transmisión debe transmitir torque desde la transmisión hasta el eje motor, mediante cambios constantes de ángulo y longitud. El eje de transmisión debe ser capaz de transmitir el máximo de torque de baja velocidad desarrollado por el motor y las relaciones de transmisión, y de resistir cualquier carga por impacto que pueda desarrollarse. También debe ser capaz de rotar a la velocidad máxima requerida para la operación del vehículo. A menos que la relación de sobremarcha se ajuste a la transmisión, la velocidad máxima requerida es la velocidad normal del motor. Para el caso de las relaciones de sobremarcha, la velocidad del eje de transmisión es aumentada por la relación de sobremarcha.

1.7 Componentes de la transmisión

Los vehículos pesados utilizan una combinación de tres tipos de ejes de transmisión, dependiendo de la transmisión y del diseño del eje motor. Para todos los fines prácticos, estos tipos de ejes de transmisión pueden ser clasificados como ensamblajes de dos juntas -uniones- y un eje, ensamblajes permanentes de junta y eje, y ensamblajes de junta de acoplamiento rígido. Cada uno de estos ensambles está compuesto por partes similares tales como las horquillas, juntas universales y ejes, y pueden ser utilizadas en una variedad de combinaciones de líneas de transmisión. (Fig. 304)

Ensamblaje de dos juntas y un eje. (de transmisión)

Un ensamblaje de dos juntas y un eje está compuesto por dos juntas universales, una junta deslizante y una sección de eje (o tubo). A veces, también se les conoce como eje de transmisión de dos piezas y se utilizan en todas las transmisiones en donde existe una fluctuación entre el ángulo y la longitud. Puede ser utilizado sin ningún otro

componente, como una línea de transmisión completa, o como la parte final de una línea de transmisión de secciones múltiples. Un ensamblaje individual de dos juntas y un eje a menudo se utiliza en vehículos de transmisión simple y corta distancia entre los ejes. La línea de transmisión transmite el torque desde el eje de salida de la caja de cambios hasta el piñón del ensamble de transmisión final en el eje trasero el que, a su vez, está montado en la suspensión trasera. Cuando la suspensión opera, el eje se eleva y cae en forma continua en un arco, girando frente al ojo de resorte frontal o montaje para el brazo de torque. Tal como se muestra en la Figura 305, éstas son las causas por las que el eje trasero también se mueve hacia adelante y hacia atrás, lo que hace cambiar el ángulo del piñón. El lado frontal del piñón también recibe una presión hacia arriba durante la aceleración y otra hacia abajo durante el proceso de frenado. A pesar de estos diversos movimientos, el eje de transmisión debe transmitir el torque de forma continua y suave. El eje de transmisión utilizado en esta situación consiste en dos juntas universales y una junta deslizante para acomodarse a los cambios de longitud. Una junta universal está fija en un extremo del eje y la otra a la junta deslizante, que normalmente está en el extremo de transmisión del eje de transmisión.

Ensamblaje de junta y eje permanente. (rodamiento central)

Los ensamblajes de junta y eje permanentes o contra eje son en su forma esencial parte de las extensiones de una línea de transmisión donde, debido a la velocidad rotacional y longitud de la línea de transmisión total no es posible utilizar un ensamblaje individual de dos juntas y un eje. Un extremo de este tipo de ejes de transmisión siempre está conectado y soportado por el eje de salida de la caja de cambios o caja de transferencia. El otro extremo, está apoyado por el rodamiento de soporte central o centro adaptador. Tal como se muestra en la figura, este tipo de eje de transmisión consiste en una junta universal fija y un eje corto acanalado, el cual atraviesa el rodamiento de soporte central para conectarse con el eje universal del siguiente eje de transmisión.

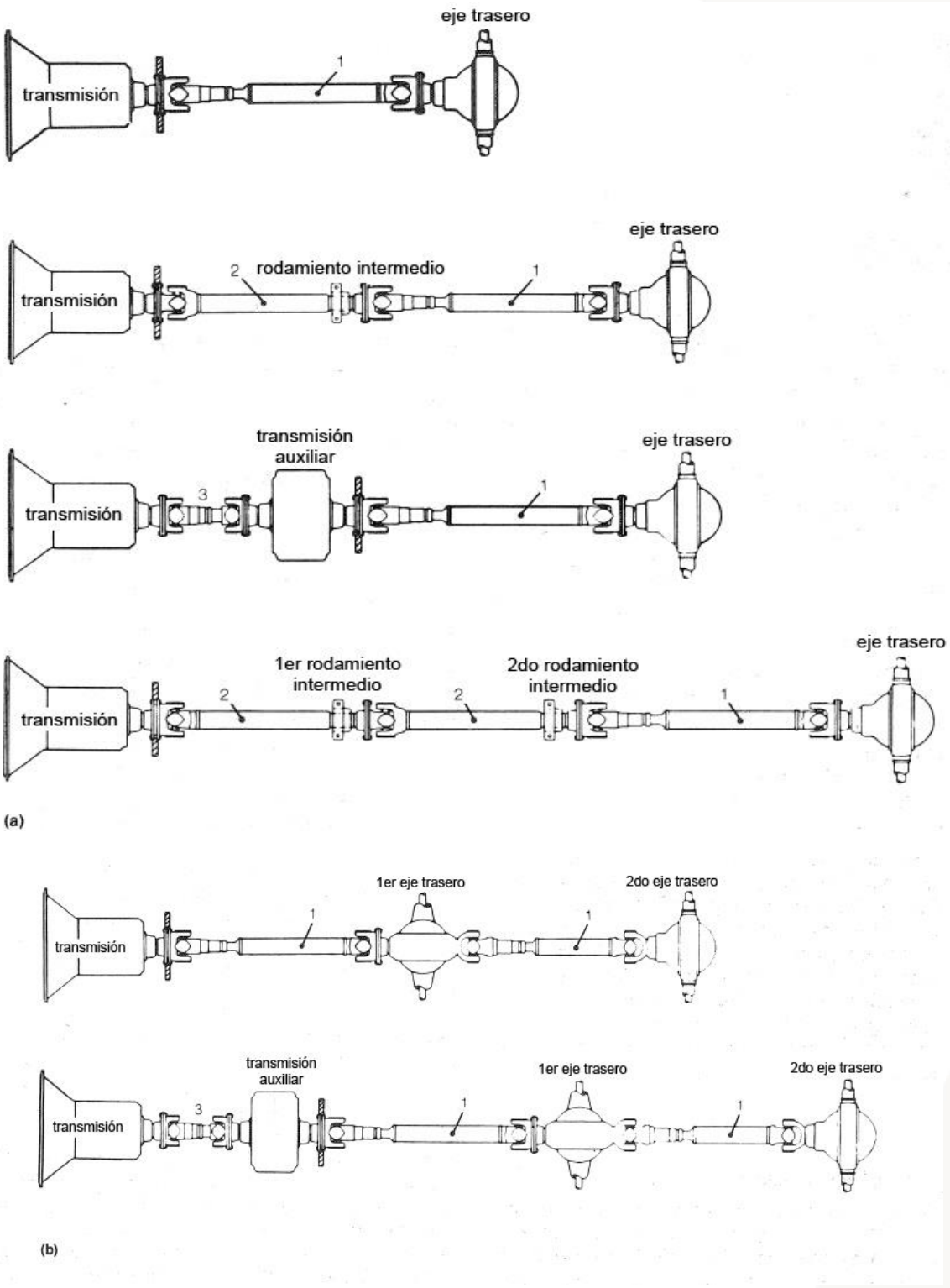


Figura 17

Disposición típica de líneas de transmisión: (a) transmisión de eje simple, (b) transmisión de eje en tándem. 1. Ensamble de dos juntas y un eje (de transmisión), 2.

Ensamble de junta y eje permanente (de rodamiento central), 3. Ensamble de acoplamiento rígido

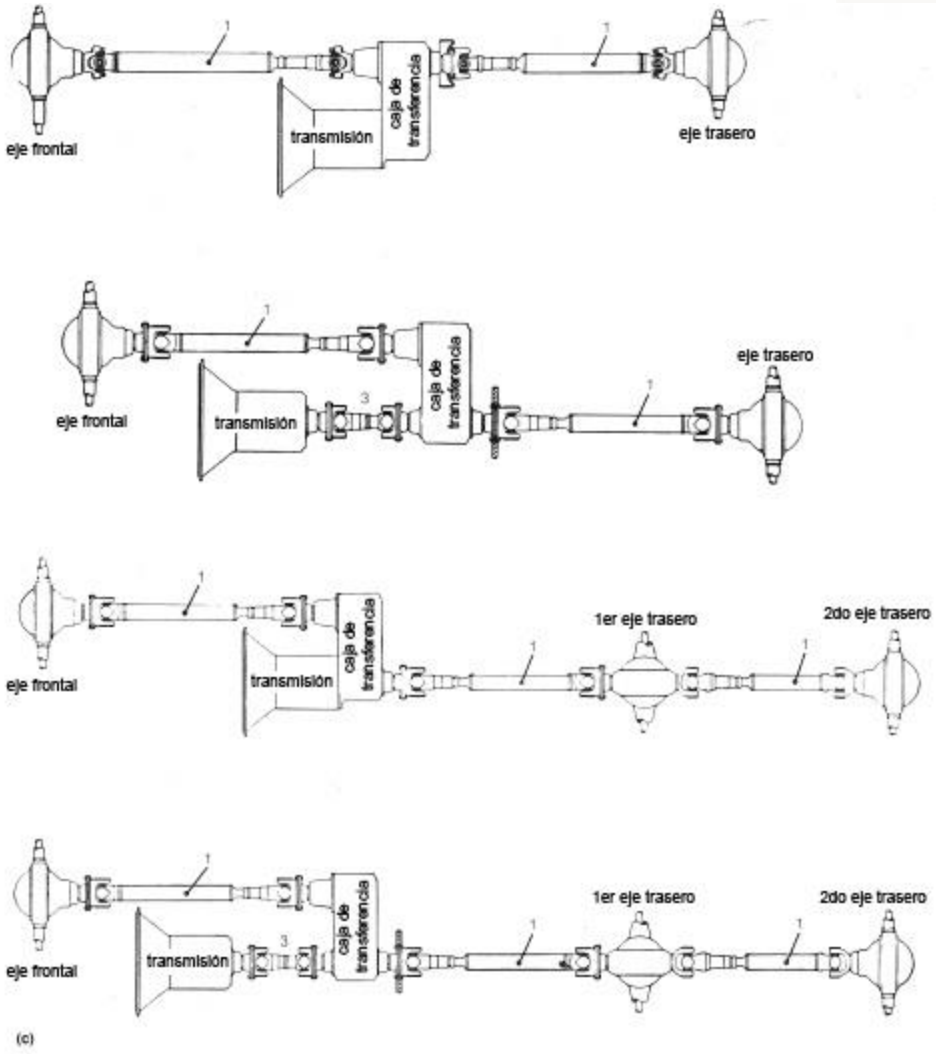


Figura 18

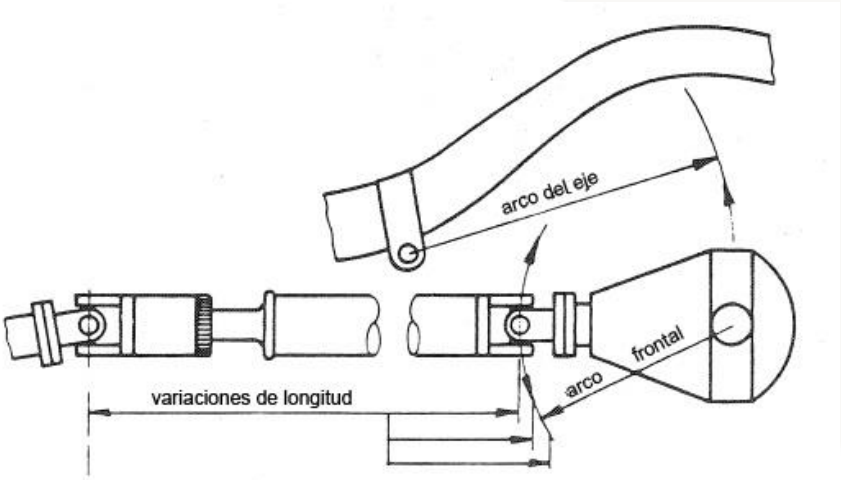


Figura 19

Componentes

- **Juntas universales**

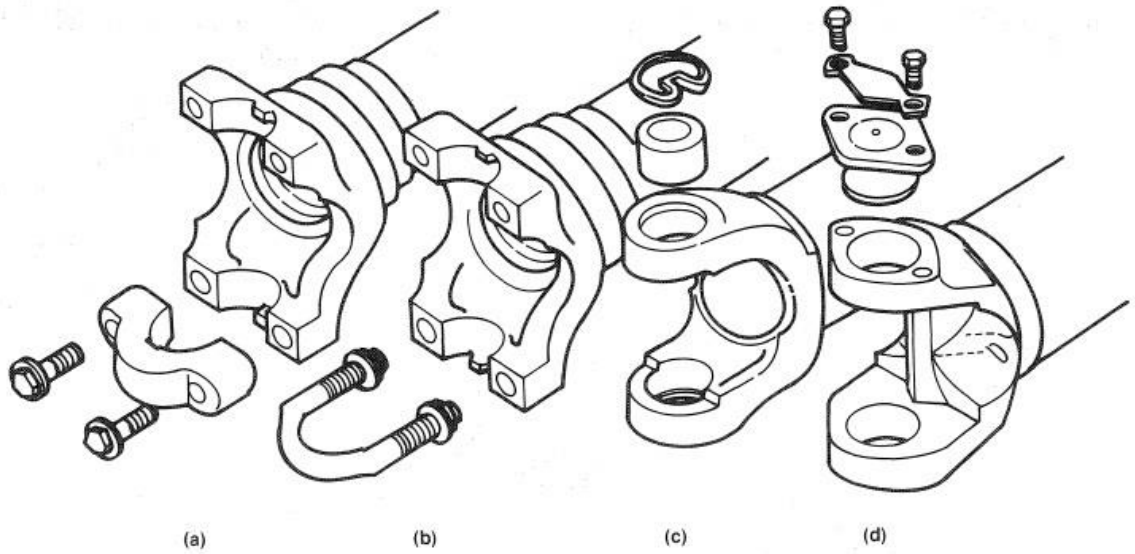
El propósito de la junta universal es conectar dos ejes y permitir al mismo tiempo el movimiento rotatorio y de torque de un eje para ser transmitido al otro eje, incluso si los dos ejes estuvieran en un ángulo distinto en relación con el otro y en planos distintos.

La mayoría de las juntas universales utilizadas en los vehículos pesados son los de Junta Cardan, la Junta de Hooke, o la junta tipo cruz. En el extremo del eje A se forma una horquilla, y girando dentro de esta horquilla es posible encontrar la pieza vertical de la cruz C. La pieza puede, por lo tanto, girar alrededor de los ejes X-X en relación al eje A. El eje B también tiene forma de horquilla pero en ángulos rectos con la horquilla o eje A. Girando dentro de esta horquilla está la pieza horizontal de la cruz C. La cruz, por lo tanto, también puede girar alrededor de los ejes Y-Y en relación con el eje B. Ya que el eje A puede girar alrededor de la cruz en los ejes X-X y eje B, también puede girar alrededor de la cruz en los ejes Y-Y, lo que permite que el eje A gire en cualquier ángulo en relación con el eje B.

La mayor variación en las juntas universales utilizadas en los vehículos pesados es la construcción de la horquilla

La junta universal tipo cruz consiste en una cruz o araña con cuatro muñones (soportes) de rodamientos, sobre los cuales se montan cuatro rodamientos de rodillos en aguja. Estos rodamientos llevan cargas muy altas para su tamaño mientras que oscilan a alta velocidad. Los rodamientos son sellados en forma individual para que retengan lubricante y eviten la entrada de los contaminantes. Los rodamientos de junta universal

están dentro de los dientes de la horquilla del eje de transmisión, y en los dientes de la transmisión u horquilla del eje motor. Los "*flanges de unión*" se utilizan con frecuencia en lugar de horquillas de transmisión y horquillas de eje motor.



(a) Tapa y perno
(b) Perno en U
(c) Anillo de fijación
(d) Tapa de rodamiento

Figura 20

El tipo de junta universal cruz tiene una gran desventaja. El eje de entrada gira a una velocidad absolutamente constante la velocidad del eje de salida no será constante pero será más rápida en dos puntos durante cada revolución, y más lenta en dos puntos durante cada revolución. El nivel de variación en la velocidad depende del ángulo entre los dos ejes y será cero si el ángulo es cero. Esta variación se muestra en el siguiente gráfico.

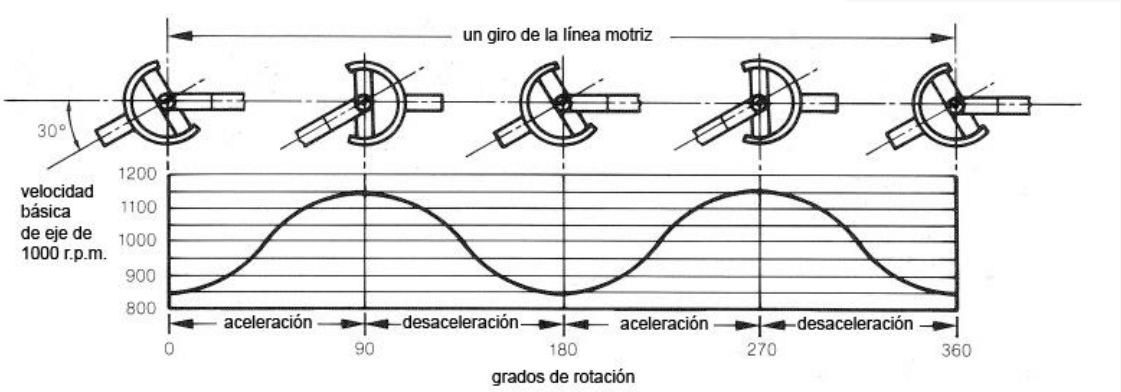


Figura 21

Variación en la velocidad de rotación originada por una junta universal tipo cruz

La variación en velocidad rotacional desde una junta universal tipo cruz se cancela cuando se utiliza una segunda junta universal tipo cruz. Esta segunda junta universal se ajusta al otro extremo del eje de transmisión y las horquillas de las dos juntas universales entran en fase la una con la otra (en línea y en paralelo).

Juntas deslizantes

El propósito de la junta deslizante es permitir que el eje de transmisión varíe su longitud mientras rota y transmite las cargas de torque. La junta deslizante consiste en un eje de tubo acanalado macho (muñón) y una horquilla deslizante acanalada hembra (manga). Una tapa roscada se utiliza para retener el sello lubricante.

Ya que ambas ranuras deslizantes deben soportar al eje de transmisión y ser capaces de deslizarse bajo cargas de torque completas, se utilizan ranuras templadas y rectificadas para entregar la fuerza adecuada y la resistencia al desgaste adecuada.

Algunos ejes de muñón de juntas deslizantes podrían estar tratados con alguna sustancia antifricción. Esta sustancia es Teflón ™, en la que la sección acanalada se sumerge durante el proceso de fabricación. La ventaja de este tratamiento es que la fricción de las ranuras queda reducida en la medida en que las cargas de las ranuras aumentan, lo que como resultado hace que se extienda la vida de servicio de la ranura. A este tratamiento por lo general se le conoce como GlideCote™.

Rodamientos centrales

Cuando alguna línea de transmisión tiene tres o más juntas universales, la línea de transmisión debe ser soportada en uno o más puntos intermedios por algún rodamiento de soporte de eje o de centro. Por regla general, el eje de transmisión de un vehículo pesado no debería exceder los 1.75 mts. Entre los centros de las juntas universales.

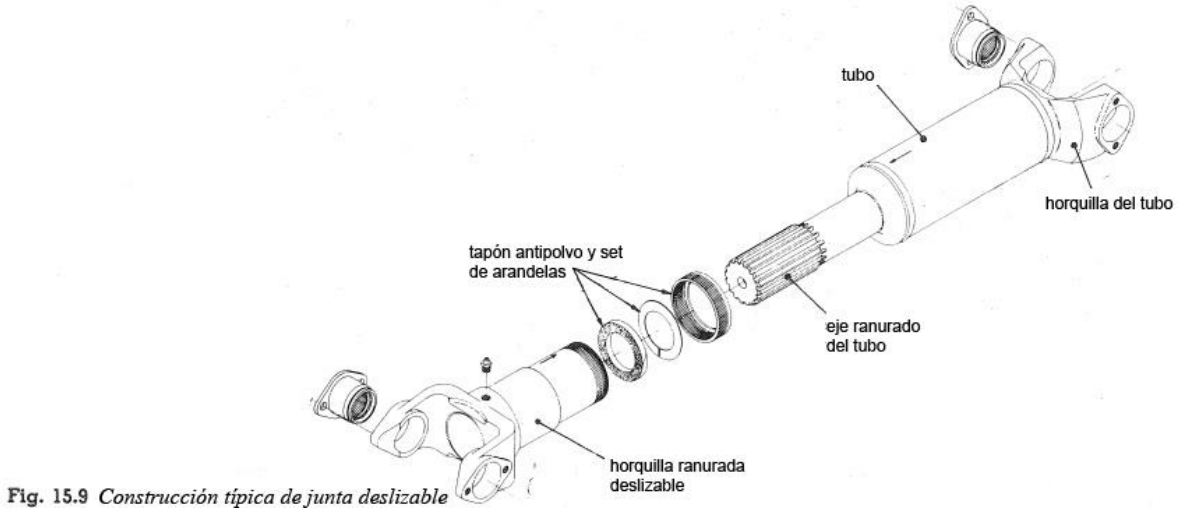


Fig. 15.9 *Construcción típica de junta deslizable*

Figura 22

Construcción típica de junta deslizante

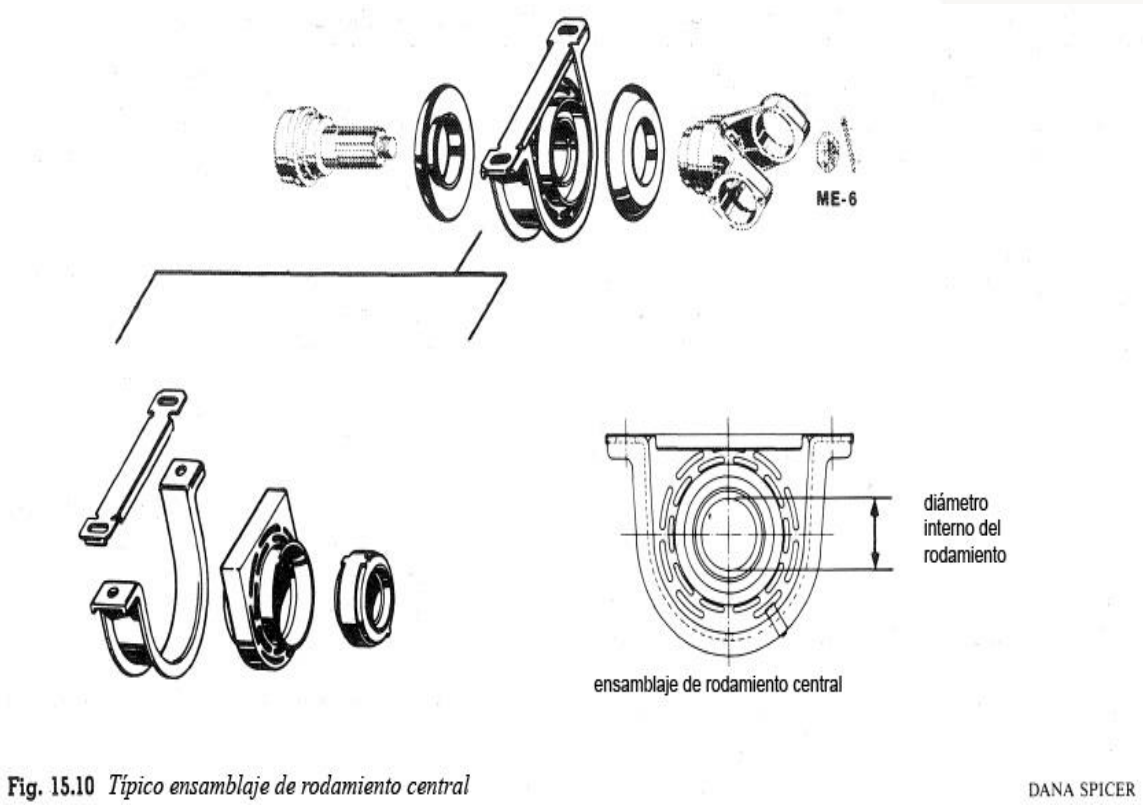


Fig. 15.10 *Típico ensamblaje de rodamiento central* DANA SPICER

Figura 23

Típico ensamblaje de rodamiento central

Servicio Técnico General

Para mantener un vehículo operando en forma estable y económica, el eje de transmisión debe ser inspeccionado a intervalos regulares. Las fallas en las juntas universales, vibración y falla de rodamiento central son ocasionadas por pequeños problemas que han empeorado debido a la falta de inspección. Para asegurar que todos los componentes de un eje de transmisión sean inspeccionados en forma periódica, es buena idea seguir una secuencia como la que se indica a continuación:

- Revisar las horquillas de los extremos, o los flanges de unión, así como sus ejes, en caso de que estuvieran sueltas tanto en los ejes de transmisión como en los ejes motores.

- Revisar que los rodamientos de uniones universales no estén excesivamente sueltos. Éstos deben ser revisados tanto en la dirección radial como a lo largo de la "*cruz*" de las juntas universales. El movimiento no debe exceder los 0,20 mm.
- Revisar que las ranuras de la junta deslizante no estén excesivamente sueltas. El movimiento radial no debe exceder los 0,20 mm.
- Revisar la tapa ciega (Welch plug) al extremo de la junta deslizante. Si ha sido alterado, revisar la longitud del eje de transmisión al ser comprimido, el eje de muñón acanalado puede estar golpeando la tapa ciega (Welch plug) en el momento en que el eje de transmisión es comprimido.
- Revisar si el eje de transmisión está dañado, torcido o si le faltan contrapesos. Elimine todo el material extraño, como las capas de fondo de pintura, barro y cemento.

Servicio Técnico de Componentes

Antes de remover cualquier eje de transmisión de un vehículo, marque siempre indeleblemente la horquilla de la junta deslizante, la horquilla fija, y el tubo del eje de transmisión para asegurar la correcta alineación durante el nuevo ensamblaje.

Nota: Este manual no pretende ser utilizado como manual de taller (de reparación) o referencia de especificación. Los manuales de taller pertinentes deberán ser utilizados al realizar cualquiera de las prácticas de taller o ajustes descritos.

- Ensamblaje del Eje de Transmisión

Al ensamblar nuevamente el eje de transmisión, asegurarse de que todas las marcas de alineación indelebles estén alineadas, de otro modo los ejes de transmisión estarán "desfasados". Engrasar los ejes de transmisión, y luego poner a prueba tanto las juntas universales para ver la libertad de movimiento en ambas direcciones. Poner a prueba las juntas deslizantes para ver la libertad de movimiento arrastrándolas suavemente. Nivelar el eje de transmisión, volver a instalar en su vehículo asegurándose de que todas las especificaciones de torque se han cumplido, volver a engrasar, y hacer una prueba en carretera.

- Vibración

Si se le deja sólo, todo objeto que se mueva continuará moviéndose en una línea directa a una velocidad constante. Si una masa pesada es atada a un cordel y se deja columpiar en un círculo, una fuerza, llamada fuerza centrífuga (opuesta a la fuerza centrípeta), se sentirá en el cordel. Esta fuerza es ocasionada por la tendencia de la masa a moverse en línea directa. De esta forma, toda masa que gire en círculos

establece una fuerza hacia afuera que actúa en línea radial a través del centro de rotación y el centro de la masa. Por ejemplo, un eje de transmisión individual gira en círculos alrededor de una línea central a través de los centros del eje de salida de la transmisión y el eje de entrada de transmisión final. Si esta fuerza no está balanceada ocurrirá una vibración de la transmisión completa y de las líneas de transmisión al mismo tiempo que la rotación del eje de transmisión.

La vibración del eje de transmisión puede ser el resultado de:

- Componentes desgastados o dañados
- Desbalanceo
- Agotamiento
- Desfase
- Velocidad crítica

- Balanceo

El balanceo es el procedimiento en el cual la distribución de masa de un cuerpo en rotación se revisa y altera, para asegurar que la vibración no ocurre a la velocidad operativa de la línea de transmisión.

El primer artículo al que se puede culpar cuando los vehículos pesados sufren vibración excesiva es al eje de transmisión y su balance. Un eje de transmisión correctamente balanceado, por lo general tendrá una pequeña cantidad de desbalanceo residual que no debe ser aparente a una velocidad normal de conducción. Sin embargo, si el eje de transmisión tiene un desbalanceo excesivo, los rodamientos de eje principal de transmisión, rodamientos del piñón, componentes del eje de transmisión, el operador, la carga útil y el vehículo, estarán sometidos a la vibración.

La reconstrucción del ensamblaje del eje de transmisión, por lo general consiste en reemplazar las juntas universales gastadas con un nuevo "*juego*" (kit). Estos juegos (kits) reemplazan a aquellas partes del eje de transmisión que están más sometidas al desgaste durante la operación. Aunque un eje de transmisión por lo general no necesita rebalanceo, es mejor dejar los reemplazos de junta deslizante, horquilla o tubería a un centro de servicios de líneas de transmisión especializado en donde la unidad será nuevamente balanceada por completo. Los ejes de transmisión por lo general necesitarán ser nuevamente balanceados cuando cualquier componente, que no sea un juego de juntas universales, sea reemplazado

- Agotamiento

Después de reparar un eje de transmisión dañado o gastado, es esencial revisar si está agotado. Este procedimiento se realiza montando el eje de transmisión entre mesas de

torno y tomar lecturas con un indicador de dial en las posiciones que se indican. Un máximo de 0,25 mm de agotamiento está permitido para el centro del tubo o eje; 0,125 mm para el cuello del eje de acople de la junta deslizante; y 0,125 mm de agotamiento medido en la tubería a una distancia de 75 mm desde las soldaduras.

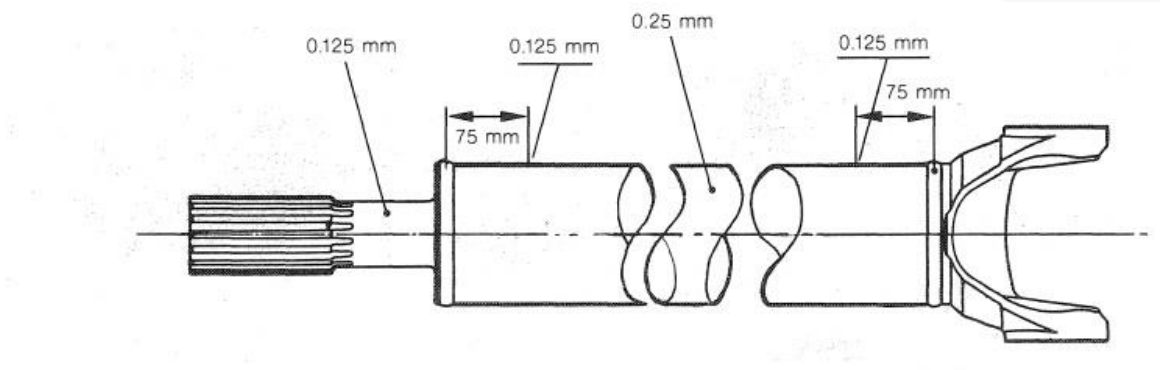


Fig. 15.11 *El agotamiento del eje de transmisión debe medirse en las posiciones indicadas*

Figura 24

El agotamiento del eje de transmisión debe medirse en las posiciones indicadas

- Velocidad crítica

La velocidad crítica de un eje de transmisión es la velocidad en que la velocidad rotacional coincide con la frecuencia de vibración natural transversal del eje de transmisión. Funcionar a velocidad crítica causará vibración severa, lo que dañará los componentes de la línea de transmisión y las unidades de conexión.

Un eje de transmisión que funcione a su velocidad crítica podría “chicotear”. Sin embargo, la velocidad crítica no debería ser un problema para los ejes de transmisión que tengan menos de 1,75 m de largo y que no excedan las 3000 rpm. Toda vez que haya altas probabilidades de encontrarse con velocidades de eje de transmisión mayores a 3000 rpm, como transmisiones que tengan relaciones de sobremarcha, el eje de transmisión no debe exceder los 1,25 m de largo.

- Fases y ángulos

Para evitar ruidos en el momento de la operación y para asegurar una larga vida de servicio para los componentes del eje de transmisión, es muy importante contar con ángulos correctos de eje de transmisión y fases correctas para las juntas universales.

- Ángulo de Fase

El ángulo de fase de un eje de transmisión es la diferencia angular entre las horquillas de conexión. Las fases se utilizan para corregir ángulos desiguales que operan en cada extremo del eje de transmisión. Cuando un eje de transmisión está en fase (ajustado), los dientes de la horquilla de junta deslizante y los dientes de la horquilla fija están en línea. Normalmente debería existir una flecha de alineación estampada en la manga de la junta deslizante y en el tubo, para asegurar que no haya desfase. Si estas marcas no están presentes deben añadirse antes del despiece.

- Ángulos de Eje de Transmisión

Los componentes de una línea de transmisión deben posicionarse de manera que los ángulos de trabajo de la junta universal entre la transmisión, eje motor, y (si fuera aplicable) los entre ejes sean lo más similar posible. El término "*ángulo del eje de transmisión*" hace referencia al ángulo de cada eje de transmisión y al ángulo operativo de cada junta universal en la línea de transmisión. Es importante recordar que la variación en la velocidad rotatoria que produce una junta universal individual se cancela al utilizar una segunda junta universal. Esta segunda junta universal está ajustada al otro extremo del eje de transmisión con las horquillas de las dos juntas universales en paralelo -en fase- la una con la otra. Sin embargo, esta cancelación sólo ocurrirá si los ángulos de operación de la junta universal son iguales. Los ángulos de trabajo de juntas universales que no sean iguales harán que la línea de transmisión opere con variaciones en la velocidad rotacional que puede tener como resultado ruido, vibración, y falla prematura de la junta universal. Por lo tanto, es tradicional instalar la transmisión y el eje motor con las juntas universales en paralelo la una con la otra.

Las instalaciones paralelas han probado ser imprácticas en el caso de vehículos de transmisión en tándem y algunos vehículos con poca distancia entre ejes con un largo mínimo de línea de transmisión. En estas instancias, las instalaciones paralelas requerirán que los ejes de transmisión operen con ángulos de trabajo de juntas universales muy severos. Para reducir los ángulos de trabajo, el eje motor se inclina hacia arriba hasta que la línea central del piñón y la línea central del eje principal de transmisión se intersecten a medio camino entre los centros de las juntas universales. Esta es una instalación no paralela (broken-back).

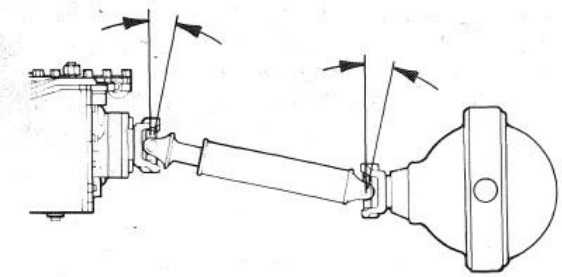


Fig. 15.12 *Instalación de junta universal paralela (ambas juntas universales se encuentran en el mismo ángulo de la línea motriz).EATON*

Figura 25 (15.12)

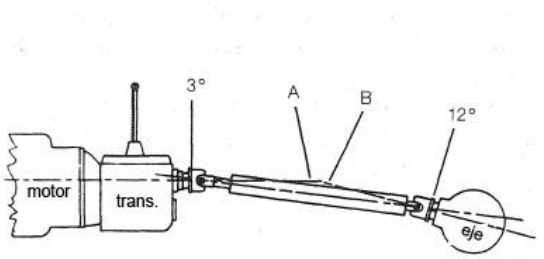


Fig. 15.13 *Junta universal en una instalación no paralela (los ángulos A y B deben ser iguales)*

Figura 26 (15.13)

Para determinar los ángulos de trabajo de las juntas universales se necesita un nivelador de burbuja. Cuando los ángulos se leen desde la marca 0°, o bien horizontalmente, ésas son las lecturas que deben ser registradas. Si el ángulo se lee cuando el nivelador está ubicado en posición vertical, no registre el ángulo que se muestra. En su lugar, registrar la diferencia entre el ángulo y 90°. Por ejemplo, si se obtiene una lectura vertical de 78°, el ángulo que se mide es 12° (90°-78°). Todos los ángulos deben ser leídos dentro de ¼° (15') y deben ser leídos con el nivelador en posición perpendicular sobre una superficie plana despejada.

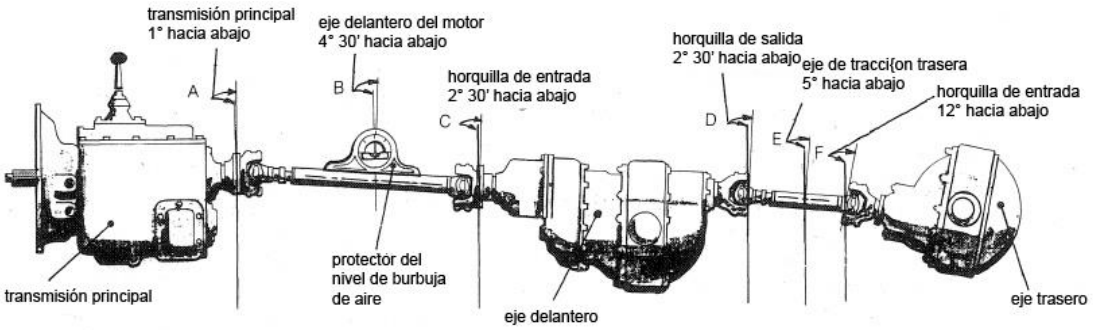


Fig. 15.14 *Ángulos y cálculos del eje del motor* DANA SPICER

Figura 27 (15.14)

Los ángulos de trabajo de las juntas universales de un vehículo con dirección tándem podrían medirse utilizando el siguiente procedimiento:

- Los ángulos de trabajo de las juntas universales de un motor principal deben revisarse dos veces. Una vez con el semirremolque conectado a la quinta rueda y una vez sin el semirremolque.
- Inflar todos los neumáticos de acuerdo a la presión normal de operación.

- Estacionar el vehículo en actitud normal, o posición de operación, sobre una superficie plana que esté nivelada tanto en las direcciones laterales como longitudinales. Esto no es estrictamente necesario pero facilita los cálculos.
- Utilizando un nivelador de burbuja, medir el ángulo entre la cara del flange de salida de la transmisión y el vertical. Registrar este ángulo, ángulo A, y si está “hacia arriba” o “hacia abajo” en un diagrama similar a la Figura 28

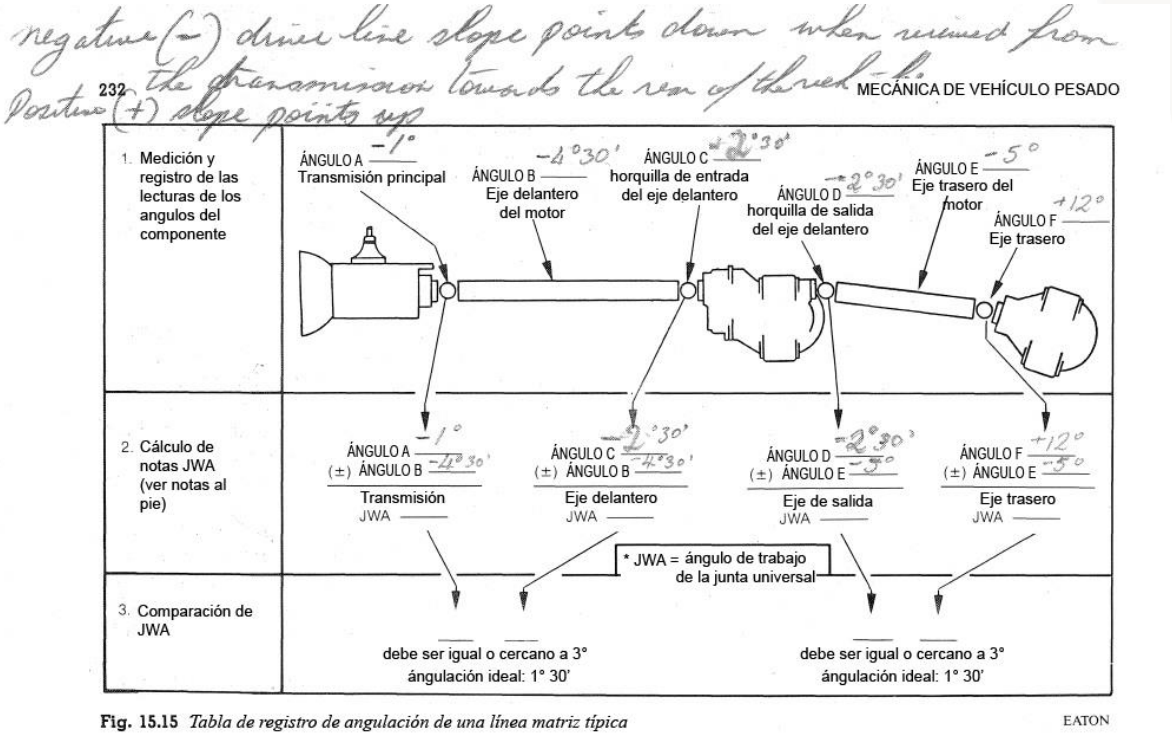


Fig. 15.15 *Tabla de registro de angulación de una línea matriz típica* EATON

Figura 28

- Medir el ángulo del eje de transmisión delantero colocando el nivelador en el tubo. Registrar este ángulo, ángulo B, y si está “hacia arriba” o “hacia abajo”.
- Medir el ángulo entre la cara del flange de entrada del eje delantero y la vertical. Registrar este ángulo, ángulo C, y si está “hacia arriba” o “hacia abajo”.
- Medir el ángulo entre la cara del flange de salida del eje delantero y la vertical. Registrar este ángulo, ángulo D, y si está “hacia arriba” o “hacia abajo”.
- Medir el ángulo del eje de transmisión trasero colocando el nivelador en el tubo. Registrar este ángulo, ángulo E, y si está “hacia arriba” o “hacia abajo”.
- Medir el ángulo entre la cara del flange del piñón del eje trasero y la vertical. Registrar este ángulo, ángulo F, y si está “hacia arriba” o “hacia abajo”.
- Utilizando las mediciones registradas, calcular la variación entre los ángulos de operación de las juntas universales. Esto puede realizarse como se muestra en el siguiente ejemplo.

- Ajuste de ángulo de línea de transmisión

Los ángulos de trabajo de las juntas universales podrán ajustarse alterando el ángulo del piñón del eje. Dependiendo del tipo de eje y de la suspensión utilizada, podría ajustarse mediante lo siguiente:

  - Cambiar el largo del brazo de torque.
  - Ajustar los soportes del brazo de torque.
  - Utilizar cuñas de ajuste entre el asiento del resorte y la suspensión de ballesta.

- Diagnóstico

La acción de un eje de transmisión con una junta universal en cada extremo trabajando a través de un ángulo tiene como resultado un movimiento extraño. El eje de transmisión se acelerará y luego disminuirá dos veces la velocidad durante cada revolución. Si los ángulos de trabajo de las juntas universales en cada extremo son desiguales, tendrá como resultado una vibración de torsión.

Si el ruido o vibración de la línea de transmisión ocurre sólo a ciertas velocidades y disminuye cuando se aumenta la velocidad, es normalmente el resultado de ángulos de trabajo de juntas universales desiguales. Si el ruido o vibración de la línea de transmisión ocurre en todo momento en el rango de velocidad y sólo varía en intensidad en la medida que varía la velocidad, la causa es probablemente un eje de transmisión desbalanceado o desfasado.

Algunos problemas típicos y las causas sugeridas se enumeran en la siguiente tabla:

Tabla Problemas típicos de líneas de transmisión y posibles causas

Problema	Causa
Vibración	Puede aparecer cuando tiembla la velocidad baja, o a ciertas velocidades, bajo velocidad máxima o crucero, o bajo condiciones de carga liviana. Fase incorrecta, Eje de transmisión incorrecto, Eje de transmisión demasiado largo, junta deslizante suelta o desgastada, junta universal suelta o desgastada, eje de transmisión desbalanceado, Eje de transmisión doblado, Ángulos de trabajo de juntas universales desiguales, Ángulos de trabajo de juntas universales demasiado largos

	para las condiciones.
Falla prematura de la junta universal	Lubricación incorrecta, retenedores excesivamente ajustados, carga de torque excesiva, operación continua a ángulos altos o velocidad alta, Contaminación y abrasión.
Falla de la junta deslizante	Lubricación incorrecta, Eje de transmisión con un diámetro demasiado pequeño, carga de torque excesiva, ranura macho demasiado corta, ranuras sueltas o partes que no calzan, contaminación y abrasión, junta trabaja en posición extrema.
Falla de la horquilla	Contacto con otro componente durante el viaje de suspensión. Carga de torque excesiva, eje de transmisión o largo de la junta deslizante incorrectos.
Falla del eje de transmisión o de la tubería	Peso de balance localizado en soldadura de círculo, soldadura de círculo incorrecta, eje de transmisión demasiado largo, partes desgastadas o dañadas, carga de torque excesiva, lubricación incorrecta de las partes, rodamiento central mal alineado.

Tabla Ángulos máximos recomendados para operación de juntas universales

RPM del Eje de Transmisión	Ángulo de Operación Máximo	RPM del Eje de Transmisión	Ángulo de Operación Máximo
5000	**3°15’**	**4500**	**3°40’**
4000	**4°15’**	**3500**	**5°**
3000	**5°50’**	**2500**	**7°**
2000	**8°40’**	**1500**	**11°30’**

1.8 Rodamientos

Los rodamientos juegan un rol vital en toda pieza de maquinaria y equipamiento. El tamaño y peso de las aplicaciones modernas para rodamientos planos y anti fricción, al ser usados en maquinarias grandes y aplicaciones de diesel/ automotoras, colocan una carga cada vez mayor en los rodamientos.

Debido a que la falla en los rodamientos es de ocurrencia bastante común, el conocimiento de los requerimientos, materiales y diseño de los rodamientos es de gran importancia.

Rodamientos planos

En los rodamientos planos, la acción fundamental es una de un contacto deslizante entre las superficies que se acoplan, y por esta razón, la construcción es tal que una de las superficies se considera más suave. Principalmente, los rodamientos planos son espaciadores tipo cojinete, mangas o arandelas, hechos de diferentes materiales para adecuarse a la carga y el ambiente de la aplicación.

El material usado en la fabricación inicial de los rodamientos o en su reemplazo debe poseer la capacidad de soportar las condiciones máximas de servicio. Aunque un eje, al girar a baja velocidad o un émbolo a velocidad de marcha en vacío en un motor será muy suave con el rodamiento, el mismo eje a máxima velocidad o con carga máxima es una situación totalmente diferente.

La mayoría de los rodamientos planos están hechos de materiales relativamente blandos como metal antifricción, metal blanco, bronce, latón, aluminio, etc. El servicio para el cual el rodamiento está concebido y las características de los diversos materiales para rodamientos determinan qué material sea seleccionado para una situación dada.

Algunas de las cualidades principales deseables en un material para rodamientos están enumeradas a continuación:

- **Anti-agarre**: Con pocas excepciones, siendo el acero fundido un notable ejemplo, los metales similares no funcionan bien en contacto.
  Por ejemplo, dos piezas de aluminio, al restregarse una contra la otra se “retorcerán” o se pegarán. Esto es agarre. El agarre en los rodamientos es debido a dos factores principales: (1) La falta de lubricación o (2) un coeficiente de fricción entre los metales que se adosan. Las fallas de lubricación o las contaminaciones son una causa común de falla, pero metales no aptos pueden entrar en contacto. El reemplazo de un rodamiento en una máquina o una serie

de caparazones de rodamiento en un motor es una ocasión obvia en la cual esto puede ocurrir.

- **Incrustabilidad**: Si algunos materiales extraños entran en el sistema de lubricación de los rodamientos, puede perforar gravemente el muñón o incrustarse en el material del rodamiento. Si el rodamiento está en un ambiente en donde habrá material extraño, la capacidad de material del rodamiento de engullir material abrasivo duro, es una consideración importante.

- **Resistencia a la corrosión**: la corrosión puede, a primera vista, parecer un problema que no surge en los rodamientos. Hay, sin embargo, una serie de potenciales fuentes de corrosión en la mayoría de las maquinarias. Los aceites modernos tienen muchos aditivos y estos pueden involucrar actividad química compleja. Un ejemplo de un aditivo es el sulfuro. Los aceites sulfurados, en la presencia de calor, presión y agua (de la atmósfera por medio de compresión del aire de un respiradero) son una fuente de varios sulfuros que se forman. Su acción sobre la superficie de los rodamientos es activamente corrosiva. Otros aditivos pueden no afectar el rodamiento para nada. El disulfuro de molibdeno es un aditivo de este tipo. Se le conoce por ser una sustancia inerte (que no cambia fácilmente por reacción química).

Debido a estas razones, se deben observar las siguientes reglas simples:

No utilice aceites con un aditivo, ya que puede tener un efecto adverso en los metales o sellos del rodamiento.

No cambie el lubricante recomendado sin consultar al servicio técnico de la compañía de aceite o al fabricante del equipo

- **Conducción Térmica**: Sin importar lo bien diseñado que un rodamiento pueda estar, la fricción siempre estará presente en algún grado. La lubricación podría reducir esto a un nivel muy bajo, peo nunca la eliminará por sí misma. La fricción genera calor. El calor, de acuerdo con el coeficiente de expansión de los metales de rodamiento, causa cambios dimensionales. Para retener la distancia correcta y evitar un agarre completo, el calor debe ser disipado. Dado que los metales transmiten el calor, el material del rodamiento puede ser usado para transportar el exceso de calor a la parte más grande del alojamiento del rodamiento. El lubricante, especialmente si se usa aceite, también ayuda a remover el exceso de calor generado.

Materiales comunes para rodamientos planos

- **Hierro fundido**: uno de los materiales más viejos en uso general. Además, el hierro fundido es uno de los pocos metales que puede correr sobre sí mismo. Esto quiere decir hierro fundido sobre acero fundido. Esta habilidad no está en duda debido al carbono libre (grafito) que actúa como un lubricante sólido. Las caras de desgaste adquieren una piel dura, barnizada. De amplio uso en herramientas de maquinaria como camas de hierro fundido, mesas para máquinas de molienda, camas de cepillado, etc., que hacen uso del hierro fundido o de uno de los aceros nodulares modernos.

- **Bronce fosforado**: es un material de rodamiento bastante conocido. Tiene un bajo coeficiente de fricción con el acero. La composición promedio es de un 83% de cobre, 16% de latón, y 1% de fósforo. Puede llevar cargas pesadas pero no está bien adecuado para un rango de alta velocidad. A menudo es superado al fundir insertos de metal Babbitt en rodamientos de bronce.

- **Metal Babbitt o metal blanco**: El metal Babbitt original, hecho en 1839, estaba compuesto de 50 partes de latón, 5 partes de antimonio y 1 parte de cobre. Es posiblemente el metal de cojinete mejor conocido dado que tiene un bajo coeficiente de fricción, Buena incrustabilidad, y una Buena adaptabilidad a la forma y alineación del eje.

- **Acero Cromado**: Se usa principalmente en rodamientos de bola y rodillo. Estos rodamientos operan en un contacto de rodado o de fricción y son bastante diferentes a los rodamientos planos. El grado normal de acero usado se SAE 52100, (1,45% cromo, 1,02% Carbono), y está clasificado como un acero tratable a calor medio.

- **Metal Sinterizado**: El sinterizado es un proceso que involucra la compactación de metal en polvo, u óxidos, a altas presiones y temperaturas. Se requieren presiones en el rango de 276.344 kPa, (40.600-PSI) para unir las partículas. Esta forma de briquetado se usa también en puntas de herramientas de carbono y tungsteno En los rodamientos, se puede una porosidad incorporada y distribuida uniformemente. Esto permitirá que el rodamiento absorba un 25% de su volumen en aceite. Los lubricantes sólidos tales como el grafito se pueden incorporar. Una tal combinación es el cobre, latón y grafito.

- **Plásticos**: Una vasta familia de materiales se puede usar bajo el encabezado de plásticos. Tan grande ha sido la diversificación en este campo en los últimos 50 años que hoy en día, ser un químico o un ingeniero en plásticos es una ocupación especializada. Algunos de los plásticos utilizados en los rodamientos son nylon, PTFE (Teflón), resinas fenólicas, etc. la mayoría de estos plásticos son químicamente inertes; por ende no ocurre ningún choque con los aditivos del aceite. En muchas instancias, son auto-lubricantes. Se hacen otras afirmaciones por los fabricantes que incluyen estabilidad dimensional durante largos períodos, bajo coeficiente de expansión y bajo coeficiente de fricción. A veces el plástico se usa como una matriz para retener metal o materiales no metálicos.

Materiales para cargas pesadas

Los siguientes metales normalmente están bien adecuados para cargas pesadas:

Bronces: el bronce fosforado, el bronce de aluminio y el bronce y plomo son los bronces principales. Este grupo de aleaciones son buenos transportadores de carga, tiene baja incrustabilidad, pero están sujetos a los ataques corrosivos de la impurezas en la lubricación.

Cobre y plomo: tiene buena capacidad de acarreo, pero mala incrustabilidad y este menos sujeto a los ataques corrosivos que el bronce.

Aleaciones basadas en el aluminio: El Alutin es una aleación bien conocida de este grupo y está hecha de un 93% DE aluminio y un 7% de latón. Tiene buena capacidad de acarreo de carga, incrustabilidad y es resistente a la corrosión.

Lubricación de rodamientos planos de uso intensivo

Los rodillos planos de uso intensivo demandan una buena lubricación. Por esta razón, los rollos de aceite, canales de aceite o surcos de aceite son características frecuentes en el diseño de los rodamientos. Algunos rodamientos bimetálicos soportados en acero tienen superficies indentadas. Las indentaciones tienen depresiones semi esféricas de aproximadamente 3 mm de diámetro y .25 mm (.010”) de profundidad.

Son similares a las marcas dejadas por una prueba de dureza Brinell. Con altas velocidades y cargas pesadas, las indentaciones aseguran que haya pequeños glóbulos de aceite disponibles en las caras de trabajo inmediatamente. El atraso de una bomba de aceite en funcionar se activa por el aceite residual que queda en las indentaciones. Estos, sin embargo, reducen el área efectiva de la superficie del rodamiento.

Rodamientos Anti-fricción

Los rodamientos de bola y rodillo se usan ampliamente en aplicaciones industriales y domésticas debido a su bajo costo, altos niveles de exactitud, y la facilidad de reemplazo que da pie a cortos periodos de parada de equipos por mantención. La alta precisión lograda por los fabricantes permite que los rodamientos sean usados en toda clase de aplicaciones desde ejes de baja velocidad hasta ejes de alta velocidad.

Cuando se hace el servicio al equipo y los rodamientos deben ser reemplazados, no sólo es necesario leer el número de rodamiento para identificarlo, sino que también se debe buscar el símbolo de selección normalmente grabado con un lápiz electrónico o un lápiz de diamante.

Los rodamientos de precisión están específicamente seleccionados por tamaño, corrida, distancia interna y calce, si corren en pares – el material de la jaula puede ser importante en algunas aplicaciones.

Designaciones de Rodamientos

Los rodamientos están designados de acuerdo a estándares reconocidos que estipulan tamaños imperiales y métricos. Cada rodamiento del estándar métrico tiene una designación de base específica, la que indica el tipo de rodamiento y los tamaños estándar.

Las letras y la numeración que se encuentran en los rodamientos pueden tener códigos de letra adicionales para distinguir los rodamientos que difieren del estándar o que tienen componentes modificados. Estos se llaman designadores suplementarios.

Se pueden mostrar como:

- Prefijos (al comienzo o en frente de).
- Sufijos (al final o después de).

Los prefijos se usan para indicar una modificación de una parte del rodamiento, tales como:

- Anillo exterior del rodamiento.
- Anillo interior del rodamiento.

Los sufijos por otra parte se usan para indicar las modificaciones a las siguientes características:

- Diseño interno o externo.
- La jaula del elemento rodante.
- La exactitud.
- Distancias internas.
- Vibración o ruido.
- Tratamiento de calor.
- Características de lubricación o lubricantes.

Letras/números se pueden usar ya sean como prefijo o sufijo. El significado de la letra/número dependerá de si es un prefijo o sufijo.

Cada rodamiento de estándar métrico tiene una designación básica específica que indica el tipo de rodamiento y los tamaños dimensionales estandarizados. Estas designaciones indican a su vez, el tipo de rodamiento, la serie de dimensión y el diámetro interior.

La Figura 29 indica esquemáticamente la forma en que el sistema de designación está construido. Encima de los símbolos del rodamiento, las series de rodamientos más comunes dentro de los tipos de rodamientos respectivos están indicados y debajo del símbolo del rodamiento, se muestra las cifras o letras que indican el tipo de rodamiento. Los corchetes en las designaciones en el dibujo indican cifras que, de acuerdo al sistema debieran ser incluidos en la designación básica, pero que por razones prácticas han sido dejados fuera; ver las explicaciones al pie:

Mientras que las letras y la numeración conforman un estándar, como se aplica dicho estándar variará de un fabricante a otro. Un sistema típico de numeración (SKF) se muestra con las explicaciones de los códigos de letras.

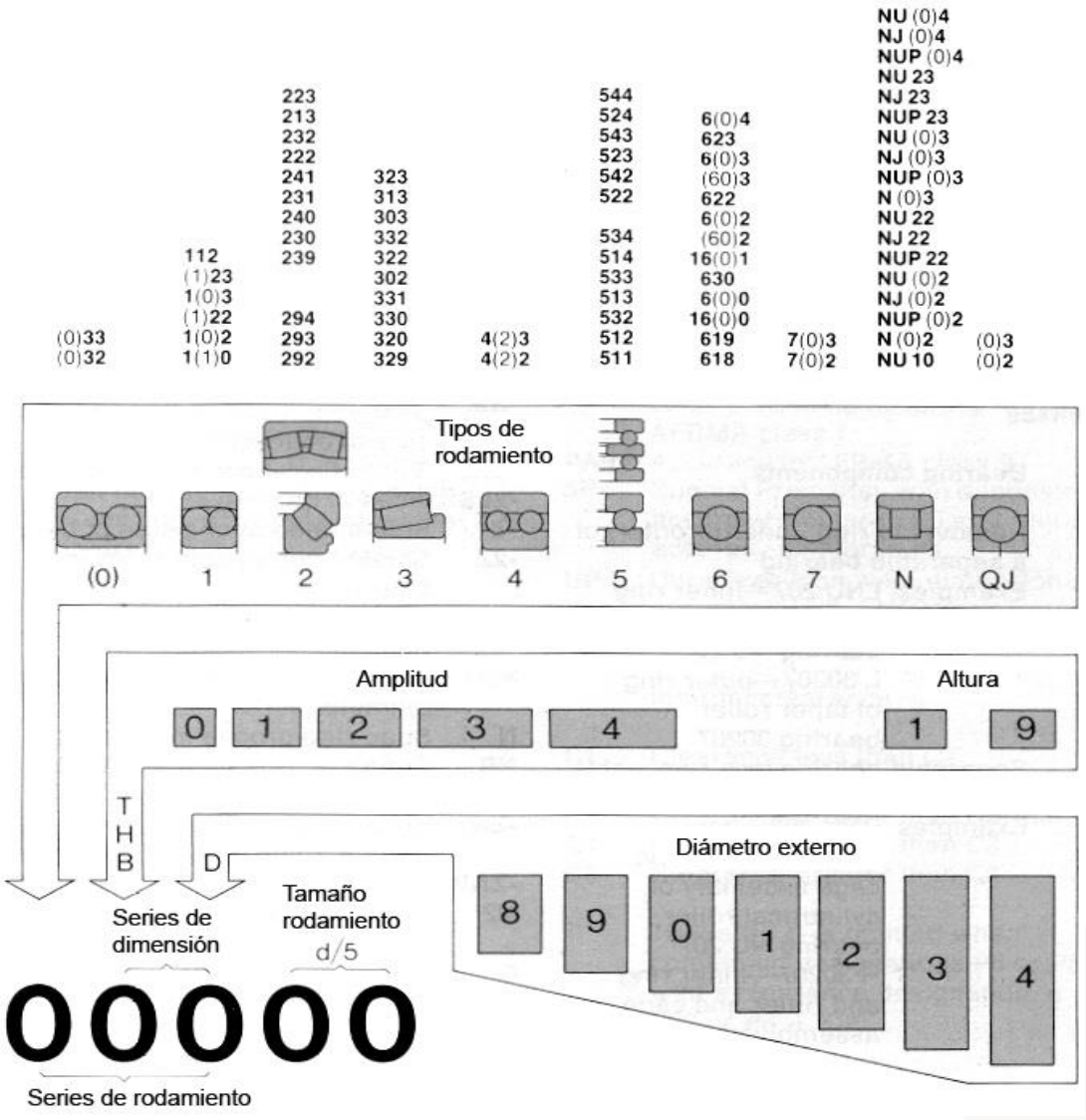
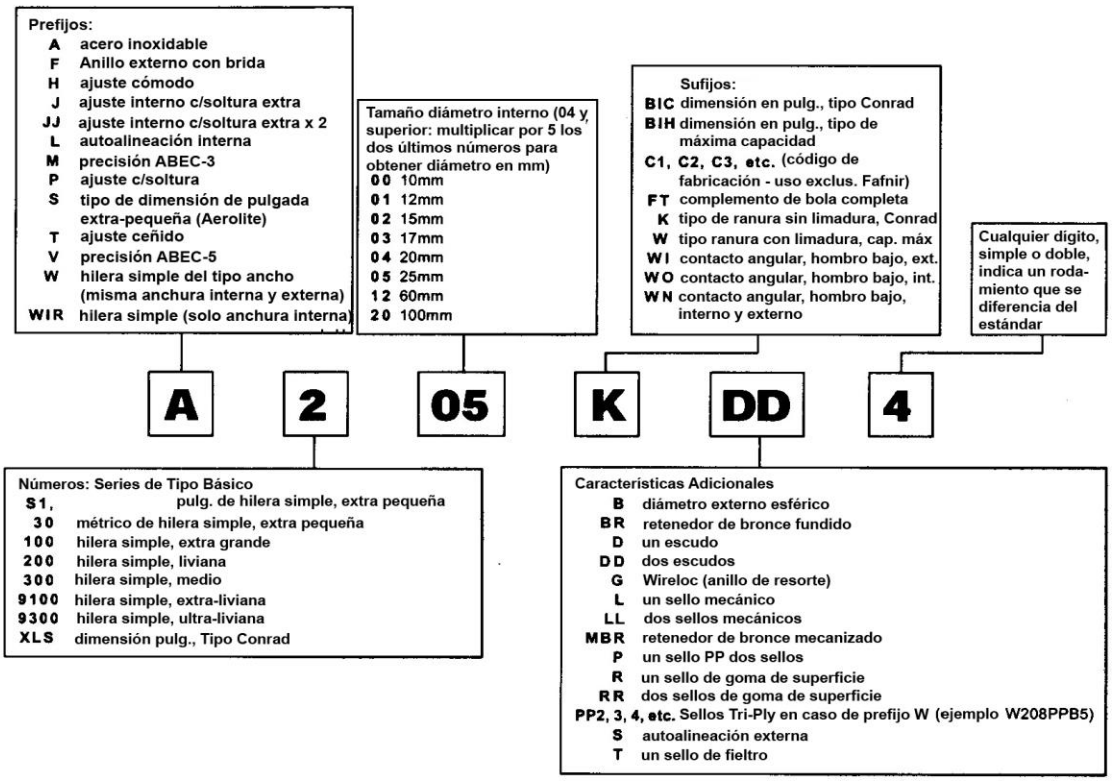


Figura 29

La Figura 29 anterior es el sistema de designación SKF. El diámetro interno del rodamiento son los últimos dos (2) dígitos divididos por cinco (5) en este caso.

La Figura 30 muestra el sistema de rodamiento usado por Torrington Rodamientos Australia:

Rodamientos Radiales



Rodamientos de Contacto Angular

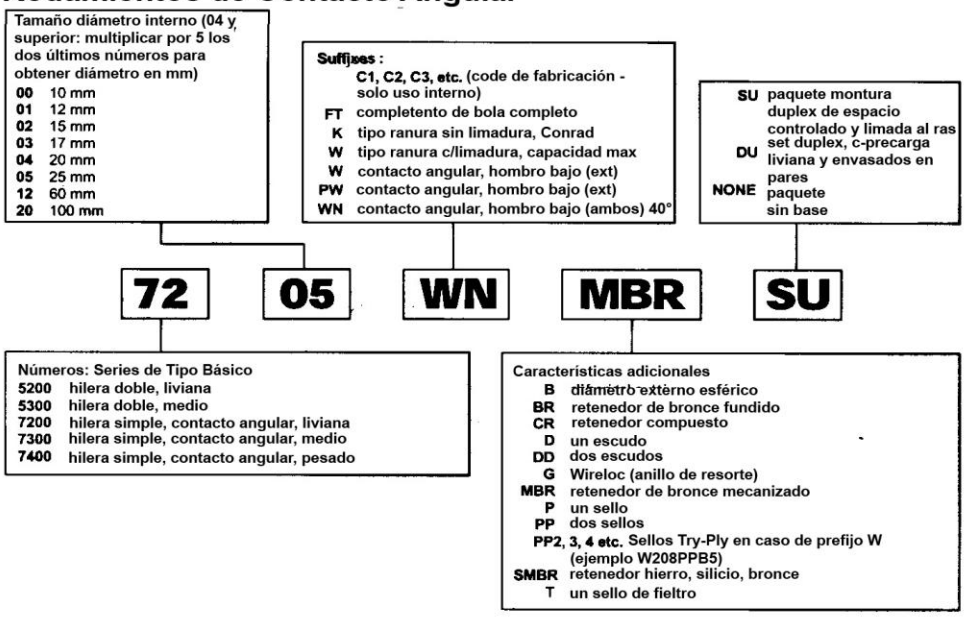


Figura 30

Es especialmente importante revisar un catálogo del fabricante para sus prefijos y sufijos de designación al identificar un rodamiento, especialmente al reemplazar un rodamiento con un tipo similar de un fabricante diferente.

Partes de un rodamiento Anti-Fricción

Los rodamientos anti-fricción tienen un mínimo de cuatro (4) componentes, que incluyen:

- El anillo interno.
- El anillo externo.
- Los elementos rodantes.
- La jaula.

Algunos rodamientos tienen un anillo guía Figura 31.

Figura 31

Anillo interior

El anillo interno está montado sobre un eje de la máquina y, en la mayoría de los casos, es la parte giratoria. La dimensión interna puede ser cilíndrica o cónica. Las pistas contra las cuales los elementos rodantes corren tienen diferentes formas:

- Esféricos
- Cilíndricos
- Cónicos

La forma utilizada depende del tipo de elementos rodantes utilizados en el rodamiento.

Anillo exterior

El anillo exterior está montado sobre un alojamiento de la máquina, y en la mayoría de las aplicaciones, no gira. Las pistas contra las cuales corren los elementos rodantes tienen diferentes formas, al igual que para el anillo interior, siendo esféricas, cilíndricas o cónicas, dependiendo del tipo de elementos rodantes utilizados en el rodillo.

Elementos rodantes

Dependiendo del tipo de elementos rodantes que se usan, los rodamientos se dividen en dos (2) categorías básicas:

- Rodamientos de bola
- Rodamientos de rodillo

Las bolas en un rodamiento de bola transfieren la carga a una superficie muy pequeña (llamada punto de contacto) con la pista. La capacidad de acarreo de cargo es por ende más baja que los rodamientos de rodillo, donde los rodillos transfieren la carga vía contacto con las pistas.

Jaula

La jaula separa los elementos rodantes y los mantiene en posición, evitando el contacto entre ellos durante la operación, contacto que provocaría malas condiciones de lubricación Como muchos tipos de rodamiento, la jaula mantiene los rodamientos juntos durante su manejo.

Sellos

Los sellos aunque no están incluidos en todos los rodamientos, son esenciales para una larga y confiable vida útil del rodamiento. Lo protegen de la contaminación y los rodamientos con sellos integrales son cada vez más populares.

Anillo guía

Los anillos guía sólo se usan en rodamientos de rodillo esféricos. La función de los anillos guía es guiar los rodillos en los rodamientos para que giren en paralelo al eje y distribuyan la carga de forma pareja.

Hay una amplia gama de tipos de rodamiento disponibles que cumplen ambos estándares y los requerimientos especiales de las aplicaciones de ingeniería. Es esencial que usted pueda identificar los tipos de rodamientos anti-fricción disponibles y entienda su uso y aplicación en el ambiente de la ingeniería.

Los siguientes rodamientos anti-fricción están cubiertos:

- Rodamientos de bola radial.
- Rodamientos de bola de contacto angular.
- Rodamientos con anillos elásticos.
- Rodamientos con bolas auto alienantes.
- Rodamientos de empuje.
- Rodamientos con rodillos cilíndricos.
- Rodamientos con rodillos esféricos.
- Rodamientos con rodillos aguja.

Rodamientos con bola radial

Hay una amplia gama de rodamientos que pertenecen a esta clasificación.

Los diseños de rodamiento que se encuentran en esta clasificación son:

- Rodamientos con surco profundo de fila única.
- Rodamientos con surco profundo de doble fila.
- Rodamientos de doble fila esféricos.
- Rodamientos de contacto angular.
- Rodamientos con bola de impulsión.

Este tipo de rodamientos (Figura 32) es común y se utiliza ampliamente en maquinaria. Son capaces de acomodar tanto cargas de empuje radial como axial.

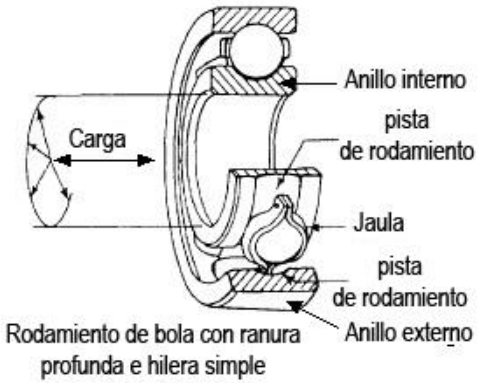


Figura 32

Pueden tener un diseño sin relleno y con relleno:

El tipo con relleno: tiene una ranura en la pista que permite que las bolas sean insertadas y usualmente contiene más bolas que los tipos sin relleno del mismo tamaño, dando una mayor habilidad de acarreo de carga radial, pero tiene una capacidad de acarreo de carga de impulsión axial limitada debido a las ranuras en las pistas.

El tipo sin relleno: tiene la ventaja de tener un hombro de carrera ininterrumpido y es capaz de soportar cargas radiales, de impulsión combinadas.

Este tipo de rodamiento está disponible con una variedad de arreglos de sellado o aislamiento incluidos en uno o ambos lados según se requiera por una aplicación en particular en la cual sea usado.

Estos pueden ser:

- Aislamientos en uno o ambos lados.
- Sello en uno o ambos lados.

La inclusión del sello de laberinto o del sello mecánico en uno o ambos lados del rodamiento (Figuras a continuación).

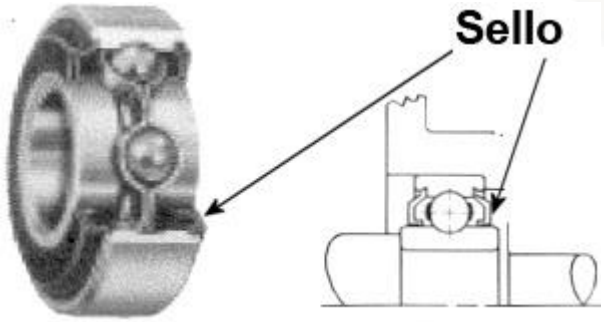


Figura 33 – Sello de laberinto

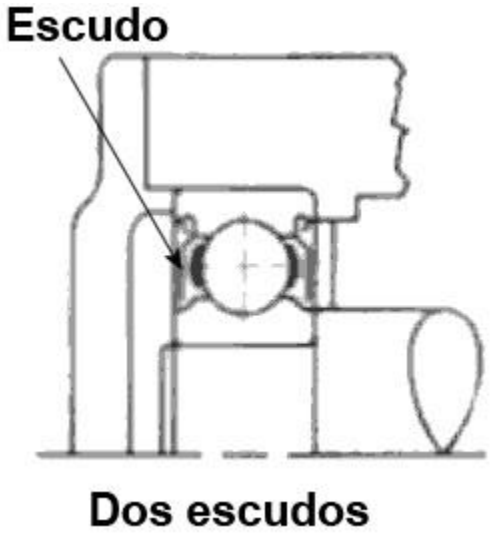


Figura 34 – Dos (2) aislamientos

Los rodamientos con surco profundo de doble fila (Figura 35) son similares en su construcción a los rodamientos de fila única, pero tienen dos (2) filas de bolas como elementos rodantes. Esto aumenta su capacidad de acarreo de carga radial y de impulsión.

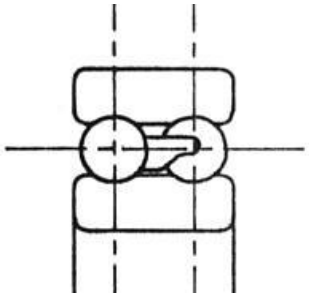


Figura 35

Rodamientos de contacto angular

De tipo de fila única

Los rodamientos de bola de contacto angular de fila única están diseñados para una combinación de carga con alta capacidad de impulsión en una dirección. Se los recomienda para aplicaciones en donde la magnitud del componente de impulsión es lo suficientemente alto para excluir el uso de rodamientos de bola radial. Son dimensionalmente intercambiables con rodamientos radiales de fila única del tamaño correspondiente.

El rodillo de bola de contacto angular tiene un ángulo de contacto relativamente largo, altas profundidades de carrera y un máximo componente de bolas ensambladas a través de una contra-camisa en el anillo externo. Estas características entregan rodamientos con una capacidad significativamente mayor de impulsión que los rodamientos radiales del mismo tamaño.

Los rodamientos de contacto angular se usan en aplicaciones como reductores de engranajes, bombas, tornillos sin fin, ejes verticales, y husos para herramientas de maquinaria, en los cuales están montados en varios arreglos dúplex (2 filas).

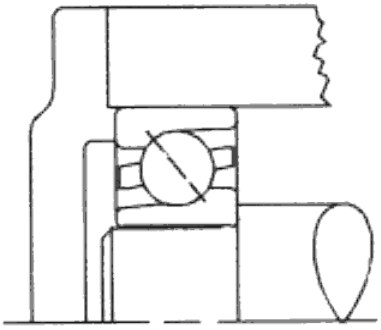


Figura 36 – Contacto angular de fila única

Tipo de doble fila

Los rodamientos de bola de bola fila de contacto angular se usan de forma efectiva en donde cargas radiales pesadas radiales, de impulsión o combinadas demandan rigidez axial del eje. Este tipo es similar a tener un par (llamado un dúplex) de rodamientos de fila única por virtud de sus dos (2) filas de bolas y construcción con contacto angular que brindan mayor rigidez axial y radial que se puede obtener al usar un rodamiento de fila única.

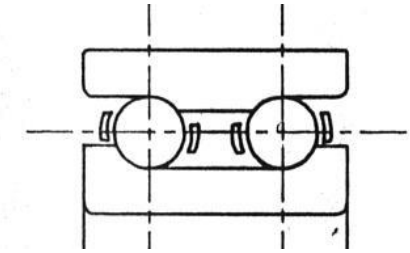


Figura 37 – Contacto angular de doble fila

Con la excepción de tamaños pequeños, los rodamientos de bola de doble fila están hechos en el tipo de estilo de construcción de ranura rellena (para poder insertar los elementos de bola rodante) y por ende no tienen gran capacidad de impulsión como los rodamientos de fila única y contacto angular equivalentes montados en pares dúplex. El montaje fijo y flotante de los rodamientos de doble fila se muestra en la Figura 37.

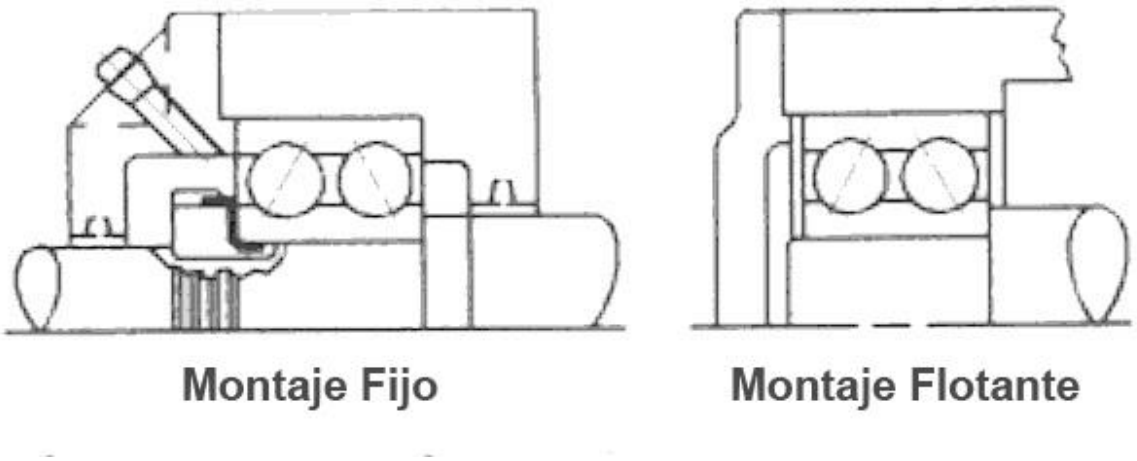


Figura 38

Rodamientos con Anillos de elásticos

Los rodamientos de contacto angular radiales y axiales, incluyendo aquellos con sellos o aislaciones y los tipos abiertos y aislados de doble fila, están disponibles con anillos elásticos. Se incluye un hombro, integral con el rodamiento. Están diseñados para su encaje en los alojamientos de interior abierto, tales como en las bombas centrífugas y cajas de cambios de transmisión de fuerza.

Esta característica está designada en al rodamiento al agregar un sufijo al número estándar del rodamiento. Los rodamientos de aislamiento o sellado único con anillos elásticos están disponibles con el anillo elástico en el mismo lado o el lado opuesto del lado del sello o aislación.

Estos rodamientos son particularmente ventajosos en el diseño automovilístico y de transmisión de planta móvil diesel y en todas las aplicaciones donde la compactitud es esencial. También se usan en donde es difícil y costoso maquinar hombros de alojamiento.

El anillo elástico entrega un hombro adecuado para los rodamientos sin sacrificar la capacidad del rodamiento. La capacidad de impulsión del anillo elástico en cizalla esta considerablemente por sobre la capacidad de impulsión del rodamiento.

Los diseños típicos que ilustran como se logra el montaje con retenedores de anillo elástico se muestran a continuación.

Figura 39– Retenedor del anillo elástico

Rodamientos de bola auto alienantes

Los rodamientos de bola auto alienantes (Figura 39) tienen dos (2) filas de bolas con la pista exterior siendo trabajadas esféricamente para permitir una flotación angular. Los rodamientos son consecuentemente auto-alineantes e insensibles a malas alineaciones angulares limitadas del eje en relación al alojamiento. Son por ende particularmente adecuados para aplicaciones en donde se espera dobladura del eje considerable o errores de alineación.

La capacidad de acarreo de carga radial es pequeña en comparación a otros tipos de rodamientos radiales y sólo son posibles las cargas axiales muy ligeras dado que no hay ubicación para las bolas en la pista exterior.

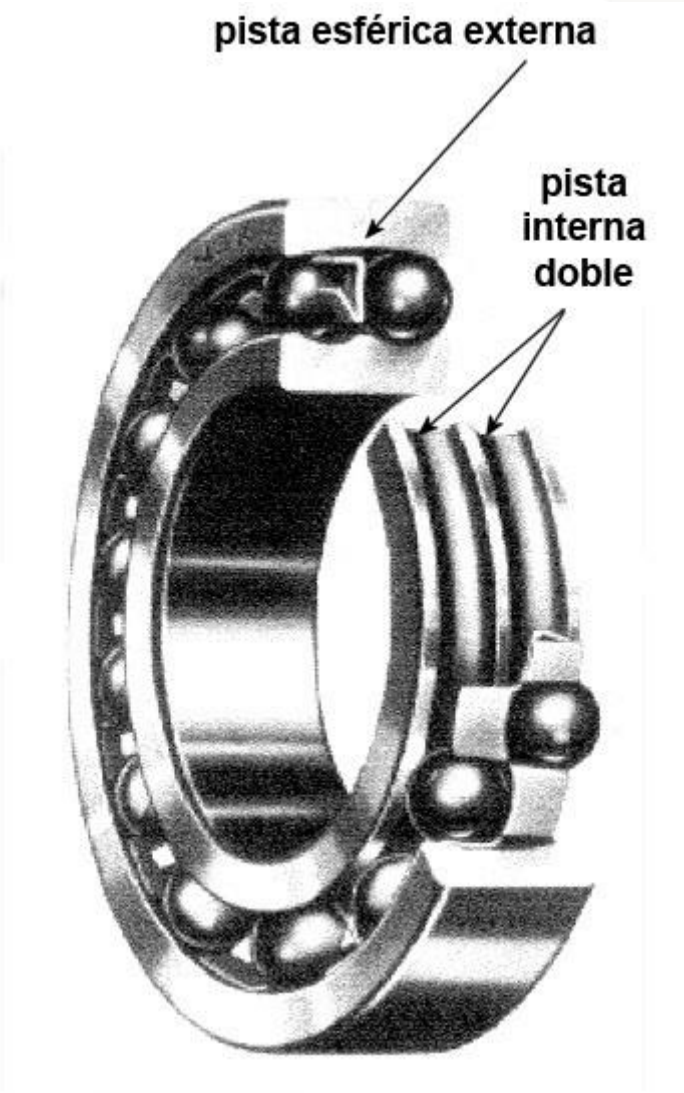


Figura 40

Rodamientos de Impulsión

- **Rodamientos con rodillos impulsores**

Los rodamientos con rodillos de impulsión cilíndricos soportan cargas pesadas a velocidades relativamente moderadas Los rodamientos estándar pueden ser operados a velocidades periféricas (OD) de 900 m/min. Algunos rodamientos de este tipo tienen características de diseño especiales incorporadas al rodamiento y el montaje para obtener condiciones de alienación o para obtener mayores velocidades de operación (Figura 41).

Dado que las cargas son usualmente altas, se usan lubricantes de presión extrema (EP) con los rodamientos de rodillos de impulsión. De preferencia el lubricante debiera introducirse en la camisa interior del rodamiento y distribuirse por fuerza centrífuga.

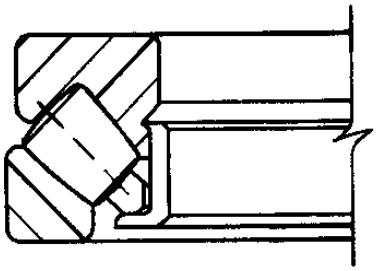


Figura 41

Los rodamientos de rodillo cilíndrico de impulsión tienen dos (2) arandelas endurecidas y de acero de tierra con una jaula que retiene uno o más rodillos de contorno controlado en cada bolsillo de la jaula (Refiérase a la Figura 42). Cuando dos (2) o más rodillos se usan en un bolsillo, son de diferentes largos, y se colocan en posición escalonada en los bolsillos adyacentes de la jaula para crear rutas de rodado superpuestas. Esto evita el desgaste de los surcos en las pistas y prolonga la vida del rodamiento.

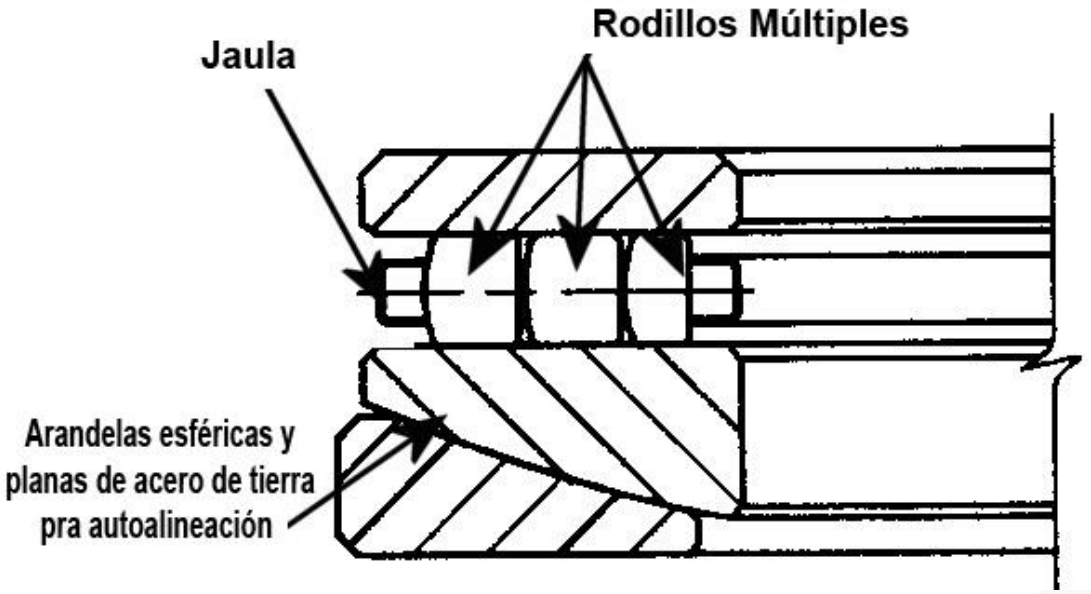


Figura 42

Debido a la simplicidad de su diseño, los rodamientos de rodillo impulsores son económicos. Debido que el desplazamiento radial menor de las pistas no afecta la operación del rodamiento, su ampliación es relativamente simple. Los ejes y asientos

de alojamiento, sin embargo, deben ser cuadrados al eje de rotación para prevenir problemas iniciales de desalineamiento.

- **Rodamientos de bolas impulsoras**

Se utilizan para cargas más ligeras y mayores velocidades que los rodamientos con rodillos de impulsión. El rodamiento de bola de impulsión (Figura 43) es separable y consiste en dos (2) arandelas endurecidas y de acero de tierra con pistas surcadas, y una jaula que separa. La jaula retiene bolas de suelo y solapadas. El material estándar de la jaula es el bronce, pero esto puede variar de acuerdo a los requerimientos de la aplicación.

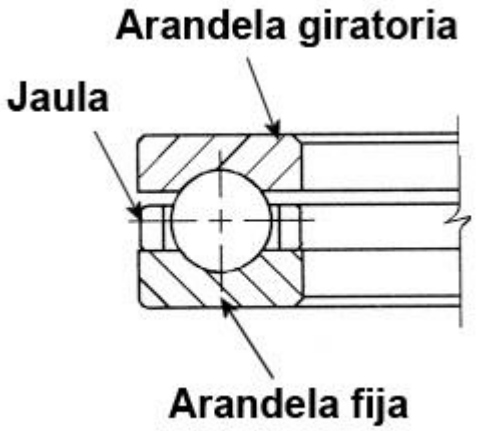


Figura 43

Algunos tipos de rodamientos de impulsión brindan rigidez axial en una dirección únicamente, y no se recomienda su uso para soportar cargas radiales. Los rodamientos de impulsión se montan muy fácilmente. Normalmente la arandela giratoria se monta en el eje. La arandela estacionaria debiera estar alojada en suficiente distancia de diámetro exterior para permitir que el rodamiento asuma su correcta posición de operación. En la mayoría de los tamaños, ambas arandelas tiene el mismo diámetro interno y diámetro externo. Este tipo de rodamiento requiere que el alojamiento sea de un tamaño para alejar el diámetro externo de la arandela giratoria, y puede ser necesario apurar el eje para alejar la camisa interior de la arandela estacionaria.

Otro tipo (Figura 44) es un rodamiento de bola de contacto angular diseñado principalmente para cargas de impulsión unidireccionales. El diseño de contacto angular sin embargo, acomodará algunas cargas combinadas radiales y de impulsión dado que las cargas son transmitidas angularmente a través de las bolas.

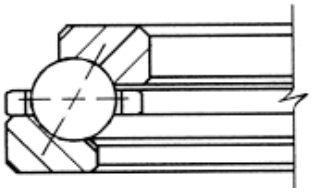


Figura 44

El rodamiento tiene (2) anillos endurecidos y de acero de tierra con surcos de bola y una jaula de una pieza de bronce que espacia las bolas en el rodamiento. Aunque no es estrictamente un rodamiento de bola anular, el anillo más grande aún se llama el anillo exterior, y el más pequeño el anillo interior. Usualmente el anillo interior es el miembro giratorio y está montado en el eje. El anillo exterior normalmente es estacionario.

- **Rodamientos de rodillo cilíndrico**

Un rodamiento de rodillo cilíndrico (Figura 45) consiste de un anillo interno y otro externo, una jaula de retención de los rodillos, y una serie de rodillos cilíndricos. Dependiendo del tipo de rodamiento, tanto el anillo interno como el externo tienen dos (2) acanalamientos de guía de los rodillos. El anillo externo es separable del ensamble del rodamiento y tiene un acanalaminento o ninguno. El anillo con dos (2) acanalamientos localiza axialmente la posición del ensamble de rodillos. Los diámetros de estos acanalamientos se pueden usar para soportar la jaula de los rodillos. Uno de los acanalamientos se puede usar para cargar cargas de impulsión ligeras cuando el acanalamiento opuesto está provisto en el anillo de acoplado. La decisión acerca de que anillo debiera quedar con acanalamiento normalmente se determina por consideraciones de ensamblado y procedimientos de montaje en la aplicación.

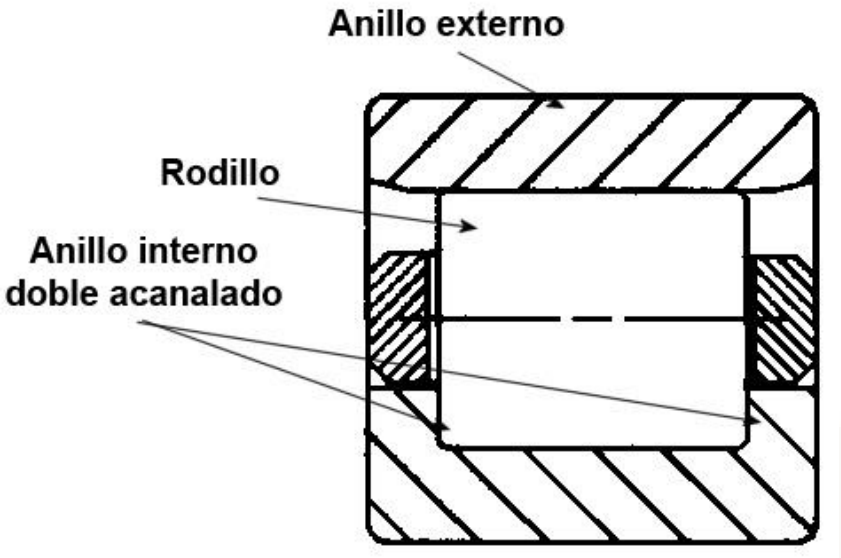


Figura 45

El uso de cualquiera de los dos tipos en una posición en un eje es ideal para acomodar la expansión y contracción normales. Por ejemplo, en un motor eléctrico, caja de cambios o ensamble de eje de bomba, el desplazamiento axial relativo de un anillo al otro ocurre con mínima fricción mientras el rodamiento gira.

Algunos tipos de rodamientos de rodillo cilíndrico tienen anillos de acanalado doble exteriores y de acanalado simple interiores. Estos tipos pueden soportar cargas pesadas, al igual que cargas unidireccionales de impulsión ligera de hasta un 10 % de las cargas radiales. La carga de impulsión se transmite entre las caras diagonalmente opuestas de los acanalamientos en la acción de deslizamiento, en vez de uno de rodado.

Cuando se aproximan las condiciones de limitación de la impulsión, la lubricación puede ser crítica. Cuando las cargas de impulsión son muy livianas, estos rodamientos se pueden usar en un montaje opuesto para localizar el eje. En tales casos, el juego lateral del eje debiera ajustarse al momento del ensamblado a las especificaciones requeridas.

Otro tipo de rodamiento cilíndrico tiene un anillo exterior con doble acanalado y uno interno con acanalado simple con un acanalado suelto que permite al rodillo brindar localización axial en ambas direcciones. Estos también pueden acarrear cargas radiales pesadas y cargas de impulsión ligeras en ambas direcciones. Los factores que gobiernan la capacidad de impulsión son las mismas que las mencionadas en el párrafo precedente.

- **Rodamientos de rodillo esféricos**

Los rodamientos de rodillos esféricos (Figura 46) tienen dos (2) filas de rodillos con la pista exterior siendo esféricamente base para posibilitar algo de flotación angular. Los rodamientos son por consecuencia auto-alineantes e insensibles a las desalineaciones angulares del eje en relación al alojamiento Por ende son particularmente apropiados para aplicaciones en donde doblado del eje o errores de alineamiento son esperables, dentro del rango del rodamiento

Este tipo de rodamiento puede acarrear grandes cargas radiales en comparación a los rodamientos de bola, pero la capacidad de acarrear carga radial es menor en comparación a otros tipos de rodamientos de rodillo y sólo son posibles cargas axiales muy ligeras dado que no hay ubicación para los rodillos en la pista exterior.

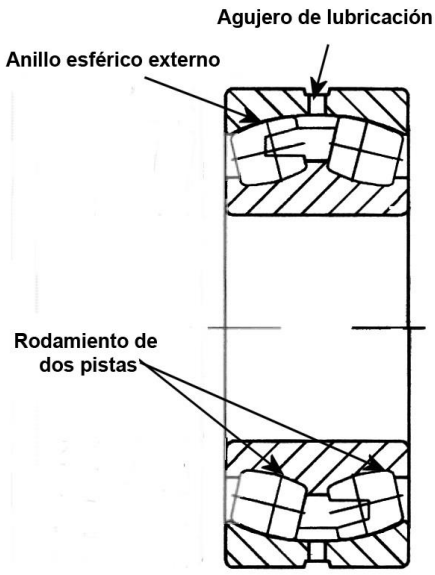


Figura 46

- **Rodamientos de rodillos de aguja**

Los rodamientos de rodillo de aguja, rodamientos de rodillos con rodillos cilíndricos que son delgados y largos en relación a su diámetro. El estándar ISO usa la definición que el largo del rodillo es 2,5 veces el diámetro del rodillo o más largo. Se refiere a ellos como rodillos aguja. A pesar de su baja sección cruzada, este tipo de rodillo tiene una alta capacidad de acarrear carga y por ende es extremadamente apropiado para arreglos de rodamientos en donde el espacio radial es limitado.

Los rodamientos de aguja se caracterizan por una sección cruzada más pequeña, mayor capacidad de acarreo de carga, mayor rigidez y menores fuerzas de inercia, lo que facilita las reducciones de tamaño y peso en las maquinarias. Están diseñados para soportar la oscilación, rendir en condiciones severas y ser intercambiables por rodamientos deslizantes.

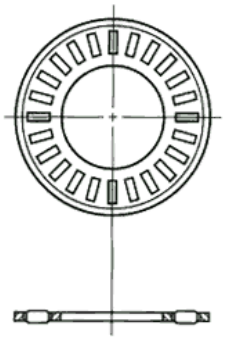
Las aplicaciones típicas incluyen el uso en cajas de cambio, transmisiones, compresores, bombas de agua, tornos, máquinas de molienda, equipo de construcción y bombas hidráulicas.

El rango de los rodamientos de rodillos de aguja es extenso y, además de diseños personalizados, incluye los siguientes tipos:

- Rodamientos de impulsión con rodillos de aguja
- Ensambles de rodillos de aguja y jaula
- Rodamientos de rodillo de aguja con casquillos con extremos abiertos y extremos cerrados

- Rodamientos de rodillos de aguja con y sin flanges o con y sin anillo interno
- Rodamientos de rodillos de aguja sellados con y sin anillo interno
- Rodamientos de rodillos de aguja de alineación con y sin anillo interno

Los ensambles de impulsión con rodillos de aguja y jaula también se pueden hacer con arandelas de labio que sirven como superficies de pista para los rodillos aguja. Las arandelas se pueden entregar por separado o se pueden entregar como una unidad ensamblada con el ensamble de impulsión de rodillo de aguja para facilidad de manejo.



Impulsor de rodillo de aguja - Figura 47

Ensambles de rodillo aguja y jaula - Figura 48

Actividad N° 14

Introducción al tren de potencia de equipos de minas

Estrategias metodológicas para el instructor:

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

Explicación demostrativa vía plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual	✓
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

Componentes del tren de potencia de equipos de minas.

Qué es el motor diesel y para qué sirve, introducción al funcionamiento.

Introducción a los sistemas del motor diesel.

Nociones y reconocimiento de partes de un motor diesel.

Introducción a los sistemas del motor diesel.

Introducción a la inyección electrónica en un motor diesel.

Objetivos de aprendizajes

- Conocer de manera teórica los motores de combustión interna diesel, su principio de funcionamiento y el proceso de combustión.

Descripción de la actividad

Los siguientes videos ofrecen a los participantes, una introducción a los principios combustión interna diesel, su principio de funcionamiento y el proceso de combustión.

Materiales y recursos:

- Un computador con conexión a Internet
- Data show y parlantes de sonido.

- Recurso audiovisual:

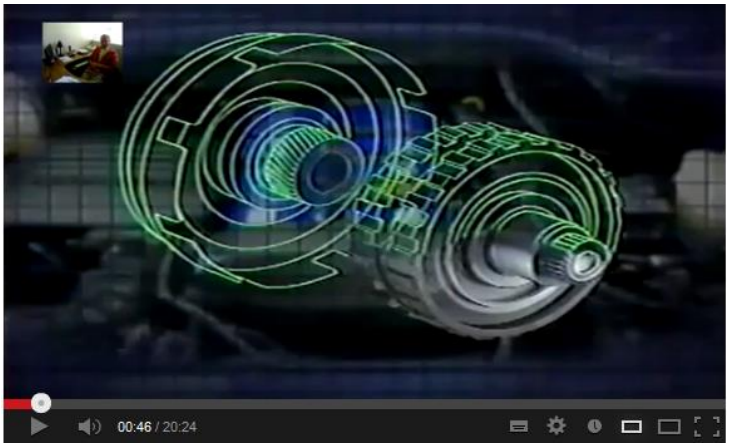
El funcionamiento del motor diesel:
http://www.youtube.com/watch?v=mUvpufureEg&feature=c4-overview&playnext=1&list=TLO4waJxQj4_w
Sistema de dirección hidráulica Orbitrol:
http://www.youtube.com/watch?v=kh7olH37z8w&list=TLO4waJxQj4_w
El convertidor de torque:
http://www.youtube.com/watch?v=KcceENdbviU&list=TLO4waJxQj4_w
Sistema de inyección Common Rail:
http://www.youtube.com/watch?v=oPZKTCnT5ls&list=TLO4waJxQj4_w
El motor de combustión interna:
http://www.youtube.com/watch?v=tCxp2VY3_js&list=TLO4waJxQj4_w
Sistema de frenos neumáticos básico:
http://www.youtube.com/watch?v=qORlXAUHKzM&list=TLO4waJxQj4_w
El sistema eléctrico en el automóvil:
http://www.youtube.com/watch?v=Rn1idiE0OsE&list=TLO4waJxQj4_w
Las transmisiones en el campo automotriz:
http://www.youtube.com/watch?v=3zrJ2u1qtWg&list=TLO4waJxQj4_w
Las transmisiones automáticas:
http://www.youtube.com/watch?v=BbBlIcB8aEg&list=TLO4waJxQj4_w
El sistema de frenos:
http://www.youtube.com/watch?v=riZ4c7KdsjU&list=TLO4waJxQj4_w
Inyección, encendido y escape:
http://www.youtube.com/watch?v=bEOhuPxlCDA&list=TLO4waJxQj4_w

Desarrollo

El instructor **podrá seleccionar** el material audiovisual de acuerdo a los contenidos vistos en clases e invitara a los participantes a observar con atención los videos. Generará condiciones para una conversación respecto los principios de funcionamiento y el proceso de combustión interna de los motores diesel.

El instructor podrá adoptar un estilo de dirección que ayude a construir aprendizajes a partir de los videos y la conversación respecto a estos, utilizando técnicas como: clarificar, profundizar y reformular. Para esto deberá pedir aclaraciones cuando intervienen los participantes, profundizará en los temas, escribirá en la pizarra u otro soporte para destacar lo relevante, dará la palabra a la mayor parte posible de participantes y resumirá lo relevante durante el cierre de la actividad.

"Funcionamiento del motor de combustión interna tipo diesel"



El instructor podrá guiar la observación de los videos realizando preguntas generales antes o después de exhibirlos, tales como:

¿Cuál es la diferencia entre un motor diesel y uno de gasolina?
Un motor de gasolina necesita la chispa de la bujía para quemar la mezcla, mientras que el motor diesel hace explotar la mezcla por una mayor presión. Los combustibles son distintos.

Nombre los principales componentes:

Motor:

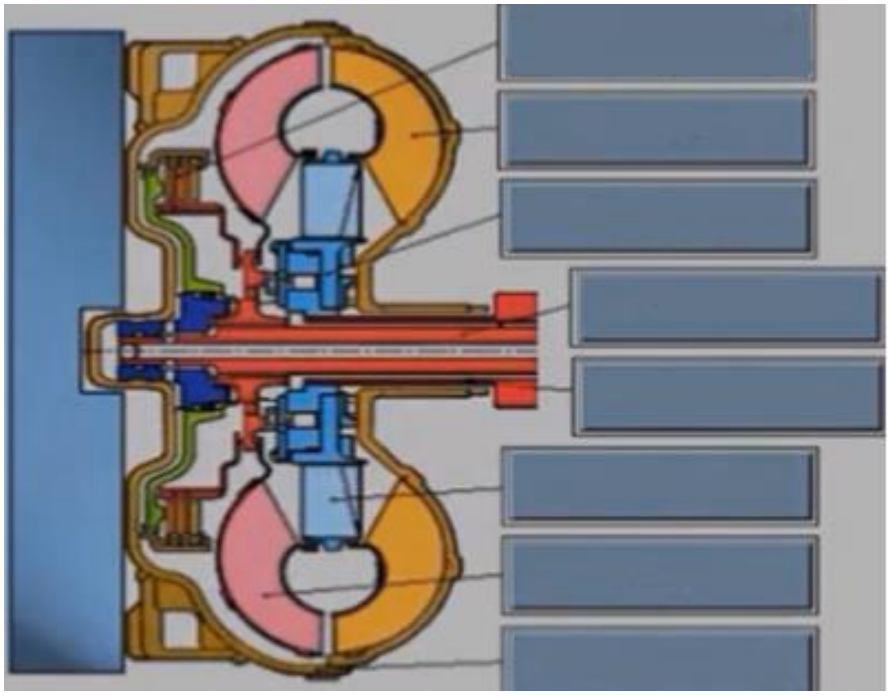
- Árbol (eje) de levas.
- El bloque.
- Las válvulas.
- Pistones.
- Cilindro.

- El cigüeñal.
- Biela.
- La culata.

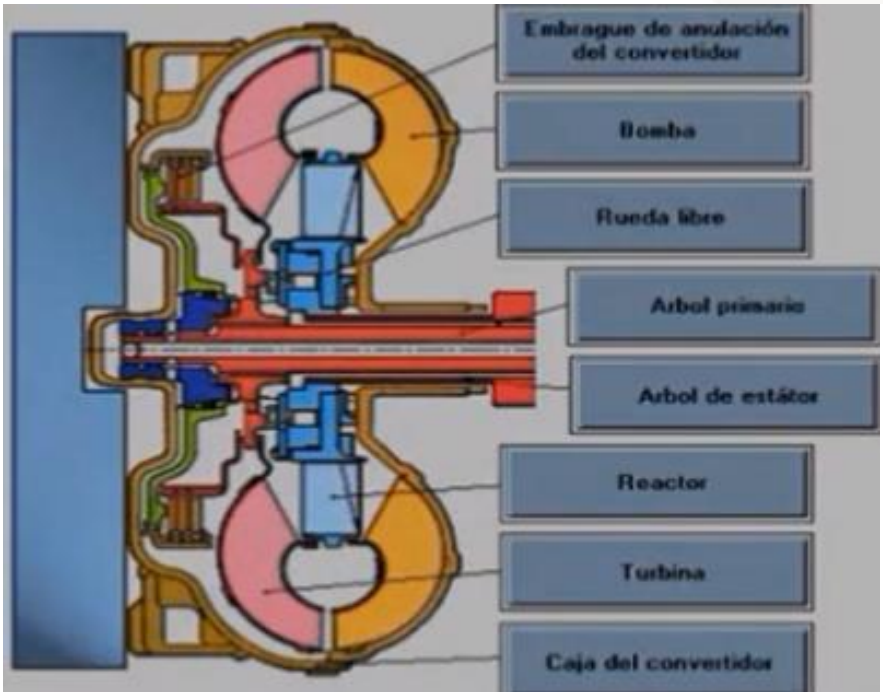
Otros componentes:

- Engranajes de distribución.
- Bomba de aceite.
- Bomba de agua.
- Turbocompresor.

¿Puede nombrar las partes de un convertidor de par o torque? Escriba en los espacios



Respuestas:



Componentes de la transmisión de los equipos mina.

Objetivos de aprendizaje

- Reconocer elementos de transmisión y tren de potencia de equipos.

Descripción de la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, podrán conocer elementos de transmisión y tren de potencia de equipos a través de un muestrario. El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con estos elementos.

Muestrario con los siguientes elementos

- Un motor.
- Convertidor de par.
- Eje de mando de entrada.
- Caja de engranajes de transferencia de entrada.
- Transmisión.
- Caja de engranajes de transferencia de salida.
- Eje de mando frontal.
- Eje de mando trasero.

- Diferencial frontal y trasero.
- Mandos finales.

La institución de formación deberá en lo posible conseguir elementos correspondan a algunas de las siguientes máquinas:

- Camión de alto tonelaje.
- Wheeldozer.
- Wheel loader.
- Bulldozer.

O en su defecto, que sean partes de vehículos y camionetas, accesibles en desarmadurías y chatarrerías.

Desarrollo

El instructor trabajará con muestrarios, y realizará la actividad de acuerdo a los objetivos de aprendizaje, donde se sugiere que los participantes aprendan a reconocer las partes de un tren de fuerza.

El tren de fuerza es el encargado de convertir la energía del combustible en movimiento de los neumáticos para impulsarlo. En general el tren de fuerza puede dividirse en diferentes partes.

El instructor invitará al participante a reconocer las siguientes partes del tren de fuerza y enlazar la imagen con su definición.

Pieza del tren de fuerza	¿Qué es?
	Cuerpo o eje: es un tubo o barra de acero debidamente balanceado. El extremo que se conecta con la caja de cambio puede terminar en punta estriada o en una horquilla para alojar la unión universal, el otro extremo normalmente es con horquilla.
	Transmisiones diferenciales Se conoce como diferencial al componente encargado, de trasladarla rotación, que viene del motor, transmisión, hacia las ruedas encarga tracción. Un diferencial es el elemento mecánico que permite que la rueda derecha e izquierda de un vehículo giren a revoluciones diferentes, según éste se encuentre tomando una curva hacia un lado o hacia el otro. El diferencial consta de engranajes dispuestos en forma de "U" en el eje.
	Los mandos finales aplican una fuerza impulsora a las ruedas o las cadenas. Los mandos finales de un cargador de ruedas y los mandos finales de un tractor de cadenas son diferentes pero desempeñan la misma función. Reducen la velocidad de rotación y aumentan el par.
	El convertidor de par hace las funciones de embrague entre el motor y la transmisión.

Rodamientos

Objetivos de aprendizaje

- Reconocer una amplia variedad de rodamientos y sus aplicaciones.

Descripción de la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, podrán conocer una gran variedad de rodamientos a través de un muestrario. El

objetivo de la actividad es familiarizar al participante con estos elementos y su aplicación.

Muestrario con los siguientes elementos

- Rodamientos rígidos de bolas.
- Rodamientos Y.
- Rodamientos de bolas con contacto angular.
- Rodamientos de bolas a rótula.
- Rodamientos de rodillos cilíndricos.
- Rodamientos completamente llenos de rodillos cilíndricos (sin jaula).
- Rodamientos de aguja.
- Rodamientos de rodillos cónicos.
- Rodamientos de rodillos a rótula.
- Rodamientos CARB.
- Rodamientos axiales de bolas.
- Rodamientos axiales de bolas con contacto angular.
- Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos.
- Rodamientos axiales de agujas.
- Rodamientos axiales de rodillos cónicos.
- Rodamientos axiales de rodillos a rótula.

La institución de formación deberá en lo posible conseguir los elementos mencionados con proveedores nacionales especializados.

Desarrollo

El instructor trabajará con muestrarios, y realizará la actividad de acuerdo a los objetivos de aprendizaje, donde se sugiere que los participantes aprendan a reconocer diferentes tipos de rodamientos y su clasificación según la forma del cuerpo rodante, la dirección de la carga principal y las solicitaciones resultantes del árbol.

Cambio de rodamientos

Objetivos de aprendizaje

- Identificar los materiales para cambio de rodamientos.
- Realizar un montaje y desmontaje de rodamientos en un eje.

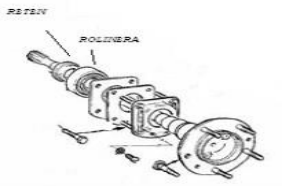
- Realizar cambio de rodamientos.

Descripción de la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, identificarán los rodamientos más utilizados por el mantenedor mecánico de equipos fijos y realizaran un montaje y cambio de rodamientos. El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con estos elementos y su montaje.

Materiales y recursos

- Rodamientos de varios tipos.
- Martillos.
- Punzón pequeño.
- Lubricantes.
- Extractor de rodamientos.
- Prensa hidráulica.
- Desengrasante (kerosene, gasolina, etc).
- Paños de limpieza.
- Un eje acoplado de diámetro compatible con los rodamientos:



Desarrollo

El instructor deberá dividir al curso en grupos, pares o individualmente de acuerdo a la cantidad de materiales y guiará la actividad explicando y/o demostrando las tareas a realizar. A continuación un ejemplo de un posible procedimiento es:

1) Lavar con un desengrasante el eje completo a fin de trabajar de manera limpia.

2) Usando el extractor correcto, instálelo alrededor del anillo retención.

3) Coloque la prensa hidráulica y aplique presión hasta que el anillo ceda y pueda salir del eje.

4) Aplicar el procedimiento para el rodamiento en caso que no afloje al retirar el anillo de retención.

5) Instalación del rodamiento y anillo de retención (con prensa hidráulica).

6) Lubricar

7) Limpiar

Apoyo al mantenimiento de un motor diesel.

Objetivos de aprendizaje

- Realizar mantención a un sistema de combustible y realizar limpieza de inyectores.
- Mantener el sistema de refrigeración.

Descripción de la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, realizarán una mantención a un sistema de combustible, limpiaran inyectores y revisarán el sistema de refrigeración. El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con estas labores del mantenedor de equipos móviles.

Materiales y recursos

- Motor de banco.
- Herramientas de taller.
- Materiales de limpieza.
- Filtros.
- Lubricantes.

Desarrollo

El instructor deberá dividir al curso en grupos, pares o individualmente de acuerdo y guiará la actividad explicando y/o demostrando las tareas a realizar. A continuación un ejemplo de un posible procedimiento:

1) Aceites y filtros

- Cambio de filtros sistema de lubricación de acuerdo a manual del operador
- Verificación de nivel de aceite y cambio de este (usar aceite según manual)

2) Sistema de enfriamiento

- Verificar el agua del sistema de enfriamiento, y rellenar en caso que sea necesario
- Limpiar el radiador cuando se ensucie
- Inspeccionar regularmente las aspas del ventilador. Si están dobladas o rotas, es necesario reemplazar el ventilador.

3) Sistema de combustible

- Revisar los inyectores y la bomba de aceite, según el manual del operador.
- Cambiar los filtros de combustible regularmente. Los filtros deben ser los indicados por el fabricante, para el motor y el sistema de inyección.

Cierre

El instructor destacará que a través de las actividades el participante se familiarizó con el concepto de tren potencia o de fuerzas.

Se puede decir que el tren de fuerzas es el conjunto de dispositivos encargados de dar potencia a la maquinaria, dada por el motor, el cual en principio tiene la capacidad de desplazar a la máquina, además la potencia también es aprovechada por los elementos locomotores para realizar cualquier trabajo necesario, para esto la maquinaria cuenta con transmisiones diferenciales para darle una mayor agilidad, los convertidores de par ayuda a duplicar la fuerza de la máquina sin necesidad de cambiar la marcha, lo cual reduce el desgaste del motor y por último los mandos finales nos ayudan a mover de la manera deseada los aditamentos de la maquinaria para desarrollar las tareas que se deben cumplir.

II. Nociones básicas de lubricación

En todas las maquinas donde hay un movimiento relativo entre partes adyacentes, el desgaste y la pérdida de poder rápidos puede ocurrir, a menos que algún medio se adopte para superar la fricción seca. Esto se logra convenientemente interponiendo una capa, normalmente un fluido, para que en vez de fricción seca la única fricción a vencer sea la fricción interna del fluido.

El tipo de lubricante utilizado depende directamente del diseño y las condiciones de operación, pero la función de los lubricantes no cambia. Actúan principalmente para:

- Minimizar el desgate al lubricar las partes en movimiento.
- Minimizar la pérdida de poder al reducir la fricción.
- Quitar calor a las partes del motor al actuar como un agente enfriante.
- Absorber los golpes entre los rodamientos y las otras partes del motor, reduciendo por ende el ruido del motor y extendiendo su vida útil.
- Formar un buen sello entre los anillos de los pistones y la pared del cilindro.
- Actuar como agente limpiador.

Minimización del desgaste

Sin una lubricación adecuada, los rodamientos se desgastarían rápidamente y el calor generado por la fricción causaría que el rodamiento fallara, y por ende el émbolo y otras partes se dañarían. Una lubricación insuficiente en las paredes del cilindro causaría un desgaste rápido y hendiduras de los cilindros, pistones y anillos.

Minimización de la pérdida de poder

Con el aceite suministrado desde varias partes del motor por el sistema de lubricación, las partes móviles quedan separadas por una capa de aceite, lo que reduce la fricción y minimiza la potencia con el motor.

Remoción de calor

El aceite circula permanentemente a lo largo del sistema de lubricación del motor para suministrar con aceite todas las partes móviles. Además de lubricar, el aceite remueve calor de las partes y lo devuelve al aceite en el recolector de aceite. El calor del recolector es disipado en el aire circundante.

Absorción de golpes

Siempre existe una distancia entre los rodamientos y los ejes del cigüeñal y entre otras partes operativas. Cuando se incrementa súbitamente la carga de una parte, el aceite actúa como un cojín al retener una película de aceite entre las superficies metálicas adyacentes.

Formación de un sello

Los anillos del pistón deben formar un sello contra fugas de gas entre el pistón y las paredes del cilindro. El aceite lubricante que se suministra a los cilindros y ayuda a los anillos del pistón logra lo anterior, llenando las muy pequeñas irregularidades entre los anillos y los muros del cilindro. El aceite también brinda lubricación a los anillos del pistón para que se puedan mover libremente en los surcos en el pistón y sobre los muros del cilindro.

Desempeño como agente limpiador

Dado que circula a través del motor, el aceite tiende a lavar y a llevarse el polvo, partículas de carbón, y cualquier otro material ajeno. El aceite recoge este material y lo lleva de vuelta al recolector de aceite, donde las partículas más grandes caen al fondo. Las partículas pequeñas sin embargo se remueven del aceite por el filtro del mismo.

Cuando la lubricación de la película de fluido está en efecto, el eje del cigüeñal y los rodamientos están separados debido a la acción hidráulica de la película de aceite convergente en “forma de cuña”.

Como se muestra en la Fig. 49(a), cuando un eje de cigüeñal está en reposo, la película de aceite entre dicho eje y el rodamiento queda virtualmente estrujado hacia afuera y la carga se sostiene principalmente por las superficies metálicas del rodamiento en vez de por la capa de aceite. A medida que el eje comienza a girar, se enrolla en las superficies de rodamiento, en dirección opuesta a la de su rotación, como se muestra en la Fig. 49(b).

A medida que la velocidad de rotación aumenta, el aceite es atraído debido a su “viscosidad” alrededor y debajo del eje del cigüeñal. Esto crea una película de aceite que levanta el eje y tiende a centrarlo en el rodamiento, como se muestra en la Fig. 49(c).

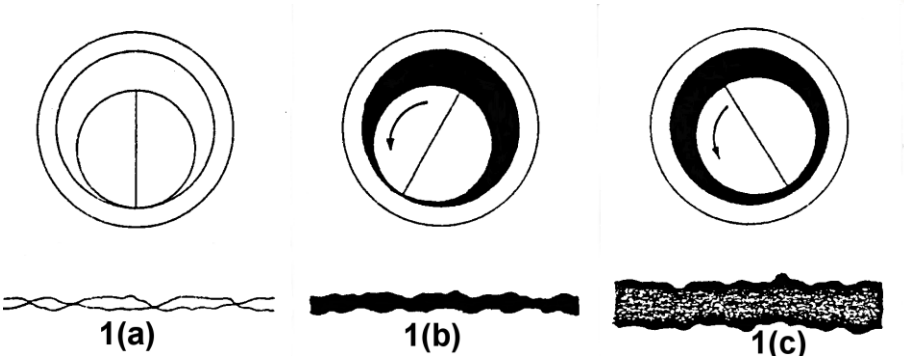


Figura 49

(a) Eje en descanso, lubricación imperfecta,
(b) Eje girando lentamente, lubricación imperfecta,
(c) Eje girando a velocidad moderada o alta, lubricación perfecta

Hay tres puntos importantes a notar para una lubricación por fluido satisfactoria:

1. Debe existir una cantidad definida de distancia entre las partes móviles
2. El espacio de seguridad debe estar ocupado por un fluido de viscosidad adecuado
3. La geometría del sistema debe permitir la formación de la cuña necesaria.

Lubricación de Frontera

Esto se refiere al lubricante residual que se adhiere a las dos superficies en contacto. Este residuo, debido a su “oleaginosidad”, mantiene las dos superficies “mojadas” y evita el contacto directo entre los metales, por lo que cuando un eje comienza a girar, el aceite es “acuñado” debajo del mismo y la presión levanta el eje; por ende se establece una capa protectora completa sin importar el método de lubricación.

Hay tres categorías principales de lubricantes:

- Líquidos (Aceite)
- Semi-sólidos (Grasa)
- Solidos (Grafito, Mica, Teflón)

2.1 Tipos de lubricantes más comunes

Aceites

Los aceites lubricantes son fluidos y varían desde la extrema delgadez de los aceites penetrantes al flujo relativamente lento de los aceites de transmisión.

Características y aplicaciones:

- Se pueden hacer de aceite crudo, aceite extraído de plantas y animales y aceites y fluidos sintéticos.
- Aceite de motor.
- Aceite de transmisión automática.
- Aceite Hipoide (Aceite diferencial).
- Aceite de rodamientos (Transmisión manual).
- Aceite soluble (Tornos de Maquinería).
- Aceite hidráulico (Gata de piso).
- Aceite de lubricación ligera (Máquinas sembradoras).

- Aceite Animal

Se obtienen procesando las partes grasas de diferentes animales.

- Aceites Vegetales

Normalmente se preparan desde las semillas, usados para aparatos mecánicos de forma limitada. Sus principales desventajas es que no pueden soportar altas temperaturas, se oxidan rápidamente, espesándose y enlodándose muy rápidamente en condiciones de trabajo.

- Aceites Minerales

Son refinados del petróleo crudo y son mucho más estables que los otros tipos. Forman la base de prácticamente todos los lubricantes modernos. No es posible hacer todos los grados requeridos para el aceite crudo. Debido a lo anterior, un número limitado se fabrican en refinerías y se mezclan en varias proporciones, con o sin aditivos, para producir aceites con las propiedades requeridas para aplicaciones específicas.

- Aceites Sintéticos

Los sintéticos son lubricantes hechos por el hombre para trabajar bajo condiciones en las cuales los aceites de base normal en el petróleo tendrían limitaciones. Por ser

hechos por el hombre, los sintéticos son normalmente más consistentes y uniformes en estructura que los productos basados en el petróleo.

2.2 Tipos de grasas más comunes

Las grasas lubricantes son sólidos o semi-sólidos, hechos al espesar aceites lubricantes con jabones de metal, arcillas, gel de silicona y otros agentes espesantes. Las propiedades lubricantes básicos de las grasas se pueden mejorar aún más con la adición de ciertos químicos conocidos comúnmente por el nombre de “aditivos”.

Aunque el aceite es mejor lubricante para los rodamientos, la grasa se prefiere a menudo debido a las siguientes ventajas:

- Ayuda a formar un cierre efectivo entre el eje y su carcasa, previniendo por ende el ingreso de polvo, humedad u otros agentes corrosivos.
- Protege las superficies de trabajo finamente terminadas de un rodamiento al aferrarse a ellas, en particular cuando el rodamiento está en descanso.
- Es más fácil de retener dentro de una carcasa que el aceite.
- Puede operar, en general, en un amplio rango de temperaturas mejor que un aceite de grado único.

La grasa se prefiere al aceite por las siguientes razones:

- La facilidad de sellado del lubricante
- Se adhiere a la superficies de los componentes
- Un buen sellado evita la entrada de agua, polvo y mugre a los rodamientos.

Tipos de Grasas

Dado que el material que se usa como base determina las características de rendimiento de la grasa terminada, la selección de una base correcta es de gran importancia. Los detalles acerca del tipo de grasa a usarse y el monto a ser puesto en la carcasa son dados en el manual de servicio para cada aplicación en particular.

Las bases de grasa de poliurea y litio normalmente se prefieren para la lubricación de propósitos generales de los rodamientos, y son ventajosas en aplicaciones de mucha humedad. Ambas grasas tienen buenas características de resistencia al agua.

La grasa debe ser cuidadosamente seleccionada respecto de su consistencia en temperaturas de operación. No debe exhibir espesamiento, separación de aceite, formación de ácido o endurecimiento a cualquier grado marcado. Debe ser suave, no

fibroso, y completamente libre de ingredientes químicamente activos. Su punto de derretimiento debe ser considerablemente más alto que la temperatura de operación.

El torque friccional está influenciado por la cantidad y calidad del lubricante presente. Cantidades excesivas de grasa o aceite causan pérdidas o mezclas indeseadas. Esto causa temperaturas excesivas, separación de los componentes de la grasa, y una caída en los valores de lubricación. En aplicaciones a velocidades normales, las carcasas deben mantenerse aproximadamente llenos entre un 30 a 50%.

Sólo en aplicaciones de baja velocidad, la carcasa puede quedar totalmente llena de grasa. Este método de lubricación es una salvaguarda contra la entrada de material extraño, en donde las provisiones de sellado son inadecuadas para la exclusión de contaminación o humedad.

Durante periodos extensos de no operación, a menudo es bueno llenar las carcasas completamente de grasa para proteger las superficies de los rodamientos. Previo a la subsecuente operación, el exceso de grasa debe ser removido y los niveles apropiados restaurados.

Las aplicaciones que usan lubricación de grasa deben tener un fitting de grasa y un ducto en los lados opuestos de la carcasa cerca de la parte superior. Un tapón de drenaje también debe estar localizado cerca de la parte inferior del alojamiento para permitir la depuración del aceite viejo del rodamiento.

Maneras de aplicar grasa:

- Empaquetado manual
- Empaquetado por presión
- Copa de grasa.

Precauciones al usar grasa:

- Nunca se debe hacer contacto con los componentes de goma de la rueda de freno, tales como las botas y copas del freno, porque aquellos basados en petróleo tiene una tendencia a hinchar y ablandar la goma. Se usa una grasa de goma especial.
- Las grasas nunca deben mezclarse debido a las diferentes bases
- Use grasa HTB (rodamiento de alta temperatura) al hacer rodamientos de rueda. Otros tipos de grasa se derriten y forman un aceite delgado, por ende se escapa pasando los sellos y hacia los frenos, y de este modo causa desgaste en los rodamientos.

- Use grasa del tipo Molibdeno despulida al engrasar juntas de bola. Use esta grasa debido a su capacidad para absorber golpes.

2.3 Lubricación de cajas de engranajes

La lubricación y re-lubricación se puede lograr a través de una variedad de maneras, dependiendo de si se usa grasa o aceite como lubricante, y de la naturaleza de la máquina o aplicación de rodamiento.

Los sistemas comunes de lubricación incluyen:

- Baño de aceite.
- Alimentación por mecha.
- Alimentación por goteo.
- Chorreo de aceite.
- Aceite de anillo.
- Asperjador de aceite.
- Vapor de aceite.
- Alimentación por chorro.
- Fittings de grasa.
- Sistema de engrasado.

Lubricación por baño de aceite

El sistema convencional de bañado en aceite para lubricar rodamientos es satisfactorio para aplicaciones de baja a mediana velocidad. Dado que este tipo de sistema no es circulatorio, el nivel de aceite estático nunca debe ser más alto que el centro del elemento rodante más bajo posicionado en el rodamiento lubricado. Una mayor cantidad de aceite puede causar una pérdida o mezcla indeseada, un incremento en la fricción del fluido dentro del rodamiento y resultar en temperaturas de operación excesivas.

A menos que se conozca el nivel de funcionamiento del aceite, el nivel de aceite debe revisarse cuando se apaga el equipo dado que el nivel de funcionamiento puede caer considerablemente por debajo del nivel estático dependiendo de la velocidad de la aplicación.

Dado que la velocidad, la efectividad del sellado, la temperatura y el tipo de aceite son factores que influyen en el ciclo de rellenado, es necesaria una inspección regular para determinar la frecuencia del rellenado. Las aplicaciones de este tipo en general emplean indicadores visuales para facilitar la inspección.

Alimentación por Mecha

Los aceitadores por alimentación con mecha so uno de los métodos más viejos de aplicar aceite a los rodamientos y aún gozan de cierta popularidad. De estar apropiadamente diseñadas, aplicadas y mantenidas, son efectivas y baratas.

Funciona como un filtro y regulador de cantidad; la mecha usa ya sea acción capilar o gravedad para transferir el aceite al reservorio del rodamiento.

Los aceites lubricantes de parafina también se pueden usar con este tipo de aceitador, aunque tengan una tendencia a depositar cristales de cera en las fibras de la mecha, destruyendo la efectividad de la misma. Debido a que los aceites napatéticos y sintéticos no exhiben esta tendencia, se prefieren para estos aceitadores.

Lubricación de Alimentación por Goteo

Otro de los métodos más viejos de lubricar los rodamientos es el sistema de alimentación por goteo. Este sistema ha sido exitosamente usado en aplicaciones en donde se encuentran cargas y velocidades moderadas. El aceite se introduce a través de un tipo de filtro, un aceitero de alimentación visual que tiene una tasa de flujo controlable que está determinada por la temperatura de operación de la aplicación en particular. Los ajustes se hacen por disposición de aguja ajustable.

Lubricación por chorro de aceite

Este sistema de lubricación se usa primariamente en encapsulamientos de rodamientos en donde el sistema de lubricación del rodamiento y el encapsulado es el mismo. La lubricación de los rodamientos en la caja de cambios, cuando no se encuentra en velocidad baja, normalmente no es crítica dado que el chorro de aceite desde los dientes de los engranajes es suficiente para lubricar los rodamientos.

Debido al constante problema de que el aceite transporta material de desgaste, el uso de filtros y tapones de drenaje magnético es de utilidad para reducir la posibilidad de restos de desgaste contaminando los rodamientos. En aplicaciones en donde se encuentra un flujo intenso de aceite o un chorro, los rodamientos se equipan con aislaciones para reducir la cantidad de aceite que llega a los rodamientos; a veces son necesarios para evitar un sobrecalentamiento causado por la fricción del fluido en donde el rodamiento está inundado.

En los sistemas donde el chorreo de aceite normal o el deslizamiento hacia abajo del aceite se considera como marginal, los rieles de alimentadores de aceite deben diseñase en el encapsulado para que el aceite se dirija hacia los rodamientos. Por

ejemplo, los rodamientos con alimentación por chorreo en un drive de reducción de múltiples velocidades de hueso de pez.

El aceite es chorreado directamente a los rodamientos o recolectado en galerías y llevado a los rodamientos como se muestra en la Fig. 50(a). La lubricación por chorreo se usa en motores más viejos e incluso en motores más pequeños modernos de un cilindro para lubricar los rodamientos, la pared del cilindro, el eje de la cámara, los rodamientos de distribución, etc. Como se muestra en la Fig. 51(b).

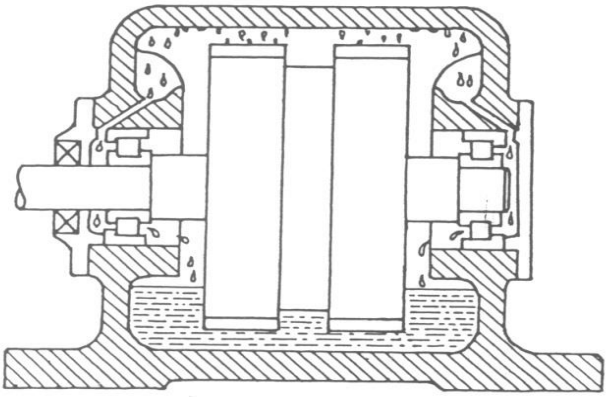


Fig. 50a)

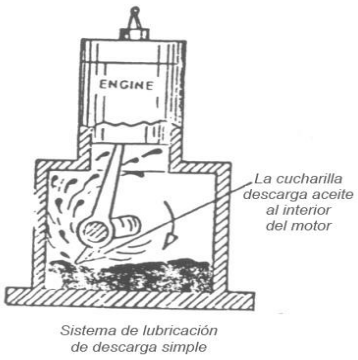


Fig. 51(b)

Lubricación de Aceite en Circulación

Este tipo de sistema utiliza una bomba circulatoria para asegurar un suministro positivo de lubricante al rodamiento y se puede usar para aplicaciones de transmisión de potencia en velocidad baja a moderadamente alta y altas temperaturas. La vía de flujo del aceite en este sistema es importante porque el desgaste o pérdida del rodamiento en un monto cautivo de aceite puede generar temperaturas capaces de causar descomposición y daño al rodamiento. Debido a la posibilidad inherente de contaminación por desgaste de los restos en aplicaciones de carga pesada, se necesitan filtros de aceite adecuados y tapones de drenaje magnético apropiados para prevenir el daño a los rodamientos. La contaminación puede limitarse a través del uso de buenas políticas de mantenimiento.

Lubricación por asperjador de aceite

En aplicaciones en donde un rodamiento se encuentra altamente cargado y operando a altas velocidades y temperaturas, puede ser requerida una variación sofisticada de la lubricación por circulación de aceite es la llamada lubricación por asperjador de aceite. En tales casos es necesario lubricar cada localización de rodamiento individualmente, bajo presión, para brindar drenajes adecuadamente largos para prevenir la acumulación de aceite después de su paso por el rodamiento. En ciertas aplicaciones de alta

velocidad en donde el rodamiento mismo crea una acción de bombeo, el flujo del aceite debe ser ajustado para asegurar su paso por el rodamiento. Esto es extremadamente importante cuando el flujo de aceite desde el asperjador se opone a la acción de bombeo desde el rodamiento.

Lubricación por vapor de aceite

Los sistemas de lubricación por vapor de aceite se utilizan en aplicaciones de alta velocidad continuas. Este sistema permite un control exacto de la cantidad de lubricante que alcanza el rodamiento. El aceite puede ser medido, atomizado por aire comprimido y mezclado con aire, o puede ser recogido desde una reserva usando un efecto venturi. En cualquiera de los casos, el aire es filtrado y suministrado bajo suficiente presión para asegurar una lubricación adecuada de los rodamientos.

El control de este tipo de sistema de lubricación se logra al monitorear las temperaturas operativas de los rodamientos lubricados.

El paso continuo de aire presurizado y aceite a través de los sellos del laberinto utilizados en este sistema, evita la entrada de contaminantes desde la atmósfera al sistema.

Para asegurar el “mojado” de los rodamientos y para prevenir el posible daño de los elementos rodantes y las carreras, es imperativo que el sistema de vapor de aceite sea encendido durante varios minutos antes de encender el equipo. La importancia de “mojar” los rodamientos antes de empezar no se puede enfatizar lo suficiente y tiene especial importancia para equipos que han estado parados por períodos extendidos de tiempo.

Presión y Spray de Presión

En los sistemas de presión o “alimentación forzada” de lubricación, el aceite es bombeado positivamente a cada rodamiento grande para entregar un suministro adecuado de aceite para la lubricación y enfriamientos adecuados.

Una bomba toma aceite desde un sumidero y lo empuja a través de un filtro, pasajes taladrados y cañerías a los puntos que requieren lubricación o enfriamiento. Se puede incorporar un intercambiador de calor para remover el calor sobrante del aceite.

Empaque de grasa de los rodamientos

1. Llenar el empaquetador del rodamiento de rueda con la grasa para el rodamiento de rueda, coloque el rodamiento al interior con el lado cónico hacia arriba. Empuje hacia abajo la parte superior del empaquetador del rodamiento y apriete

el rodamiento en la grasa. Remover la cubierta del empaquetador del rodamiento y remover el rodamiento.

Nota: Si no tiene un empaquetador de rodamiento, sáltese este paso y proceda con los pasos siguientes.

2. Colocar una gran cantidad de grasa en una mano, mientras usa la otra para mover el rodamiento.

3. Tomar la parte de abajo del rodamiento (el lado más ancho) y, sujetándolo verticalmente contra la grasa en su mano, cucharee el área apretada entre la jaula del rodamiento y el cubo del rodamiento. La clave es llenar la jaula del rodamiento que sostiene los pequeños rodamientos en su lugar. Para llenar la jaula correctamente, debe empujar una pequeña cantidad dentro del espacio limitado. Tomará tiempo y movimientos repetitivos el llenar apropiadamente el rodamiento.

4. Girar el rodamiento cada cierto tiempo mientras un área de la jaula comienza a llenarse de grasa y siga introduciendo más grasa a la jaula. Tendrá que buscar más grasa de ser necesario, y tendrá que atender la grasa que se desliza por la palma de su mano de vuelta hacia abajo.

5. Rodear el rodamiento y cuando vea que la grasa sale de toda la circunferencia del área entre la jaula y el cubo del rodamiento en el lado cónico superior de éste, ya ha llenado el rodamiento. Limpiar una capa alrededor del lado del rodamiento antes de instalarlo, y use trapos para limpiar sus manos.

2.4 Engrase de rodamientos

Lubricación con grasa

La propiedad de la grasa de quedarse donde está tiene ciertas desventajas en cuanto a que significa que la grasa no fluirá dentro de un rodamiento sin ayuda. Por esta razón, la grasa normalmente se bombea en los rodamientos y en las otras partes a intervalos calculados para que siempre haya suficiente grasa pegada a las superficies de roce, y para que la suciedad sea expulsada.

Fittings de Grasa

Una de las razones para elegir la grasa como lubricante es la facilidad de su aplicación. La naturaleza semi-plástica de la grasa se presta para su aplicación con herramientas de presión simples, por ejemplo: una pistola de grasa.

Existen por lo menos seis tipos de fittings que se adosan a la maquinaria para permitir el bombeo de grasa. De éstos, el más popular es el fitting hidráulico. Una boquilla consiste de un cuerpo en el cual se coloca la válvula de bola sin retorno que permite que el lubricante sea forzado a presión desde la pistola a través de la boquilla al punto a ser lubricado.

Un punto muy importante a tener en cuenta es que la boquilla debe estar totalmente limpia antes de aplicar la pistola, o la mugre y la arena pueden ser forzadas e ingresar dentro del rodamiento.

Una pistola de grasa puede ejercer presiones muy altas (hasta 68.000 kN/m2 o 10.000 lb/in2), y mientras esto asegure que la nueva grasa alcanzará el punto de lubricación requerido y fuerce la grasa vieja hacia afuera, también puede producir la ruptura de los sellos del rodamiento.

Por ejemplo: se puede ejercer una presión muy alta por medio de una pistola de grasa ordinaria, y una vez que el rodamiento este lleno de grasa y se sigue la aplicación, los anillos de sellado pueden ser forzados a salirse por la presión hidráulica interna y no volverán a su lugar original cuando se alivie dicha presión.

Engrasado de Rodamientos

Muchos rodamientos se llenan con grasa y se “sellan de por vida” y no reciben atención de ningún tipo. Otros se llenan con grasa durante el montaje inicial ya sea a mano o por un empaquetador mecánico.

Las cavidades de la carcasa a cada lado del rodamiento debieran dar suficiente espacio para acomodar la grasa sacada por extrusión desde el rodamiento. Estas cavidades deben sin embargo estar solamente a medio llenar con grasa.

Si un rodamiento recibe demasiada grasa, sea porque la carcasa está demasiado llena o la grasa es demasiado delgada para permitir que se forme un canal a través de ella, las bolas o rodillos deben arar a través de ella como aspas de un rotor en el agua. Esto puede resultar en un incremento de la fricción que absorbe energía y acumula calor. El calor puede ser suficiente para causar la separación del jabón de la base de aceite.

En dichos casos, el aceite normalmente se escapa desde el rodamiento, dejando el jabón duro atrás. Esta es una causa frecuente de falla en el rodamiento.

Selección de lubricantes

- Viscosidad

En general la propiedad única más importante de los fluidos de lubricación es la viscosidad. La viscosidad es la medida de la resistencia relativa del fluido a fluir.

La medición de la viscosidad se puede hacer por medio de un número de diferentes instrumentos llamados viscómetros. Una unidad común de medida es el Segundo Universal Saybolt (Saybolt Universal Second, SUS). Este es el tiempo, en segundos, que se requiere para que 60 c.c. de un fluido fluyan a través de un orificio estandarizado bajo una altura estándar, a una temperatura dada. Las temperaturas comunes para reportar viscosidad son 10O0F (430C), hasta 2100F (1000C). Mientras más alta la cifra de viscosidad, más grande es la resistencia a fluir.

La experiencia indica que un fluido lubricante con una viscosidad de al menos 100 SUS a la temperatura operativa de la aplicación será adecuada para la normal lubricación de los rodamientos.

- Índice de viscosidad

El aceite ideal (en lo que concierne a la viscosidad) tendría la misma viscosidad en todas las temperaturas. Todos los aceites se vuelven menos viscosos (se adelgazan) cuando se calientan y más viscosos (se espesan) cuando se enfrían.

Sin embargo, no todos los aceites varían en viscosidad en el mismo grado. Algunos se espesan más rápidamente o se adelgazan más rápidamente que otros.

El término "índice de viscosidad" se usa para clasificar los aceites de acuerdo a su comportamiento de viscosidad en relación a la temperatura.

Los aceites con el índice de viscosidad más alto son más resistentes a los cambios en viscosidad con los cambios de temperatura, que los aceites de menor índice de viscosidad. Obviamente los lubricantes con índice de viscosidad altos son más adecuados para aplicaciones con rodamientos que experimentan variaciones considerables de temperatura.

- Interpretación del Índice de Viscosidad

Mientras más bajo el índice de viscosidad (la cifra), más baja será la viscosidad del aceite.

Aceites Multigrado. Por ejemplo - 10W-30 or 15W-40.

Cifras de Viscosidad que incluyen una “W” como 10W indican la Viscosidad a -10*C.

Las cifras que no incluyen la “W” indicant Viscosidad a 100*C.

SAE 10W-30 indica que el aceite cumple con los estándares SAE10 y no se espesarán por sobre al aceite de grado SAE10 a -10*C. Este aceite también cumple con el estándar SAE30 y no se adelgazará más allá de SAE30 del aceite de grado a 100*C.

- ¨Punto de vertido

El punto de vertido es la temperatura más baja a la que un fluido fluye o se puede verter. Es importante en aplicaciones expuestas a bajas temperaturas que el fluido lubricante seleccionado tenga un punto de vertido más bajo que la temperatura ambiente mínima.

Factores a tomar en consideración para seleccionar un lubricante:

1. La velocidad de las partes movibles. (revisión del motor).
2. La carga a que las partes movibles se exponen mientras están operativas.
3. Acceso al lubricante (servicio).
4. La temperatura a la que el lubricante se somete en condiciones operativas.

Aditivos para lubricantes

Los aditivos se mezclan con bases de elementos de petróleo o sintéticos para fortalecer o modificar las características del lubricante. Esto permite que el lubricante modificado cumpla con exigencias y especificaciones mucho más exigentes. Los aditivos más comunes se describen a continuación.

- Detergentes/Dispersantes

Estos materiales reaccionan químicamente con los productos de la oxidación para permitir que el aceite suspenda las partículas de polvo y suciedad que pueden sacarse por filtración. También ayudan a neutralizar la acumulación de ácidos.

- Aditivos EP

Los aditivos de Presión extrema (EP) mejoran el rendimiento de los lubricantes donde existe alta presión local.

- Anti oxidantes

Los inhibidores de oxidación evitan que el oxígeno ataque el aceite base, estabilizando la viscosidad del lubricante; esto a su vez evita la acumulación de ácidos orgánicos.

- Mejoradores de la Viscosidad

Estos aditivos se usan para prevenir que el aceite se adelgace a temperaturas elevadas.

- Depresores del Punto de Vertido

Estos aditivos ayudan a mantener el aceite delgado a temperaturas más bajas evitando la formación de cristales de cera.

- Aditivos anti-espuma

Los aditivos anti-espuma rompen las burbujas de aire que se forman en los lubricantes debido a la condiciones operativas.

Es importante darse cuenta que el aceite base no se desgasta. Cuando un lubricante no entrega un buen servicio, es la calidad del paquete aditivo normalmente la causa de la degradación.

Actividad N° 15

Nociones básicas de lubricación

Estrategias metodológicas para el instructor

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

Explicación demostrativa vía plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual	✓
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

Tipos de lubricantes y grasas comunes

Objetivos de aprendizajes

- Conocer técnicas de lubricación, qué son los aceites y grasas y para qué sirven, además de la clasificación de estos.

Descripción de la actividad

Los siguientes videos ofrecen a los participantes, una introducción a lo que son las técnicas de lubricación, los tipos de aceites.

Materiales y recursos

- Un computador con conexión a Internet
- Data show y parlantes de sonido.

- Recurso audiovisual:

Recursos utilizados: Videos
Dirección web: **Técnicas de lubricación, parte 1:** http://www.youtube.com/watch?v=hWmDyWMRzhQ **Técnicas de lubricación, parte 2:** http://www.youtube.com/watch?v=EkA1JUmkBQg **Técnicas de lubricación, parte 3:** http://www.youtube.com/watch?v=yG49FLl4tHE

Desarrollo

El instructor invitará a los participantes a observar con atención los videos y generará condiciones para una conversación respecto a las técnicas de lubricación y sus aspectos más relevantes.

El instructor podrá adoptar un estilo de dirección que ayude a construir aprendizajes a partir de los videos y la conversación respecto a estos, utilizando técnicas como: clarificar, profundizar, reformular. Para esto deberá pedir aclaraciones cuando intervienen los participantes, profundizará en los temas, escribirá en la pizarra u otro soporte para destacar lo relevante, dará la palabra a la mayor parte posible de participantes y resumirá lo relevante durante el cierre de la actividad.

“Técnicas de lubricación”

El instructor podrá guiar la observación de los videos realizando preguntas generales antes de exhibirlos videos o realizarlas después, tales como:

- **¿Qué es una tabla o cuadro de lubricación?**

Es la herramienta más importante y se debe saber usar. El cuadro debe indicar dónde, cuándo y qué lubricante usar, pero dependen del mantenedor saber aplicarlo debidamente.

- **¿Para qué se lubrica?**

Cuando dos pedazos de metales se rozan entre si la función del lubricante es la reducir la fricción y el desgaste. Sin lubricación no se mueven fácilmente, se arrastran y se desgastan más rápidamente. El lubricante forma una película delgada en la que se deslizan las partes aunque estén presionadas por partes pesadas.

- **¿Cómo funciona la lubricación en el caso de los rodamientos?**

En general los rodamientos tienen poca fricción incluso sin lubricación, sin embargo el deslizamiento no es perfecto en especial si se encuentra bajo mucha presión y los rodillos o bolas están desajustados. Una película delgada de lubricante es esencial para separar las partes, pero si la película es más gruesa de lo conveniente la fricción aumenta.

¿Qué debe tener en cuenta cuando este lubricando maquinaría?

1) **Seguridad.** Hay ocasiones en que el proceso de lubricación se realiza en equipos que deben estar en movimiento. En estos casos se debe mantener una distancia prudente de las partes en movimiento y asegure que su ropa no se enganche en la maquinaria, apartase de donde la grasa o aceite lo vayan a salpicar y tenga cuidado al moverse, puede resbalar. Use protección para los ojos.

2**) Limpieza**. Siempre Use trapos limpios. Use recipientes limpios para verter el aceite y el agujero para la grasa, mantenga aseada la pistola engrasadora y el aplicador de aceite. Use solo lubricantes limpios y protéjalos del polvo.

3**) Siempre usar la cantidad y el tipo adecuado de lubricante**. La tabla puede indicar la cantidad de lubricantes, si recomienda onza de grasa y no sabe cuánto pesa cada disparo, use una pesa, dispare 10 veces, pese y divida por 10.

- **¿Cuándo cae la presión del aceite en máquinas?**

Cuando está en operación y la presión se eleva cuando el aceite se calienta.

Engrase de rodamientos y cambio de aceite hidráulico

Objetivos de aprendizaje

- Realizar engrase de rodamientos
- Realizar un cambio de aceite hidráulico.
- Identificar el uso correcto de herramientas manuales y eléctricas.

Descripción de la actividad

Los participantes guiados por el instructor de manera individual, en pares o en grupos, realizaran el engrase manual y mecánico de un rodamiento.

Materiales y recursos

- Lubricantes.
- Materiales de limpieza.
- Rodamientos cónicos.
- Un engrasador mecánico.
- Guantes de látex.
- Llave inglesa.
- Tambores vacíos de 25 litros.
- Bomba de extracción de líquidos (puede ser manual).
- Guaipes (paños de limpieza).
- Fluido hidráulico.

Desarrollo

El instructor deberá dividir al curso en grupos, pares o individualmente de acuerdo a la cantidad de materiales y guiará la actividad explicando y/o demostrando las tareas a realizar. A continuación un ejemplo del posible procedimiento en tres diferentes actividades:

a) Aplicación de grasa a rodamientos:

1. Limpie muy bien sus manos o utilice un par nuevo de guantes de látex.
2. Coloque grasa en una mano (del tamaño de una pelota de ping pong aproximadamente) y utilice la otra mano para mover el rodamiento, empuje el

extremo ancho del cono del rodamiento hacia la grasa. Esto forzará a la grasa a pasar entre los rodillos, la jaula y el cono.

3. Asegúrese de girar el rodamiento regularmente y continúe rellenando con más grasa dentro de la jaula. Sostenga el rodamiento en diferentes ángulos y continúe empujando la grasa por el extremo ancho rotando el rodamiento, hasta que la grasa se distribuya parejo y salga por el otro extremo.
4. Limpie el excedente de grasa del rodamiento.
5. Limpie el área de trabajo.

b) Utilizando un Engrasador Mecánico:

1. Limpie muy bien sus manos o utilice un par nuevo de guantes de látex.
2. Coloque el cono del rodamiento en el engrasador con el extremo menor hacia abajo.
3. Coloque y asegure el extremo ancho del cono del rodamiento con el retenedor.
4. Empuje firmemente hacia abajo dentro del engrasador. Esto forzará a la grasa a pasar entre los rodillos, la jaula y el cono.
5. Limpie el excedente de grasa del rodamiento.
6. Limpie el área de trabajo

Precaución: Demasiada grasa en el alojamiento puede causar escurrimiento exagerado y altas temperaturas.

c) Cambiar el aceite hidráulico.
Dependiendo del equipo que se utilice, se ocupara una bomba o no.

1. Retire los pernos que fijan la tapa en el tanque contenedor con las herramientas adecuadas.
2. Enchufe la bomba de extracción de líquido en una fuente de alimentación.
3. Desenrolle la manguera de aspiración y colóquela correctamente, al fondo de uno tambores.
4. Activar la bomba de extracción de líquido.
5. Continúe llenando los tambores hasta el que aceite ha sido removido del tanque contenedor.
6. Apague la bomba de extracción de líquido.
7. Organice la eliminación segura de los residuos.
8. Añada aceite hidráulico nuevo según las especificaciones del fabricante.
9. Limpie el área de trabajo.

El instructor deberá enfatizar la importancia del orden y limpieza:

- **¿Qué se hace con los paños de limpieza (güaipe) una vez que está sucio?**

Se desecha en lugares específicos y se reciclan.

- **¿Qué se hace con el aceite usado?**

Se almacena en tambores correspondientes. En la industria se almacenan y una empresa externa los retira y los procesa.
Los participantes deben saber que hay estanques especiales para este tipo de desechos los cuales por ningún motivo deben mezclarse con la basura corriente.

Cierre

Lo importante de la lubricación es evitar que exista roce de fierro con fierro en piezas en movimiento, porque produce desgaste y aumenta la temperatura y podría fundir las piezas, la lubricación sirve como sistema de refrigeración y protege las piezas de acero de la oxidación.

La grasa y el aceite son productos contaminantes que deben tener un tratamiento especial al momento de deshacerse de estos (desechos). Es importante que cada vez que se hace cambio de aceite todo lo que se ensucie no se bote ni al suelo, ni a la basura, ni al desagüe.

Por todo lo mencionado es bueno conocer bien los procedimientos y realizar el proceso de cambio de aceite y engrase de partes y piezas mecánicas correctamente.

III. Técnicas de levante de cargas

3.1 Nociones básicas asociadas al levantamiento de carga

Las cargas pueden ser variadas formas de transportarlas. Es de vital importancia comprender que si se comenten errores en los procesos de izajes, las consecuencias pueden ser fatales.

A continuación se presentaran algunas consideraciones básicas que deben ser incluidas al momento de realizar levantamiento de carga.

Técnicas de maniobras en izaje de cargas:

Técnicas de Rigger: Rigger, es un vocablo inglés (adjetivo), que tiene su origen en el sustantivo RIG que significa aparejo; por cuanto su traducción literal es: APAREJADOR.

Las maniobras o técnicas de Rigger implican levantar, trasladar y realizar descargas desde un punto a otro, ó desde un nivel inferior a un nivel superior. Estas maniobras de izaje y estrobamiento se realizan en diversas actividades productivas, tales como; mecánica industrial, construcción, montajes, entre otros.

Para el desarrollo de estas funciones es necesario que el Rigger:

- Posea y aplique conocimientos relacionados a las características de las cargas, que le permitan calcular y controlar riesgos asociados.
- Posea conocimiento de los distintos elementos implicados en el proceso de izaje, así como sus características y aplicaciones.
- Posea conocimientos de técnicas de maniobras, tales como; métodos de estrobamiento y condiciones especiales.
- Conozca, respete y aplique estándares, normativa y procedimientos internos de las empresas participantes del proceso.

¿Qué equipos se utilizan en las labores de izaje?

1. Grúas:

Figura 52

2. Puentes Grúa:

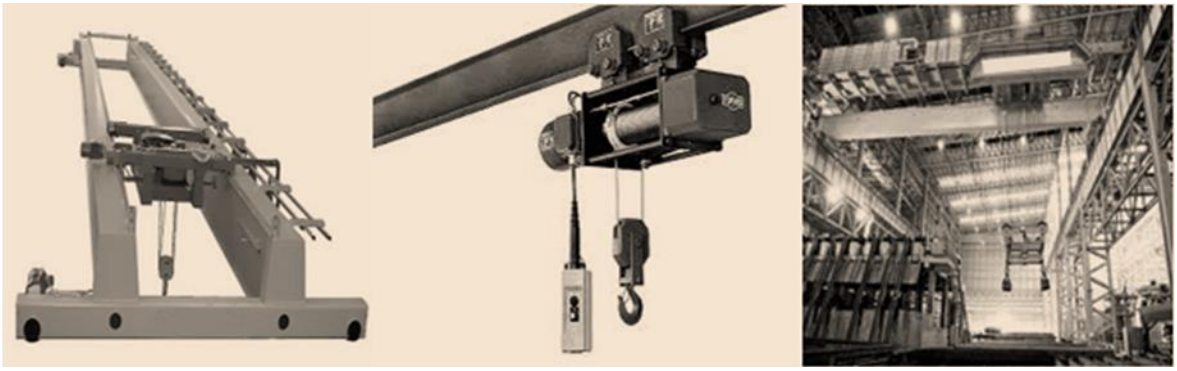


Figura 53

¿Qué es un plan de izaje?

Es fundamental preparar un “plan de izaje”, antes de realizar las maniobras implicadas. Se recomienda que éste sea preparado por el Rigger, el operador de grúa, el supervisor, y el personal de prevención de riesgos.

Estos planes deben considerar:

- Análisis de características y riesgos de la carga.
- Análisis de características y riesgos del entorno.
- Inspección de los elementos de izaje.

Respecto de la carga a levantar:

"El Peso = Volumen x Peso Volumétrico del Material".

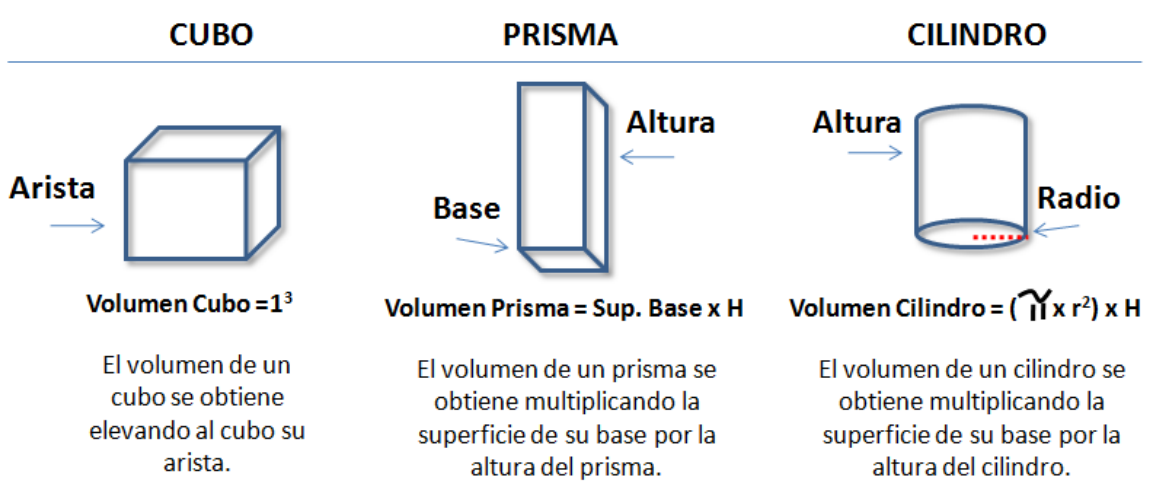


Figura 54

Sobre los elementos de izaje:

Existen distintas clasificaciones que permiten conocer la capacidad de carga de los elementos de izajes, algunas de ellas son:

- *Carga de Ruptura, BS:* Corresponde a la fuerza o el peso en kilogramos en la cual el elemento sufre algún tipo de rotura, es decir, pierde sus propiedades o bien deja de sostener la carga.

- *Carga Límite de Trabajo, WLL:* Corresponde a la carga límite que el elemento, en su configuración básica, puede ser sustentada verticalmente, se expresa en libras o toneladas. Es decir, es la carga o fuerza máxima a la que el elemento debe trabajar.

- *Factor o Coeficiente de Seguridad, SF:* Es el llamado factor de diseño: la razón entre la carga de rotura y la carga o fuerza de trabajo a la cual el elemento será sometido. En la Norma USA ASME B 30-9 - 2003 es 5 y en la europea EN 1492-1, el factor de seguridad o diseño es 7.

- *Carga Segura de Trabajo, SWL:* Corresponde a la carga máxima a levantar recomendada por la fábrica, y que toma en cuenta la geometría del uso de la eslinga.

¿Cuáles son los principales elementos de izaje?

Cable de acero: Es una máquina simple, compuesta de un conjunto de elementos que transmiten fuerzas, movimientos y energía entre dos puntos, de una manera predeterminada para lograr un fin deseado.

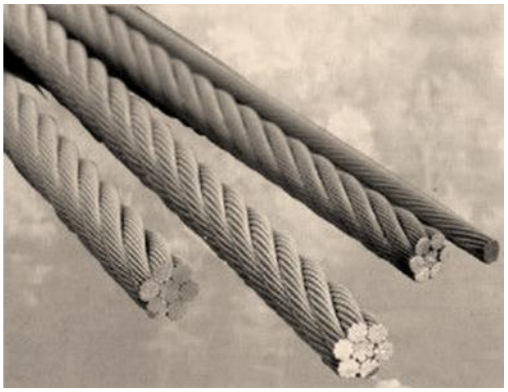


Figura 55

Eslingas: También conocidas como cincha, es una herramienta de elevación que puede ser de acero, tela, o cadena, entre otros. Es el elemento intermedio que permite enganchar una carga a un gancho de izado o de tracción.

Figura 56

Grilletes: Es un elemento de elevación, que en general se utiliza como pieza intermedia entre el gancho y la eslinga.

Figura 57

Ganchos: Son accesorios del izaje, o elementos del sistema de elevación de cargas, que permiten asegurar el traslado de la carga.

Figura 58

¿Qué es el estrobado?

Se conoce como estrobado a la operación que permite, mediante el empleo de eslingas (de acero, de cadena o de tela), poder amarrar o aparejar una carga para izarla, trasladarla o bajarla en forma correcta (con eficiencia y seguridad operacional).

El operador debe conocer los distintos estrobos disponibles y saber aplicar el más conveniente para cada clase de carga, como también, dónde y cómo utilizarlo. En la mayoría de los casos esto requiere que conozca la operación para la que se destina cada uno de ellos.

Destacan entre estos:

- Axial Simple.
- Lazo Simple.
- Canasto Simple.

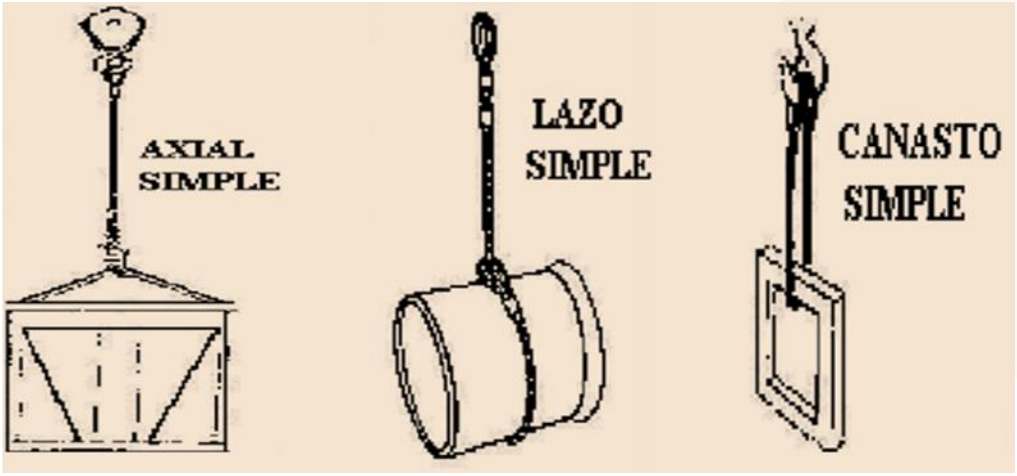
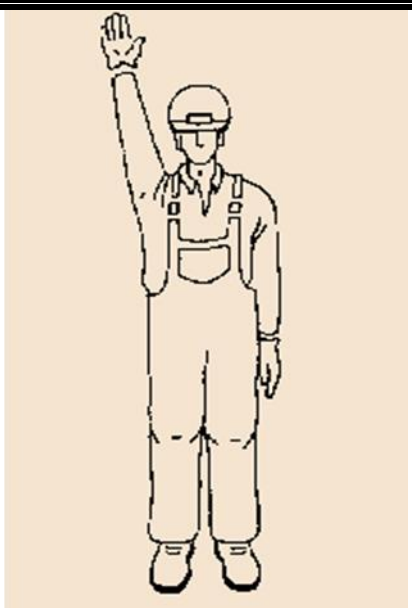
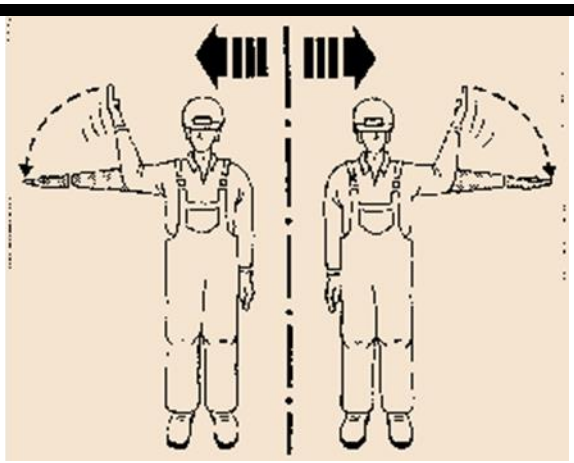


Figura 59

¿Cuáles son las principales señales para traslado y transporte con puente grúa?

A continuación se presentan, algunas de las principales señales utilizadas en maniobras de izaje con puente grúa.

	ATENCIÓN

	SUBIR
	BAJAR
	DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL

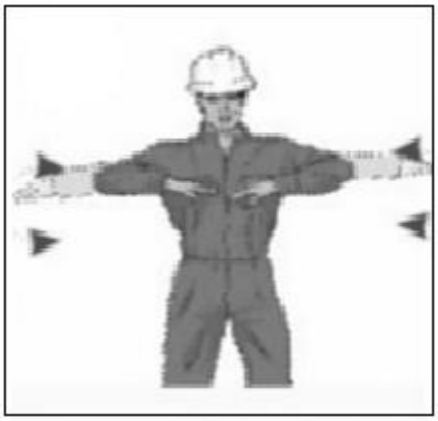
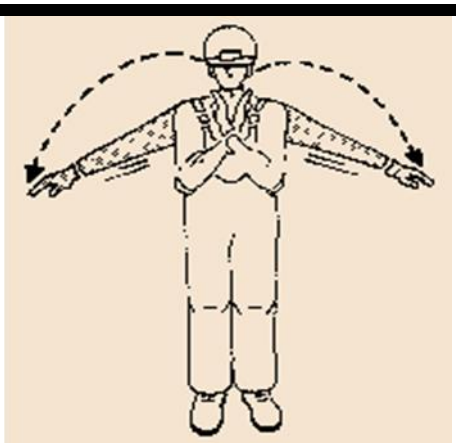
	PARADA
	PARADA URGENTE
	FIN DE MANIOBRA

Figura 60

3.2 Técnicas de levantamiento manual, postura y elementos de protección

¿Sabía usted que más de la mitad de todas las heridas en el lugar de trabajo son causadas por actividades de manejo manual?

Manejo manual es el término usado para describir actividades como:

Figura 61

El manejo manual es cualquier actividad que requiera que usted use los métodos apropiados para mover o levantar objetos usando su propia fuerza.

Sin embargo, algunos objetos son demasiado pesados, de forma extraña o requieren equipamiento de protección personal.

Cualquiera de éstos puede causar una herida si no se maneja correctamente.

Evitar heridas y métodos correctos de levantamiento

Antes de levantar y acarrear un objeto pesado, debe hacerse las siguientes preguntas y/o sugerencias:

- ¿Cuáles son los riesgos involucrados en levantar una carga pesada?
- ¿Cuán lejos voy a acarrear la carga?
- ¿La ruta se encuentra despejada de atiborramiento, cordones, áreas resbaladizas, salientes, escaleras, curvas o superficies irregulares?
- ¿Habrá puertas cerradas? ¿Debo preguntarle a alguien que sujete la puerta o coloque una cuña bajo la puerta para que permanezca abierta?
- Una vez que subo la carga, ¿Seré capaz de ver sobre la carga, u obstruirá mi visión?

Evitar heridas y métodos de levantamiento correctos:

- ¿Se puede desmontar o desarmar la carga, llevarse por piezas y luego reensamblarla?
- ¿Debería tomarme un momento para levantar la carga? De ser así, debería probar el peso levantando una esquina del objeto. Si es demasiado pesado o si el objeto tiene una forma extraña, debería detenerme y pedir ayuda. Dos o tres personas levantando un objeto pesado es más seguro que tratar de hacerlo yo mismo.
- ¿Puedo usar una yegua o trolley para transportar la carga?
- ¿Puedo usar un aparato de izado mecánico para transportar la carga?
- ¿Debo usar guantes para mejorar mi agarre y proteger mis manos?
- ¿Es el objeto seguro de levantar?

Tipos de heridas de manejo manual

- Lesiones a la espalda
- Hernia abdominal
- Dolor y heridas musculares y de articulaciones
- Heridas por impacto
- Cansancio físico

Medidas de control

- Rediseño del trabajo
- Rediseño del paquete o contenedor
- Uso de ayudas mecánicas
- Uso de izado en equipo
- Uso de buenas técnicas de izado
- Rediseño del Puesto de trabajo

Pasos para el manejo manual y buenas técnicas de izado

Antes de levantar, usted debe hacerse las siguientes preguntas:

- ¿Puedo usar ambas manos de igual manera?
- ¿Está el izado frente a su cuerpo y en un lugar sin restricciones?
- ¿Es el objeto o el piso resbaladizo o irregular?
- ¿Es el objeto compacto? (menos de 75cm de ancho)
- ¿Debo acarrear el objeto por largas distancias?

Paso 1:

- Estimar la carga
- Estimar la masa del objeto.
- Asegurar de que la carga no se caerá.
- Revisar los posibles obstáculos.
- Considerar forma y tamaño.

Paso 2: Preparación

- Flectar los músculos de sus hombros para prepararse para el izado o levantamiento
- Párese cerca del objeto con sus pies separados y planos sobre el piso
- Flectar las rodillas, mantenga su columna derecha como en un semi- izado o levantamiento
- Agarrar la carga con firmeza
- ¡Probar la carga antes de levantarla! No llevar cargas que no pueda manejar con facilidad.
- Posición de los pies
- Poner los pies lo más cerca posible del objeto.
- Asegurar de estar bien parado.
- Asegurar de no perder el equilibrio.
- Agarrar de forma segura
- Colocar las manos diagonalmente.
- Usar toda la mano, no sólo los dedos.

Paso 3: El izado o levantamiento

- Apretar los músculos de su estómago
- Izar colocando sus piernas en posición recta
- Mantener su espalda y cuello en una línea recta como en un semi - izado o levantamiento
- Nunca Hacer fuerza desde la cadera
- No doblar repentinamente ni por reflejo.
- Espalda recta

- Mantener su espalda lo más recta posible mientras iza o levanta.
- Posición de las manos y brazos
- Mantener su cabeza arriba y la pera hacia adentro.
- Mantener los brazos cerca del cuerpo
- Usar sus piernas
- Respirar profundo y levantar la carga usando los músculos de las piernas.
- Levantar lenta y suavemente.
- Mantener un control flexible sobre la carga con los músculos de los brazos y piernas.

Paso 4: Mover/Acarrear

- Mantener el objeto cerca de su cuerpo
- Dar pasos cortos, moverse con cuidado
- Evitar movimientos repentinos o bruscos
- Asegurar que la ruta esté despejada
- No levantar objetos más altos que su cadera.

Paso 5: Bajar la carga

- Seguir el procedimiento para el izado o levantamiento
- Mantener el control de la carga
- Mantener su espalda recta

El diagrama a continuación muestra un continuo de posiciones de comienzo y término de izado o levantamiento:

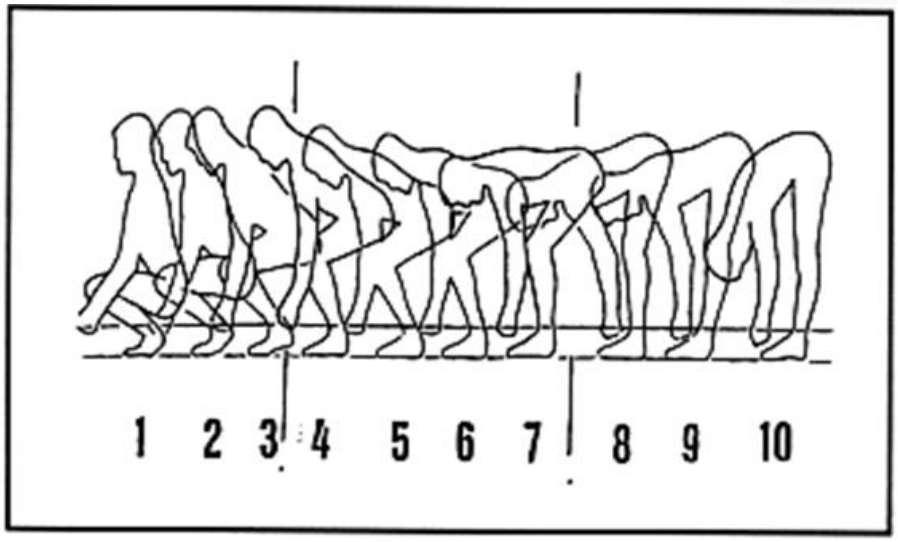


Figura 62

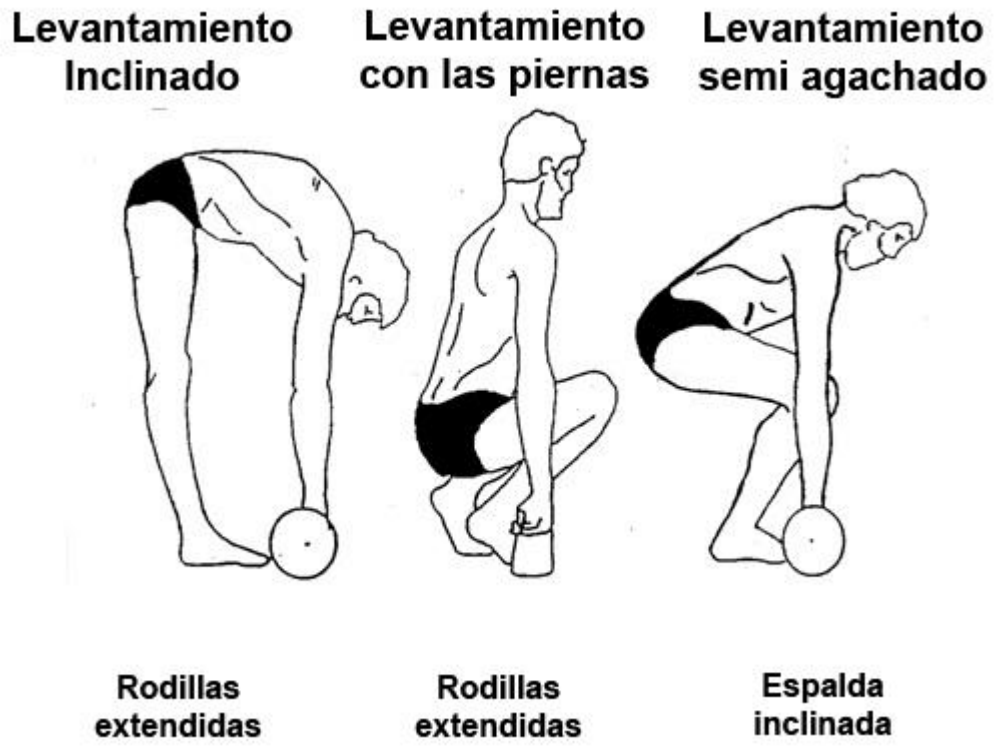


Figura 63

Levantamiento

La clave para izar o levantar algo de forma segura es manteniendo su espalda recta o levemente arqueada. **¡Usted nunca debe usar su espalda para izar!** Lo anterior podría poner mucha presión sobre su espalda y resultar en una herida. Al izar algo siempre debe:

- Comenzar el izado poniendo sus pies cerca del objeto
- Parado firme, centre su cuerpo sobre sus pies
- Acuclillar doblando sus rodillas
- Mantener su espalda recta o levemente arqueada– la idea es que sus piernas hagan el izado, no su espalda
- Agarrar la carga con seguridad con sus manos, y acerque la carga hacia usted
- Suavemente adquiera una posición recta de su cuerpo
- Nunca doblar su cuerpo al izar – mantenga su cabeza arriba como si mirara hacia adelante

Acarreo

Al acarrear la carga necesitará ser igualmente cuidadoso. Algunas reglas a seguir son:

- Mantener su espalda recta o levemente arqueada
- Caminar de forma lenta y segura
- Usar sus pies para cambiar de dirección
- Nunca doble su espalda
- Evitar doblar su abdomen
- Evitar izar o levantar una carga sobre su cabeza
- Si se cansa, deje la carga a un lado y descanse un momento

Figura 64

Empujar y Tirar

- Mantener su cuerpo cerca de la carga.
- Usar los músculos de sus piernas.
- Manténgase bajo.
- Asegurar un buen contacto con el suelo.
- Mantener su espalda recta.

Riesgos típicos del manejo manual

- Cualquier trabajo que involucre demasiado doblarse, torcerse o alcanzar cosas
- Cualquier cosa que involucre movimientos bruscos o repentinos que causen incomodidad
- Trabajar con vibración que involucre herramientas o entrar en contacto con superficies vibratorias mientras realiza tareas manuales (como sentarse en una máquina grande).
- Cualquier tarea donde se necesite fuerza excesiva

- Cualquier tarea que requiera que mantenga la posición o que ésta sea fija, esto incluye trabajar en una posición fija que implique tener la espalda doblada, estar continuamente parado o sentado, manejar vehículos por períodos largos o usar herramientas por períodos largos y manejar cargas pesadas
- Cualquier trabajo que sea continuadamente rápido y repetitivo que use la mano o brazo o herramientas de agarre
- Tareas que requieren levantar pesos pesados y acarrearlos manualmente, así como también la manipulación de cargas doblando y/o girando la espalda, o empujando o tirando cargas.
- Actividades de levantamiento que requieran alcanzar o doblarse más abajo de la rodilla o por sobre los hombros.

Actividad N° 16

Técnicas de levante de cargas

Introducción a la actividad

La siguiente actividad trata sobre los aspectos principales de las técnicas de levante de carga relacionados con el oficio de mantenedor mecánico fijo y se divide en 3 secciones: a) Nociones básicas y riesgos asociados en el levantamiento de cargas, b) Técnicas de levantamiento manual: postura y elementos de protección, c) Sistemas para levantamiento mecánico, equipos fijos móviles. En la sección a los participantes trabajarán a base de material audiovisual. En las secciones b y c los participantes deberán trabajar con pesos y equipos reales en actividades prácticas de taller. El cierre de la actividad es común a las 3 secciones.

Estrategias metodológicas para el instructor

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

Explicación demostrativa vía plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual	✓
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

Riesgos asociados en levantamiento de cargas

Objetivos de aprendizajes

- Identificar riesgos y evitar accidentes en el levante y manejo de cargas pesadas.

Descripción de la actividad

Los siguientes videos son un instrumento en el proceso de enseñanza aprendizaje, que ofrecen una manera estructurada de presentar información relevante sobre nociones

básicas en el levante y manejo de cargas pesadas. El instructor podrá generar una conversación con los participantes a partir de preguntas seleccionadas para guiar la observación del material audiovisual.

Materiales

- Un computador con conexión a Internet
- Data show y parlantes de sonido
- EPP
- Recursos audiovisuales:

Recursos utilizados: Videos
Dirección web: • Seguridad con Aparejos **https://www.youtube.com/watch?v=HGQZRqh4_U0** • Manipulación de cargas **http://www.youtube.com/watch?v=j3PE9HJlzFg**

Desarrollo

El instructor invitará a los participantes a observar con atención cada uno de estos videos y les solicitará que respondan las preguntas a continuación generando condiciones para una conversación en profundidad respecto a los riesgos presentes en labores de levante y manejo de cargas. Se sugiere que el instructor lea las preguntas antes de la exhibición del video y discuta las respuestas una vez exhibidos.

Se sugiere que el instructor adopte un estilo de dirección que ayude a construir aprendizajes a partir de los videos y la conversación respecto a estos, utilizando técnicas como: clarificar, profundizar, reformular. Para esto deberá pedir aclaraciones cuando intervienen los participantes, profundizará en los temas, escribirá en la pizarra u otro soporte para destacar lo relevante, dará la palabra a la mayor parte posible de participantes y resumirá lo relevante durante el cierre de la actividad.

De igual forma el instructor deberá enfatizar cual es la manera correcta de como levantar cargas y evitar lesiones ya que los participantes realizarán ejercicios prácticos donde deben proceder con máximos cuidados.

Video 1: “Seguridad con Aparejos”

Preguntas:

- **¿Qué se debe hacer para prevenir accidentes al levantar carga?**

Es importante seguir las reglas de seguridad y realizar una buena preparación. La comunicación es esencial por lo que las señales de mano entre el aparejador y el operador deben ser muy claras.

- **¿Qué debe hacer el aparejador para indicarle al operario de la grúa que baje el gancho de la grúa?**

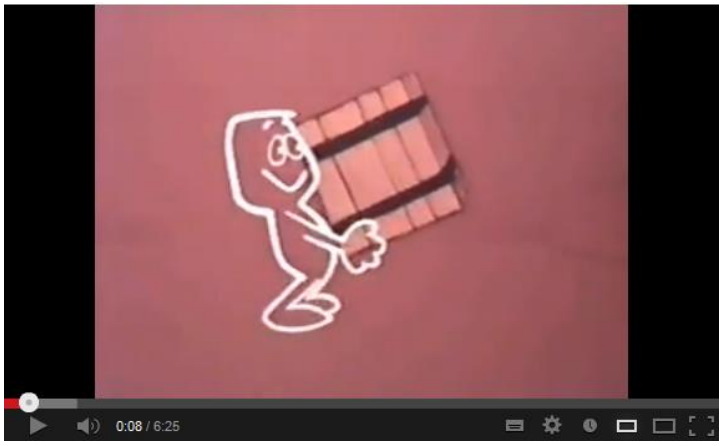
Bajar la mano apuntando con el dedo índice hacia abajo y moverla en pequeños círculos.

- **¿Qué se debe hacer cuando la carga esta lista para elevarse?**

Levantar el brazo apuntando hacia arriba y hacer círculos con la mano.

Se sugiere al instructor que invite a los participantes a practicar estos movimientos de señales manuales en pares.

Video 2 “Manipulación de cargas”



- **¿Qué puede suceder si se hace mucha fuerza física?**

Puede ocurrir una lesión muscular.

- **¿En cuántos géneros se dividen las palancas básicas y a que se refiere este concepto?**

Las palancas se dividen en tres tipos o géneros, dependiendo de la posición relativa del punto de apoyo y los puntos de aplicación de las fuerzas: potencia y resistencia. Se debe entender que una palanca es una máquina simple. Como en casi todos los casos de máquinas simples, con la palanca se trata de vencer una resistencia, situada en un extremo de la barra, aplicando una fuerza de valor más pequeño en el otro extremo de la barra.

- **¿Qué ejemplo puede dar de palanca de tercer género?**

El brazo humano.

- **¿Cuál es la posición correcta para levantar una carga u objetos pesados del suelo?**

Primero, levante solamente pesos que usted pueda manipular correctamente; mantenga el objeto a elevar por encima de las rodillas, por debajo de los hombros y lo más cerca posible del cuerpo. El cuerpo realizará un movimiento de 4 palancas.

- **¿Qué tipo de lesiones puede causar una posición defectuosa durante el esfuerzo físico de levante de carga?**

Una ruptura o hernia en el abdomen.

- **Si tiene que empujar un objeto ¿qué debe hacer?**

Dejar que el trabajo lo hagan las piernas

- **¿Si la carga es demasiado pesada que debe hacer?**

Pedir ayuda y no intentar levantarla solo

Levantamiento manual: postura, elementos de protección

Objetivos de aprendizajes:

- Realizar práctica de levantar manualmente peso no mayor a 50 kg, manteniendo una adecuada postura corporal.

Materiales:

- Un computador con conexión a Internet
- Data show y parlantes de sonido
- Estructuras o cajas
- Sacos de arena, libros o pesos en general que juntos no superen los 50 kilos, para llenar una estructura o caja con diversos pesos.
- Equipo de protección personal

Descripción de la actividad:

Los participantes verán un video que ofrece información respecto al modo correcto de levantar y trasladar pesos sin que la columna vertebral o la musculatura de la espalda se vean afectadas. Muestra los métodos correctos de levantamiento, traslado, uso de palas y lanzamiento de objetos. Luego los participantes deberán levantar y cargar correctamente una caja o estructura tomando medidas de autocuidado.

Desarrollo:

El instructor invitará a los participantes a observar con atención primeramente el video a continuación que servirá como guía para realizar la actividad.

“Ergonomía en el levantamiento de cargas”

Luego de exhibido el video los participantes deberán levantar y cargar una caja o estructura. Para esto se necesita un espacio adecuado donde se pueda trabajar con seguridad. El instructor deberá preparar esta actividad con antelación asegurándose que existan los equipos de protección personal adecuados. Además deberá cerciorase de guiar la actividad de manera clara y precisa enfatizando cual es la manera correcta de levantar y mover cargas. En cuanto al espacio, generar condiciones para la actividad sea lo más didáctica posible, puede realizarse en el aula, en taller, al aire libre o en terreno.

El instructor les solicitará a los participantes ponerse los EPP adecuados en especial zapatos de seguridad antideslizantes y guantes, los guiará recordándoles que deberán:

1) Seleccionar el recorrido.
2) Revisar el trayecto y remover los obstáculos, si no se pueden remover recordar donde están.
3) Evaluar y examinar la carga (localizar zonas que pueden resultar peligrosas en el momento de su agarre y manipulación) y determinar su centro de gravedad.
4) Acercarse a la caja. Cuanto más pueda aproximarse, con más seguridad la levantará.
5) Separar los pies, para mantener un buen equilibrio
6) Flexionar las rodillas y ponerse en cuclillas, manteniendo la espalada recta y erguida.
7) Tratar de agarrar firmemente el objeto, utilizando totalmente ambas manos y las palmas, en ángulo recto con los hombros.
8) Proceder a levantar la caja con ambas manos, si es posible y evitar levantar los talones.

9) Los músculos de las piernas se deben usar para levantar el peso. Nunca se debe rotar la cintura cuando se tiene carga en las manos y los que giran son siempre los pies.

El instructor además enfatizará que el levante de carga se realiza ente la cintura y el suelo. Para cargas situadas sobre el nivel de los hombros debe buscar una plataforma y situar el objeto a la altura de la cintura para proceder a cargarlo. Cuando la carga es muy pesada para el participante, deberá moverla junto a otro compañero. Es importante insistir que se debe pedir ayuda cuando los pesos superan la capacidad física y recordar que por norma no puede levantar cargas mayores de 50 kilos.

Sistemas para levantamiento mecánico, equipos fijos y móviles

Objetivos de aprendizajes

- Utilizar tecle para elevar carga pesada y evaluar que la pieza a elevar no exceda la capacidad de carga del tecle.

Descripción de la actividad

- La finalidad de la actividad es que los participantes puedan practicar u observar como elevar carga pesada utilizando un tecle. Los elementos sugeridos son equipos típicos de la industria.

Materiales

- Tecle para una tonelada.
- Elementos pesados: una bomba centrífuga y un motor eléctrico.
- O equipos y cargas que estén disponibles en el centro de formación.

Se sugiere que la institución de formación que dicte el curso, adquiera los materiales y equipos para la realización de la actividad de taller. El instructor deberá considerar los objetivos de aprendizaje para dar cumplimiento a lo esperado y deberá además decidir cómo abordará la actividad práctica.

Los materiales son accesibles con proveedores específicos, o se pueden usar materiales o equipos usados en actividades precederás.

Desarrollo

El instructor deberá preparar esta actividad con antelación asegurándose que existan los equipos de protección personal adecuados para los participantes. Además deberá cerciorase de guiar la actividad de manera clara y precisa enfatizando los aspectos relevantes de seguridad para la elevación de carga pesada.

Cierre

El instructor deberá destacar que más del 90 por ciento de los accidentes relacionados con los tecles son causados por error humano.

Cuando comienzan las operaciones con la grúa, se debe recordar el refrán "una cadena es solamente tan fuerte como su eslabón más débil".

En cómo aparejar una carga a una grúa puede ser la diferencia entre un levantamiento correcto y un accidente los cuales pueden ser mortales, debido a las grandes y pesadas cargas que se levantan. Un pequeño y erróneo cálculo, o un pequeño momento de distracción, y la tragedia puede golpear. Una vez que una carga se cae, poco se puede hacer para pararla, y hay poco tiempo para que la gente pueda apartarse y moverse con seguridad.

Por otra parte el instructor deberá además enfatizar que el levantamiento, manejo y transporte de cargas manual está asociado a una alta incidencia de alteraciones de la salud que afectan a la espalda. Destacará que las recomendaciones entregadas durante la actividad son generales y que, como indica la legislación especial sobre la materia, la empresa tiene la obligación de evaluar cada situación concreta de trabajo y tomar las medidas necesarias para trabajar de forma segura.

Los autocuidados son fundamentales. La pregunta ¿por qué estoy haciendo esto? debe estar presente cada vez que se realicen actividades de manipulación y de levantes de cargas pesadas y la respuesta debe siempre que hay orientarse a la integridad física del trabajador y de sus compañeros.

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

YAMANAGOLD